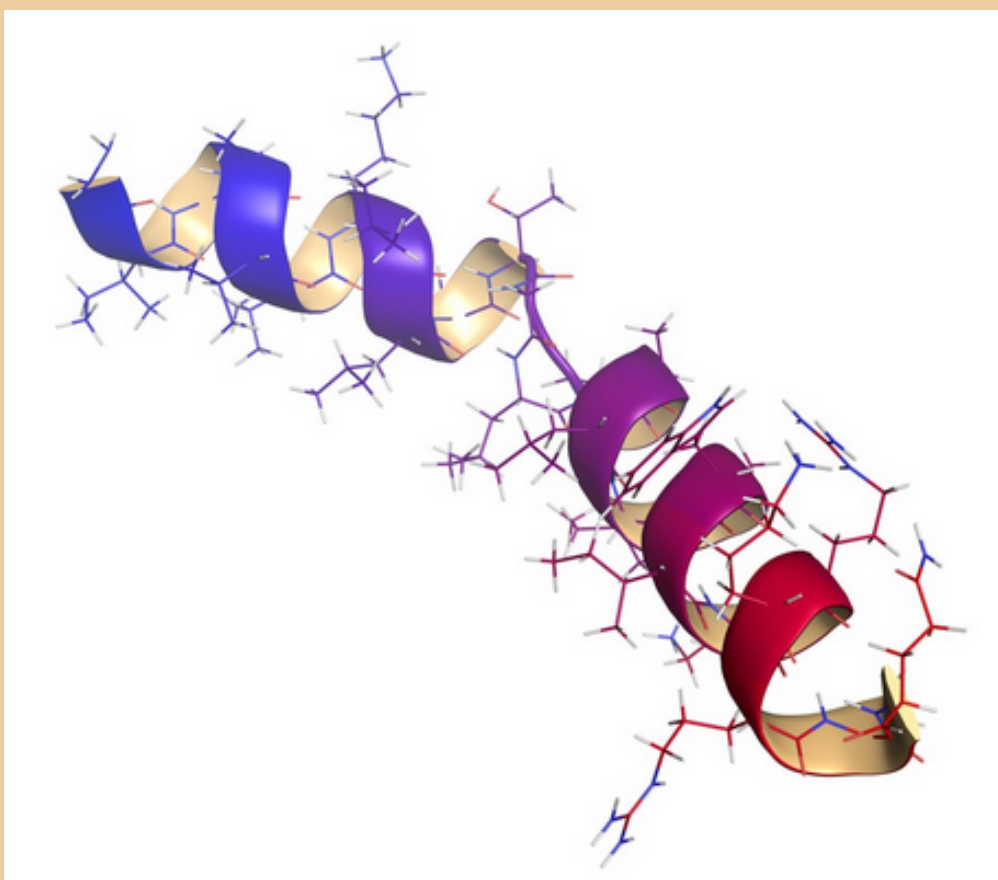


БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені І. І. МЕЧНИКОВА
ФАКУЛЬТЕТ ХІМІЇ ТА ФАРМАЦІЇ
КАФЕДРА ОРГАНІЧНОЇ ТА ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ ХІМІЇ

БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до лабораторних робіт
здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності ЕЗ Хімія
факультету хімії та фармації

Одеса
ОНУ імені І. І. Мечникова
2026

**УДК 577.1(072)
Б635**

Укладачі:

Н. Ф. Федько, кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри органічної та фармацевтичної хімії;

К. Д. Сазонов, доктор філософії (102 Хімія), старший викладач кафедри органічної та фармацевтичної хімії.

Рецензенти:

О. В. Шевченко, доктор хімічних наук, професор, завідувачка кафедри органічної та фармацевтичної хімії Одеського національного університету імені І. І. Мечникова;

Т. О. Кіосе, доктор хімічних наук, професор кафедри неорганічної хімії та хімічної освіти Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

*Рекомендовано вченою радою факультету хімії та фармації
ОНУ імені І. І. Мечникова.
Протокол № 8 від 21 травня 2026 р.*

Б635 **Біоорганічна** хімія [Електронний ресурс] : електрон. метод. рек. до лаб. робіт здобувачам першого (бакалавр.) рівня вищ. освіти спец. ЕЗ Хімія ф-ту хімії та фармації / уклад.: Н. Ф. Федько, К. Д. Сазонов. Одеса : ОНУ імені І. І. Мечникова, 2026. 45 с. 1,1 МБ.

Пропоновані методичні рекомендації стануть у нагоді при виконанні лабораторних робіт з дисципліни «Біоорганічна хімія», яка викладається студентам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності ЕЗ Хімія факультету хімії та фармації Одеського національного університету імені І. І. Мечникова.

УДК 577.1(072)

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ОСНОВНІ ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ В ЛАБОРАТОРІЇ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ	5
ТЕМА 1. α-Амінокислоти – структурні компоненти пептидів та білків	7
Питання для самостійної роботи	7
<i>Лабораторна робота № 1</i>	
Ідентифікація амінокислот методом тонкошарової хроматографії	8
<i>Лабораторна робота № 2</i>	
Вивчення хімічних властивостей амінокислот	10
ТЕМА 2. Пептиди та білки	13
Питання для самостійної роботи	13
<i>Лабораторна робота № 3</i>	
Вивчення хімічних реакцій білків	13
ТЕМА 3. Вуглеводи	18
Питання для самостійної роботи	18
<i>Лабораторна робота № 4</i>	
Властивості моносахаридів	19
<i>Лабораторна робота № 5</i>	
Властивості дисахаридів і полісахаридів	25
ТЕМА 4. Жири та ліпіди	31
Питання для самостійної роботи	31
<i>Лабораторна робота № 6</i>	
Виділення та вивчення властивостей жирів та ліпідів	32
ТЕМА 5. Нуклеїнові кислоти	36
Питання для самостійної роботи	36
<i>Лабораторна робота № 7</i>	
Виділення та вивчення властивостей нуклеїнових кислот	37
ПИТАННЯ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ	43
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	44

ВСТУП

Біоорганічна хімія вивчає речовини, які є основою процесів життєдіяльності. Її об'єктами вивчення є біологічно важливі природні й синтетичні сполуки, головним чином біополімери (білки, пептиди, нуклеїнові кислоти, полісахариди) та біорегулятори (ферменти, вітаміни, гормони). Біоорганічна хімія займається одержанням цих речовин у чистому вигляді, визначенням їх будови, з'ясуванням залежності між будовою та біологічними властивостями. Без з'ясування будови та властивостей найважливіших біополімерів і біорегуляторів неможливо зрозуміти суть життєвих процесів, знайти шляхи управління такими складними явищами як розмноження та передача спадкових ознак, імунітет, пам'ять, передача нервового імпульсу та ін. Важливість проблем, які вирішуються, та тісний зв'язок з іншими науковими дисциплінами забезпечили швидкий розвиток біоорганічної хімії.

Лабораторний практикум з біоорганічної хімії для здобувачів факультету хімії та фармації спеціальності 102 «Хімія» складено на основі сучасних уявлень про будову природних органічних сполук, їх хімічної активності, про механізми хімічних реакцій. Перед кожним лабораторним заняттям здобувачам пропонується робочий план, який показує, що саме з програмного матеріалу необхідно опрацювати. Наведені в кожній лабораторній роботі запитання, відповіді на які повинен дати здобувач, допоможуть самотійно підготуватися до лабораторної роботи і глибше зрозуміти сутність хімічних перетворень, які відбуваються.

ОСНОВНІ ПРАВИЛА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ В ЛАБОРАТОРІЇ ОРГАНІЧНОЇ ХІМІЇ

Виконання лабораторних робіт з органічної хімії вимагає великої уваги й обережності експериментатора. Більшість речовин, які використовують в органічній хімії, є або легкозаймистими або токсичними, або тими й іншими одночасно. З такими речовинами можна працювати безпечно лише при дотриманні запобіжних заходів.

- У хімічній лабораторії в доступному місці повинні бути різні захисні засоби: вогнегасник, ковдра із вовни, ящик з піском, аптечка першої допомоги; студент зобов'язаний вміти ними користуватися.

- В лабораторії необхідно знаходитися в лабораторному халаті зі стійкого до загоряння матеріалу.

- Приймати їжу, пити і палити в лабораторії категорично забороняється!

- Кожний студент повинен працювати на закріпленому за ним робочому місці. Під час роботи не можна залишати працюючий прилад без нагляду.

- Не дозволяється нагрівати, змішувати та збовтувати реактиви поблизу від обличчя. Отвір посудини повинен завжди бути направленим від себе.

- Забороняється засмоктувати рідину в піпетку ротом, для цього користуються гумовою грушею або спеціальним дозатором.

- Будьте обережні з сильними кислотами або лугами, особливо при нагріванні. Забороняється нагрівати закупорені пробірки чи колби.

- Не можна додавати воду до концентрованих кислот або лугів! При змішуванні двох рідин необхідно дотримуватись правила: рідину з більшою густиною вливають у рідину з меншою густиною.

- Посуд з реактивами слід брати двома руками, причому однією за горловину, а другою підтримувати за дно.

- З речовинами, що виділяють шкідливі пари, з їдкими або токсичними матеріалами треба працювати тільки у витяжній шафі, надягаючи захисні рукавички. До таких речовин відносяться галогеніди фосфору, бром, усі хлорангідриди кислот, оцтовий ангідрид, нітратна кислота, концентрований розчин амоніаку, аміни.

- Під час роботи з леткими та вибухонебезпечними речовинами надягають захисні окуляри, операції проводять у витяжній шафі.

- При проведенні процесів у вакуумі обов'язково надягти захисні окуляри, користуватися захисними екранами.

- Шматочки натрію не можна залишати на робочому столі, викидати у раковину або у ящик для сміття. Залишки натрію одразу ж після розрізання

кладуть у посуд з гасом і закупорюють. Маленькі шматочки натрію (обрізки) на фільтрувальному папері або залишки натрію в реакторі після реакції знищують розчиненням у великій кількості метилового чи етилового спирту (обов'язково у відкритому посуді). При загорянні натрію місце горіння засипають сухим піском.

- Газові пальники не варто залишати запаленими без потреби, забороняється виконувати біля відкритого вогню інші операції, не пов'язані з нагріванням.
- Легкозаймисті речовини (ацетон, гексан, діетиловий етер, спирт, бензен та ін.) не можна нагрівати на відкритому вогні. Для цього використовують водяну або масляну баню або електроплитку з закритою спіраллю.
- Забороняється збереження великих кількостей легкозаймистих розчинників і інших реактивів на робочих столах.

Перша допомога при нещасних випадках

Про будь-який, навіть незначний на перший погляд, випадок слід негайно повідомити викладача!

