Міністерство освіти і науки України

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Навчально-науковий інститут харчових технологій

Кафедра хімії

Методичні рекомендації до лабораторних занять з дисципліни «Органічна хімія»

для здобувачів
другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю
H6 «Ветеринарна медицина»
та першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
за спеціальністю
H2 «Тваринництво»

м. Кам'янець-Подільський
2026

УДК 547:619(075.8)

Укладачі:

КОВАЛЬ Тетяна Вячеславівна — доцент, кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри хімії

КРАЧАН Тетяна Михайлівна — доцент, кандидат хімічних наук, завідувач кафедри хімії

Рекомендовано до друку науково-методичною радою Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» (протокол № 2 від 25.лютого 2026 року).

Рецензенти:

МОРОЗОВА Любов Петрівна — доцент, кандидат хімічних наук, доцент кафедри технології розведення, виробництва та переробки продукції дрібних тварин Вінницького національного аграрного університету

САВЧУК Любов Броніславівна — доцент, кандидат сільськогосподарських наук, завідувач кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»

Методичні рекомендації до лабораторних занять з дисципліни «Органічна хімія» для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю Н6 «Ветеринарна медицина» та першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю Н2 «Тваринництво» / Т.В. Коваль, Т.М.Крачан. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2026. 70 с.

Методичні рекомендації містять теоретичні відомості, лабораторні роботи, контрольні питання та тестові завдання, спрямовані на формування системних знань з основ органічної хімії, необхідних для розуміння біохімічних процесів в організмі тварин. Матеріал орієнтований на засвоєння хімічних властивостей органічних сполук, що мають практичне значення у ветеринарній практиці, годівлі тварин та контролі якості кормів. Методичні вказівки можуть бути використані при підготовці до лабораторних занять, самостійної роботи та підсумкового контролю знань.

© ЗВО «ПДУ», 2026

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ВУГЛЕВОДНІ	7
Тема 1. Методи вивчення органічних сполук. Очистка і якісний аналіз органічних сполук	7
Лабораторна робота № 1. Кристалізація бензойної кислоти	7
Лабораторна робота № 2. Сублімація бензойної кислоти або нафталіну	9
Тема 2. Насичені вуглеводні (алкани)	12
Лабораторна робота № 3. Одержання метану і вивчення його властивостей	12
Тема 3. Ненасичені вуглеводні (алкени)	15
Лабораторна робота № 4. Одержання етилену і вивчення його властивостей	*15*
Тема 4. Ненасичені вуглеводні (алкіни)	19
Лабораторна робота № 5. Одержання ацетилену і вивчення його властивостей	19
Тема 5. Ароматичні вуглеводні (арени)	22
Лабораторна робота № 6. Хімічні властивості одноядерних аренів	22
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. СПОЛУКИ З ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ГРУПАМИ	26
Тема 6. Галогенопохідні вуглеводнів	27
Лабораторна робота № 7. Одержання галогенпохідних вуглеводнів та вивчення їх хімічних властивостей	27

Тема 7. Спирти та феноли	31
Лабораторна робота № 8. Дослідження властивостей одноатомних та багатоатомних спиртів, фенолів	31
Тема 8. Альдегіди та кетони (оксосполуки)	35
Лабораторна робота № 9. Одержання альдегідів та вивчення їх хімічних властивостей	35
Тема 9. Карбонові кислоти та їх похідні	39
Лабораторна робота № 10. Одержання карбонових кислот та вивчення їх хімічних властивостей	39
РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ БІООРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ	43
Тема 10. Вуглеводи	43
Лабораторна робота № 11. Якісні реакції на вуглеводи	43
Тема 11. Ліпіди	48
Лабораторна робота № 12. Вивчення властивостей мила	48
Лабораторна робота № 13. Визначення хімічних констант жирів	51
Тема 12. Аміни	56
Лабораторна робота № 14. Вивчення властивостей амінів	56
Тема 13. Білкові речовини	59
Лабораторна робота № 15. Вивчення властивостей амінокислот. Якісні реакції на амінокислоти	59
Тема 14. Гетероциклічні сполуки	64
Лабораторна робота № 16. Вивчення властивостей гетероциклічних сполук	64
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	69

ПЕРЕДМОВА

Органічна хімія належить до базових фундаментальних дисциплін, що формують науково-теоретичні основи професійної підготовки здобувачів вищої освіти аграрного та біологічного спрямування. Її вивчення є необхідним етапом підготовки фахівців спеціальностей «Ветеринарна медицина» та «Тваринництво», оскільки забезпечує розуміння хімічної природи речовин і процесів, які лежать в основі життєдіяльності тваринних організмів та виробничих технологій у галузі тваринництва.

Засвоєння органічної хімії сприяє формуванню у здобувачів вищої освіти цілісного уявлення про будову, властивості та реакційну здатність органічних сполук, що входять до складу біологічно активних речовин, кормів, лікарських препаратів, продуктів обміну речовин і тканин тварин. Знання закономірностей перебігу органічних реакцій є важливою передумовою для розуміння метаболічних процесів, механізмів дії лікарських засобів, кормових добавок та біологічно активних компонентів раціонів.

Сучасний розвиток органічної хімії значно розширює можливості дослідження фізико-хімічних і біохімічних процесів у живих системах, що має важливе практичне значення як для ветеринарної медицини, так і для тваринництва. Отримані знання є основою для подальшого вивчення таких дисциплін, як біохімія, фізіологія тварин, мікробіологія, годівля тварин, ветеринарна фармакологія, гігієна тварин та технології виробництва продукції тваринництва.

Метою вивчення дисципліни «Органічна хімія» є засвоєння здобувачами вищої освіти теоретичних положень органічної хімії, формування розуміння механізмів хімічних перетворень органічних сполук, а також набуття знань про основні фізико-хімічні методи дослідження органічних речовин і можливості їх застосування у ветеринарній практиці та виробничій діяльності в галузі тваринництва.

Важливою складовою навчального процесу є лабораторний практикум, який спрямований на формування практичних умінь і навичок роботи з органічними сполуками, оволодіння методами експериментального дослідження, розвитку аналітичного та логічного мислення. Виконання лабораторних робіт сприяє закріпленню теоретичних знань, необхідних для аналізу процесів, що відбуваються в організмі тварин, а також для оцінки якості кормів, біологічних матеріалів і продуктів тваринного походження.

З урахуванням сучасних вимог до якості вищої освіти та на основі узагальнення навчально-методичних джерел підготовлено методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з органічної хімії для здобувачів вищої освіти спеціальностей «Ветеринарна медицина» та «Тваринництво».

Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт з органічної хімії розроблено з урахуванням вимог чинних освітньо-професійних програм підготовки здобувачів вищої освіти спеціальностей «Ветеринарна медицина» та «Тваринництво». Вони відповідають робочій програмі навчальної дисципліни «Органічна хімія» та охоплюють такі змістові модулі: «Вуглеводні», «Сполуки з функціональними групами», «Основи біоорганічної хімії».

Структура видання є уніфікованою та передбачає стислий виклад теоретичного матеріалу, опис лабораторних робіт, контрольні питання і тестові завдання для самоконтролю. Такий підхід сприяє глибшому засвоєнню навчального матеріалу, формуванню системного хімічного мислення та розвитку професійних компетентностей майбутніх фахівців ветеринарної медицини і тваринництва.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ВУГЛЕВОДНІ

Змістовий модуль «Вуглеводні» вивчає будову, класифікацію, фізичні та хімічні властивості органічних сполук, що складаються лише з атомів Карбону та Гідрогену. У межах цього розділу розглядаються насичені, ненасичені та ароматичні вуглеводні, їхня електронна будова, типи хімічних зв'язків, особливості ізомерії та реакційної здатності. Значна увага приділяється основним типам хімічних реакцій вуглеводнів, умовам їх перебігу та механізмам. Набуті знання є теоретичною основою для розуміння властивостей складніших органічних і біоорганічних сполук, а також їх практичного застосування.

Тема 1. Методи вивчення органічних сполук.

Очистка і якісний аналіз органічних сполук

Для очистки органічних сполук використовують методи *кристалізації, сублімації, перегонки, хроматографії.*

Лабораторна робота № 1. Кристалізація бензойної кислоти

Мета роботи: Ознайомитися з методом кристалізації як способом очищення твердих органічних сполук; вивчити вплив швидкості охолодження розчину на процес кристалізації та розміри кристалів; набути практичних навичок перекристалізації бензойної кислоти з водного розчину.

Обладнання та реактиви: пробірки; штатив для пробірок; скляна паличка; мірний циліндр (10 мл); хімічний стакан; водяна баня; складчастий фільтр; воронка; фільтрувальний папір; прилад для вакуумного фільтрування (лійка Бюхнера, колба Бунзена); нагрівальна плитка або спиртівка; бензойна кислота (забруднена); вода дистильована.

Заходи безпеки: Під час виконання роботи необхідно працювати в лабораторному халаті та захисних окулярах. При нагріванні розчинів слід обережно користуватися нагрівальними приладами, не спрямовувати отвір пробірки на себе чи інших осіб. Гарячі розчини та посуд брати лише за допомогою тримачів. Під час фільтрування з відсмоктуванням перевіряти герметичність установки. У разі потрапляння бензойної кислоти або гарячого

розчину на шкіру — негайно промити уражене місце великою кількістю води.

1. Теоретична частина

Кристалізація є одним з найпоширеніших методів очищення твердих органічних речовин. Вона ґрунтується на різній розчинності речовини та домішок у вибраному розчиннику за різних температур. При нагріванні розчинність більшості твердих органічних сполук зростає, тоді як при охолодженні вона зменшується, що призводить до виділення очищеної речовини у вигляді кристалів.

Бензойна кислота добре розчиняється в гарячій воді та значно гірше – в холодній, що робить воду придатним розчинником для її перекристалізації. Швидкість охолодження розчину істотно впливає на форму та розміри кристалів: при швидкому охолодженні утворюються дрібні кристали, тоді як повільне охолодження сприяє формуванню більших і більш упорядкованих кристалічних структур. Розчинні домішки при цьому залишаються в маточному розчині, а нерозчинні видаляються на етапі гарячого фільтрування.

Для отримання речовини високого ступеня чистоти важливим є правильний вибір розчинника, який повинен добре розчиняти речовину при нагріванні і майже не розчиняти її при охолодженні. Також суттєву роль відіграє дотримання оптимальних температурних умов та мінімізація механічних втрат під час фільтрування. Застосування методу перекристалізації дозволяє ефективно очищати органічні сполуки і широко використовується як у лабораторній практиці, так і в промисловому органічному синтезі.

2. Хід роботи

У пробірку вносять приблизно 0,5 г забрудненої бензойної кислоти та додають 5-6 мл дистильованої води. Суміш нагрівають до кипіння до повного розчинення кислоти. Отриманий гарячий насичений розчин швидко фільтрують через складчастий фільтр для відокремлення нерозчинних

механічних домішок. Прозорий фільтрат поділяють на дві рівні частини. Одну з них швидко охолоджують, занурюючи пробірку в холодну водяну баню, іншу залишають охолоджуватися повільно за кімнатної температури.

У розчині, що охолоджується швидко, спостерігається утворення дрібнокристалічного осаду, тоді як при повільному охолодженні формуються більші, добре окреслені кристали бензойної кислоти, які характеризуються вищим ступенем чистоти. Виділені кристали відокремлюють від маточного розчину фільтруванням із застосуванням відсмоктування. У фільтраті залишаються розчинні домішки та частина бензойної кислоти.

3. Зробити загальний висновок по роботі.

Лабораторна робота № 2. Сублімація бензойної кислоти або нафталіну

Мета роботи: Ознайомитися з методом сублімації як способом очищення твердих органічних речовин; набути практичних навичок очищення бензойної кислоти або нафталіну методом сублімації та вивчити умови конденсації парів речовини.

Обладнання та реактиви: хімічний стакан; азбестова сітка; лабораторний пальник, електрична плитка або піщана баня; колба для охолодження (заповнена холодною водою); фарфорова чашка; хімічна лійка; ватний тампон; штатив; аркуш паперу або чашка Петрі; бензойна кислота (забруднена) або нафталін (забруднений).

Заходи безпеки: Роботу виконувати в лабораторному халаті та захисних окулярах. Під час нагрівання речовин дотримуватися обережності, не допускати їх плавлення та перегрівання. Гарячий посуд брати лише з використанням тримачів. Уникати вдихання парів бензойної кислоти або нафталіну; роботу проводити у добре вентильованому приміщенні або під витяжною шафою.

1. Теоретична частина

Сублімація – це фізичний процес переходу речовини з твердого стану безпосередньо в газоподібний, минаючи рідку фазу. Цей процес характерний

для деяких органічних сполук, зокрема бензойної кислоти та нафталіну, які при нагріванні здатні утворювати пари без попереднього плавлення.

Метод сублімації застосовують для очищення твердих речовин від нелетких домішок. Під час нагрівання очищувана речовина переходить у газоподібний стан, тоді як домішки залишаються в початковій ємності. Подальша конденсація парів на холодній поверхні приводить до утворення кристалів високого ступеня чистоти. Ефективність очищення залежить від температурного режиму та умов конденсації парів.

Важливою умовою успішної сублімації є достатня різниця між температурами сублімації очищуваної речовини та домішок. Процес може проводитися як за нормального тиску, так і у вакуумі, що дає змогу знизити температуру нагрівання та запобігти термічному розкладу речовини. Швидкість сублімації впливає на форму та розмір кристалів, які осаджуються на охолодженій поверхні. Метод сублімації широко застосовується в органічному синтезі та аналітичній хімії для очищення термостійких і летких органічних сполук.

2. Хід роботи

Хімічний стакан встановлюють на азбестову сітку та вносять у нього невелику кількість забрудненої бензойної кислоти або нафталіну. Зверху стакан накривають колбою, заповненою холодною водою, яка слугує охолоджувальною поверхнею для конденсації парів речовини.

Рис. 1. Сублімація бензойної кислоти.

Під час обережного нагрівання на слабкому полум’ї пальника, електричній плитці або піщаній бані відбувається сублімація досліджуваної речовини (рис. 1). Пари очищеної сполуки піднімаються вгору та осаджуються на дні колби у вигляді блискучих кристалів.

Дослід також можна виконати у спрощеному варіанті. Для цього досліджувану речовину поміщають у фарфорову чашку, накривають хімічною лійкою, вузький кінець якої закривають ватним тампоном. Чашку

встановлюють на сітку та обережно нагрівають, уникаючи плавлення речовини. У процесі нагрівання пари сублімованої сполуки конденсуються на холодних стінках лійки. Після завершення досліду утворені кристали очищеної речовини обережно знімають зі стінок лійки та переносять на аркуш паперу або в чашку Петрі для подальшого аналізу.

3. Зробити загальний висновок по роботі.

Контрольні питання

1. Які основні методи застосовують для очищення органічних сполук?

2. У чому полягає метод кристалізації та які умови необхідні для його успішного проведення?

3. Поясніть суть методу сублімації та умови його застосування для очищення речовин.

Тестові завдання

1. Вкажіть метод розділення, який застосовують для відокремлення нерозчинених твердих частинок від рідини: а) кристалізація; б) екстракція; в) фільтрування; г) сублімація.

2. Поясніть, який метод ґрунтується на переході речовини з твердого стану безпосередньо в газоподібний, минаючи рідкий: а) перегонка; б) сублімація; в) кристалізація; г) екстракція.

3. Для розділення двох рідин, що не змішуються між собою і мають різну густину, використовують: а) дистиляційний апарат; б) хроматографічну колонку; в) ділильну лійку; г) фільтрувальний папір.