- При попаданні хімічних реактивів на шкіру терміново і інтенсивно промити уражені місця під струменем води.
- При термічних опіках I ступеня (почервоніння, незначна припухлість) уражене місце протирають ваткою, змоченою етиловим спиртом. При опіках II-III ступеня треба накласти спиртовий компрес або стерильну пов'язку.
- При хімічних опіках уражене місце треба промити великою кількістю води, а потім нейтралізувати реактив: якщо опік причинив реактив кислотної природи – 3 %-м розчином соди (гідрокарбонату натрію), а якщо луг – 3 %-м розчином борної або оцтової кислоти.
- При опіках бромом промивання водою неефективне: треба промити уражене місце етиловим спиртом або 10 %-м розчином натрій гідросульфїту. Якщо бром не нейтралізувати, він залишає рани, що довго не загоюються.
- У випадку попадання парів броду до дихальних шляхів треба негайно вийти на свіже повітря і вдихати спиртово-амоніачний розчин.
- При порізах склом насамперед слід видалити з рани великі уламки скла і краї рани продезінфікувати 3 %-м розчином йоду, а потім накласти стерильну пов'язку. При сильних кровотечах вище рани перетягнути джгутом, прикріпивши записку з точно вказаним часом накладення.

У всіх випадках після надання першої допомоги потерпілого необхідно направити в медпункт або в поліклініку.

Тема 1

α -АМІНОКИСЛОТИ – СТРУКТУРНІ КОМПОНЕНТИ ПЕПТИДІВ ТА БІЛКІВ

Амфотерний характер та основні хімічні властивості амінокислот: ацилювання, алкілювання, декарбоксилювання, утворення дикетопіперазинів, естерів, реакції з азотистою кислотою. Поняття про ізоелектричну точку. Кольорові реакції, що використовуються для ідентифікації амінокислот. Оптична ізомерія амінокислот. Стереохімічна номенклатура: L,D- та R,S-ряди. Енантіомери та рацемати. Розщеплення рацематів.

Питання для самостійної роботи

1. Напишіть структурні формули амінокислот: а) амінооцтової; б) α -амінопропіонової; в) α -аміно- β -метилвалеріанової; г) амінобурштинової; д) α -амінокапронової; е) α,β -діаміновалеріанової кислоти. Назвіть ці кислоти за систематичною номенклатурою. Де можливо, вкажіть їх тривіальні назви. Які з цих кислот мають просторові ізомери?
2. З наведеного ряду амінокислот: а) аланін; б) валін; в) глутамінова кислота; г) лейцин; д) аспарагінова кислота; е) треонін; є) гістидин; ж) метіонін; з) аргінін; і) фенілаланін; ї) триптофан; к) пролін; л) тірозин; виберіть амінокислоти, які: 1) мають кислу реакцію в розчині; 2) мають основні властивості; 3) є похідними ароматичних кислот; 4) відносяться до гетероциклічних; 5) містять гідроксильну групу; 6) містять Сульфур. Напишіть їх формули.
3. Напишіть структурні формули всіх структурних ізомерів амінокислот складу $C_4H_9O_2N$. Назвіть їх за номенклатурою IUPAC. Які з них є оптично активними? Для кожної з цих сполук напишіть проєкційні формули D- і L-ізомерів.
4. Які фізичні властивості мають амінокислоти? Які амінокислоти найчастіше зустрічаються в природі? Які з них називають «незамінними»?
5. Вкажіть будову амінокислоти в нейтральному, кислому та лужному середовищі. Що таке «біполярний» йон («цвіттер-йон»)?
6. Охарактеризуйте поняття «ізоелектрична точка». В яких областях рН буде знаходитися ізоелектрична точка аланіну, лізину, аспаргінової кислоти?
7. З яких карбонільних сполук, користуючись ціангідринним методом Штреккера, можна отримати: а) 2-аміно-2-метилбутанову кислоту; б) 2-аміно-3,3-диметилбутанову кислоту?

8. Як з оцтової кислоти можна отримати гліцин? Напишіть для нього реакції з: а) NaOH; б) HCl; в) PCl₅. Чому амінокислоти називають амфотерними сполуками?
9. Напишіть рівняння реакцій KOH з наступними амінокислотами: а) лізином; б) аланіном; в) лейцином. Назвіть продукти, що утворилися.
10. Напишіть рівняння реакції α-амінопропіонової кислоти з етанолом (в присутності HCl). Як називається ця реакція, яке значення має? Порівняйте основні властивості вихідної та кінцевої сполук. Дайте пояснення.
11. Напишіть рівняння реакцій хлоридної кислоти з: а) аланіном; б) глутаміновою кислотою; в) фенілаланіном. Назвіть отримані сполуки.
12. З амінооцтової кислоти дією а) хлористого ацетилю; б) оцтового ангідриду отримайте N-ацетильне похідне. Порівняйте кислотні властивості вихідної та кінцевої сполук. Як називають цю реакцію і для чого використовують?
13. Які групи називають «захисними групами»? Для чого їх використовують? Які властивості повинні мати «гарні захисні групи»?
14. Напишіть рівняння реакцій: а) солянокислого аланіну з NaOH; б) валіну з нітритною кислотою; в) гліцину з хлорангідридом метіоніну; г) лейцину з PCl₅; д) *n*-амінобензойної кислоти з HNO₂. Назвіть продукти реакцій.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

Ідентифікація амінокислот методом тонкошарової хроматографії

Реактиви: гліцин, L-лейцин, L-аргінін, етанол, вода, ізопропанол, оцтова кислота, суміш амінокислот невідомого складу, нінгідрин.

Обладнання: капіляри, піпетки, склянки, колби, пластинки для хроматографії, хроматографічна камера, циліндри, електроплитка з закритою спіраллю.

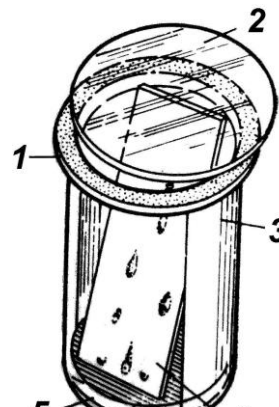


Рис. 1. Процес

хроматографування:

1. Приготуйте суміш ізопропанолу та води у співвідношенні 7:3 в кількості 10 мл, перемішайте отриманий елюент та налейте в хроматографічну камеру таким чином, щоб закрити дно камери не більш ніж на 5 мм. Дайте камері постояти 5–10 хвилин щоб повітря всередині наситилося парою елюента.
2. На пластинку для хроматографії розміром 5×7 см на відстані 8–10 мм від нижнього краю та паралельно йому нанесіть м'яким олівцем лінію старту і відмітьте на ній 4 крапки на рівній відстані

- 1 – хроматографічна камера;
- 2 – кришка;
- 3 – фільтрувальний папір;
- 4 – хроматографічна пластинка;
- 5 – елюент

одна від одної та від країв пластинки (приблизно 1 см). У відмічені крапки нанесіть розчини трьох індивідуальних амінокислот в суміші ізопропанол:вода (7:3) з концентрацією 1 мг/мл та однієї суміші невідомого складу за допомогою капілярів (для кожного розчину береться окремий капіляр) таким чином, щоб у центрі плями знаходилася відмічена крапка, а діаметр змоченої ділянки пластинки не перевищував 2–3 мм. У разі використання розведених розчинів амінокислот нанесення повторіть двічі-тричі, кожен раз висушуючи пластинку.

3. Помістіть пластинку в камеру з елюентом. Рівень елюента в камері не повинен доходити на 4–5 мм до лінії старту. Процес хроматографування ведіть доти, поки лінія фронту елюенту не буде знаходитись на відстані 3–4 мм від верхнього краю пластинки. По закінченні пластинку вийміть з камери, відмітьте олівцем лінію фронту елюенту і просушіть над електроплиткою (не торкаючись її).
4. Для виявлення амінокислот змочіть пластинку 0,2 % розчином нінгідрину в етанолі, підкисленому оцтовою кислотою, потім знов нагрійте її над електроплиткою.
5. Олівцем відзначте центри цих плям і виміряйте відстані між цими центрами та відповідними крапками на лінії старту.

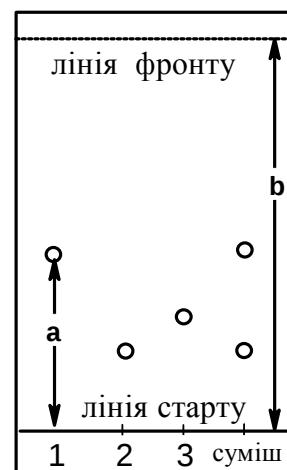


Рис. 2.
Хроматограма

- Для кожної амінокислоти (1–3) розрахуйте фактор затримки – R_f за формулою:

$R_f = \frac{a}{b}$, де a – відстань, пройдена речовиною від лінії старту до центру відповідної плями, b – відстань, пройдена за цей час елюентом від лінії старту до лінії фронту.

- Ідентифікуйте компоненти суміші амінокислот невідомого складу з одержаної хроматограми на підставі кількості плям і їх розрахованих величин R_f в порівнянні з величинами R_f «свідків» (відповідних чистих амінокислот).
- Зробіть висновок щодо складу суміші.
- Напишіть схему реакції взаємодії α -амінокислоти з нінгідрином.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

Вивчення хімічних властивостей амінокислот

Дослід 1. Вивчення кислотно-основних властивостей амінокислот

Реактиви: 1 % розчини амінооцтової кислоти (гліцину), лізину, глутамінової кислоти, 0,1 % розчини індикаторів: метилового оранжевого, фенолфталеїну, 0,1 % розчин хлоридної кислоти, 0,1 % розчин натрій гідроксиду.

Обладнання: штатив з пробірками, крапельниця, піпетки, універсальний індикаторний папір.

а) Відношення амінокислот до індикаторів

1. У дві пробірки налейте по 1 мл 1 % розчину амінооцтової кислоти (гліцину) і додайте по 2 краплі розчинів індикаторів: в одну пробірку – фенолфталеїну, в іншу – метилового оранжевого.
 - Чи змінилося забарвлення індикаторів? Чому?
 2. Дослід повторіть з 1 % розчином лізину.
 - Чи змінилося забарвлення індикаторів? Як це пояснити?
 3. Дослід повторіть з 1 % розчином глутамінової кислоти.
 - Як змінилося забарвлення індикаторів? Чому?
 4. Виміряйте рН вихідних водних розчинів досліджених амінокислот за допомогою універсального індикаторного паперу.
- Зробіть висновок про взаємодію амінокислот з кислотно-основними індикаторами.

б) Взаємодія моноамінокарбонових кислот з кислотами і лугами

У 2 пробірки налейте по 1–2 краплі 0,1 % розчинів хлоридної кислоти і натрій гідроксиду з метою приготування дуже розведених розчинів. До розчину хлоридної кислоти додайте 1–2 краплі метилового оранжевого, потім по краплях при перемішуванні додайте розчин гліцину до зміни забарвлення. До розчину натрій гідроксиду, підфарбованого фенолфталеїном, долийте по краплях, постійно перемішуючи, розчин гліцину до зникнення забарвлення.

- Поясніть зміни, що відбуваються у розчинах.
 - Підтвердіть свої міркування рівняннями можливих реакцій.
- Зробіть висновок про причини амфотерності амінокислот відповідно до їх будови.

Дослід 2. Характерні реакції на функціональні групи амінокислот

Реактиви: 1 %, 5 %, 10 % розчини амінооцтової кислоти, 0,03 % розчин нінгідрину, 10 % розчин натрій нітриту, льодяна оцтова кислота, 40 % розчин формальдегіду, розчин фенолфталеїну, 10 % розчин натрій гідроксиду, 2 % розчин купрум(II) сульфату, 3 % розчин ферум(III) хлориду, 10 % розчин хлоридної кислоти,

Обладнання: штатив з пробірками, скляні капіляри, піпетки, водяна баня.

а) Реакція α -амінокислот з нінгідрином

В 1 мл 1 % розчину гліцину влийте краплю 0,03 % розчину нінгідрину. Суміш у пробірці нагрійте до кипіння.

- Що спостерігаєте? У чому сутність проведеної реакції? До якого типу її можна віднести?
- Складіть рівняння проведеної реакції.

б) Реакція α -амінокислот з нітритною кислотою

До 2 мл 10 % розчину амінооцтової кислоти долийте 2 мл 10 % розчину натрій нітриту і 2 краплі льодяної оцтової кислоти.

- Що спостерігаєте? Чому?
- Складіть рівняння проведеної реакції.

в) Реакція амінооцтової кислоти з формальдегідом

1. У пробірку до 2–3 мл 1 % розчину амінооцтової кислоти по краплях додайте підфарбований фенолфталеїном 10 % розчин натрій гідроксиду до появи незникаючого забарвлення.

- Які зміни спостерігаються? Чому?

2. В іншій пробірці приготуйте розчин нейтралізованого формаліну. Для цього в чисту пробірку налейте 1 мл 40 % водного розчину формальдегіду і 1–2 краплі фенолфталеїну.

- Чи змінилося забарвлення розчину? Чому?

3. По краплях у цю пробірку додайте 10 % водний розчин натрій гідроксиду до появи малинового забарвлення. Додайте до підфарбованого фенолфталеїном лужного розчину амінооцтової кислоти 1 мл нейтралізованого формаліну.

- Що спостерігаєте? Чому? У чому сутність проведеної реакції? До якого типу її можна віднести?
- Складіть рівняння відповідних реакцій.

г) Реакція α -амінокислот з солями купруму(II) і феруму(III)

1. У пробірку помістіть по 0,5 мл 2 % розчину купрум(II) сульфату і 1 % розчину гліцину.

- Що спостерігаєте?

2. Після появи ознак реакції додайте в пробірку 5–10 крапель 10 % розчину натрій гідроксиду.

- Чи відбуваються помітні зміни? Чому?

3. До 1 мл 5 % розчину амінокислоти додайте краплю 3 % розчину ферум(ІІІ) хлориду.
- Що спостерігаєте?
4. Після появи ознак реакції додайте в пробірку 5–10 крапель 10 % розчину хлоридної кислоти.
- Чи відбуваються помітні зміни? Чому?
 - Поясніть причини перебігу проведених реакцій. До якого типу їх можна віднести?
 - Складіть рівняння відповідних реакцій.
- Зробіть висновок про властивості амінокислот відповідно до характеру функціональних груп.

Тема 2 ПЕПТИДИ ТА БІЛКИ

Пептиди, їх номенклатура. Пептидний синтез. Твердофазний синтез пептидів. Кислотне та ферментативне розщеплення білків і пептидів на фрагменти та амінокислоти. Встановлення первинної структури білка, визначення N- та C-кінцевих груп. Класифікація та структури білків. Ферменти як білки та каталізатори. Коферменти.

Питання для самостійної роботи

1. Напишіть схеми утворення двох можливих дипептидів з молекули гліцину та молекули аланіну. Назвіть їх. Яким чином можна отримати тільки один з можливих ізомерів?
2. Наведіть схеми утворення двох можливих дипептидів з молекули лейцину (α -аміноізокапронової кислоти) і молекули гліцину. Назвіть дипептиди. Які групи потрібно захистити в лейцині і гліцині, щоб отримати тільки один дипептид: Gly-Leu.
3. Напишіть формули всіх можливих трипептидів, утворених молекулами гліцину, аланіну та серину. Назвіть їх.
4. Напишіть структурну формулу трипептиду, при повному гідролізі якого утворюється валін, аланін та цистеїн, а при неповному гідролізі – валілцистеїн та аланілвалін.
5. Які сполуки називають білками? Що собою представляють первинна, вторинна, третинна і четвертинна структура білка? Яким чином визначають первинну структуру білка?
6. Перелічіть основні якісні реакції на білок. Які функціональні групи в них вступають?
7. Опишіть методи синтезу білкових молекул (класичний, твердофазний метод Мерріфілда)

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3 Вивчення хімічних реакцій білків

Дослід 1. Реакції осадження білків

Реактиви: 1 % розчин яєчного білка, 10 % розчин натрій гідроксиду, концентрована нітратна і сульфатна кислоти, насичені розчини натрій хлориду, кальцій хлориду і алюміній хлориду, 0,1 % розчин купрум(II) сульфату, 1 % розчин плюмбум(II) ацетату, 96 % розчин етилового спирту, 95 % розчин ацетону.

Обладнання: складчасті паперові фільтри, скляні палички, штатив з пробірками, піпетки, лійки скляні, нагрівний прилад, водяна баня.

а) Осадження білків нагріванням

1. У пробірку внесіть 2 мл розчину яєчного білка і нагрійте на киплячій водяній бані.
 - Що спостерігаєте? Чому?

б) Осадження білків мінеральними кислотами

1. В пробірку внесіть 3 мл концентрованої нітратної кислоти і по стінках пробірки обережно, щоб рідини не перемішувалися, 3 мл розчину яєчного білка.
 - Що спостерігаєте?
2. В іншу пробірку внесіть 3 мл розчину яєчного білка й обережно по стінці пробірки влийте 2–3 краплі концентрованої сульфатної кислоти.
 - Що спостерігаєте?
3. В обидві пробірки додайте надлишок відповідних кислот.
 - Що відбувається при цьому?
 - Прокоментуйте проведені реакції.

в) Осадження білків йонами важких металів

1. У дві пробірки налийте по 3 мл розчину яєчного білка. У першу додайте 2–3 краплі розчину купрум(II) сульфату, у другу – 2–3 краплі розчину плюмбум(II) ацетату.
 - Що спостерігаєте? Чому?
2. Додайте надлишок розчинів купрум(II) сульфату, і плюмбум(II) ацетату у відповідні пробірки.
 - Що відбувається внаслідок цього? Чому?

г) Осадження білків органічними розчинниками

1. У дві пробірки внесіть по 3 мл розчину яєчного білка. В першу додайте 3 мл етилового спирту, в другу – ацетону.
 - Що спостерігаєте?
2. Додайте по 1 мл насиченого розчину натрій хлориду в обидві пробірки.
 - Що відбувається внаслідок цього? Чому?

ж) Осадження білків натрій, кальцій та алюміній хлоридами

1. У три пробірки внесіть по 3 мл розчину яєчного білка. В першу долийте розчин натрій хлориду. В другу пробірку з білком – кальцій хлориду, в третю – алюміній хлориду.
 - Що спостерігаєте? Порівняйте швидкість перебігу реакцій в трьох пробірках. Дайте цьому пояснення.

2. Профільтруйте вміст пробірок через складчастий паперовий фільтр. Додайте до фільтрату 1 мл розчину оцтової кислоти і нагрійте суміш до кипіння на водяній бані.
- Що відбувається при цьому? Прокоментуйте реакції.
- Зробіть висновок про загальні причини денатурації білків.

Дослід 2. Кольорові реакції на білки

Реактиви: 1 % розчин яєчного білка, 10 % розчин натрій гідроксиду, 1 % розчин купрум(II) сульфату, 2 % розчин натрій гіпоброміту, 0,1 % спиртовий розчин α -нафтолу, 0,03 % спиртовий розчин нінгідрину, 10 % розчин плюмбум(II) ацетату, концентровані нітратна і сульфатна кислоти, льодяна оцтова кислота, гліоксилова кислота, 10 % розчин натрій карбонату, 2,5 % розчин формальдегіду, 1 % розчин сульфанілової кислоти в 5 % розчині хлоридної кислоти, 0,5 % розчин натрій нітриту.

Обладнання: скляні палички, штатив з пробірками, піпетки градуйовані, водяна баня, ванночка з льодом, нагрівний прилад, термометр лабораторний, годинник.

а) Біуретова реакція на виявлення пептидних зв'язків у білках (реакція Піотровського)

До 3 мл розчину яєчного білка додайте 1 мл розчину натрій гідроксиду та 1–2 краплі розчину купрум(II) сульфату, перемішайте.

- Що спостерігаєте? У чому сутність реакції?
- Складіть рівняння проведеної реакції.

б) Нінгідринова реакція

До 1 мл розчину яєчного білка додайте 3 краплі розчину нінгідрину. Суміш перемішайте і поставте на водяну баню при 70 °С на 5 хвилин.

- Яка ознака протікання даної реакції? Про що це свідчить?
- Складіть рівняння проведеної реакції.

в) Реакція Сакагучі

У пробірку внесіть 0,5 мл розчину яєчного білка, 0,5 мл розчину натрій гідроксиду, 3 краплі розчину α -нафтолу і після перемішування – 2–3 краплі розчину натрій гіпоброміту.

- Що відбувається в процесі реакції?
- На наявність залишків якої амінокислоти вказує дана реакція? У чому сутність даної реакції?
- Складіть рівняння проведеної реакції.

г) Реакція Фоля

До 3 мл реактиву Фоля (до 10 % розчину плюмбум ацетату додайте 10 % розчин натрій гідроксиду до розчинення осаду) додайте 3 мл розчину яєчного білка.

- Що спостерігаєте?
- На наявність яких фрагментів у молекулі білка вказує дана реакція? Для яких амінокислот вона характерна? У чому сутність даної реакції?
- Складіть рівняння цієї реакції на прикладі однієї з амінокислот.

д) Ксантопротеїнова реакція (реакція Мильдера)

До 1 мл розчину яєчного білка додайте 3 краплі концентрованої нітратної кислоти. Суміш перемішайте і поставте на водяну баню при 70 °С на 5 хвилин.

- Що відбувається в процесі реакції?
- На наявність яких фрагментів у молекулі білка вказує дана реакція? Для яких амінокислот вона характерна? У чому сутність даної реакції?
- Складіть рівняння цієї реакції на прикладі однієї з амінокислот.

е) Реакція Адамкевича

1. До 0,5 мл розчину яєчного білка додайте 0,5 мл льодяної оцтової кислоти і 0,5 мл гліоксилової кислоти.

- Що відбувається?

2. Нагрівайте суміш деякий час. Що відбувається?

Після охолодження обережно (краплями) по стінці пробірки влийте 1 мл концентрованої сульфатної кислоти так, щоб рідини не змішувалися. Пробірку помістіть в киплячу водяну баню на кілька хвилин.