4. Поясніть, на якій властивості ґрунтується метод перегонки (дистиляції: а) різниці густини рідин; б) різній розчинності речовин; в) різниці температур кипіння; г) здатності до адсорбції.

5. Вкажіть, який вид хроматографії базується на різниці спорідненості компонентів суміші до твердого сорбенту: а) розподільча; б) гель-фільтраційна; в) адсорбційна; г) іонообмінна.

6. Метод розділення суміші, що ґрунтується на різній швидкості руху компонентів у рухомій і нерухомій фазах, називається: а) фільтрування; б) кристалізація; в) хроматографія; г) перегонка.

7. Вкажіть, який метод використовують для очищення твердих речовин шляхом утворення кристалів із розчину: а) сублімація; б) кристалізація; в) екстракція; г) фільтрування.

8. Для розділення суміші барвників на папері найчастіше застосовують: а) адсорбційну хроматографію; б) паперову хроматографію; в) іонообмінну хроматографію; г) гель-фільтрацію.

9. Поясніть, який метод розділення ґрунтується на різній розчинності речовин у двох рідинах, що не змішуються між собою: а) перегонка; б) фільтрування; в) екстракція; г) сублімація.

10. Назвіть, який метод використовують для відокремлення твердих частинок від газів (наприклад, у пиловловлювачах): а) фільтрування; б) кристалізація; в) дистиляція; г) екстракція.

Тема 2. Насичені вуглеводні (алкани)

Лабораторна робота № 3. Одержання метану і вивчення його властивостей

Мета роботи: Одержати метан у лабораторних умовах методом декарбоксилування солей карбонових кислот; вивчити фізичні та хімічні властивості метану, зокрема його горіння; підтвердити належність метану до класу насичених вуглеводнів (алканів).

Обладнання та реактиви: пробірка; штатив для пробірок; пробка з газовідвідною трубкою; лабораторний пальник; фарфорова пластинка; тримач для пробірки; натрій ацетат безводний (CH_3COONa); натронне вапно (суміш NaOH і CaO).

Заходи безпеки: Роботу проводити в лабораторному халаті та захисних окулярах. Під час нагрівання пробірку тримати отвором від себе та інших осіб. Обережно працювати з відкритим полум’ям і лугами, уникати

перегрівання пробірки. Не вдихати виділений газ. Після завершення досліду дати приладам охолонути перед розбиранням установки.

1. Теоретична частина

Алкани – це насичені вуглеводні, у молекулах яких усі атоми Карбону сполучені між собою одинарними σ-зв'язками. Загальна формула алканів – C_nH_{2n+2}, що відображає максимальне насичення атомів Карбону атомами Гідрогену. Найпростішим представником цього класу є метан (CH_4) – безбарвний і без запаху газ, легший за повітря та малорозчинний у воді.

Алкани характеризуються низькою хімічною активністю, що зумовлено високою міцністю σ-зв'язків C–C і C–H. Найбільш типовою для них є реакція горіння, під час якої відбувається повне окиснення до карбон (IV) оксиду і води з виділенням значної кількості теплоти. Метан згорає блакитним полум'ям без утворення сажі, що свідчить про повне згоряння та високу насиченість молекули. Окрім реакцій окиснення, алкани здатні вступати в реакції радикального заміщення, зокрема галогенування під дією світла.

Фізичні властивості алканів змінюються зі збільшенням молекулярної маси: нижчі алкани є газами, середні – рідинами, а вищі – твердими речовинами. У лабораторних умовах метан одержують шляхом декарбоксилування солей карбонових кислот під дією лугу, тоді як у промисловості основними джерелами алканів є природний газ і нафта.

У ветеринарній медицині та тваринництві алкани мають переважно практичне та допоміжне значення. Метан утворюється в травній системі жуйних тварин у процесі мікробіологічного бродіння, що має важливе значення для оцінки ефективності годівлі та екологічних аспектів тваринництва. Рідкі та тверді алкани входять до складу мінеральних масел і вазеліну, які застосовуються у ветеринарній практиці як основи для мазей, захисні та пом'якшувальні засоби. Крім того, парафіни використовують для ізоляції, зберігання біологічних матеріалів та у виготовленні лабораторного обладнання, що має значення для ветеринарних досліджень і контролю якості продукції тваринного походження.

2. Хід роботи

У суху пробірку поміщають тонко подрібнену суміш безводного натрій ацетату та натронного вапна, взятих у масовому співвідношенні 1:2, шаром приблизно 10 мм. Пробірку герметично закривають пробкою з газовідвідною трубкою, розташовують горизонтально та рівномірно нагрівають у полум'ї пальника. У процесі нагрівання відбувається виділення газоподібної речовини – метану. Не припиняючи нагрівання, газ, що виходить з газовідвідної трубки, підпалюють.

Метан горить рівним блакитним полум'ям. Для перевірки характеру горіння в полум'я вносять фарфорову пластинку. Відсутність сажистого нальоту підтверджує повне згоряння метану та його належність до насичених вуглеводнів.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити загальний висновок по роботі.

Контрольні питання

1. Дайте характеристику алканів як класу органічних сполук та вкажіть їх загальну молекулярну формулу.

2. Який вид структурної ізомерії притаманний алканам та з чим пов'язане її виникнення?

3. Опишіть основні способи добування алканів у промислових умовах і в лабораторній практиці.

4. Які типи хімічних перетворень є характерними для алканів? Назвіть їх основні особливості.

5. Охарактеризуйте реакції заміщення, притаманні алканам, та наведіть приклади відповідних хімічних рівнянь.

Тестові завдання

1. До гомологічного ряду насичених вуглеводнів відносяться: а) метан, б) етан, в) етилен, г) ацетилен, д) пропан.

2. Ізомерами є: а) 2,4–диметилгексан, б) 3-етил-2,4–диметилгексан, в) 2,3,4–триметилпентан, г) 3-етил-2,4–диметилпентан.

3. За реакцією В'юрца одержують гексан при взаємодії між собою: а)метилу хлористого, б) етилу хлористого, в)пропілу бромистого, г)ізопропілу йодистого.

4. Кінцевим продуктом наступних перетворень є:

$$2CH_3Cl \xrightarrow[-2NaCl]{2Na} A \xrightarrow[-HCl]{Cl_2} B$$

а) етан; б) хлоретан; в) пропан; г) хлорметан.

5. Продуктом рівняння реакції CH_3-CH_2-CH_2J + HI → є вуглеводень:

а) метан; б) етан; в) пропан; г) хлорметан.

6. Реакція вуглеводнів з сульфатною кислотою називається:

7. Реакція вуглеводнів з галогенами при підвищеній температурі або на світлі відноситься до заміщення: а) нуклеофільного; б) електрофільного; в) радикального.

8. Назвіть вуглеводень, який має лише одинарні σ-зв'язки між атомами Карбону: а) етилен; б) ацетилен; в) пропан; г) бензен.

9. Загальна формула гомологічного ряду алканів: а) C_nH_{2n}; б) C_nH_{2n+2}; в) C_nH_{2n-2}; г) C_nH_n.

10. Вкажіть, яка з наведених речовин є ізомером бутану: а) пропан; б) пентан; в) ізобутан; г) етилен.

Тема 3. Ненасичені вуглеводні (алкени)

Лабораторна робота № 4. Одержання етилену і вивчення його властивостей

Мета роботи: Одержати етилен у лабораторних умовах шляхом дегідратації етилового спирту; дослідити його фізичні та хімічні властивості; підтвердити наявність подвійного зв'язку за допомогою якісних реакцій та порівняти характер горіння етилену з алканами.

Обладнання та реактиви: пробірка; штатив для пробірок; пробка з газовідвідною трубкою; лабораторний пальник; фарфорова чашка або пластинка; піпетка; тримач для пробірки; етиловий спирт (C_2H_5OH); кислота

сульфатна концентрована (H_2SO_4); оксид алюмінію (Al_2O_3); бромна вода; водний розчин калій перманганату ($KMnO_4$).

Заходи безпеки: Роботу виконувати в лабораторному халаті та захисних окулярах. Концентровану сульфатну кислоту використовувати з особливою обережністю, уникаючи потрапляння на шкіру та одяг. Під час нагрівання пробірку тримати отвором від себе та інших осіб. Не вдихати виділений газ, дослід проводити у витяжній шафі або добре провітрюваному приміщенні. Обережно працювати з відкритим полум'ям.

1. Теоретична частина

Алкени, або олефіни, – це ненасичені вуглеводні, у молекулах яких між атомами Карбону присутній один подвійний зв'язок C=C. Загальна формула алкенів – C_nH_{2n}, що відповідає наявності одного π-зв'язку на кожну пару атомів Карбону в молекулі. Подвійний зв'язок надає алкенам підвищеної хімічної активності порівняно з насиченими алканами, оскільки π-електрони менш стійкі і легко вступають у хімічні реакції.

Для алкенів характерні реакції приєднання, зокрема галогенів, галогеноводнів, води та гідрогенізація, а також реакції окиснення, що можуть приводити до розриву подвійного зв'язку з утворенням альдегідів, кетонів або кислот. Якісними реакціями на наявність подвійного зв'язку є знебарвлення бромної води і знебарвлення розчину калій перманганату, що широко використовують для виявлення ненасиченості.

Алкени також здатні до полімеризації за умов каталізу, що є основою промислового синтезу поліетилену та інших полімерів. У лабораторних умовах низькомолекулярні алкени, зокрема етилен, можна одержати шляхом дегідратації спиртів під дією кислот або дегалогенування відповідних галогенсполук. Фізичні властивості алкенів подібні до алканів: нижчі члени є газами, середні – рідинами, а вищі – твердими речовинами.

Подвійний зв'язок визначає також і стереохімію алкенів – існування цис- та транс-ізомерів, що впливає на їх фізичні та хімічні властивості.

У ветеринарії та тваринництві алкени мають практичне і допоміжне значення. Етилен, як фітогормон, використовується для дозрівання кормових рослин, що підвищує їхню харчову цінність для тварин. Деякі похідні алкенів застосовують у синтезі ветеринарних лікарських засобів, антисептиків та пестицидів для захисту тваринницьких ферм. Крім того, поліетилен та інші полімери на основі алкенів використовуються у виробництві пакувальних матеріалів для кормів та біологічного матеріалу, а також у виготовленні лабораторного обладнання та контейнерів, що мають значення для ветеринарних досліджень та контролю якості продукції тваринного походження.

Етилен (етен, C_2H_4) – найпростіший представник класу алкенів, ненасичених вуглеводнів, у молекулах яких між атомами Карбону наявний подвійний зв’язок. Для етилену характерні реакції приєднання (галогенів, галогеноводнів, води), а також реакції окиснення. Якісними реакціями на подвійний зв’язок є знебарвлення бромної води та водного розчину калій перманганату.

У лабораторних умовах етилен одержують шляхом внутрішньомолекулярної дегідратації етанолу під дією концентрованої сульфатної кислоти за нагрівання.

2. Хід роботи

У суху пробірку вносять 8-10 крапель концентрованої сульфатної кислоти, додають 5 крапель етилового спирту та кілька кристалів оксиду алюмінію. Пробірку герметично закривають пробкою з газовідвідною трубкою та обережно нагрівають до моменту стабільного виділення газу.

Під час нагрівання відбувається дегідратація етилового спирту, внаслідок чого утворюється газоподібний етилен. Газ, що виділяється, пропускають через пробірки з бромною водою та водним розчином калій перманганату.

У процесі пропускання етилену спостерігають знебарвлення обох розчинів. За наявності надлишку калій перманганату утворюється бурий осад манган (IV) оксиду.

Після цього газ, що виходить з газовідвідної трубки, підпалюють. Етилен згорає яскравим, світним полум'ям.

Якщо внести фарфорову чашку (або пластинку) в полум'я етилену, на її поверхні з'явиться чорний сажистий наліт. За результатами досліду записують відповідні хімічні рівняння реакцій.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити загальний висновок по роботі.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте алкени як клас ненасичених вуглеводнів, наведіть їх загальну молекулярну формулу та зазначте типи ізомерії, що їм притаманні.

2. Опишіть основні лабораторні методи добування алкенів.

3. Які хімічні перетворення є характерними для алкенів? Поясніть їхню природу.

4. Охарактеризуйте реакції приєднання, типові для алкенів, та наведіть приклади відповідних хімічних рівнянь.

5. Опишіть реакції окиснення алкенів та їх особливості.

6. Розкрийте суть реакцій полімеризації алкенів і дайте загальну характеристику продуктів цих процесів.

Тестові завдання

1. Вкажіть, яка з перерахованих сполук знебарвлює розчин калій перманганату: а) бутан; б) етан; в) етилен; г) бензен; д) циклогексан.

2. Для етиленових вуглеводнів характерні реакції: а) заміщення, горіння; б) розкладу, горіння, обміну; в) приєднання, окиснення, полімеризації.

3. До гомологічного ряду етиленових вуглеводнів відносяться речовини:

а) етилен, б) етан, в) ацетилен, г) пропілен.

4. Відщепленням галогенгідрогену від 2-хлорпентану одержимо: а) пент-1-ен; б) пент-2-ен; в) 2-метилбут-1-ен; г) 2-метилбут-2-ен.

5. При гідруванні симетричного диетилетилену одержують сполуку: а)пентан; б)гексан; в)гептан; г)бутан.

6. М’яке окиснення етилену (реакція Вагнера) приводить до утворення: а)окису етилену; б)гідроперекису етилену; в) етиленгліколю; г)ацетатної кислоти.

7. При взаємодії гідрогенброміду з бутен-1-ом утвориться:

а) бут-2-ен, б) 2-бромбут-1-ен, в) 2-бромбутан, г) 1-бромбутан.

8. Вкажіть, яка з наведених речовин є ізомером бут-1-ену: а) бутан; б) бут-2-ен; в) бут-1-ин; г) циклобутан.

9. Загальна формула гомологічного ряду етиленових вуглеводнів: а) C_nH_{2n+2}; б) C_nH_{2n}; в) C_nH_{2n-2}; г) C_nH_n.

10. Вкажіть, який продукт утворюється при приєднанні брому до етилену: а) брометан; б) 1,2-диброметан; в) 2-брометан; г) хлороетан.

Тема 4. Ненасичені вуглеводні (алкіни)

Лабораторна робота № 5. Одержання ацетилену і вивчення його властивостей

Мета роботи: Одержати ацетилен у лабораторних умовах взаємодією кальцій карбіду з водою; дослідити фізичні та хімічні властивості ацетилену; підтвердити наявність потрійного зв’язку за допомогою якісних реакцій та вивчити характер його горіння.

Обладнання та реактиви: пробірка; штатив для пробірок; витяжна шафа; фарфорова пластинка; тримач для пробірки; піпетка; кальцій карбід (CaC_2); вода; бромна вода; водний розчин калій перманганату ($KMnO_4$).

Заходи безпеки: Дослід проводити у витяжній шафі. Під час роботи використовувати лабораторний халат і захисні окуляри. Кальцій карбід брати лише сухими інструментами, не допускати потрапляння вологи на реактив поза дослідом. Додавати воду до карбіду обережно, уникаючи різкого виділення газу. Не вдихати ацетилен і не нахилятися над пробіркою. Під час підпалювання газу дотримуватися правил роботи з відкритим полум’ям.