- Що спостерігаєте?
- На наявність залишків якої амінокислоти вказує дана реакція? У чому сутність даної реакції?
- Складіть рівняння цієї реакції.

ж) Реакція Вуазене

У пробірку внесіть 2 мл розчину яєчного білка і 1 краплю розчину формальдегіду. До отриманої суміші, ретельно перемішуючи, додайте обережно по краплях 6 мл концентрованої сульфатної кислоти, охолоджуючи пробірку у ванночці з льодом. Через 10 хвилин у пробірку влийте, перемішуючи, 10 крапель розчину натрій нітриту.

- Що спостерігаєте?
- На наявність залишків якої амінокислоти вказує дана реакція? У чому її сутність?
- Складіть рівняння цієї реакції.

з) Реакція Паулі

У пробірку внесіть 1 мл розчину сульфанілової кислоти в розчині хлоридної кислоти, 2 мл розчину натрій нітриту і після ретельного перемішування 2 мл розчину яєчного білка і 6 мл розчину натрій карбонату.

- Що спостерігаєте?
 - На наявність залишків якої амінокислоти вказує дана реакція? У чому її сутність?
 - Складіть рівняння цієї реакції.
- Зробіть висновок про можливість ідентифікації білків за допомогою специфічних реакцій на амінокислоти, що входять до складу білка.

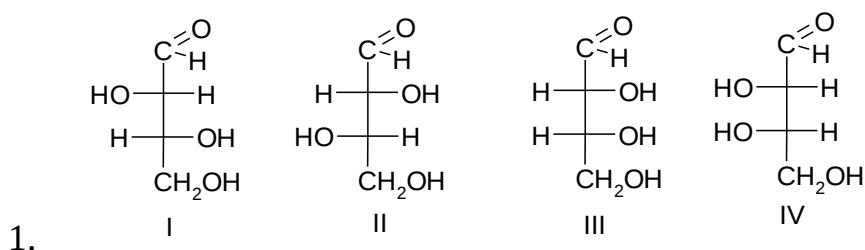
Тема 3

ВУГЛЕВОДИ

Вуглеводи. Класифікація: моносахариди, дисахариди, полісахариди. Будова та хімічні властивості моносахаридів, цикло-оксо-таутомерія. Оптична ізомерія моносахаридів: енантіомери, епімери, аномери. Поняття про глікозиди. Дисахариди. Класифікація (відновні і невідновні дисахариди). Мальтоза, целобіоза, лактоза, сахароза, їх будова і властивості. Природні полісахариди рослинного і тваринного походження. Обмін вуглеводів. Поняття про фотосинтез.

Питання для самостійної роботи

1. Які сполуки належать до класу вуглеводів (цукрів)? Яка їх біологічна роль?
2. Наведіть проекції Фішера природних моноз: *D*-глюкози, *D*-галактози, *D*-манози, *D*-фруктози. Скільки стереоізомерів можливо в кожному випадку? Чи зустрічаються в природі «дзеркальні» ізомери наведених моносахаридів?
3. Серед наведених проекційних формул альдотетроз знайдіть енантіомери та діастереомери. Вкажіть ізомери *D*- і *L*-ряду.



4. Наведіть фуранозні і піранозні циклічні формули (формули Хеуорса) *D*-глюкози. Що таке α - і β -аномери?
5. Наведіть хімічні реакції, що доводять наявність в молекулі глюкози: а) нормального ланцюгу атомів Карбону; б) альдегідної групи; в) п'яти гідроксигруп; г) напівацетального гідроксилу; д) α -глікольного фрагменту.
6. Поясніть, чому в свіжовиготовлених розчинах α -глюкози оптичне обертання з часом знижується, а для β -глюкози – збільшується? Чому розчини α - і β -форм глюкози в однакових концентраціях через певний час показують ту ж саму величину оптичного обертання?
7. Напишіть реакції глюкози з: а) Br_2 (H_2O), б) HNO_3 (конц.), t° ; в) H_2 (кат.), г) $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{OH}$, д) HCN , е) $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$, t° ; ж) CH_3OH (H^+), з) CH_3I (Ag_2O). В якій формі – ланцюговій або циклічній – реагує глюкоза в кожній реакції?
8. Які сполуки називають епімерами? Наведіть приклади. Чим відрізняються епімери від аномерів?

9. Чи здатні наведені сполуки відновлювати амоніачний розчин аргентум оксиду (проба Толленса): а) *D*-глюкоза; 2) *D*-рибоза; 3) *L*-маноза; 4) *D*-фруктоза? Відповідь поясніть.
10. Дайте визначення поняттю «глікозиди». Наведіть приклади поширених в природі глікозидів. Вкажіть глікозидний зв'язок. Як називають нецукрову частину глікозиду?
11. В чому проявляються особливі властивості напівацетального (глікозидного) гідроксилу в порівнянні зі спиртовими гідроксилами? Напишіть схеми взаємодії (в присутності HCl як каталізатора): а) α -*D*-глюкопіранози з етиловим спиртом; б) β -*D*-фруктофуранози із ізопропіловим спиртом. До якого класу хімічних сполук належать отримані речовини? Дайте їм індивідуальні назви.
12. Проведіть гідроліз мальтози. Чому мальтоза називається відновлюючим дисахаридом? За допомогою якої реакції можна відрізнити мальтозу від сахарози?
13. Напишіть схему реакції гідролізу сахарози. Чому сахароза називається невідновлюючим дисахаридом? В чому полягає явище інверсії сахарози? Що таке інвертний цукор?
14. Напишіть структурні формули дисахаридів, які утворюються при неповному гідролізі: крохмалю, целюлози.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

Властивості моносахаридів

Дослід 1. Оптичні властивості моносахаридів

Реактиви: глюкоза і фруктоза кристалічні, концентрований розчин амоніаку, вода дистильована.

Обладнання: поляриметр, технічні ваги, бюкси, шпателі (або скальпелі), піпетки, мірні колби (100 мл), лійки.

а) Визначення питомого обертання фруктози і глюкози

1. Спочатку визначте нульову точку приладу. Для цього, дотримуючись вказівок викладача, налейте дистильовану воду в трубку поляриметра. Заповнену водою трубку помістіть в жолоб поляриметра між поляризатором і аналізатором. За допомогою висувного окуляра відрегулюйте різкість зображення і, повільно обертаючи

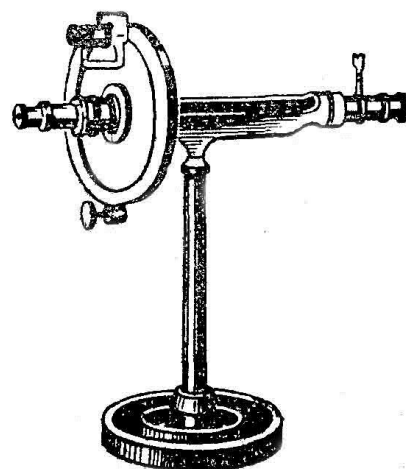


Рис. 3. Поляриметр

аналізатор, визначте нульову точку по рівномірній освітленості поля. Показання шкали відзначте, користуючись ноніусом. Визначте середнє значення нульової точки з п'яти відліків. Отримане виправлення на нульову точку врахуйте при визначенні питомого обертання оптично активної речовини. Значення нульової точки алгебраїчно відніміть від величини куту обертання, що був визначений при дослідженні речовини.

2. Розчини глюкози і фруктози приготуйте безпосередньо перед вимірюванням куту обертання. Зважте в бюксі 5,0 г глюкози з точністю до 0,01 г. Наважку перенесіть у мірну колбу місткістю 100 мл, розчиніть її в дистильованій воді і доведіть розчин до мітки. Вилийте воду з трубки поляризатора, обполощіть її 2–3 рази розчином глюкози і наповніть аналогічно дистильованій воді (надлишки розчину глюкози залиште для досліду **б**)).
3. Визначте кут обертання розчину глюкози аналогічно визначенню нульової точки. Від знайденого куту обертання відніміть виправлення – значення нульової точки.
4. В іншій мірній колбі (100 мл) розчиніть у воді 5 г фруктози. Визначте кут обертання фруктози.
5. Розрахуйте питоме обертання $[\alpha]_D^{20}$ розчинів моносахаридів і порівняйте отримані величини з зазначеними в довіднику. Поясніть необхідність розрахунку.

б) Мутаротація глюкози

1. Розчин глюкози, що залишився від досліду **а**), поділіть на дві частини. До однієї частини додайте одну краплю концентрованого розчину амоніаку. Обидва розчини залиште на 1–1,5 години. Визначте кут обертання розчину глюкози і порівняйте його з величиною, отриманою в досліді **а**).
2. Після цього досліджуйте обертання розчину глюкози, до якого був доданий амоніак.

- Чи є розходження в результатах? Чому?

У висновку дайте характеристику оптичних властивостей досліджених моносахаридів відповідно до їх можливих структур.

Дослід 2. Реакції на карбонільні групи в молекулах моносахаридів

Реактиви: 5 % розчини глюкози і фруктози, 2 % розчин аргентум нітрату, 5 % розчин купрум(II) сульфату, 10 % розчин натрій гідроксиду, реактив Фелінга, бромна вода (насичена), 1 % розчин ферум(III) хлориду, фенол, 0,01 % водний розчин метиленового синього, фуксиносультитна кислота, 10 % розчин формальдегіду.

Обладнання: штатив з пробірками, тримач для пробірок, водяні бані, нагрівний прилад.

а) Окиснення моносахаридів за реакцією Троммера

Налийте в дві пробірки по 1 мл розчинів моносахаридів: в одну пробірку – 5 % розчин глюкози, в іншу – 5 % розчин фруктози. Потім у кожен пробірку додайте по 1 мл 10 % розчину натрій гідроксиду. Після цього по краплях при струшуванні додайте 5 % розчин купрум(II) сульфату до появи каламуті, що не зникає при струшуванні. Вміст пробірок нагрійте до початку кипіння таким чином, щоб нагрівалася лише верхня частина розчину, а нижня лишалася для контролю.

- Що спостерігаєте? Чи є різниця в перебігу реакцій? Чому?
- Напишіть рівняння можливих реакцій.

б) Окиснення моносахаридів реактивом Фелінга

Налийте в дві пробірки по 1 мл розчинів моносахаридів: в одну пробірку – 5 % розчин глюкози, в іншу – 5 % розчин фруктози. Потім у кожен пробірку додайте рівний об'єм реактиву Фелінга, вміст пробірок перемішайте і нагрійте верхню частину розчину до початку кипіння.

- Що спостерігаєте? Чому? Чи є різниця в перебігу реакцій?
- Напишіть рівняння можливих реакцій.

в) Окиснення моносахаридів реактивом Толленса (реакція «срібного дзеркала»)

Приготуйте амоніачний розчин аргентум гідроксиду з 4–5 мл 2 % розчину аргентум нітрату і поділіть його на дві частини. До однієї частини долийте 1 мл 5 % розчину глюкози, до іншої – 1 мл 5 % розчину фруктози. Обидві пробірки помістіть на 5–10 хвилин у водяну баню, нагріту до 70–80 °С.