1. Теоретична частина

Ацетилен (етин, C_2H_2) є найпростішим представником класу ***алкінів*** – ненасичених вуглеводнів, у молекулах яких між атомами Карбону наявний потрійний зв'язок. Загальна формула алкінів – C_nH_{2n-2}. Наявність двох π-зв'язків у молекулі визначає високу хімічну активність ацетилену та інших алкінів. Подібно до етиленових вуглеводнів, алкіни здатні вступати у реакції приєднання, проте на відміну від алкенів, вони можуть приєднувати атоми галогенів або водню двічі, що веде до утворення насичених вуглеводнів.

Для ацетилену та його гомологів характерні також реакції заміщення, окиснення та полімеризації. Якісними методами виявлення кратного зв'язку є знебарвлення бромної води та розчину калій перманганату. У лабораторних умовах ацетилен одержують взаємодією кальцій карбіду з водою, при якій утворюється газоподібний етин і кальцій гідроксид.

Ацетиленові вуглеводні мають лінійну будову молекули та відносно малу полярність σ-зв'язків, що впливає на їх фізичні властивості: низькомолекулярні члени є газами, середньомолекулярні – рідинами, а вищі – твердими речовинами. Ацетилен широко використовується як сировина для синтезу органічних сполук, таких як пластмаси, розчинники та синтетичні волокна. Він також застосовується як пальне у зварювальному обладнанні завдяки високій температурі полум'я.

Особливістю ацетилену є здатність до полімеризації під дією каталізаторів або високих температур, що дозволяє одержувати вуглецеві матеріали та полімери, а також різні органічні продукти промислового значення.

Значення у ветеринарії та тваринництві: ацетиленові вуглеводні застосовуються опосередковано через продукти їх перетворення, зокрема при синтезі стерилізуючих та дезінфікуючих розчинників, пластмасових матеріалів для ветеринарного обладнання та контейнерів для зберігання препаратів. Також похідні алкінів використовуються у виробництві кормових добавок і лікарських форм, а висока реакційна здатність цих сполук дозволяє

створювати активні речовини для лікування та профілактики інфекцій у тваринництві.

Загалом ацетиленові вуглеводні та їх похідні відіграють важливу роль як у лабораторних синтезах органічних речовин, так і у виробництві хімічних компонентів для ветеринарної практики та сільського господарства.

2. Хід роботи

Дослід проводять у витяжній шафі з дотриманням правил техніки безпеки. У пробірку поміщають невеликий шматок кальцій карбіду та обережно додають кілька крапель води. Внаслідок реакції швидко виділяється газ – ацетилен.

Газ, що утворюється, підпалюють біля отвору пробірки. Ацетилен згорає яскравим світним полум’ям із незначним коптінням, що вказує на високий вміст Карбону та ненасичений характер вуглеводню. Для підтвердження цього в полум’я вносять фарфорову пластинку, на поверхні якої з’являється чорний сажистий наліт. Далі ацетилен пропускають через пробірки з бромною водою та водним розчином калій перманганату. У процесі пропускання спостерігають знебарвлення розчинів, що підтверджує наявність кратного зв’язку в молекулі ацетилену. За результатами досліду записують відповідні рівняння хімічних реакцій.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити загальний висновок по роботі.

Контрольні питання

1. Охарактеризуйте алкіни як клас ненасичених вуглеводнів і наведіть їх загальну молекулярну формулу.

2. Які види ізомерії властиві алкінам? Поясніть їх на прикладі пентину.

3. Опишіть основні лабораторні методи добування алкінів.

4. Які типи хімічних реакцій є характерними для алкінів? У чому полягають їхні особливості?

5. Охарактеризуйте реакції приєднання, притаманні алкінам, та наведіть приклади відповідних хімічних рівнянь.

6. Розкрийте суть реакцій полімеризації алкінів і дайте загальну характеристику продуктів цих процесів.

Тестові завдання

1. Ізомерами є: а)1,4-диметилпент-2-ин; б)3-метилгекс-1-ин; в)3,4-диметилгекс-1-ин; г)2-метилгекс-3-ин.

2. Атом Карбону в молекулі алкінів знаходиться в стані: а) sp-гібридизації; б) sp^2-гібридизації; в) sp^3-гібридизації.

3. При відщепленні галогенгідрогену від 2,2-дихлорбутану утвориться: а) бут-1-ин, б) 3-хлорбут-1-ин, в) бут-2-ин.

4. При гідратації бут-1-ину утвориться: а) бутаналь, б) 2-метилбутаналь, в) бутан-2-он.

5. Вкажіть, який тип ізомерії не присутній в ацетиленових вуглеводнях:

а) ланцюгова; б) місця кратного зв'язку; в) цис-транс (геометрична); г) стереоізометрія.

6. Вкажіть, за допомогою якого реактиву можливо розрізнити етилен та ацетилен: а) $Ag(NH_3)_2OH$; б) HNO_2; в) $KMnO_4$; г) HBr; д) Br_2.

7. Загальна формула гомологічного ряду ацетиленових вуглеводнів: а) C_nH_{2n+2}; б) C_nH_{2n}; в) C_nH_{2n-2}; г) C_nH_{2n-4}.

8. Назвіть продукт, який утворюється при повному гідруванні ацетилену: а) етен; б) етан; в) етін; г) етилен.

9. Вкажіть, яка з наведених сполук належить до алкінів: а) пропен; б) пропан; в) пропін; г) пропадієн.

10. Вкажіть, який продукт утворюється при приєднанні однієї молекули брому до ацетилену: а) 1,1-диброметан; б) 1,2-диброметен; в) 1,2-диброметан; г) брометан.

Тема 5. Ароматичні вуглеводні (арени)

Лабораторна робота № 6. Хімічні властивості одноядерних аренів

Мета роботи: Дослідити основні хімічні властивості одноядерних аренів на прикладі бензену та його гомологів; вивчити характер їх горіння,

стійкість бензенового ядра до окиснення, окиснення бічних ланцюгів та реакцію електрофільного заміщення (нітрування).

Обладнання та реактиви: пробірки; штатив для пробірок; фарфорова чашка; піпетки; лабораторний пальник або нагрівальна плитка; витяжна шафа; бензен; толуен; водний розчин калій перманганату ($KMnO_4$); сульфатна кислота (10% і концентрована); концентрована нітратна кислота (HNO_3); вода дистильована.

Заходи безпеки: Роботу виконувати у витяжній шафі в лабораторному халаті та захисних окулярах. Бензен і толуен є леткими та токсичними речовинами — уникати вдихання парів і контакту зі шкірою. Концентровані кислоти використовувати з особливою обережністю. Під час нагрівання та роботи з відкритим полум'ям дотримуватися правил пожежної безпеки.

1. Теоретична частина

Ароматичні вуглеводні, або арени, – це клас органічних сполук, що містять бензенове ядро. Основна особливість цих сполук полягає у делокалізації π-електронів по всьому кільцю, що надає молекулам підвищеної стабільності. Завдяки цій електронній стабільності арени значно стійкіші до реакцій приєднання, характерних для ненасичених вуглеводнів, і переважно вступають у реакції електрофільного заміщення, зберігаючи цілісність бензенового ядра.

Серед основних хімічних властивостей аренів варто виділити: горіння, яке супроводжується кіптявим полум'ям через високий вміст вуглецю у молекулах; окиснення бензенового ядра, яке стійке до слабких окисників, таких як бромна вода або розчин калій перманганату; окиснення бічних алкільних ланцюгів, що легко перетворюються на карбонові кислоти під дією сильних окисників, як, наприклад, у толуені. Крім того, арени активно вступають у реакції нітрування, галогенування та сульфування, що дозволяє синтезувати заміщені ароматичні сполуки з різними фізико-хімічними властивостями.

Арени практично нерозчинні у воді, але добре розчиняються у неполярних органічних розчинниках, таких як бензен, толуол чи ефір, що відображає неполярний характер бензенового ядра.

Також слід зазначити, що арени є важливими промисловими хімікатами: вони використовуються як вихідні речовини для виробництва барвників, лікарських препаратів, полімерів і синтетичних волокон.

У ветеринарії та тваринництві арени і їх похідні застосовуються здебільшого опосередковано через виробництво дезінфікуючих засобів, стерилізуючих розчинів та кормових добавок. Багато похідних ароматичних сполук використовують для синтезу фармацевтичних препаратів, антибіотиків та ветеринарних лікарських засобів, що забезпечує профілактику та лікування інфекційних і запальних процесів у тварин.

Таким чином, арени поєднують високу хімічну стабільність ядра з активністю бічних груп, що робить їх важливими як у лабораторних дослідженнях, так і у промислових та ветеринарних застосуваннях.

2. Хід роботи

Дослід 1. Горіння бензену. У фарфорову чашку налити бензен і підпалити. Бензен горить кіптявим полум’ям.

Дослід 2. Відношення бензену до водного розчину калій перманганату. У пробірку додають бензен, потім 0,1% розчин $KMnO_4$ та кілька крапель 10% H_2SO_4. Після струшування зміни кольору не спостерігається навіть при нагріванні. що вказує на стійкість бензенового ядра до окиснення.

Дослід 2. Окиснення бокових ланцюгів гомологів бензену. У пробірку додають калій перманганат, воду, сульфатну кислоту та краплю толуену, після чого суміш нагрівають та струшують. Спостерігається знебарвлення фіолетового розчину. що пояснюється окисненням бокового ланцюга в молекулі толуену.

Дослід 3. Нітрування ароматичних вуглеводнів. У суху пробірку додають концентровані H_2SO_4 та HNO_3 (нітруюча суміш), після чого вводять

бензен. Після струшування суміш виливають у холодну воду. Утворюється маслянистa речовина з характерним запахом гіркого мигдалю (нітробензен).

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

Контрольні питання

1. Дайте визначення ароматичних сполук і поясніть особливості їхньої будови.

2. Які форми ізомерії характерні для ароматичних вуглеводнів?

3. Які методи синтезу бензену відомі в органічній хімії?

4. Які основні типи хімічних реакцій притаманні ароматичним сполукам?

5. Назвіть найважливіші реакції заміщення, характерні для аренів, і наведіть відповідні приклади.

6. Які реакції приєднання можливі для ароматичних вуглеводнів?

7. Порівняйте хімічну стійкість бензену та його гомологів у процесі окиснення.

Тестові завдання

1. Вкажіть, яку геометричну будову має молекула бензену:

а) тетраедричну; б) лінійну; в) площинну.

2. Сульфування сульфобензену приводить до утворення похідних в положенні: а) орто-; б) мета-; в) пара-.

3. В молекулі бензену атоми Карбону зв’язані за рахунок: а) σ-зв’язків; б) π-зв’язків; в) σ і π-зв’язків; г) σ-зв’язків і π-електронної хмари.

4. Нітрування етилбензену приводить до утворення: а) нітробензену; б) ортодинітробензену; в) метанітроетилбензену; г)паранітроетилбензену.

5. При взаємодії толуену з хлором на світлі утвориться: а)ортохлортолуен; б)метахлортолуен; в)бензил хлористий; г)хлорбензен.

6. При прокалюванні параметилбензоату натрію з натрій гідроксидом одержимо: а) бензен; б) толуен; в)п араметилбензойну кислоту; г) параксилол.

7. До складу нітруючої суміші входять: а) концентровані нітратна та сульфатна кислоти; б) розведені нітратна та сульфатна кислоти; в) концентровані хлоридна та сульфатна кислоти.

8. Назвіть реакцію, яка є характерною для бензену: а) приєднання брому; б) приєднання водню; в) реакція електрофільного заміщення; г) полімеризація.

9. Вкажіть, який замісник у бензеновому кільці є орто-, пара-орієнтантом: а) $–NO_2$; б) –COOH; в) $–CH_3$; г) $–SO_3H$.

10. Назвіть сполуку, яка утворюється при гідруванні бензену в присутності каталізатора: а) циклогексан; б) гексен; в) гексан; г) циклогексен.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. СПОЛУКИ З ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ГРУПАМИ

Змістовий модуль «Сполуки з функціональними групами» вивчає будову, номенклатуру, фізичні та хімічні властивості органічних сполук, що містять характерні функціональні групи, які визначають їхню хімічну реакційну здатність. У межах модуля розглядаються основні класи таких сполук: галогенопохідні вуглеводнів, спирти та феноли, альдегіди й кетони, карбонові кислоти та їх похідні (ефіри, аміди, ангідриди), а також інші функціональні сполуки, що мають практичне значення.

Особлива увага приділяється закономірностям хімічних перетворень органічних сполук, умовам реакцій, механізмам взаємодії, а також структурним особливостям молекул, які впливають на їхню фізичну та хімічну поведінку. Набуті знання дозволяють прогнозувати реакційну здатність різних класів сполук та застосовувати їх у практичній діяльності.

Практичне значення модуля охоплює ветеринарну медицину, тваринництво та біохімію: розглядаються сполуки, які входять до складу лікарських препаратів для тварин, кормових добавок, продуктів обміну речовин, біологічно активних речовин і природних сполук організмів. Це дозволяє студентам не лише засвоїти теоретичні основи органічної хімії, а й розуміти їхнє прикладне значення у сфері здоров’я та продуктивності тварин.

Тема 6. Галогенопохідні вуглеводнів

Лабораторна робота № 7. Одержання галогенпохідних вуглеводнів та вивчення їх хімічних властивостей

Мета роботи: Ознайомитися з хімічними властивостями галогенопохідних вуглеводнів; вивчити йодоформну реакцію як якісну реакцію для сполук, що містять відповідний функціональний фрагмент; набути практичних навичок якісного виявлення галогенів в органічних сполуках за допомогою проби Бейльштейна.

***Обладнання та реактиви*:** пробірки; штатив для пробірок; лабораторний пальник; мідний дріт; піпетки; тримач для пробірки; витяжна шафа; етиловий спирт; розчин йоду в йодистому калії; натрій гідроксид (10%-ний розчин); вода дистильована; галогенопохідна органічна сполука (хлороформ або йодоформ).

***Заходи безпеки*:** Роботу виконувати у витяжній шафі в лабораторному халаті та захисних окулярах. Луги та розчин йоду використовувати з обережністю, уникаючи потрапляння на шкіру та слизові оболонки. Пари галогенопохідних сполук не вдихати. Під час роботи з відкритим полум'ям дотримуватися правил пожежної безпеки та не торкатися нагрітого мідного дроту руками.

1. Теоретична частина

Галогенопохідні вуглеводнів – це органічні сполуки, у молекулах яких один або кілька атомів Гідрогену заміщені атомами галогенів (F, Cl, Br, I). Наявність полярного зв'язку C–Hal зумовлює підвищену реакційну здатність цих сполук у реакціях нуклеофільного заміщення, елімінування та окиснення. Завдяки цьому галогенопохідні широко застосовуються як проміжні сполуки у синтезі органічних речовин, фармацевтичних препаратів, пестицидів та барвників.

Важливе місце серед якісних реакцій займає йодоформна реакція, характерна для сполук, що містять фрагмент $–CH_3–CO–$ або здатні окиснюватися до таких сполук (зокрема етиловий спирт). У лужному

середовищі за наявності йоду утворюється жовтий кристалічний осад йодоформу (CHI_3), який має різкий характерний запах. Ця реакція використовується для виявлення метильних кетонів та деяких спиртів у лабораторних аналізах.

Для якісного виявлення галогенів в органічних сполуках застосовують пробу Бейльштейна, що ґрунтується на утворенні летких галогенідів Купруму, які під час горіння надають полум'ю зелене або синьо-зелене забарвлення.

Крім того, реактивність галогенопохідних залежить від типу галогену: фтор та хлор утворюють більш стійкі сполуки, тоді як бром і йод проявляють більшу хімічну активність.

Галогенопохідні також здатні вступати у радикальні реакції під дією світла або нагрівання, що використовується для радикального заміщення або полімеризації.

У ветеринарії та тваринництві деякі галогенопохідні застосовуються як дезінфікуючі засоби, антисептики та складові ветеринарних препаратів для профілактики інфекційних хвороб.

2. Хід роботи

Дослід 1. Утворення йодоформу з етилового спирту. У суху пробірку вносять 1 мл дистильованої води, 0,5 мл етилового спирту та 3-4 мл розчину йоду в йодистому калії. До отриманої суміші обережно, по краплях, додають 10%-ний розчин натрій гідроксиду до повного знебарвлення бурого забарвлення йоду.

Через певний час у пробірці утворюється жовтий кристалічний осад, який є йодоформом. Осад має характерний різкий запах, що слугує додатковою ознакою перебігу реакції.

Реакція відбувається в кілька стадій:

1. взаємодія йоду з лугом;
2. окиснення етилового спирту до ацетальдегіду;

3. заміщення атомів Гідрогену в метильній групі ацетальдегіду атомами Йоду;

4. лужний розклад проміжної сполуки з утворенням йодоформу.

Сумарне рівняння реакції:

$CH_3–CH_2OH + 4I_2 + 6NaOH \rightarrow CHI_3\downarrow + HCOONa + 5NaI + 5H_2O$

Дослід 2. Відкриття галогенів (проба Бейльштейна). З тонкого мідного дроту виготовляють невелику спіраль із вільним кінцем довжиною 15-20 см. Спіраль прожарюють в окиснювальному полум'ї пальника до повного зникнення стороннього забарвлення полум'я та утворення на поверхні шару оксиду Купруму(II).

Після охолодження спіраль змочують невеликою кількістю досліджуваної галогенопохідної органічної сполуки (наприклад, хлороформу або йодоформу) і знову вводять у полум'я пальника. Спочатку відбувається згоряння Карбону органічної речовини, що супроводжується кіптявим полум'ям.

Згодом полум'я набуває світло-зеленого або синьо-зеленого забарвлення внаслідок утворення летких галогенідів Купруму, що свідчить про наявність галогенів у досліджуваній сполуці.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

Контрольні питання

1. Сформулюйте визначення галогенопохідних вуглеводнів як класу органічних сполук.

2. Охарактеризуйте види ізомерії, притаманні галогенопохідним вуглеводням.

3. Наведіть класифікацію галогенопохідних вуглеводнів та охарактеризуйте принципи їх номенклатури.

4. Опишіть основні методи синтезу галогенопохідних вуглеводнів.

5. Поясніть механізми та умови перебігу реакцій нуклеофільного заміщення, характерних для галогенопохідних вуглеводнів.

6 Розкрийте сутність реакцій дегідрогалогенування (елімінування) та проілюструйте їх на конкретному прикладі.

Тестові завдання

1. Назва сполуки: $CH_3 – CHCl – CH – CH_3$

CH_3

а)1-хлор-1,2-диметилпропан; б)2-хлор-3,3-диметилпропан,
в)2-хлор-3-метилбутан.

2. Ізомерами є: а)1,2-дихлоретан; б)1,2-дихлор-3-метилпептан; в)2,2-дихлор-3-метилбутан; г)2,2-дихлор-3-етилбутан.

3. При приєднанні HCl до 2-метилбутену-1 утворюється: а)1-хлор-2-метилбутан; б)2-хлорбутан; в)2-хлор-2метилбутан; г)2-метил-3-хлорбутан.

4. Взаємодія метилу хлористого з етилатом натрію дає: а)метилетилат; б)пропан; в)метилетиловий етер; г)метилетиловий спирт.

5. Взаємодія етилу бромистого з натрій ацетатом приводить до утворення: а)етану; б)бутану; в)етилового естеру оцтової кислоти; г)діетилового етеру.

6. При галогенуванні насичених вуглеводнів найкраще заміщення гідрогену відбувається біля карбону: а)первинного; б)вторинного; в)третинного.

7. Який продукт утворюється при реакції бут-2-ен з HBr: а) 1-бромбутан; б) 2-бромбутан; в) 1-бромбутен; г) 2-бромбутен.

8. При дегідратації бутан-2-олу утворюється: а) бутан-1-ен; б) бутан-2-ен; в) бутан; г) бутан-2-ин.

9. Вкажіть, який з наведених галогенопохідних найбільш реакційно здатний у реакції нуклеофільного заміщення: а) метилхлорид; б) хлоретан; в) трет-бутилхлорид; г) 1-хлорциклогексан.

10. При взаємодії натрієвого етанолу ($C_2H_5O^-Na^+$) з метилйодидом (CH_3I) утворюється: а) метан; б) метилетиловий ефір; в) етанол; г) метанол.

Тема 7. Спирти та феноли

Лабораторна робота № 8. Дослідження властивостей одноатомних та багатоатомних спиртів, фенолів

Мета роботи: Вивчити хімічні властивості одноатомних та багатоатомних спиртів, а також фенолів; одержати практичні навички їхньої ідентифікації за допомогою характерних реакцій.

Обладнання та реактиви: пробірки; лабораторний пальник; штатив; піпетки; фарфорова чашка; тримач пробірки; етиловий спирт; гліцерин; натрій металевий; калій перманганат (5%); калій дихромат (5%); сульфатна кислота (10%); безводний натрій ацетат; купрум (II) сульфат (3%); натрій гідроксид (10%); фенол; ферум (III) хлорид; фталевий ангідрид; спирт етанол.

Заходи безпеки: Роботу виконувати у витяжній шафі. Використовувати лабораторний халат та захисні окуляри. Металічний натрій, концентровані кислоти та фенол – небезпечні при контакті зі шкірою або при вдиханні парів. Не допускати контакту фенолу зі шкірою. Під час нагрівання спиртів дотримуватися правил пожежної безпеки.

1. Теоретична частина

Спирти – це органічні сполуки, що містять одну або кілька гідроксильних груп (–ОН), приєднаних до насичених вуглеводневих радикалів.

Феноли – це сполуки, у молекулах яких гідроксильна група приєднана безпосередньо до ароматичного кільця, що надає їм специфічних хімічних властивостей.

Одноатомні спирти, такі як метанол чи етанол, здатні взаємодіяти з активними металами (натрієм, калієм) з утворенням спиртатів та виділенням водню. Багатоатомні спирти, зокрема гліцерин, утворюють стійкі комплекси з купрум (II) гідроксидом, що використовується для їх якісного виявлення в лабораторних умовах.

Спирти легко піддаються окисненню сильними окисниками: первинні спирти перетворюються на альдегіди або карбонові кислоти, вторинні – на

кетони, тоді як третинні спирти зазвичай стійкі до окиснення. Важливою реакцією спиртів є їх взаємодія з галогеноводнями та кислотами, що дозволяє синтезувати галогенопохідні або етери. Феноли проявляють слабкі кислотні властивості та реагують з лужними металами й утворюють феноляти, а з ферум(III) хлоридом дають характерне фіолетове забарвлення, що використовується для якісного аналізу. Крім того, феноли здатні до електрофільного заміщення у ароматичному кільці, що робить їх важливими проміжними сполуками у синтезі лікарських засобів, барвників і антисептиків. Спирти та феноли широко застосовуються у ветеринарії та тваринництві як розчинники, консерванти, дезінфікуючі засоби та складові лікарських препаратів для лікування та профілактики інфекційних хвороб тварин.

2. Хід роботи

Дослід 1. Реакція етилового спирту з металевим натрієм. У пробірку наливають 1-1,5 мл етилового спирту та додають невеликий шматочок натрію (попередньо висушеного). Спостерігають активну реакцію з виділенням газу водню та утворенням натрій етилату. Записують відповідне хімічне рівняння.

Дослід 2. Окиснення етанолу розчином калій перманганату. До пробірки додають 2 краплі етанолу, по 2 краплі 5% розчину $KMnO_4$ та 3 краплі 10% розчину H_2SO_4. При слабкому нагріванні спостерігають знебарвлення фіолетового розчину та відчувають запах оцтового альдегіду, характерного для антонівських яблук.

Дослід 3. Окиснення етанолу хромовою сумішшю. У пробірку поміщають 2 краплі етанолу, 1 краплю 10% H_2SO_4 та 2 краплі 5% $K_2Cr_2O_7$. Пробірку нагрівають на полум’ї пальника і спостерігають, як помаранчевий розчин хрому стає синьо-зеленим. В процесі виділяється запах оцтового альдегіду, що дозволяє ідентифікувати етиловий спирт.

Дослід 4. Отримання естеру (етиловий ефір оцтової кислоти). У суху пробірку кладуть тонкий шар безводного натрію ацетату, додають 3 краплі

етанолу та 2 краплі концентрованої H_2SO_4. Пробірку обережно нагрівають. Спостерігають характерний приємний запах ефіру, що свідчить про утворення продукту реакції.

Дослід 5. Взаємодія багатоатомних спиртів з купрум (II) гідроксидом. У пробірку наливають 6 крапель 3% розчину $CuSO_4$ та 6 крапель 10% NaOH. З'являється блакитний осад $Cu(OH)_2$. Частину осаду переносять у пробірку з 1-2 краплями гліцерину: осад розчиняється, розчин набуває інтенсивного синього кольору, що підтверджує утворення хелатного комплексу. Нагрівання не руйнує цей комплекс, тоді як чистий $Cu(OH)_2$ при кип'ятінні розкладається до чорного оксиду CuO.

Дослід 6. Взаємодія гліцерину з металічним натрієм. У пробірку наливають 2-3 мл гліцерину і додають невеликий шматочок натрію. Реакція починається повільно, злегка нагріваючи пробірку, а потім прискорюється з виділенням газу та обвуглюванням гліцерину.

Дослід 7. Якісна реакція на фенол з розчином ферум (III) хлориду. До сильно розведеного розчину фенолу додають $FeCl_3$. Розчин забарвлюється в темно-фіолетовий колір, що дозволяє виявити фенол навіть при низьких концентраціях.

Дослід 8. Одержання фенолфталеїну. У пробірку насипають по 0,1 г фталевого ангідриду та фенолу, додають 3-4 краплі концентрованої H_2SO_4 і нагрівають 5-6 хвилин. Після охолодження суміш розчиняють у 1-1,25 мл спирту. Кілька крапель розчину додають до 10% розчину лугу, що забарвлюється в малиновий колір, підтверджуючи утворення фенолфталеїну.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

Контрольні питання

1. Дайте визначення спиртів та поясніть класифікацію спиртів на первинні, вторинні та третинні залежно від положення гідроксильної групи у молекулі.

2. Опишіть номенклатуру одноатомних насичених спиртів відповідно до IUPAC.

3. Охарактеризуйте основні методи синтезу одноатомних насичених спиртів.

4. Розкрийте фізичні та хімічні властивості одноатомних насичених спиртів.

5. Дайте визначення та номенклатуру двоатомних спиртів; опишіть методи їх синтезу та основні хімічні властивості.

6. Дайте визначення та номенклатуру триатомних спиртів; опишіть методи їх синтезу та основні хімічні властивості.

7. Що таке феноли, які типи ізомерії для них характерні, та якими правилами номенклатури вони підпорядковуються?

8. Дайте характеристику хімічних властивостей фенолів із поясненням їх реакційної здатності.

Тестові завдання

1. Ізомерними є спирти: а)2-метилбутанол-2; б)пентанол-1; в)2,3-диметилбутанол-2; г)2-метилпентанол-1.

2. Ізоаміловим є спирт: а)2-метилпропанол-1; б)2-метилбутанол-1; в)2-метилпентанол-1; г) 2,3-диметилбутанол-1.

3. Назву триметилкарбінол має спирт: а)бутанол-2; б)2-метилпропанол-2; в) 2-метилбутанол-2; г) 2,3-диметилбутанол-2.

4. Третинним є спирт: а)2-метилпропанол-1; б)бутанол-2; в)2-метилпропанол-2; г)пропанол-1.

5. Гідратацією одержують бутанол-2 із: а)бутену-1; б)бутену-2; в)2-метилпропену; г) 2-метилбутену-2.

6. При дегідратації 2-метилбутанолу-1 одержується продукт: а)2-метилбутен-1; б)2-метилбутен-2-ол-1; в)2-метилбутен-1-ол-1; г)2-метибутин-1.

7. В результаті окиснення первинних спиртів утворюються…

8. При міжмолекулярній дегідратації спиртів утворюються сполуки: а)альдегід і вода; б)простий етер і вода; в)кетон і водень; г)етиленові вуглеводні.

9. В результаті окиснення вторинних спиртів утворюється…

10. Гліцерин можна виявити: а)розчином лакмусу; б) купрум (II) гідроксидом; в) розчином калій перманганату; г) бромною водою.

Тема 8. Альдегіди та кетони (оксосполуки)

Лабораторна робота № 9. Одержання альдегідів та вивчення їх хімічних властивостей

Мета роботи: Одержати альдегід з одноатомного спирту; ознайомитися з хімічними властивостями альдегідів і кетонів; вивчити якісні реакції, що дозволяють відрізнити альдегіди від кетонів.

Обладнання та реактиви: пробірки; мідна проволока; піпетки; скляні палички; штатив; водяна баня; етиловий спирт; фуксинсірчиста кислота; формальдегід; реактив Фелінга (розчини купруму(II) сульфату та сегнетової солі); нітрат срібла ($AgNO_3$); аміак; ацетон; натрій нітропрусид ($Na_2[Fe(CN)_5NO]$); натрій гідроксид (NaOH); оцтова кислота.

Заходи безпеки: Всі досліди слід проводити під наглядом викладача та бажано у витяжному шафі, щоб уникнути вдихання випарів. Нагрівати пробірки з етиловим спиртом та іншими реактивами слід обережно, щоб запобігти опікам і розбризкуванню рідини. Реактиви Фелінга, нітрат срібла та аміачний розчин подразнюють шкіру і слизові оболонки, тому необхідно уникати їх потрапляння на руки та в очі. Під час роботи обов'язково використовувати лабораторний халат, захисні окуляри та рукавички. Не слід нюхати або пробувати реактиви на смак.

Після завершення експерименту потрібно ретельно вимити руки та очистити робоче місце від залишків реактивів. Всі відходи слід утилізувати відповідно до правил лабораторної безпеки.

1. Теоретична частина

Альдегіди та кетони належать до класу оксосполук і характеризуються наявністю карбонільної групи –C(=O)– у молекулах. Альдегіди мають загальну формулу R–CHO, де карбонільна група –C(=O)H зв'язана з вуглеводневим радикалом, що обумовлює їх високу хімічну активність. Кетони представлені формулою R–CO–R′, у якій карбонільна група поєднана з двома органічними радикалами, що надає їм більшу стабільність порівняно з альдегідними сполуками.

Альдегіди легко окиснюються до відповідних карбонових кислот і тому активно реагують із реактивом Фелінга та аміачним розчином оксиду срібла (реакція Толленса), що є характерними якісними тестами для їх виявлення. Кетони, на відміну від альдегідів, стійкіші до окиснення і не дають цих реакцій, проте їх можна ідентифікувати за допомогою специфічних кольорових реакцій, таких як проба Легаля. Одержання альдегідів у лабораторних умовах зазвичай здійснюють шляхом контрольованого окиснення первинних спиртів, що дозволяє вивчати їхні властивості та реакційну здатність.