- Що спостерігаєте? Чому? Чи є різниця в перебігу реакцій?
- Напишіть рівняння можливих реакцій.

г) Окиснення моносахаридів бромною водою (Тяга!)

1. У дві пробірки налийте по 3 мл бромної води і додайте по 0,5 мл 5 % розчинів моносахаридів: в одну – глюкозу, в іншу – фруктозу. Пробірки нагрійте в киплячій водянній бані протягом 15 хвилин. Якщо буре забарвлення бромоводню за цей час не зникне, реакційні суміші прокип'ятіть до знебарвлення на полум'ї пальника (приблизно 1 хвилину).

- Порівняйте швидкість знебарвлення розчинів в обох пробірках. Чи є різниця? Чому?

2. Після охолодження до розчинів додайте декілька крапель 1 % розчину ферум(III) хлориду, забарвленого фенолом у фіолетовий колір.

- Порівняйте забарвлення розчинів в обох пробірках. Поясніть різницю.
- Напишіть рівняння проведених реакцій.

д) Окиснення моносахаридів розчином метиленового синього

1. Налийте в дві пробірки по 1,5–2 мл розчинів моносахаридів: в одну пробірку – 5 % розчин глюкози, в іншу – 5 % розчин фруктози. Потім у кожен пробірку додайте по 1,5 мл 10 % розчину натрій гідроксиду і 0,5 мл 0,01 % водного розчину метиленового синього.
 - Що спостерігаєте в кожній пробірці? Чи є різниця між пробірками? Який моносахарид – глюкоза або фруктоза – легше окиснюється в умовах дослідів? Чому?
 2. Після спостереження зміни кольору енергійно струсніть цю пробірку.
 - Які зміни відбуваються? Як можна пояснити це явище?
 - Напишіть рівняння реакції. Які властивості проявляє моносахарид в цій реакції?
- Зробіть висновок щодо можливості окиснення глюкози і фруктози відповідно до їхньої будови.

е) Реакції моносахаридів з фуксинасульфітною кислотою

У три пробірки налейте по 1 мл розчину фуксинасульфітної кислоти. В одну з них долийте 1 мл 10 % розчину формальдегіду, в другу – 1 мл 5 % розчину глюкози, в третю – стільки ж 5 % розчину фруктози. Вміст пробірок перемішайте і залиште на 1–2 хвилини.

- Чи є зміни в реакційному середовищі? Чому?
 - Якщо є, складіть рівняння цієї реакції.
 - Чи є різниця у перебігу реакцій в пробірках з розчинами формальдегіду і моносахаридів? Чому?
- Зробіть висновок щодо відносної реакційної здатності досліджуваних моносахаридів та формальдегіду в реакції з фуксинасульфітною кислотою.

Дослід 3. Реакції на гідроксильні групи в молекулах моносахаридів

Реактиви: глюкоза кристалічна, 5 % розчини глюкози і фруктози, 20 % розчин глюкози, натрій ацетат (безводний), оцтовий ангідрид, 10 % розчин натрій гідроксиду, 5 % розчин купрум(II) сульфату, вапняне молоко (свіжовиготовлена 10-15 % суспензія кальцій гідроксиду у воді), мармур, хлоридна кислота.

Обладнання: водяні бані, апарат для одержання газу, лійки, фільтрувальний папір, піпетки, склянки (100 мл), пробірки, штатив для пробірок, зворотні холодильники до пробірок, лід, мікроскоп, предметні і покривні стекла, скляні палички.

а) Реакція глюкози з купрум(II) гідроксидом

Налійте в дві пробірки по 1 мл розчинів моносахаридів: в одну пробірку – 5 % розчин глюкози, в іншу – 5 % розчин фруктози. Потім у кожен пробірку

додайте 1 мл 10 % розчину натрій гідроксиду, потім по краплях додайте 5 % розчин купрум(II) сульфату. Осад гідроксиду, що утворився спочатку, інтенсивно струсність.

- Що спостерігаєте? Чому?
- Напишіть рівняння реакцій, що відбувалися.

б) Реакція моносахаридів з кальцій гідроксидом

До 2 мл 20 % розчину глюкози додайте по краплях при струшуванні надлишок вапняного молока: у пробірці повинний бути осад, що не зникає при струшуванні. Через 5 хвилин відфільтруйте 1 мл розчину і через прозорий фільтрат пропустіть повільний струм карбон(IV) оксиду з приладу для добування газів.

- Що спостерігаєте? Чому?
- Напишіть рівняння реакцій, що відбувалися.

в) Добування пентаацетилглюкози (Тяга!)

1. У сухій пробірці змішайте 1 г кристалічної глюкози з 1 г безводного натрій ацетату. До суміші додайте 5 мл оцтового ангідриду, вміст пробірки перемішайте скляною паличкою. Пробірку закрийте пробкою зі зворотним холодильником і при струшуванні обережно нагрійте на пальнику 5–10 хвилин. Пробірку остудіть на повітрі, після чого вилийте реакційну суміш у склянку, що містить близько 25 мл води з льодом. Суміш ретельно перемішайте.

- Які ознаки реакції незабаром з'являються? Чому?
- Напишіть рівняння проведеної реакції.

2. Через 10 хвилин частину кристалів відфільтруйте, промийте на фільтрі невеликою кількістю крижаної води, висушіть між аркушами фільтрувального паперу. Розгляньте кристали пентаацетилглюкози під мікроскопом.

- Замалюйте кристали. Який вигляд вони мають?

► Зробіть висновок щодо перебігу реакцій. За рахунок яких фрагментів в молекулі глюкози можливі такі реакції? До яких речовин, що були розглянуті раніше, є подібною глюкоза? Чому?

Дослід 4. Загальні реакції карбонільних і гідроксильних груп в молекулах моносахаридів

Реактиви: 1 %, 2 % і 5 % розчини глюкози і фруктози, розчин оцтовокислого фенілгідразину, реактив Селіванова, хлоридна кислота, розведена водою в об'ємному співвідношенні 1:1, етиловий спирт, концентрована сульфатна кислота, 5 % спиртовий розчин α -нафтолу.

Обладнання: пробірки, водяні бані, термометри (100 °С), мікроскоп, піпетки, предметні і покривні стекла.

а) Утворення озазонів глюкози і фруктози (Тяга!)

1. У дві пробірки налейте по 5 мл розчину оцтовокислого фенілгідрозину. В одну з них додайте 2,5 мл 5 % розчину глюкози, в іншу – стільки ж 5 % розчину фруктози. Пробірки з реакційною сумішшю помістіть на 20–30 хвилин у киплячу водяну баню.
 - Що спостерігаєте? Чому?
 2. Струсіть і охолодіть пробірки.
 - Що спостерігаєте? Чому?
 3. Краплю рідини з осадом перенесіть піпеткою на предметне скло, накрийте його покривним склом і розгляньте форму кристалів під мікроскопом.
 - Замалюйте кристали. Який вигляд вони мають? Яка речовина реагує з моносахаридами?
 - Напишіть рівняння реакцій, що відбулися, вважаючи, що оцтовокислий фенілгідрозин був взятий у надлишку.
- У висновку проаналізуйте і обґрунтуйте можливість розпізнавання фруктози і глюкози реакцією утворення озазонів.

б) Реакція Селіванова

У дві пробірки налейте по 2 мл реактиву Селіванова (розчин резорцину в розведений хлоридній кислоті), потім в одну пробірку додайте 2 краплі 1 % розчину фруктози, а в іншу – 2 краплі 1 % розчину глюкози. Обидві пробірки одночасно помістіть у водяну баню з температурою води 80 °С і витримайте при цій температурі протягом 8 хвилин.

- Що спостерігаєте? Порівняйте забарвлення розчинів у пробірках із глюкозою і з фруктозою. Поясніть результат.
- Складіть рівняння реакцій, що відбувалися.

в) Реакція Панова

У дві пробірки налейте по 0,5 мл 2 % розчинів глюкози і фруктози, додайте в кожен по 5 мл суміші етилового спирту з концентрованою сульфатною кислотою, а потім долийте по 2–3 краплі 5 % спиртового розчину α -нафтолу. Рідини перемішайте і нагрійте в киплячій водяній бані 5-8 хвилин.

- Що спостерігаєте? Порівняйте забарвлення розчинів у пробірках з глюкозою і з фруктозою. Поясніть результат.
- Складіть рівняння реакцій, що відбувалися.

- У висновку щодо дослідів *б)* і *в)* проаналізуйте і обґрунтуйте перебіг реакцій і можливість розпізнавання фруктози і глюкози за допомогою цих дослідів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5

Властивості дисахаридів і полісахаридів

Дослід 1. Реакції на гідроксильні групи сахарози

Реактиви: 5 % і 20 % розчини сахарози, вапняне молоко (свіжовиготовлене), 10 % розчин натрій гідроксиду, 5 % розчин купрум(II) сульфату.

Обладнання: склянки (25, 50 і 100 мл), мірні циліндри (10 мл), хімічна лійка, пробірки, фільтри, штатив для пробірок, паличка скляна, лід, , нагрівний прилад.

а) Добування кальцій сахарату

1. У невелику склянку (25–50 мл) налейте 5–7 мл 20 % розчину сахарози і по краплях при перемішуванні додайте надлишок свіжовиготовленого вапняного молока: у пробірці повинний бути осад, що не зникає при струшуванні. Перемішайте реакційну суміш скляною паличкою і залиште її на 5–7 хвилин. Потім відфільтруйте розчин у пробірку.
 - Що міститься у розчині?
2. Нагрійте фільтрат до кипіння.
 - Що спостерігаєте?
3. Остудіть реакційну суміш у склянці з крижаною водою.
 - Що спостерігаєте? Як це можна пояснити?
 - Напишіть рівняння дослідженої реакції.

б) Реакція дисахаридів з купрум(II) гідроксидом у лужному розчині

У пробірці змішайте 1,5 мл 5 % розчину сахарози і 1,5 мл 10 % розчину натрій гідроксиду. Потім у пробірку по краплях додайте 5 % розчин купрум(II) сульфату. Осад гідроксиду, що утворився спочатку, інтенсивно збовтайте.

- Що спостерігаєте? Чому?
 - Напишіть рівняння дослідженої реакції.
- На підставі проробленого дослідів зробіть висновок про властивості сахарози відповідно до її будови. Порівняйте їх з аналогічними властивостями моносахаридів.

Дослід 2. Реакції сахарози з нікель і кобальт(II) сульфатами

Реактиви: 10 % розчин сахарози, 5 % розчин кобальт(II) сульфату, 5 % розчин нікель(II) сульфату, 5 % розчин натрій гідроксиду.

Обладнання: пробірки, штатив для пробірок.

У дві пробірки налейте по 2–5 мл 10 % розчину сахарози і по 1 мл 5 % розчину натрій гідроксиду. Потім в одну пробірку додайте декілька крапель 5 % розчину кобальт(II) сульфату, в іншу – декілька крапель 5 % розчину нікель(II) сульфату.