Альдегіди та кетони беруть активну участь у багатьох синтетичних перетвореннях органічних сполук, зокрема в промисловості лікарських засобів, ароматизаторів і дезінфікуючих засобів. У ветеринарії та тваринництві окремі альдегіди використовуються як дезінфектанти, консерванти кормів і компоненти ветеринарних препаратів, тоді як кетони застосовують у складі антисептичних засобів і розчинників для препаратів.

2. Хід роботи

Дослід 1. Отримання ацетальдегіду з етанолу. У пробірку наливають 1-2 мл етилового спирту. Мідну проволоку нагрівають до червоного кольору і занурюють у пробірку, повторюючи цю операцію тричі. У результаті відбувається окиснення спирту до ацетальдегіду. Для виявлення продукту додають розчин фуксинсірчистої кислоти; якщо з'являється синьо-червоне забарвлення, це підтверджує наявність альдегідної групи.

Дослід 2. Виявлення альдегідів за допомогою реактиву Фелінга. У пробірку наливають 1-2 мл розчину формальдегіду і додають рівний об'єм реактиву Фелінга, після чого обережно нагрівають. Зникає синє забарвлення, і утворюється червоно-бурий осад оксиду міді(I).

Реактив Фелінга готують шляхом змішування водного розчину купруму(II) сульфату та лужного розчину сегнетової солі. При цьому спочатку утворюється осад $Cu(OH)_2$, який у комплексі з сегнетовою сіллю стає розчинним і набуває синього кольору.

Слід зазначити, що ароматичні альдегіди на реактив Фелінга не реагують.

Дослід 3. Реакція "срібного дзеркала." У чисту пробірку наливають 3-4 мл 1%-ного розчину нітрату срібла і по краплях додають 5%-ний розчин аміаку до повного розчинення утвореного осаду. До отриманого амоніачного розчину $[Ag(NH_3)_2]OH$ додають 1 мл формальдегіду та нагрівають на водяній бані при 60-70 °C. На стінках пробірки поступово утворюється срібний наліт, що свідчить про наявність альдегідної групи.

Дослід 4. Кольорова реакція на кетони (проба Легаля). У пробірку наносять 3 краплі ацетону, додають 1 краплю 5%-ного розчину натрій нітропрусиду і 1 краплю 10%-ного розчину NaOH. Розчин набуває темно-червоного забарвлення. Після додавання 1 краплі оцтової кислоти колір змінюється на карміново-червоний.

Ця реакція використовується для визначення кетонів, зокрема ацетону, у клінічних дослідженнях, наприклад, при діабеті.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

Контрольні питання

1. Дайте визначення альдегідів та кетонів і поясніть, у чому полягає їхня структурна та хімічна відмінність.

2. Опишіть номенклатуру альдегідів і кетонів відповідно до правил IUPAC.

3. Охарактеризуйте основні методи синтезу альдегідів і кетонів.

4. Розкрийте механізм і особливості реакцій приєднання до карбонільної групи за місцем подвійного зв’язку.

5. Назвіть та опишіть основні якісні реакції, що дозволяють виявити альдегідну групу.

6. Дайте характеристику реакції альдольної конденсації, зокрема механізм і продукти реакції.

7. Охарактеризуйте види полімеризаційних реакцій альдегідів та їх хімічні особливості.

Тестові завдання

1. Загальна формула альдегідів:

а) $C_nH_{2n+1}—OH$ б) $C_nH_{2n+1}—C(=O)H$ в) $C_nH_{2n+1}—C(=O)OH$

2. Альдегіди окиснюються до: а) кетонів; б) кислот; в) спиртів.

3. Альдегіди відновлюються до: а) спиртів; б) кислот; в) естерів.

4. Якісними реакціями на альдегіди є: а) реакція Кучерова; б) реакція «срібного дзеркала»; в) відновлення альдегідів; г) окиснення альдегідів гідроксидом купруму (II).

5. Сполуці відповідає назва:

$$CH_3 – \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} – \underset{\displaystyle O}{\underset{||}{C}} – CH_2 – CH_3$$

а)4,4-диметил-бутанон-3; б)1,1-диметилбутанон-2; в)2-метилпентанон-3; г)4-метилпентанон-3.

6. При окисненні бутанолу-1 одержимо: а)бутанол; б)3-метилбутанол; в)бутаналь; г)2-метилпропаналь.

7. При окисненні бутанолу-2 одержимо: а)бутаналь; б)2-метилпропаналь; в)бутанон-2; г)3-метилбутанон.

8. Альдегіди є ізомерні кетонам. Ізомерний метилетилкетону є альдегід: а)пропаналь; б)2-метилпропаналь; в)бутаналь; г)2-метилбутаналь.

9. При взаємодії пропаналя з воднем у присутності каталізатора утворюється: а) пропаналь; б) пропанол; в) пропанон; г) пропен.

10. Вкажіть, яка з цих сполук є альдегідом: а) CH_3CH_2CHO; б) CH_3COCH_3; в) CH_3CH_2OH; г) CH_3COOH.

Тема 9. Карбонові кислоти та їх похідні

Лабораторна робота № 10. Одержання карбонових кислот та вивчення їх хімічних властивостей

Мета роботи: Одержати карбонову кислоту з її солі та дослідити основні хімічні властивості карбонових кислот. Ознайомитися з якісними реакціями карбонових кислот і їх похідних, а також навчитися розрізняти ароматичні кислоти за допомогою реакцій з ферум(III) хлоридом.

Обладнання та реактиви: пробірки; штатив для пробірок; піпетки; скляні палички; лабораторний пальник або нагрівальна плитка; ацетат натрію; концентрована сульфатна кислота; розчин оцтовокислого натрію; розчин ферум (III) хлориду; бензойна кислота; саліцилова кислота; дистильована вода.

Заходи безпеки: Усі досліди необхідно проводити під наглядом викладача та, за можливості, у витяжному шафі. Концентровану сульфатну кислоту слід використовувати з особливою обережністю, уникаючи її потрапляння на шкіру та одяг. Нагрівання реакційних сумішей потрібно здійснювати обережно, не направляючи отвір пробірки на себе чи інших осіб. Під час роботи обов’язково користуватися лабораторним халатом, захисними окулярами та рукавичками. Забороняється нюхати реактиви безпосередньо з пробірки та торкатися їх руками.

Після завершення роботи необхідно вимити руки та привести робоче місце до ладу, а відходи утилізувати відповідно до правил лабораторної безпеки.

1. Теоретична частина

Карбонові кислоти – це органічні сполуки, що містять функціональну групу –COOH, яка поєднує карбонільну та гідроксильну групи. Загальна формула карбонових кислот має вигляд R–COOH, де R – вуглеводневий радикал. Наявність карбоксильної групи визначає кислотні властивості сполук, їх здатність до дисоціації у водних розчинах та утворення солей. Карбонові кислоти можна одержувати різними шляхами, зокрема витісненням летких кислот із їх солей сильнішими мінеральними кислотами, що застосовується, наприклад, при одержанні оцтової кислоти з ацетату натрію. Хімічні властивості карбонових кислот включають взаємодію з металами, лугами та солями, а також здатність утворювати складні органічні сполуки, зокрема ефіри та аміди, що використовується у синтезі лікарських та ветеринарних препаратів. Особливе аналітичне значення мають реакції з ферум (III) хлоридом, які дозволяють виявляти функціональні групи у молекулах кислот. Так, саліцилова кислота, що містить фенольний гідроксил, утворює інтенсивно забарвлений комплекс з ферумом (III), тоді як бензойна кислота такої реакції не дає.

У ветеринарії та тваринництві карбонові кислоти застосовують як антисептики та консерванти кормів, зокрема оцтову та пропіонову кислоти, а також як компоненти лікарських засобів для лікування інфекційних та запальних процесів. Крім того, їх використовують у технології зберігання кормів та кормових добавок, де кислоти запобігають росту патогенних мікроорганізмів, покращують перетравність і збільшують біологічну цінність кормів.

2. Хід роботи

Дослід 1. Одержання оцтової кислоти з ацетату натрію. У суху пробірку поміщають приблизно 2 г кристалічного ацетату натрію та додають 2–3 мл концентрованої сульфатної кислоти. Суміш обережно нагрівають. У процесі реакції відбувається витіснення оцтової кислоти, що

супроводжується виділенням її характерних парів. Отриманий результат підтверджують відповідним рівнянням хімічної реакції.

Дослід 2. Взаємодія оцтової кислоти з ферум(III) хлоридом. У пробірку наливають 1–2 мл водного розчину ацетату натрію та додають кілька крапель розчину ферум(III) хлориду. Утворюється розчин темно-червоного кольору, що свідчить про утворення ацетату феруму(III). При нагріванні забарвлення поступово зникає, і випадає бурий осад ферум гідроксоацетату $Fe(CH_3COO)_2OH$. Спостережувані зміни підтверджують перебіг реакцій, рівняння яких необхідно записати.

Дослід 3. Реакція бензойної та саліцилової кислот з ферум(III) хлоридом. У дві окремі пробірки наливають насичені водні розчини бензойної та саліцилової кислот відповідно. До кожного розчину додають кілька крапель ферум(III) хлориду. У пробірці з саліциловою кислотою з'являється фіолетове забарвлення, що зумовлене утворенням комплексної сполуки з ферумом(III). У розчині бензойної кислоти зміна кольору не спостерігається, оскільки її молекула не містить фенольної гідроксильної групи.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

Контрольні питання

1. Дайте визначення одноосновних насичених карбонових кислот та охарактеризуйте їх загальну будову.

2. Розкрийте принципи номенклатури та види ізомерії одноосновних насичених карбонових кислот.

3. Опишіть основні методи синтезу одноосновних насичених карбонових кислот.

4. Охарактеризуйте фізичні та хімічні властивості одноосновних насичених карбонових кислот.

5. Дайте визначення двоосновних насичених карбонових кислот та охарактеризуйте їх будову і властивості.

6. Охарактеризуйте ненасичені одноосновні карбонові кислоти, особливості їх будови та хімічних властивостей.

7. Дайте характеристику одноосновних ароматичних карбонових кислот з урахуванням їх структури та реакційної здатності.

8. Охарактеризуйте оксокислоти як похідні карбонових кислот та наведіть типових представників.

Тестові завдання

1. Загальна формула одноосновних насичених карбонових кислот:

а) $C_nH_{2n+1}OH$ б) $C_nH_{2n+1}-C(=O)-H$ в) $C_nH_{2n+1}-COOH$

2. Карбонові кислоти утворюються: а) при окисненні альдегідів; б) при відновленні альдегідів; в) при гідролізі спиртів.

3. Реакція естерифікації – це взаємодія кислот:

а) зі спиртами; б) з металами; в) з солями.

4. Основність карбонових кислот визначається: а) кількістю карбоксильних груп; б) кількістю гідроксильних груп; в) кількістю гідроксильних та карбоксильних груп; г) всі відповіді невірні.

5. Ізомерна масляній кислоті є кислота: а)2-метилбутанова; б)2-метилпропанова; в)пропанова; г)пентанова.

6. Ізомерами є: а)2-метилпропанова; б)2-метилбутанова; в) 2-метилпентанова; г)пентанова.

7. Назва кислоти $CH_2 = CH - CH_2 - COOH$:

а)бутанова; б)бутен-2-ова; в)бутен-3-ова.

8. Кислота має назву:

$$CH_3 - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - COOH$$

а)2-оксибутанова; б)2-гідроксибутанова; в)3-окси-3-метилбутанова; г) 3-гідроксибутанова.

9. Назва кислоти:

$$HOOC - CH - CH_2 - COOH$$
$$|$$
$$CH_3$$

а)бутандиова; б)2-метилпропандиова; в)2-метилбутандиова; г) ізопентандиова.

10. Для одержання ізомасляної кислоти взято спирт:

а)2-метилбутанол; б)бутанол; в)пропанол; г)2-метилпропанол.

РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ БІООРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

Розділ «Основи біоорганічної хімії» вивчає будову, властивості та хімічні перетворення біологічно важливих органічних сполук, що входять до складу живих організмів. У межах розділу розглядаються амінокислоти, пептиди, білки, нуклеїнові кислоти, вуглеводи, ліпіди, аміни, гетероциклічні сполуки, а також їх роль у процесах обміну речовин, що має важливе значення для ветеринарної медицини і тваринництва. Знання цих сполук допомагає зрозуміти, як організм отримує енергію та будує свої структури. Вивчення білків і пептидів дозволяє пояснити їхню роль у формуванні тканин і органів. Розуміння ролі нуклеїнових кислот важливе для дослідження спадковості та розвитку організмів. Інформація про ліпіди і вуглеводи допомагає оптимізувати харчування та підтримувати здоров'я тварин.

Тема 10. Вуглеводи

Лабораторна робота № 11. Якісні реакції на вуглеводи

Мета роботи: Вивчити хімічні властивості вуглеводів та здатність до утворення характерних забарвлень при взаємодії з реактивами; навчитися виконувати якісні лабораторні реакції для виявлення моносахаридів і полісахаридів у різних пробах.

Обладнання та реактиви: пробірки та штативи для пробірок; піпетки та бюретки; мензурки; лабораторна скляна ложка; паличка для перемішування; водяна баня або пальник; електрична плитка; вода дистильована; α-нафтол (0,2%); концентрована сульфатна кислота (H_2SO_4);

реактив Фелінга (розчини Фелінга А і Фелінга В); глюкоза (1% розчин); купрум(II) сульфат ($CuSO_4$, 5-10% розчин); гідроксид натрію (NaOH, 20% розчин); крохмальний клейстер; йодний розчин.

Заходи безпеки: Концентрована сульфатна кислота та інші кислоти є сильними корозійними речовинами; працювати в рукавичках, із захисними окулярами та в витяжному шафі, уникати контакту зі шкірою та слизовими оболонками. Розчини купрум(II) сульфату та Фелінга токсичні при контакті та при попаданні в організм, не ковтати і не вдихати пари.

Виконувати нагрівання розчинів обережно, користуватися водяною банею або електроплиткою, не перегрівати пробірки, направляти їхні відкриті кінці від себе. Працювати акуратно з йодом, уникати контакту з шкірою та тканинами; при випадковому потраплянні промити великою кількістю води.

Дотримуватися загальних правил лабораторної безпеки: не їсти та не пити, утримувати робоче місце в чистоті, утилізувати відпрацьовані реактиви відповідно до правил лабораторії.

1. Теоретична частина

Вуглеводи є одними з найважливіших біоорганічних сполук і виконують у живих організмах низку критично важливих функцій: енергетичну, структурну та запасну. Вони складають основу живої клітини, беруть участь у формуванні клітинних оболонок, сполук міжклітинної взаємодії та сигнальних молекул. Хімічно вуглеводи являють собою полігідроксильні альдегіди або кетони, що визначає їхню здатність вступати у специфічні реакції окиснення, відновлення та утворення складних ефірів, глікозидів і полімерів.

Вуглеводи поділяються на три основні класи: моносахариди, дисахариди та полісахариди. Моно- та дисахариди, такі як глюкоза, фруктоза, сахароза та лактоза, є розчинними у воді і швидко засвоюються організмом, забезпечуючи енергією клітини. Полісахариди, до яких належать крохмаль, глікоген і целюлоза, виконують структурну функцію (наприклад, целюлоза у

рослинних клітинах) або накопичувальну (глікоген у печінці та м’язах тварин).

Якісні реакції на вуглеводи дозволяють виявляти їх наявність та диференціювати за типом. Наприклад, тест Бенедикта і реакція Фелінга дають змогу ідентифікувати редукуючі цукри (моносахариди та деякі дисахариди), тоді як йодна проба ефективна для визначення полісахаридів, таких як крохмаль. Ці реакції широко застосовуються у біохімічних дослідженнях та ветеринарній практиці для оцінки якості кормів, молока та продуктів метаболізму тварин.