- Що спостерігаєте? Чому?
 - Напишіть рівняння проведених реакцій.
- У висновку проаналізуйте хід реакцій і припустіть можливі причини такого їхнього перебігу.

Дослід 3. Властивості крохмалю

Реактиви: реактив Люголя, 1 % розчин крохмалю, реактив Фелінга, 10 % розчин натрій гідроксиду, 10 % розчин сульфатної кислоти, фенолфталеїновий індикаторний папір.

Обладнання: пробірки, штатив для пробірок, нагрівний прилад, водяна баня.

а) Якісні реакції на крохмаль

1. У дві пробірки налейте по 1,5–2 мл розчину крохмального клейстеру. В одну з них додайте такий же об'єм реактиву Фелінга, в іншу – 1–2 краплі розчину Люголя. Рідина перемішайте.
 - Що спостерігаєте? Чому?
2. З пробірки з розчином Люголя відлийте приблизно половину в іншу пробірку, в одну з них налейте 1 мл розчину натрій гідроксиду, іншу прокип'ятіть в полум'ї пальника, після чого остудіть.
 - Що спостерігаєте? Чому?
3. У пробірці з реактивом Фелінга нагрійте верхню частину розчину до початку кипіння.
 - Чи змінюється забарвлення розчинів? Поясніть результат дослід.
 - Складіть рівняння можливих реакцій.

б) Кислотний гідроліз крохмалю

1. У пробірку помістіть 1 мл розчину крохмального клейстеру, 10 крапель розчину сульфатної кислоти і нагрійте на водяній бані приблизно 20 хвилин (до утворення прозорого розчину). Відлийте 1–2 мл отриманого прозорого розчину в чисту пробірку і додайте 1–2 краплі розчину Люголя.

- Чи змінилося забарвлення розчину?
(Якщо забарвлення не зникло, прокип'ятіть розчин ще декілька хвилин у полум'ї пальника.)
 - Про що свідчить відсутність забарвлення?
2. Розчин остудіть і нейтралізуйте розчином натрій гідроксиду, додаючи його по краплях до лужної реакції середовища (появи рожевого забарвлення на фенолфталеїновому індикаторному папері). Лужний розчин змішайте з рівним об'ємом реактиву Фелінга і нагрійте верхню частину рідини до початку кипіння.
- Що спостерігаєте? Чому?
 - Напишіть рівняння реакції гідролізу крохмалю, назвіть проміжні і кінцеві продукти. Поясніть, чому в процесі гідролізу змінюється забарвлення гідролізату з йодом.
- Зробіть висновок про властивості крохмалю відповідно до його будови. Порівняйте їх з аналогічними властивостями моно- і дисахаридів.

Дослід 4. Властивості целюлози

Реактиви: мідноамоніачний розчин (реактив Швейцера), концентрована сульфатна кислота, 80 % розчин сульфатної кислоти, 5 % розчин амоніаку, розчин Люголя, натрій карбонат (кристалічний), реактив Фелінга, 40 % розчин натрій гідроксиду, 10 % розчин хлоридної кислоти, концентрована нітратна кислота, суміш етилового спирту і діетилового етеру (1:3), оцтовий ангідрид, льодяна оцтова кислота, ацетон, хлороформ.

Обладнання: вата гігроскопічна, фільтрувальний папір, хімічні склянки (25, 100 і 300 мл), порцелянові чашки, кристалізатори, конічні колби (500-100 мл), повітряні холодильники до конічних колб, водяні бані, медичні шприци, термометри, тиглеві щипці, азбестові сітки, предметні стекла, скляні платівки (10×10 см), лійки Бюхнера, водоструминні насоси, піпетки, пробірки, штативи для пробірок, зворотні холодильники до пробірок.

а) Гідроліз целюлози

У суху конічну колбу місткістю 50–100 мл помістіть дуже дрібно нарізані шматочки фільтрувального паперу (целюлози) і змочіть їх концентрованою сульфатною кислотою. Ретельно перемішайте вміст колби скляною паличкою до повного розчинення паперу й утворення безбарвного в'язкого розчину. Після цього додайте до нього невеликими порціями при обережному перемішуванні 15–20 мл води, колбу з'єднайте з повітряним зворотним холодильником і прокип'ятіть реакційну суміш 20–30 хвилин, періодично перемішуючи. Після закінчення гідролізу відлийте 2–3 мл рідини, нейтралізуйте її сухим натрій карбонатом, додаючи його невеликими порціями

(рідина спінюється). Проведіть з гідролізатом реакцію на присутність відновлюючих цукрів з реактивом Фелінга.

- Чи пройшла реакція? На підставі яких ознак можна судити про її протікання?
- Напишіть рівняння реакції гідролізу целюлози і поясніть результат.

б) Розчинення целюлози в реактиві Швейцера

У пробірку налейте 5 мл мідноамоніачного розчину (реактиву Швейцера), опустіть в нього дуже маленький шматочок гігроскопічної вати (целюлози) і ретельно перемішайте вміст пробірки скляною паличкою до утворення густої маси темно-синього кольору з фіолетовим відтінком без волокон і драглевидних грудок. Виділення нитки з отриманого розчину зробіть за допомогою медичного шприца, кінець якого занурте в кристалізатор (склянку) із коагулюючим розчином, що містить близько 100 мл теплої води, підкисленої 2–3 мл концентрованої сульфатної кислоти. Нитки залиште у розчині кислоти до знебарвлення, що відбувається протягом декількох хвилин. Потім промийте їх великою кількістю води і висушіть за температури 60–70 °С.

- Який вигляд має нитка? Поясніть дослід.
- Чи можливо скласти рівняння проведеної реакції? Якщо можливо, то складіть його, якщо ні – поясніть це.

в) Добування і властивості нітратів целюлози (Тяга!)

1. У невелику колбу налейте 4 мл концентрованої нітратної кислоти й обережно при розмішуванні додайте 8 мл концентрованої сульфатної кислоти. Суміш, що розігрілася, трохи охолодіть і занурте в неї за допомогою скляної палички невеличку грудочку гігроскопічної вати. Реакційну суміш нагрійте на водяній бані (температура бані 60–70 °С), періодично перемішуючи паличкою протягом 5 хвилин. Потім вату вийміть і ретельно промийте водою спочатку в склянці, а потім у струмені води під водопровідним краном. Надлишок води відіжміть між двома аркушами фільтрувального паперу, вату розпушіть і висушіть в порцеляновій чашці на киплячій водяній бані.

- Який вигляд має вата? Чому? Який продукт утворюється за умов досліду? Яку тривіальну назву має отримана речовина? Чому назва «нітроцелюлоза», що часто вживається, є неправильною?
- Напишіть рівняння реакції її утворення (використовуючи формулу Хеуорса).

2. Висушений волокнистий нітрат целюлози поділіть на три частини. Одну частину покладіть на азбестову сітку і підпаліть. Поруч підпаліть шматок гігроскопічної вати (целюлози).
 - Відзначте різницю в характері горіння цих двох зразків.
3. Другу частину помістіть на дно сухої пробірки, поверніть її отвором до стіни й обережно нагрійте в полум'ї пальника.
 - Що відбувається? Чому?
4. Третю частину розчиніть при помішуванні паличкою в суміші етилового спирту і діетилового етеру (1:3) до утворення в'язкого розчину. Частину його вилийте на предметне скло: після випарювання розчинника залишається тверда плівка.
 - Як називається отримана речовина?
5. Внесіть плівку тигельними щипцями в полум'я пальника.
 - Що можна сказати про процес горіння? Відзначте різницю в характері горіння плівки і волокнистого нітрату целюлози.
 - Складіть рівняння реакції горіння.

2) Добування і властивості триацетату целюлози (Тяга!)

1. У склянку місткістю 25 мл або в порцелянову чашку помістіть невеликий шматочок гігроскопічної вати (приблизно 0,4 г), залийте його водою і витримайте в ній 3–5 хвилин. Вийміть вату з води, відіжміть у фільтрувальному папері, розщепіть і занурте невеликими порціями при розмішуванні скляною паличкою в конічну колбочку (50 мл), у якій знаходиться суміш 5 мл оцтового ангідриду, 5 мл льодяної оцтової кислоти і 1–2 краплі концентрованої сульфатної кислоти в якості каталізатора. (При внесенні в колбу вологої вати відбувається розігрівання реакційної суміші, тому колбу остудіть в кристалізаторі з холодною водою). Коли саморозігрівання суміші припиниться (через 5–10 хвилин), колбу помістіть в нагріту водяну баню і ретельно перемішайте реакційну суміш скляною паличкою до повного розчинення целюлози. Отриманий розчин вилийте тонким струменем при перемішуванні в склянку з 250 мл холодної води.
 - Що спостерігаєте? Який вигляд має продукт реакції?
2. Ацетат целюлози, що був отриманий, відфільтруйте на лійці Бюхнера, промийте водою, розпушіть і висушіть в порцеляновій чашці на киплячій водяній бані.
 - Що являє собою сухий ацетат целюлози? Який продукт і чому переважно утворюється в умовах досліду?
3. Частину сухого ацетату целюлози перенесіть у пробірку з 2 мл ацетону. Пробірку закрийте пробкою зі зворотним холодильником і при

перемішуванні обережно нагрійте суміш у водяній бані до кипіння і витримайте при слабкому кипінні приблизно 2 хвилини. Отриманий розчин злийте з осаду на годинникове скло і дайте ацетоніві випаруватися.

- Чи утворюється на склі плівка?

4. Іншу частину сухого ацетату целюлози розчиніть при слабкому нагріванні в 1–2 мл хлороформу. Отриманий в'язкий розчин вилийте на скляну платівку (10×10 см) і залиште у горизонтальному положенні для висушування у витяжній шафі. Щоб зняти плівку, скло обережно полийте водою. Потім плівку висушіть між аркушами фільтрувального паперу і шматочок її внесіть щипцями в полум'я пальника.

- Що спостерігаєте? Чи легко вона загоряється?

- Напишіть рівняння проведеної реакції (з використанням формул Хеуорса).

► Зробіть висновок про властивості целюлози, що були досліджені, відповідно до її будови і в порівнянні з властивостями і будовою крохмалю.

Тема 4

ЖИРИ ТА ЛІПІДИ

Поняття про жири та жироподібні речовини. Класифікація ліпідів та їх структурні компоненти. Нейтральні ліпіди, їх хімічні властивості. Гліколіпіди. Фосфоліпіди, їх синтез. Сфінголіпіди. Поняття про стероїди, їх класифікація. Статеві гормони, їх роль в організмі. Поняття про обмін фосфоліпідів та стероїдів.

Питання для самостійної роботи

1. Напишіть формулу наступного ліпиду: 1-пальмітоїл-2-лінолеоїл-3-стеароїлгліцерол. До якої групи ліпідів відноситься ця речовина? Напишіть, які речовини утворюються в результаті омилення цієї речовини.
2. Під час гідролізу жиру масою 222.5 г отримали насичену одноосновну карбонову кислоту масою 213 г і гліцерол. Визначте формулу жиру і назвіть його.
3. Розрахуйте йодне число ліноленової, лінолевої та арахідонової кислот.
4. Суміш лінолевої та ліноленової кислот має йодне число 220. Визначте відсотковий вміст суміші.
5. Розрахуйте відсотковий вміст суміші стеаринової та лауринової кислот, якщо число нейтралізації суміші дорівнює 220.
6. Розрахуйте молекулярну масу, запишіть формулу та дайте назву карбонової кислоти за тривіальною та систематичною номенклатурами, якщо число її нейтралізації дорівнює 218.80.
7. Скільки подвійних зв'язків має ненасичена жирна кислота, якщо її йодне число дорівнює 75, а її молекулярна маса 338. Що це за кислота? Назвіть її за тривіальною та систематичною номенклатурою.
8. Чистий триацилгліцерол має число омилення 190 і йодне число 86,2. Визначте: а) відносну молекулярну масу цього триацилгліцеролу; б) скільки подвійних зв'язків є в його молекулі?
9. Суміш кефаліну, лецитину і фосфатидилсерину розділяють за допомогою електрофорезу при $pH = 7$. Які з цих сполук:
 - рухаються до аноду,
 - рухаються до катоду,
 - залишаються на старті?
10. Напишіть формули наступних фосфоліпідів:
 - а) 1-пальмітоїл-2-олеїлфосфатидилхолін;
 - б) 1-стеароїл-2-пальмітоїл-олеїлфосфатидилетаноламін;
 - в) 1-стеароїл-2-елаїдоїлфосфатидилсерин?

Який електричний заряд будуть мати молекули цих речовин при $pH=7,0$?

11. Напишіть структурні формули таких сполук:
 - а) 1-пальмітоїлдистеароїлгліцеролу;
 - б) цетилового спирту;
 - в) триолеїну;
 - г) три (9,10-дигідростеароїл) гліцеролу;
 - д) 2-лінолеїл-3-ліноленойл-1-олеїлгліцеролу.
12. Напишіть рівняння реакції лужного гідролізу триацилгліцеролу, до складу якого входять ліноленова, ліолева і пальмітинова кислоти. Назвіть продукти реакції. Поясніть, на чому ґрунтується миюча дія мила.
13. Напишіть рівняння реакції триолеїну з такими реагентами: 1) Br_2 ; 2) HI (KI). Поясніть значення цих реакцій. Що таке кислотне число, йодне число і число омилення?
14. Напишіть схему реакції гідрогенізації ліноленойлолеїлпальмітоїл гліцеролу. Яка консистенція вихідного і кінцевого продуктів?
15. Написати схеми реакцій: а) омилення трипальмітину; б) каталітичного дегідрування олеїноділінолену.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Виділення та вивчення властивостей жирів та ліпідів

Дослід 1. Одержання та фізико-хімічні властивості нейтральних жирів

Реактиви: тваринний жир, риба́чий жир, рослинна олія, дистильована вода, ацетон, хлороформ, діетиловий етер, етанол.

Обладнання: технічні ваги, бюкси, шпателі (або скальпелі), піпетки, мірні колби (100 мл), лійки, пробірки.

а) Розчинність жирів

Візьміть три серії пробірок по чотири в кожній. У першу серію пробірок (№ 1–4) помістіть маленький шматочок, приблизно з горошину, твердого тваринного жиру (наприклад, яловичого), у другу серію пробірок (№ 5–8) налейте декілька крапель рослинної олії, у третю (№ 9–13) – декілька крапель риба́чого жиру. Потім у першу пробірку кожної серії налейте 3 мл дистильованої води, у другу – 3 мл діетилового етеру, у третю – 3 мл хлороформу, у четверту – 3 мл спирту. Вміст всіх пробірок енергійно струшуйте. Якщо в якій небудь пробірці розчинення не відбувається, підігрійте її обережно на водяній бані.

- Відзначте зміни, які відбулися в кожній пробірці. Результати дослідів записують у таблицю:

Жири	Розчинник			
	Вода	Діетиловий етер	Хлороформ	Етанол
Тваринний жир Риб'ячий жир Рослинна олія				

б) Емульгування жирів

У чотири пробірки налийте по 5 мл дистильованої води. До другої пробірки внесіть на кінчику шпателя лецитин, до третьої – 1 мл 1 % розчину Na_2CO_3 , до четвертої – 1 мл 1 % розчину NaHCO_3 . Потім до всіх пробірок додайте по 0,2 мл олії. Пробірки енергійно перемішайте і залиште на 5 хвилин.

- Які зміни відбулися в кожній пробірці?
- Вміст пробірок відфільтруйте через паперові фільтри в інші пробірки.
- За результатами фільтрування зробіть висновок про вплив стабілізаторів на емульгування жирів.

в) Виявлення ненасиченості ліпідів

В три пробірки внесіть 1 мл розчину рослинної олії в хлороформі, 1 мл вершкового масла в хлороформі, 1 мл маргарину в хлороформі. Отримані розчини відтитруйте 0,001 н розчином йоду в хлороформі до появи рожевого забарвлення.

- Порівняйте кількості розчину йоду, необхідні для насичення різних жирів.

г) Омилення жирів

1. В колбу з 1 мл рослинної олії додайте 20 мл 50 % розчину КОН. Вміст колби перемішайте і прокип'ятіть 60 хв. Доведіть розчин до об'єму 20 мл дистильованою водою.
2. В широкій пробірці 2 мл олії рослинної олії змішайте з 5 мл спиртового розчину калій гідроксиду (30 г КОН розчиніть в 20 мл води, після охолодження перемішайте з 200 мл спирту). Пробірку закрийте зворотним холодильником і нагрійте на киплячій водяній бані до повного омилення. Показник повного омилення – відсутність жирних плям на поверхні води, в яку добавлена крапля гідролізату. Гідролізат розведіть 6 мл води, і отриманий розчин мила використовуйте для виявлення складових частин жиру: гліцеролу й жирних кислот.

- Що спостерігаєте?
- Запишіть рівняння гідролізу жиру.
- Яке використання знаходять продукти гідролізу жиру гідроксидом калію?

Дослід 2. Якісні реакції вільних жирних кислот та гліцеролу

Реактиви: калієве мило, дистильована вода, концентрована хлоридна кислота, хлороформ, діетиловий етер, сода, фенолфталеїн, купрум(II) сульфат, рослинна олія або твердий жир, гідросульфат калію.

Обладнання: технічні ваги, бюкси, шпателі (або скальпелі), піпетки, лійки, пробірки.

а) Утворення вільних жирних кислот

В пробірку з 2 мл розчину калієвого мила додайте 0,5 мл концентрованої хлоридної кислоти. Осад відфільтруйте, промийте на фільтрі дистильованою водою до зникнення кислої на лакмус реакції промивних вод. Частину осаду жирних кислот розчиніть в діетиловому етері і долийте у пробірку, де знаходиться 1–2 мл спирту, додайте 1 краплю розчину соди, 2 краплі фенолфталеїну.

- Що спостерігаєте? Чому?
- Запишіть рівняння реакції.

б) Якісна реакція на гліцерол з купрум(II) гідроксидом

До профільтрованого гідролізату з попереднього дослідження додайте 8–10 крапель 10 % розчину NaOH і 1–2 краплі 2 % розчину купрум(II) сульфату.

- Що спостерігаєте? Чому?
- Запишіть рівняння реакції.

в) Акролейнова реакція

В суху пробірку внесіть декілька крапель рослинної олії або шматок твердого жиру і додайте небагато порошку KHSO_4 (NaHSO_4) або H_3BO_3 та обережно нагрійте.

- Що спостерігаєте? Чому?
- Запишіть рівняння реакції.

Дослід 2. Якісні реакції на холестерол

Реактиви: холестерол, концентрована сульфатна кислота, дистильована вода, формалін, хлороформ, оцтовий ангідрид.

Обладнання: технічні ваги, бюкси, шпателі (або скальпелі), піпетки, лійки, пробірки.

а) Взаємодія холестеролу з сульфатною кислотою

У пробірку внесіть 1 мл розчину холестеролу у хлороформі. По стінці пробірки обережно додайте 1 мл концентрованої сульфатної кислоти.

- Що спостерігаєте? Чому?

б) Реакція Лібермана-Бурхарда

У суху пробірку внесіть 1 мл розчину холестеролу у хлороформі, додайте 10 крапель оцтового ангідриду і дві краплі концентрованої сульфатної кислоти. Вміст пробірки ретельно перемішайте.

- Що спостерігаєте? Чому?

в) Реакція Уайтбі

1. До 2 мл розчину холестеролу у хлороформі додайте 2 мл суміші концентрованої сульфатної кислоти з формаліном (50:1) і перемішайте вміст пробірки.

- Що спостерігаєте? Чому?

2. Верхній шар, що містить холестерол, злийте у суху пробірку та додайте 2–3 краплі оцтового ангідриду.

- Що спостерігаєте? Чому?

Тема 5

НУКЛЕЇНОВІ КИСЛОТИ

Поняття про нуклеїнові кислоти. Основні компоненти нуклеїнових кислот: піримідинові та пуринові основи, рибоза, дезоксирибоза. Будова нуклеозидів, їх синтез та номенклатура. Нуклеотиди, їх синтез, номенклатура. Макромолекулярна будова та функції нуклеїнових кислот. Структури ДНК та РНК (рибосомна, транспортна, матрична). Синтез полінуклеотидів. Молекулярні механізми передачі інформації.

Питання для самостійної роботи

1. Напишіть структурні формули нуклеозидів аденіну, гуаніну, цитозину, тиміну, урацилу. Дати повні та скорочені назви.
2. Напишіть структурні формули і дайте повні та скорочені назви нуклеотидам, що містять аденін, гуанін, цитозин, тимін.
3. Покажіть міжнуклеотидні зв'язки на прикладі окремих пар основ: А – Т; Ц – У; Г – Ц; А – Г; Г – У; У – У.
4. Яка будова мінорних основ: 1-метилцитозину, 5-метилцитозину, 1-метиладеніну, 1-гідроксиметилцитозину, 7-метилгуаніну, 6-метиладеніну, 6-диметиладеніну.
5. Записати фрагмент первинної структури ДНК, показати напрям антипаралельних ланцюгів.
6. Записати фрагмент первинної структури РНК.
7. Один з ланцюгів ДНК має таку послідовність мононуклеотидів: 3'-АГГ ЦЦТ ТАА АГТ ТТТ ААГ ГТТ ЦБА ААТ-5'. Записати послідовність мононуклеотидів комплементарного ланцюга, пунктиром вказати зв'язки між азотистими основами.
8. Записати формули рибонуклеозид- і дезоксирибонуклеозид-5'- моно-, ди- та трифосфатів аденіну, гуаніну, цитозину, тиміну, урацилу. Дати повні й скорочені назви.
9. Записати формули β -D-рибофуранози і β -D-2-дезоксирибофуранози.
10. Яка будова аденілових кислот: 3,5-цАМФ, 2,3-цАМФ, АМФ, АДФ, АТФ. Вказати можливі варіанти приєднання залишків фосфорної кислоти.
11. Здійснити перетворення за поданими схемами: β -D-рибофураноза + гуанін $\rightarrow$ β -D-рибофураноза + урацил $\rightarrow$ β -D-2-дезоксирибофураноза + аденін $\rightarrow$

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

Виділення та вивчення властивостей нуклеїнових кислот

Дослід 1. Виділення рибо- та дезоксирибонуклеопротейнів з тваринних тканин та дріжджів

Реактиви: Тканина (зобна залоза, селезінка, молоки риб); сухі дріжджі; 5 %-й розчин хлориду натрію, який містить 0.04 % тризаміщеного цитрату натрію, 0.2 %-й, 0.4 %-й і 0.02 моль/л розчини NaOH, 5 %-й розчин оцтової кислоти; фільтри.