У ветеринарії та тваринництві знання про вуглеводи має практичне значення. Вуглеводи є основним джерелом енергії у раціонах сільськогосподарських тварин, визначають якість і перетравність кормів, впливають на ріст і продуктивність тварин. Полісахариди, зокрема глікоген, відіграють ключову роль у регуляції енергетичного обміну та підтримці фізіологічного стану тварин. Крім того, контроль за рівнем цукрів у крові та молоці допомагає вчасно діагностувати метаболічні порушення у тварин, що важливо для ветеринарної діагностики та профілактики захворювань.

2. Хід роботи

Дослід 1. Якісна реакція на вуглеводи з α-нафтолом. У пробірку наливають 1 мл дистильованої води та додають невелику кількість вуглеводів (наприклад, кристали цукру або крохмалю). Пробірку струшують до розчинення. Потім у кожну пробірку додають 1-2 краплі розчину α-нафтолу і обережно приливають 1-2 мл концентрованої сульфатної кислоти по стінці пробірки. На межі шарів з’являється фіолетове кільце, що свідчить про наявність вуглеводів. Якщо вуглеводів немає, забарвлення не виникає.

Дослід 2. Виявлення відновних цукрів за допомогою реактиву Фелінга. У пробірку наливають 2-3 мл реактиву Фелінга та додають 1 мл 1% розчину глюкози. Пробірку нагрівають на водяній бані або над пальником. При позитивному результаті розчин змінює колір, а на дні утворюється червоний осад купрум(I) оксиду, що підтверджує наявність відновлювального цукру.

Дослід 3. Окиснення глюкози купрум(II) гідроксидом. У пробірку додають 2 мл 3% розчину глюкози, 1 мл 20% розчину NaOH та 5-10 крапель розчину купрум(II) сульфату. Спочатку випадає синій осад купрум(II) гідроксиду, який розчиняється, утворюючи синьо-зелений розчин купрум-глюконату. Після нагрівання спостерігають зміну забарвлення: синій → зелений → жовтий → червоний осад купрум(I) оксиду.

Дослід 4. Виявлення крохмалю за допомогою йоду. У пробірку наливають 1-2 мл крохмального клейстеру та додають одну краплю йодного розчину. У разі наявності крохмалю розчин забарвлюється в інтенсивний синій колір. При нагріванні синє забарвлення зникає через руйнування комплексу між крохмалем та йодом.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

Контрольні питання

1. Дайте визначення вуглеводів та наведіть їхню класифікацію за структурою та складом.

2. Охарактеризуйте моносахариди та їхню класифікацію за кількістю атомів Карбону і типом функціональної групи.

3. Поясніть явище стереоізомерії на прикладі гліцеринового альдегіду та подайте його у формулі Фішера.

4. Наведіть циклічні (напівацетальні) форми вуглеводів за схемою Коллі-Толленса.

4. Продемонструйте циклічні форми вуглеводів у перспективних формулах Хеуорса.

5. Назвіть природні джерела моносахаридів та опишіть методи їх отримання в лабораторії та промисловості.

6. Охарактеризуйте основні хімічні властивості моносахаридів.

7. Опишіть типи бродіння моносахаридів і їх біохімічне значення.

8. Наведіть будову та класифікацію дисахаридів за типом глікозидного зв’язку.

9. Охарактеризуйте будову, властивості та класифікацію основних полісахаридів.

Тестові завдання

1. За будовою молекули глюкоза є: а) кетоноспиртом; б) альдегідоспиртом; в) спиртокислотою.

2. Реактивом на глюкозу є: а) ферум (III) хлорид; б) бромна вода; в) купрум (II) гідроксид.

3. Глюкоза окиснюється: а) до шестиатомного спирту – сорбіту; б) до глюконової кислоти; в) до молочної кислоти.

4. Глюкоза відноситься до: а) моносахаридів; б) дисахаридів; в) полісахаридів.

5. Макромолекули крохмалю складаються із залишків: а) α-глюкози; б) β-глюкози; в) α і β глюкози.

6. Реактивом на крохмаль є: а) гідрооксид купруму (II); б) бромна вода; в) йодна вода.

7. Макромолекули клітковини складаються із залишків: а) α-глюкози; б) β-глюкози; в) α і β глюкози.

8. Альдопентоза є спиртом: а)чотирьохатомним; б)трьохатомним; в)двохатомним; г)одноатомним.

9. Циклічна форма глюкози є спиртом: а)трьохатомним; б)чотирьохатомним; в)п’ятиатомним; г)шестиатомним.

10. Циклічна формула фруктози є спиртом: а)шестиатомним; б)п’ятиатомним; в)чотирьохатомним; г)трьохатомним.

11. Число стереоізомерів фруктози: а)2; б)8; в 10; г)16.

12. Число стереоізомерів альдегідної форми глюкози: а)2; б)8; в)16; г)32.

13. При гідролізі мальтози утворюється: а) α-глюкоза; б) β-глюкоза; в) глюкоза і фруктоза; г) галактоза і глюкоза.

14. При гідролізі сахарози утворюється: а) галактоза і глюкоза; б глюкоза і фруктоза; в)ά –глюкоза; г) β-глюкоза.

Тема 11. Ліпіди

Лабораторна робота № 12. Вивчення властивостей мила

Мета роботи: Дослідити фізичні та хімічні властивості мила: розчинність у воді, утворення нерозчинних солей, емульгуючі властивості; ознайомитися з хімічними реакціями, у результаті яких з мила виділяються вільні жирні кислоти; показати практичне застосування мила як поверхнево-активної речовини.

Обладнання та реактиви: пробірки; скляна паличка або мікропіпетка; мензурка; стакан з водяною банею або нагрівальний пристрій; лабораторна ложка; мило (брусок або подрібнене); дистильована вода; 5 %-ний розчин кальцій хлориду ($CaCl_2$); соняшникова олія; концентрована сульфатна кислота (H_2SO_4).

Заходи безпеки: Працювати в лабораторії у захисних окулярах та рукавичках. Обережно поводитися з концентрованою сульфатною кислотою – це сильний кислотний реагент, здатний викликати опіки. Не торкатися розчинів і реактивів руками. Уникати потрапляння розчинів у очі та на шкіру. Після закінчення роботи ретельно вимити руки та прибрати робоче місце. Проводити нагрівання пробірок тільки у водяній бані або під наглядом викладача, не направляти відкритий кінець пробірки на себе чи інших.

1. Теоретична частина

Ліпіди – це велика група біологічно активних речовин, що включає жири, масла, воски, фосфоліпіди та стероїди. Вони відіграють важливу роль у живих організмах: слугують джерелом та резервом енергії, беруть участь у побудові клітинних мембран, виконують захисну та сигнальну функції. Основними структурними елементами ліпідів є жирні кислоти – карбонові кислоти з довгим неполярним ланцюгом, що робить їх гідрофобними і обумовлює формування липідного бар’єру в клітинах.

Ліпіди також беруть участь у транспорті та зберіганні жиророзчинних вітамінів (A, D, E, K) та інших біологічно активних речовин. Фосфоліпіди,

завдяки амфіпатичній будові, формують подвійний шар у мембранах, забезпечуючи вибіркову проникність і захист клітини. Стероїди, зокрема холестерин, підтримують стабільність мембран та є попередниками гормонів, які регулюють обмін речовин і фізіологічні процеси. Ліпіди беруть участь у сигнальних процесах, утворюючи ендоканабіноїди та інші біологічно активні молекули, що впливають на функції нервової системи та імунітету.

У ветеринарії та тваринництві ліпіди мають велике практичне значення, оскільки визначають енергетичну цінність кормів, впливають на ріст, продуктивність та здоров’я тварин, а також беруть участь у синтезі гормонів і жиророзчинних вітамінів.

Однією з найпоширеніших форм ліпідів у побуті та лабораторії є мило. Мило – це сіль вищих жирних кислот (наприклад, стеаринової чи олеїнової), що утворюється у результаті реакції омилення (гідролізу) жирів під дією лугу (NaOH або KOH). У ході омилення тригліцериди розщеплюються на гліцерин та натрієві (або калієві) солі жирних кислот, які і утворюють мило.

Мило має специфічні властивості, які обумовлені його структурою. Молекули мила мають дві частини: гідрофільну (полярну, яка притягує воду) та гідрофобну (неполярну, що притягує жири). Саме завдяки цьому мило здатне розчинятися у воді та утворювати піну. Під час струшування молекули мила оточують бульбашки повітря, формуючи стійку піну. Мило реагує з солями кальцію та магнію. У жорсткій воді кальцій і магній утворюють нерозчинні солі жирних кислот — тверде мило, яке майже не піниться.

Мило є поверхнево-активною речовиною: його молекули зменшують поверхневий натяг між водою та жиром, дозволяючи утворювати стійкі емульсії. Без мила вода і олія швидко розшаровуються, але при додаванні мила утворюється молочно-біла стабільна емульсія. При додаванні концентрованої сульфатної кислоти до розчину мила відбувається кислотне розщеплення солей. Вільні жирні кислоти випадають у вигляді білого маслянистого осаду, що підтверджує наявність жирних кислот у складі мила.

2. Хід роботи

Дослід 1. Розчинність та реакції мила

А. Розчинення мила у воді. Невеликий шматочок мила (приблизно 20-30 мг) поміщають у пробірку з 3 мл дистильованої води. Пробірку нагрівають та постійно струшують. Спостерігається інтенсивне утворення піни. Отриманий розчин зберігають для подальших експериментів.

Б. Утворення нерозчинних кальцієвих солей. До 5 крапель розчину мила додають 1 краплю 5%-ного розчину кальцій хлориду ($CaCl_2$) і струшують пробірку. Утворюється білий осад – кальцієва сіль жирних кислот. Над осадом рідина майже не утворює піни, що пояснюється низькою розчинністю кальцієвих солей у воді. Цей процес демонструє, чому мило погано піниться у жорсткій воді.

Дослід 2. Емульгуючі властивості мила. У пробірку додають 1 краплю соняшникової олії та 5 крапель дистильованої води і інтенсивно струшують. Утворюється мутна рідина — емульсія, яка швидко розшаровується при стоянні.

При додаванні до суміші 5 крапель розчину мила та повторному струшуванні утворюється стабільна молочно-біла емульсія. Це пояснюється тим, що мило є поверхнево-активною речовиною і знижує поверхневий натяг між водою та жиром, забезпечуючи стійку емульсію.

Дослід 3. Виділення жирних кислот з мила. До 5 крапель розчину мила додають 1 краплю концентрованої сульфатної кислоти (H_2SO_4). Спостерігають утворення білого, пластівчастого осаду – це вільні жирні кислоти. Реакція відбувається за схемою:

$$RCOONa + H^+ \rightarrow RCOOH + Na^+$$

Цей дослід демонструє кислотне виділення жирних кислот із солей, що входять до складу мила.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

Лабораторна робота № 13. Визначення хімічних констант жирів

Мета роботи: Визначити основні хімічні константи жирів: кислотне число, йодне число, число омилення та ефірне число, навчитися працювати методом титриметричного аналізу та оцінювати якість жирів за їх фізико-хімічними показниками.

Обладнання та реактиви: аналітичні терези; конічні колби (100-250 мл); бюретки; мірні піпетки; мірні циліндри; водяна баня; зворотний холодильник; штативи для бюреток; скляні палички; досліджуваний жир; спирт етиловий, нейтралізований за фенолфталеїном; розчин калій гідроксиду (КОН) 0,1 моль/л; спиртовий розчин КОН; розчин хлоридної кислоти (HCl) 0,5 моль/л; спиртовий розчин йоду; розчин натрій тіосульфату ($Na_2S_2O_3$) 0,05 моль/л; розчин крохмалю; розчин фенолфталеїну; дистильована вода.

Заходи безпеки: працювати в лабораторному халаті, дотримуючись загальних правил техніки безпеки. КОН і HCl є їдкими речовинами – уникати потрапляння на шкіру та в очі. Спиртові розчини є легкозаймистими, забороняється працювати поблизу відкритого полум'я. При нагріванні колб на водяній бані використовувати зворотний холодильник та штативи. У разі потрапляння реактивів на шкіру – негайно промити великою кількістю води та повідомити викладача. Всі титрування проводити обережно, не допускаючи переливання реактивів.

1. Теоретична частина

Жири є складними органічними сполуками, основною складовою яких є триацилгліцероли – естери гліцеролу та вищих жирних кислот. Для оцінки якості жирів та їх придатності до зберігання і використання визначають ряд хімічних констант.

Кислотне число характеризує вміст вільних жирних кислот, які утворюються внаслідок гідролізу жирів під час зберігання. Воно визначається кількістю міліграмів КОН, необхідних для нейтралізації

вільних жирних кислот у 1 г жиру. Зі збільшенням кислотного числа якість жиру знижується, що свідчить про його псування.

Метод визначення ґрунтується на нейтралізації вільних жирних кислот лугом у спиртовому середовищі з використанням фенолфталеїну як індикатора.

Йодне число показує ступінь ненасиченості жирів, тобто вміст подвійних зв'язків у жирних кислотах. Воно визначається кількістю грамів йоду, що приєднується до 100 г жиру.

Метод базується на реакції приєднання йоду за місцем подвійного зв'язку ненасичених жирних кислот. Надлишок йоду, який не вступив у реакцію, відтитровують розчином тіосульфату натрію з крохмалем як індикатором. Чим більше ненасичених жирних кислот міститься в жирі, тим вище його йодне число. Зменшення йодного числа свідчить про окиснення і псування жиру.

Число омилення **х**арактеризує загальний вміст вільних і зв'язаних жирних кислот у жирі. Воно показує кількість міліграмів КОН, необхідних для повного омилення 1 г жиру.

Метод полягає в кип'ятінні жиру зі спиртовим розчином КОН до повного розкладу триацилгліцеролів. Надлишок лугу відтитровують розчином хлоридної кислоти. Число омилення залежить від молекулярної маси жирних кислот: чим вона менша, тим більше лугу витрачається на омилення.

***Ефірне числ*о** показує кількість КОН, необхідну для нейтралізації жирних кислот, що утворилися внаслідок омилення естерів, і визначається як різниця між числом омилення та кислотним числом.

Цей показник характеризує вміст естерних форм жирних кислот у складі жиру та доповнює оцінку його хімічної природи і якості.

2. Хід роботи

Дослід 1. Визначення кислотного числа. До наважки жиру масою 1 г додають 5 мл етилового спирту, попередньо нейтралізованого за

допомогою фенолфталеїну. Суміш ретельно перемішують з метою повного розчинення вільних жирних кислот. Отриманий розчин титрують стандартним розчином калій гідроксиду до появи стійкого світло-рожевого забарвлення, яке зберігається після струшування протягом 0,5–1 хвилини.

Кількість калій гідроксиду, виражена в міліграмах і витрачена на нейтралізацію вільних жирних кислот у 1 г жиру, характеризує кислотне число (КЧ):

КЧ = A fQ/a, де:

А – об'єм 0,1 моль/л розчину КОН, який пішов на титрування дослідної проби;

а – наважка жиру, г;

f – коефіцієнт поправки на титр 0,1 моль/л розчину КОН;

Q – кількість КОН (5,61 мг), еквівалентна 1 мл 0,1 моль/л розчину КОН.

Дослід 2. Визначення йодного числа. У першу колбу вносять наважку досліджуваного жиру масою 0,1-0,2 г (дослідна проба), у другу колбу додають 0,1-0,2 мл дистильованої води, яка слугує контрольною пробою.

До кожної колби доливають по 10 мл спиртового розчину йоду та ретельно перемішують. Після витримування сумішей протягом 15 хвилин проводять титрування розчином тіосульфату натрію.

Титрування спочатку здійснюють до появи світло-жовтого забарвлення, після чого додають 1 мл розчину крохмалю та продовжують титрування до повного зникнення синього кольору.

Йодне число визначають за відповідною розрахунковою формулою:

ЙЧ = (B – A)fQ · 100/(a · 1000), де:

В – А – різниця результатів титрування контрольного і дослідного зразків в розчині 0,05 моль/л $Na_2S_2O_3$, мл;

а – наважка досліджуваного жиру, г;

f – коефіцієнт поправки на титр 0,05 моль/л розчину $Na_2S_2O_3$;

Q – кількість J_2 (12,69 мг), еквівалентне 1 мл 0,05 моль/л розчину $Na_2S_2O_3$.

Дослід 3. Визначення числа омилення. У першу колбу вносять 0,5 г досліджуваного жиру, що становить дослідну пробу, у другу колбу додають 0,5 мл дистильованої води, яка використовується як контрольна проба.

До обох колб додають по 15 мл спиртового розчину калій гідроксиду, після чого суміші нагрівають на водяній бані під зворотним холодильником протягом 50 хвилин, забезпечуючи повне омилення гліцеридів та нейтралізацію вільних жирних кислот.

Після завершення нагрівання до вмісту кожної колби додають по 10 крапель фенолфталеїну та проводять титрування в теплому стані розчином хлоридної кислоти до зникнення рожевого забарвлення, що відповідає досягненню нейтральної реакції середовища.

Кількість калій гідроксиду, виражена в міліграмах і витрачена на нейтралізацію жирних кислот у 1 г жиру, характеризує число омилення (ЧО):

ЧО = (В – А) fQ/а, де:

В – А – різниця результатів титрування контрольного і дослідного зразків розчином 0,5 моль/л HCl, мл;

а – наважка досліджуваного жиру, г;

f – коефіцієнт поправки на титр 0,5 моль/л розчину HCl;

Q – кількість КОН (28,05 мг), еквівалентна 1 мл 0,5 моль/л розчину КОН.

Дослід 4. Визначення ефірного числа. Ефірне число жиру обчислюють шляхом віднімання значення кислотного числа від числа омилення. Отриманий результат характеризує кількість калій гідроксиду, необхідну для нейтралізації жирних кислот, що утворюються під час омилення естерних сполук, які містяться в 1 г жиру.

3. Провести відповідні розрахунки. Зробити висновки по кожному досліду.

Контрольні питання

1. Дайте визначення ліпідів та опишіть їх основну класифікацію.

2. Нейтральні жири: структурна організація та особливості хімічної поведінки.

3. Охарактеризуйте властивості восків тваринного походження.

4. Фосфоліпіди: будова молекули та основні групи, до яких вони належать.

5. Мила: класифікація, способи синтезу та хімічні властивості.

6. Кислотне число жирів: сутність показника, метод визначення та його значення для оцінки якості жирів.

7. Йодне число жирів: що воно характеризує та як пов'язане зі ступенем ненасиченості жирних кислот.

8. Число омилення та ефірне число: їх фізико-хімічний зміст і практичне значення.

Тестові завдання

1. Жири – це естери: а) спирту і кислоти; б) гліцерину і кислоти; в) гліцерину і вищих карбонових кислот; г) гліколю і кислоти.

2. При гідролізі жирів в природному середовищі утворюється: а) гліцерин і солі вищих карбонових кислот; б) вищі спирти і солі вищих карбонових кислот; в) вищі спирти і кислоти.

3. Естери утворюються при взаємодії: а) двох спиртів; б) двох кислот; в) спирту та кислоти; г) кислоти та альдегіду.

4. Складні жири містять залишки: а)гліцерину, вищих карбонових кислот і фосфорної кислоти; б)гліцерину, вищих карбонових кислот і вищих спиртів; в)вищих карбонових кислот і вищих спиртів; г)гліцерину, вищих спиртів і фосфорної кислоти.

5. Рідкі жири містять кислоти: а)рідкі; б)насичені; в)ненасичені; г)мінеральні.

6. Тверді жири містять кислоти: а)насичені; б)ненасичені; в)ароматичні.

7. Кислотне число це: а)число міліграм кислоти в жирах; б)величина pH жиру; в)число міліграм KOH, що взаємодіє з 1г жиру; г)число міліграм KOH, що нейтралізує 1г жиру.

8. Число омилення визначає: а)кількість мила, що утворюється при омиленні жиру; б)кількість міліграм КОН, що взаємодіє з 1г жиру; в)кількість міліграм КОН, що гідролізує 1г жиру; г)кількість омиленого жиру.

9. Мило це: а)продукти омилення жирів; б)кальцієві солі вищих жирних кислот; в)натрієві солі вищих жирних кислот; г)калієві солі вищих жирних кислот.

10. При відновленні жирів утворюються: а)мило; б)тверді жири; в)рідкі жири; г)воски.

Тема 12. Аміни

Лабораторна робота № 14. Вивчення властивостей амінів

Мета роботи: Дослідити хімічні властивості амінів, використовуючи сечовину як модельну сполуку; ознайомитися з утворенням біурету та комплексних сполук амінів з металами; вивчити реакції сечовини з нітратною та оксалатною кислотами і отримати відповідні солі.

Обладнання та реактиви: пробірки; скляна паличка або мікропіпетка; мензурка; водяна баня або спиртівка; лабораторна ложка; сечовина (~1 г на дослід); 10% розчин лугу (NaOH або KOH); 3-5 крапель купрум(II) сульфату ($CuSO_4$); концентрований розчин нітратної кислоти (HNO_3); насичений розчин оксалатної кислоти ($H_2C_2O_4$); дистильована вода.

Заходи безпеки: Працювати в лабораторії у захисних окулярах та рукавичках. Обережно поводитися з концентрованими кислотами та лугами – вони є агресивними та можуть викликати опіки. Не нагрівати речовини безпосередньо над відкритим вогнем; використовувати водяну баню. Не торкатися реактивів руками, уникати потрапляння в очі або на шкіру. Після завершення роботи ретельно вимити руки та прибрати робоче місце. Реакції проводити під наглядом викладача.

Теоретична частина

Аміни – це органічні сполуки, що містять одну або кілька аміногруп (-NH_2), приєднаних до вуглеводневого радикалу. Вони є похідними аміаку (NH_3), в якому один або декілька атомів водню заміщені органічними

групами. Аміни широко поширені в природі та мають велике біологічне і практичне значення: вони входять до складу білків, алкалоїдів, фармацевтичних препаратів і барвників.

Аміни класифікують за кількістю органічних груп, приєднаних до азоту:

- Первинні аміни (RNH_2) – містять одну органічну групу.
- Вторинні аміни (R_2NH) – мають дві органічні групи.
- Третинні аміни (R_3N) – три органічні групи заміщують атоми водню.

Тип аміну впливає на його хімічні властивості, здатність до утворення солей та комплексів.

Аміни є слабко основними сполуками завдяки вільній парі електронів на атомі азоту. Це дозволяє їм вступати у реакції з кислотами, утворюючи солі, а також брати участь у реакціях з металами та комплексоутворюючими речовинами.

Вивчення властивостей амінів важливе для розуміння хімії білків, синтезу лікарських препаратів, барвників, полімерів та комплексоутворюючих сполук. Лабораторна робота дозволяє на практиці побачити основні реакції амінів, їх взаємодію з кислотами та металами, а також здатність утворювати комплексні сполуки.

2. Хід роботи

Дослід 1. Утворення біурету. Приблизно 1 г сечовини поміщають у пробірку та обережно нагрівають. Сечовина плавиться і частково розкладається з виділенням аміаку, у результаті чого утворюється біурет. Для його подальшого дослідження пробірку охолоджують, а отриманий сплав розчиняють у невеликій кількості води. До розчину додають 1 мл 10% розчину лугу та 3–5 крапель купрум(II) сульфату. Після збовтування з’являється червоно-фіолетове забарвлення, що свідчить про утворення внутрішньої комплексної сполуки між біуретом та іонами міді.

Дослід 2. Взаємодія сечовини з кислотами. Для досліду готують дві пробірки, у кожну наливають концентрований розчин сечовини.

а) Дія нітратної кислоти: До першої пробірки додають кілька крапель концентрованої нітратної кислоти. Утворюється малорозчинна біла сіль – нітрат сечовини, яка осідає на дно пробірки.

б) Дія оксалатної кислоти: У другу пробірку додають насичений розчин оксалатної кислоти. При цьому можливе утворення кислих уреїдів та циклічних середніх сполук, що демонструє здатність амінів до складних конденсаційних реакцій.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

Контрольні питання

1. Дайте визначення амінів та охарактеризуйте їх класифікацію за структурними ознаками.

2. Розкрийте основні типи ізомерії амінів та правила їх номенклатури за IUPAC.

3. Опишіть характерні хімічні властивості амінів та механізми їх взаємодії з кислотами, металами та іншими реагентами.

4. Поясніть утворення комплексних сполук амінів з іонами металів та їх практичне значення.

5. Розгляньте роль амінів та їх похідних у біологічних системах, зокрема в складі білків і нуклеїнових кислот.

6. Наведіть приклади промислового та лабораторного застосування амінів у синтезі лікарських препаратів, барвників та полімерів.

Тестові завдання

1. Амін $(CH_3)_2NH$ називають: а)метиламін; б)диметиламін; в)етиламін; г)амінодиметил.

2. Амін $(C_2H_5)_3N$ відноситься до: а)первинних; б)вторинних; в) третинних амінів.

3. Аміни володіють властивостями: а)кислотними; б)амфотерними; в)основними.

4. Сполука $(CH_3)_4NCl$ має назву: а)тетраметиламінохлорид; б)хлорид тетраметилазоту; в)хлорид тетраметиламонію; г)хлорид тетраметиламіно.

5. При взаємодії надлишку аміаку з етилом бромистим утворюється: а)диметиламінбромід; б)бромідетиламонію; в)етиламін; г)диметиламін.

6. Взаємодія метиламіну з метилом хлористим дає: а)диметиламін хлорид; б)диметиламін; в)етиламін; г)етиламінхлорид.

7. При взаємодії диетиламіну з нітритною кислотою утворюється: а)диетиламіннітрит; б)нітрозодиетиламін; в)азотистокислий диетиламін; г) диетиламіноетанол.

8. Відновленням нітроетану одержимо: а)нітрозоетан; б)етиламін; в)ацетонітрил; г)диметиламін.

10. Ізомерними є аміни: а)диетиламін; б)метилетиламін; в)диметилетиламін; г)диметиламін.

11. Ізомерний триметиламіну є амін: а)триетиламін; б)диметилетиламін; в)діетиламін; г)метилетиламін.

Тема 13. Білкові речовини

Лабораторна робота № 15. Вивчення властивостей амінокислот. Якісні реакції на амінокислоти

Мета роботи: Дослідити характерні хімічні властивості білків на прикладі білкових розчинів; знайомитися з методами виявлення пептидних груп, амінокислот (тирозину, сірковмісних амінокислот) та азотистих сполук; вивчити способи осадження білка за допомогою різних реагентів (спирт, солі металів, амоній сульфат).

Обладнання та реактиви: пробірки та штатив для пробірок; мензурки або піпетки; абораторна ложка; водяна баня або спиртівка; скляна паличка; розчин яєчного білку; 10% розчин натрій гідроксиду (NaOH); Купрум (II) сульфат ($CuSO_4$); реактив Мілона; 30% розчин лугу; розчин плюмбум ацетату ($Pb(C_2H_3O_2)_2$); 1% розчин гліцину; 5% розчин нітриту натрію ($NaNO_2$); концентрована оцтова кислота (CH_3COOH); етиловий спирт; амоній сульфат ($(NH_4)_2SO_4$); гідраргірум нітрат ($Hg(NO_3)_2$); солі плюмбуму (Pb^{2+});

онцентровані кислоти: хлоридна (HCl), пікринова, фосфорно-молібденова, фосфорно-вольфрамова; танін.

Заходи безпеки: Працювати у захисних окулярах та рукавичках. Обережно поводитися з концентрованими кислотами, лугами та солями важких металів – вони можуть викликати опіки та отруєння. Не вдихати пари реактивів і не торкатися їх руками. Не нагрівати речовини безконтрольно; використовувати водяну баню або спиртівку. Після закінчення роботи ретельно вимити руки та прибрати робоче місце. Всі реакції проводити під наглядом викладача та дотримуватися інструкцій щодо утилізації осадів і реактивів.

1. Теоретична частина

Білки – це складні біополімери, що складаються з амінокислот, з'єднаних пептидними зв'язками. Вони є основними структурними та функціональними компонентами клітин, виконують каталізаторну (ферменти), транспортну, захисну та регуляторну функції.

Білки мають складну, яка визначає їхні фізико-хімічні властивості та біологічну функцію. Первинна структура білка складається з послідовності амінокислот, з'єднаних пептидними зв'язками, і визначає специфіку молекули. Вторинна структура формується завдяки водневим зв'язкам між аміногрупами та карбоксильними групами поліпептидного ланцюга, що призводить до утворення α-спіралей або β-складчастих шарів. Третинна структура відображає просторове укладання всього поліпептидного ланцюга, обумовлене гідрофобними взаємодіями, дисульфідними містками та іншими слабкими зв'язками між амінокислотами. У білків, що складаються з кількох поліпептидних ланцюгів, формується четвертинна структура, яка характеризується просторовою організацією і взаємодією окремих субодиниць у єдину функціональну молекулу. Саме така багаторівнева організація визначає фізичну стабільність білків та їхню здатність виконувати біологічні функції.

Білки проявляють характерні хімічні властивості завдяки наявності пептидних зв’язків та функціональних груп амінокислот у своїх молекулах. Біуретова реакція дозволяє виявити пептидні зв’язки: при взаємодії білка з лугом і іонами міді розчин набуває фіолетового забарвлення, що свідчить про наявність поліпептидних ланцюгів. Реакція Мілона використовується для виявлення тирозину; після нагрівання розчину білка з реактивом Мілона спочатку утворюється білий осад, який забарвлюється у рожевий колір, вказуючи на присутність фенольних груп. Виявлення сірковмісних амінокислот здійснюється кип’ятінням білка з розчином лугу та плюмбум ацетатом, що призводить до утворення темно-коричневого осаду плюмбум сульфіду. Реакції з азотистими сполуками, наприклад взаємодія амінокислоти гліцину з нітритом натрію у кислому середовищі, супроводжуються виділенням газу і свідчать про хімічну активність аміногруп. Білки здатні до осадження, яке буває зворотнім і незворотнім: зворотнє осадження виникає під дією спирту або амоній сульфату і може бути розчинене повторно у воді, тоді як незворотнє осадження під дією солей важких металів, концентрованих кислот або нагрівання призводить до денатурації білка та утворення нерозчинного осаду.

2. Хід роботи

Дослід 1. Біуретова реакція. У пробірку наливають 1-2 мл розчину білка, після чого додають 1-2 мл розчину натрій гідроксиду та 3-5 крапель розчину купрум (II) сульфату. Після змішування розчин набуває фіолетового забарвлення. Ця реакція дозволяє виявляти пептидні зв’язки у білках, а також у продуктах їх гідролізу.

Дослід 2. Реакція Мілона для визначення тирозину. У пробірку поміщають 1-2 мл розчину білка та додають 1-2 мл реактиву Мілона. Після нагрівання утворюється спочатку білий осад, який згодом набуває рожевого забарвлення. Реакція дозволяє підтвердити наявність амінокислоти тирозин у складі білка.

Дослід 3. Виявлення сірковмісних амінокислот у білках. У пробірку наливають 1-2 мл розчину білка, додають 1-2 мл 30% розчину лугу та 1 мл розчину плюмбум ацетату. Після кип'ятіння утворюється темно-коричневий осад, що складається з плюмбум сульфіду. Ця реакція дозволяє виявити білки, які містять сірковмісні амінокислоти, такі як цистин і цистеїн.

Дослід 4. Реакція гліцину з азотистою кислотою. У пробірку наливають 5 крапель 1% розчину гліцину та рівний об'єм 5% розчину нітриту натрію, після чого додають 2 краплі концентрованої оцтової кислоти і обережно збовтують суміш. Спостерігається виділення газу, що демонструє реакційну здатність аміногрупи гліцину.

Дослід 5. Осадження білка

1. Зворотне осадження (спирт, амоній сульфат): У дві пробірки наливають по 1-2 мл розчину білка. В одну пробірку додають етиловий спирт, а в іншу - амоній сульфат. Утворюється осад білка, який можна розчинити повторно у воді, що свідчить про оборотний характер осадження.

2. Незворотне осадження (солі металів та кислоти): У три пробірки наливають по 1-2 мл розчину білка. В першу додають кілька крапель купрум(II) сульфату, у другу – невелику кількість лугу та гідраргірум нітрату, а в третю – солі плюмбуму разом з лугом. У всіх пробірках утворюється нерозчинний осад білка. Подібне осадження відбувається також під дією концентрованих кислот (хлоридної, оцтової, пікринової, фосфорно-молібденової, фосфорно-вольфрамової) та при нагріванні, що свідчить про необоротну коагуляцію білка.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

.Контрольні питання

1. Дайте визначення амінокислот та охарактеризуйте їх класифікацію за структурними ознаками і біологічною функцією.

2. Розкрийте основні типи ізомерії амінокислот та правила їх номенклатури за IUPAC.

3. Опишіть характерні хімічні властивості амінокислот та механізми їх взаємодії з кислотами, лугами та іншими реагентами.

4. Дайте визначення білків, охарактеризуйте їхню хімічну природу та опишіть основні реакції, що демонструють їх властивості.

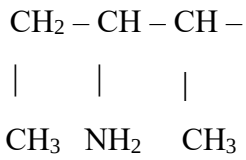
5. Розгляньте структурну організацію білкової молекули та опишіть її рівні (первинну, вторинну, третинну та четвертинну структури).

6. Поясніть роль амінокислот і білків у біологічних процесах та їхнє значення для функціонування клітин і організму.

7. Наведіть приклади лабораторних та аналітичних методів виявлення білків і амінокислот.

Тестові завдання

1. Кислота має назву:



а)2-метил-3-амінопентанова кислота; б) 1,1-диметил-2-амінопропанова кислота; в)2-аміно-3,3-диметилпропанова кислота; г)2-аміно-3-метилбутанова кислота.

2. α-аміно-β-метилмасляна кислота є ізомерною кислоті:

а)α-амінопропіоновій; б) α-аміномасляній; в)α-аміновалеріановій; г)α-аміно-β-метилвалеріановій.

3. Амінокислоти володіють властивостями: а)кислотними; б) основними; в)амфотерними; г)нейтральними.

4. Ізоелектрична точка амінокислоти це: а)міра кислотності; б)міра основності; в)міра амфотерності; г)величина pH.

5. Взаємодія гліцину з лугом дає: а)четвертинну амонійну сіль; б)сіль гліцину; в)основну сіль гліцину; г)кислу сіль гліцину.

6. Взаємодія гліцину з кислотою дає: а)сіль гліцину; б)кислу сіль гліцину; в)четвертинну амонійну сіль; г)подвійну сіль.

.7. Вкажіть, яка функціональна група відповідає за утворення пептидного зв’язку в білках; а) гідроксильна –ОН; б) карбоксильна –СООН; в) альдегідна –СНО; г) сульфгідрильна –SH;

8. У складі білків можуть бути амінокислоти, що містять сульфгідрильні групи. Вони утворюють: а) пептидні зв’язки; б) дисульфідні містки; в) естерні зв’язки; г) іонні зв’язки.

9. При дії кислот на білок відбувається: а) денатурація; б) гідроліз пептидних зв’язків; в) окислення амінокислот; г) амідування.

10. Первинну структуру білків формують: а) водневі зв'язки; б) пептидні зв'язки; в) дисульфідні зв'язки; г) йонні зв'язки.

Тема 14. Гетероциклічні сполуки

Лабораторна робота № 16. Вивчення властивостей гетероциклічних сполук

Мета заняття: Ознайомитися з властивостями гетероциклічних сполук на прикладі хіноліну та кофеїну; вивчити реакції окиснення хіноліну та отримання кофеїну з рослинної сировини; відпрацювати методи якісного виявлення кофеїну та похідних пуринових сполук.

Обладнання та реактиви: пробірки; фарфоровий тигель; азбестова сітка; скляне або годинникове скло; піпетки; скляна паличка для перемішування; хінолін (5 г у 100 мл води для насиченого розчину); 0,1%-ний розчин перманганату калію ($KMnO_4$); сухий чай; концентрована нітратна кислота (HNO_3); концентрований розчин аміаку (NH_4OH).

Заходи безпеки: Працювати в витяжному шкафі або добре провітрюваному приміщенні. Уникати контакту концентрованих кислот та аміаку зі шкірою і слизовими оболонками. Під час нагрівання використовувати спеціальні тримачі та захисні окуляри. Перманганат калію – сильний окисник, уникати контакту з органічними речовинами поза пробіркою. Всі роботи з реактивами виконувати обережно, дотримуючись інструкцій і правил поводження з хімікатами.

1. Теоретична частина

Гетероциклічні сполуки – це клас органічних речовин, у яких кільцева структура, окрім атомів Карбону, містить один або кілька гетероатомів, найчастіше Нітроген, Оксиген або Сульфур. Наявність гетероатома суттєво впливає на хімічні властивості таких сполук, зумовлюючи їхню реакційну здатність, основність або кислотність, а також біологічну активність. Саме тому гетероциклічні сполуки широко представлені серед природних речовин і біологічно активних молекул.

Одним із типових представників азотовмісних гетероциклів є ***хінолін*** – ароматична сполука, що складається з конденсованих бензольного та піридинового кілець. Хінолін проявляє властивості слабкої основи та здатний вступати в реакції окиснення. Під дією перманганату калію він окиснюється з утворенням хінолінової кислоти, що супроводжується знебарвленням фіолетового розчину окисника. Ця реакція є характерною для азотовмісних ароматичних гетероциклів і використовується для вивчення їх хімічних властивостей.

Іншим важливим представником гетероциклічних сполук є ***кофеїн*** – природний алкалоїд пуринового ряду. Його молекула містить складну гетероциклічну систему, до складу якої входять з’єднані між собою імідазольне та піримідинове кільця. Кофеїн широко поширений у рослинній сировині, зокрема в листі чаю, і може бути виділений шляхом сублімації при нагріванні. Отримані кристали дозволяють наочно ознайомитися з фізичними властивостями цієї сполуки.

Для якісного виявлення кофеїну застосовують характерні хімічні реакції. При дії концентрованої нітратної кислоти кофеїн окиснюється з утворенням жовтої амалінової кислоти. Подальше додавання аміаку спричиняє появу червоного забарвлення внаслідок утворення пурпурата амонію. Ця реакція є специфічною для пуринових гетероциклів і використовується для ідентифікації кофеїну та споріднених сполук.

Гетероциклічні сполуки мають велике практичне значення для ветеринарії та тваринництва. Багато лікарських препаратів, що застосовуються у ветеринарній практиці (антипаразитарні, протимікробні, протизапальні засоби), містять гетероциклічні фрагменти у своїй структурі. Пуринові сполуки беруть участь в енергетичному обміні клітин тварин, входять до складу нуклеїнових кислот і коферментів. Алкалоїди рослинного походження, зокрема кофеїн, можуть впливати на нервову та серцево-судинну системи тварин, що важливо враховувати при годівлі та ветеринарному контролі кормів. Таким чином, вивчення властивостей гетероциклічних сполук є необхідним для розуміння біохімічних процесів у тваринному організмі та раціонального використання хімічних сполук у ветеринарній медицині й тваринництві.

2. Хід роботи

*Дослід 1. Окиснення хіноліну.*У пробірку наливають 2–3 мл насиченого розчину хіноліну (5 г хіноліну в 100 мл води) і доливають стільки ж 0,1%–ного розчину перманганату калію, суміш перемішують. Фіолетовий колір зникає, утворюється хінолінова кислота.

Дослід 2. Одержання кофеїну з чаю. У фарфоровий тигель поміщають близько 0,5 г сухого чаю, прикривають годинниковим або звичайним склом і обережно нагрівають на азбестовій сітці, доки не з’являться на склі білі кристали кофеїну.

Дослід 3. Якісна реакція на кофеїн. Краплю концентрованої нітратної кислоти доливають до кофеїну, що виділився. У результаті окиснення утворюється амалінова кислота (тетраметилаллоксантин) жовтого кольору. Додають краплю концентрованого розчину аміаку й спостерігають червоне фарбування, утворення пурпурата амонію.

3. Записати відповідні рівняння реакцій. Зробити висновки по кожному досліду.

Контрольні питання

1. Сформулюйте визначення гетероциклічних сполук та охарактеризуйте їхні основні структурні особливості.

2. Наведіть класифікацію гетероциклічних сполук та опишіть принципи їх номенклатури.

3. П’ятичленні гетероциклічні сполуки з одним гетероатомом: типові представники, хімічні властивості та біологічне значення.

4. Шестичленні гетероциклічні сполуки з одним гетероатомом: основні представники та їх практичне значення.

5. Дайте визначення нуклеїнових кислот, охарактеризуйте їх біологічні функції та поясніть будову мононуклеотидів.

6. Азотисті основи, що входять до складу дезоксирибонуклеїнової кислоти: класифікація та роль у структурі ДНК.

7. Азотисті основи рибонуклеїнової кислоти: склад, особливості та функціональне значення.

Тестові завдання

1. Пірол відноситься до гетероциклів: а)п’ятичленних; б)шестичленних; в)з одним гетероатомом; г)з двома гетероатомами; д)азотовмісних; ж)кисневмісних; з)сірковмісних.

2. Індол відноситься до гетероциклів: а)п’ятичленних; б)шестичленних; в)з одним гетероатомом; г)з двома гетероатомами; д)азотовмісних; ж)кисневмісних; з)сірковмісних.

3. Піридин відноситься до гетероциклів: а)п’ятичленних; б)шестичленних; в)з одним гетероатомом; г)з двома гетероатомами; д)азотовмісних; ж)кисневмісних; з)сірковмісних.

4. Піримідин відноситься до гетероциклів: а)п’ятичленних; б)шестичленних; в)з одним гетероатомом; г)з двома гетероатомами; д)азотовмісних; ж)кисневмісних; з)сірковмісних.

5. У пурині міститься гетероатомів: а)1; б)2; в)3; г)4; д)5.

6. Фуран відноситься до гетероциклів: а)п’ятичленних; б)шестичленних; в)з одним гетероатомом; г)з двома гетероатомами; д)азотовмісних; ж)кисневмісних; з)сірковмісних.

7. Тіофен відноситься до гетероциклів: а)п’ятичленних; б)шестичленних; в)з одним гетероатомом; г)з двома гетероатомами; д)азотовмісних; ж)кисневмісних; з)сірковмісних.

8. РНК побудована із залишків: а)тетрози; б)пентози; в)гексози; г)фосфатної кислоти; д)нітратної кислоти.

9. ДНК побудована із залишків: а)тетрози; б)пентози; в)гексози; г)фосфатної кислоти; д)аміаку.

10. До РНК входять гетероциклічні основи: а)урацил; б)тимін; в) цитозин; г)аденін; д)гуанін; ж)піридин.

11. До ДНК входять гетероцикли: а)урацил; б)тимін; в) цитозин; г)аденін; д)гуанін; ж)імідазол.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Воронов С.А., Дончак В.А., Когут А.М. Органічна хімія. Львів: Львівсьа політехніка, 2021. 488 с.

2. Губський Ю. І. Біоорганічна хімія. Вінниця: Нова книга, 2019. 416 с.

3. Зубрицька Л.О., Бойчук І.Д., Тодосійчук Н.А. Органічна хімія. Навчально-методичний посібник. К.: Медицина, 2019. 80.

4. Іващенко О., Копанцева Л. Органічна хімія: навчальний посібник. Львів : Магнолія-2006, 2025. 193 с.

5. Кельїна С.Ю. Органічна хімія. Курс лекцій. Частина І. Миколаїв: МНАУ, 2020. 71 с.

6. Кельїна С.Ю. Органічна хімія. Курс лекцій. Частина ІІ. Миколаїв: МНАУ, 2021. 123 с.

7. Мітрясова О.П. Органічна хімія. Навчальний посібник. Київ: Видавниий дім «Кондор», 2019. 412 с.

8. Роговик Л.Й., Коваль Т.В., Овчарук О.В. Основи біоорганічної хімії: навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: Віт'АДрук, 2019. 212 с.

9. Роговик Л.Й., Крачан Т.М. Органічна хімія: навчальний посібник для студентів природничих спеціальностей. Кам’янець-Подільський, 2021. 145 с.

10. Фаринюк Ю.І., Сливка М.В. Органічна хімія аліфатичних сполук. Навчальний посібник. Ужгород: В-во УжНУ «Говерла», 2019. 242 с.

Допоміжна

1. Березан О. Органічна хімія. К. : Абрис, 2020. 205 с.

2. Ведута, Н. Ф. Федько, О. В. Шевченко. Практикум з органічної хімії. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2019. 80 с.

3. Журавель, І.О., Шемчук Л.А., Бризицька О.А. Органічна хімія : навчально-методичний посібник для самостійної аудиторної роботи. Харків, 2023. 238 с.

4. Мельничук Д.О. Курс органічної хімії для студентів вищих аграрних навчальних закладів, Київ: Арістей, 2015. 480 с.

5. Михалічко Б.М., Щербина О.М., Лавренюк О.І. Збірник задач і вправ з хімії. ІІІ. Органічна хімія: навчальний посібник. Львів: вид-во ЛДУ БЖД, 2021. 84 с.

6. Ранський А. П., Сакалова Г. В. Лабораторний практикум з органічної та біоорганічної хімії: Навчальний посібник для закладів вищої освіти ІІІ- IV рівнів акредитації із хімічних спеціальностей. Вінниця : ТОВ «Твори», 2019. 155 с.

7. Роговик Л.Й., Ямборак Р.С., Прохацька Г.І. Органічна хімія: навчальий посібник для студентів. Кам'янець-Подільський, 2019. 120 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. http://www. Mavica Net
2. http://www.library.chem.univ.kiev.ua
3. http://www.Ximicat.com.
4. Освітньо-професійна програма «Ветеринарна медицина» для підготовки здобувачів вищої освіти другого (магістерського рівня) за спеціальністю Н6 «Ветеринарна медицина» https://pdatu.edu.ua/images/navchalna-robota/opp/opp2025/opp-m-vet.pdf?v=03.
5. Електронний навчальний курс «Органічна хімія» http://pdatu.net.ua/course/view.php?id=23.