Обладнання: Фарфорова ступка з товкачиком, скляні палички, центрифужні та звичайні пробірки, лійки, центрифуга.

а) Одержання дезоксирибонуклеопротейнів

1. 0,5 г селезінки або іншої тканини подрібніть у фарфоровій ступці з 100 мг скляного порошку та з 15 мл 5 %-го розчину NaCl (який містить 0,04 % тризаміщеного цитрату натрію) протягом 15 хв. Отриману суміш перенесіть у центрифужні пробірки та центрифугуйте впродовж 15 хв при 1000 об/хв.
2. У пробірку налейте 90 мл води й повільно долийте центрифугат, перемішуючи вміст скляною паличкою. Дезоксирибонуклеопротейни, які є нерозчинними у воді, випадають у осад у вигляді ниток. Нитки зберіть на паличку або, якщо утвориться осад, відфільтруйте його, перенесіть у чисту пробірку та розчиніть у 0.2 %-му розчині NaOH.

б) Одержання рибонуклеопротейнів

1. Наважку сухих дріжджів (10 г) ретельно розітріть у фарфоровій ступці протягом 15 хв із 50 мл 0,4 %-го розчину NaOH, додаючи його невеликими порціями.
2. Суміш центрифугуйте 10 хв при 2000 об/хв, до центрифугату долийте, помішуючи, 15-20 мл 5 %-го розчину оцтової кислоти. Осад відфільтруйте та розчиніть у 15-20 мл розчину NaOH (0.02 моль/л).

Одержані розчини рибо- та дезоксирибонуклеопротейнів використовуйте у якісних реакціях на виявлення їх складових компонентів (азотистих основ, вуглеводів, фосфорної кислоти та білків).

Дослід 2. Виділення дезоксирибонуклеопротейнів за методом Мирського та Поллістера

Реактиви: Тканина, 0.14 М розчин хлориду натрію, 2 М розчин хлориду натрію, 1 М розчин NaCl, суміш хлороформ – етиловий спирт (4 : 1), 65 %-й і 95 %-вий етанол, етер, 10 %-ва ТХО.

Обладнання: Колби, ступка, ножиці, електромішалка, годинник, піпетки, мірний циліндр, ваги, льодяна баня, термостат, центрифужні пробірки, центрифуга (8000 – 10000 об./хв).

Даний метод дозволяє отримати ДНК з тканин тварин за допомогою екстракції нуклеопротейнів розчинами хлориду натрію. Після цього нуклеопротейни можна осадити й отримати з них очищені нуклеїнові кислоти. Екстракцію ДНП і РНП проводять розчинами NaCl різної концентрації: 1.0 М і 0.14 М, відповідно.

Хід роботи

1. Тканину (наприклад, печінку) подрібніть, ретельно промийте трьома об'ємами 0.14 М розчину хлориду натрію, перемішуючи на електромішалці протягом 1 хв, потім центрифугуйте при 8000 об/хв. Цю операцію повторюйте, доки екстракт не перестане осаджуватись.
2. Осад розмішайте у 2.5 об'ємі 0.14 М розчину хлориду натрію відносно вихідної ваги тканини, додайте рівний об'єм 2 М розчину хлориду натрію і перемішуюте протягом 2–3 хв на електромішалці.
3. В'язкий розчин перемішуйте на холоді протягом 1 години і центрифугуйте при 10000 об/ хв.
4. Отриманий прозорий в'язкий розчин долийте до 6 об'ємів холодної води. Нитковидний осад дезоксирибонуклеопротейну намотайте на скляну паличку.
5. Одержаний препарат ДНП слід очистити, повторно розчиняючи в 1 М розчині NaCl і потім осаджуючи з 0,14 М розчином хлориду натрію. Такий розчин препарату в 1 М розчині хлориду натрію добре зберігається на холоді.
6. Для того, щоб отримати препарат ДНП у сухому вигляді, осад промийте послідовно 65 %-вим етиловим спиртом, гарячим 95 %-вим етиловим спиртом і етером, а потім висушіть препарат при 106 °С.
7. Для розщеплення дезоксирибонуклеопротейну на білок і нуклеїнову кислоту розмішайте його в суміші 1.0 М розчину хлориду натрію з сумішшю хлороформ – етиловий спирт (4:1). При цьому нуклеїнова кислота залишається у розчині, а білковий компонент збирається у вигляді осаду на межі фаз вода-хлороформ. Після шостого-сьомого розмішування нуклеїнова кислота практично звільнюється від білка.
8. Нуклеїнову кислоту з безбілкового розчину осадіть 5-ма об'ємами спирту, промийте 65 % і 95 %-вим спиртом, потім етером і висушіть у вакуумі. За допомогою цього методу можна отримати препарати високополімерної натрієвої солі ДНК. Метод є досить простим і тому широко застосовується з препаративною й аналітичною метою.

Дослід 3. Виділення РНК з дріжджів за Шантреном

Реактиви. Пекарські дріжджі, 10 %-вий розчин NaOH, оцтова кислота, 94 %-й етиловий спирт, концентрована соляна кислота, ефір, 2 %-вий розчин NaOH, холодний ацетон.

Обладнання. Колби, льодяна баня, полотно для фільтрування, годинник, піпетки, мірний циліндр, центрифужні пробірки, центрифуга, ексикатор.

РНК можна отримати з різних об'єктів: дріжджів, вірусу тютюнової мозаїки, печінки, підшлункової залози. При виділенні РНК із дріжджів за методом Шантрена проводять лужний гідроліз дріжджів при 0 °С. РНК осаджується спиртом у кислому середовищі, а для очищення препарату здійснюють переосадження.

Хід роботи

1. Наважку пекарських дріжджів розмішайте у 4-х об'ємах води і охолодіть до 0 °С. Потім додайте ще 2 об'єми попередньо охолодженого до 0 °С 10 %-вого розчину NaOH до кінцевої концентрації лугу 3.3 %. Розчин залиште на 1 год при 0 °С, доведіть рН до 6,5 оцтовою кислотою і відфільтруйте крізь полотно.
2. До отриманої прозорої рідини додайте етиловий спирт до концентрації 4 %, відфільтруйте. При цьому утворюється прозорий фільтрат жовтого кольору із зеленуватою флуоресценцією. До фільтрату додайте концентровану соляну кислоту до кислої реакції за конго, а потім повільно при перемішуванні додайте 4/5 об'єму 94 %-го етилового спирту. Розчин повинен відстоятись 30 хв, при цьому утворюється білий осад.
3. Осад відфільтруйте, промийте двічі етанолом, діетиловим етером і висушіть в ексикаторі над сірчаною кислотою.
Таким чином отримують рибонуклеїнову кислоту у вигляді білого порошку. Вихід становить 1,2 % від ваги взятих для роботи дріжджів.
Даний метод дозволяє одержати нерозчинний препарат РНК.
4. При виникненні необхідності РНК можна перевести в натрієву сіль, яка добре розчинна у воді. Для цього візьміть певну наважку РНК, суспендуйте її у 50 об'ємах води і рН розчину доведіть 2 %-вим розчином NaOH до 6.0. Якщо розчин каламутний, відфільтруйте його, охолоджуючи до 0 °С, і додайте 3 об'єми холодного ацетону. Осад рибонуклеїнату натрію відфільтруйте, промийте ацетоном та висушіть в ексикаторі.

Дослід 4. Виявлення вуглеводів у складі нуклеопротейнів

Матеріали та реактиви. Лужні розчини дезоксирибонуклеопротейнів і рибонуклеопротейнів, які одержують з різних тканин за допомогою методу, наведеного вище (див. дослід 1); орциновий реактив (50 мл $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ розчиняють у 250 мл концентрованої HCl і зберігають у ємкості з темного скла, перед роботою додають орцин (4.76 мг на 1 мл розчину); дифеніламіновий реактив (1 г дифеніламіну розчиняють у суміші 2.75 мг концентрованої сірчаної кислоти і 100 мл льодяної оцтової кислоти); розчин фуксинсірчаної кислоти; хлороформ; розчин соляної кислоти (1 моль/л), 0.04 %-й розчин індолу.

Обладнання. Штатив із пробірками, центрифужні пробірки, піпетки, водяна баня, термостат (t 60 °C).

а) Реакція з орцином

Для проведення реакції до 1 мл розчину рибонуклеопротейнів додайте 1 мл орцинового реактиву, перемішайте та нагрійте на водяній бані (температура 100 °C) протягом 20 хв. Суміш охолодіть і розведіть дистильованою водою до об'єму 4 мл.

- Що відбувається? Чому?
 - Напишіть рівняння проведеної реакції.
- Зробіть висновок про властивості рибози, що були досліджені, відповідно до її будови.

б) Реакція з індолом

До 2 мл розчину дезоксирибонуклеопротейну додайте 1 мл 0.04 %-го розчину індолу та 1 мл концентрованої соляної кислоти. Суміш перемішайте, нагрійте на водяній бані за температури 100 °C протягом 10 хв. Після набуття сумішшю жовтогарячого забарвлення охолодіть розчин і долийте 4 мл хлороформу.

- Що відбувається? Чому?
 - Напишіть рівняння проведеної реакції.
- Зробіть висновок про властивості дезоксирибози, що були досліджені, відповідно до її будови.

в) Реакція з дифеніламіном

1. У пробірку до 2 мл лужного розчину дезоксирибонуклеопротейну додайте 2 мл дифеніламінового реактиву. Суміш нагрійте на водяній бані за температури 100 °C протягом 15 хв.

- Що відбувається? Чому?
 - Напишіть рівняння проведеної реакції.
2. У другій пробірці розчин рибонуклеопротейну нагрійте із дифеніламіновим реактивом.
- Що відбувається? Чому?

- Зробіть висновок про властивості дезоксирибози, що були досліджені, відповідно до її будови.

2) Реакція з фуксинсірчаною кислотою

У центрифужну пробірку до 0,5 мл розчину дезоксирибонуклеопротейну додайте 2 мл розчину соляної кислоти, нагрітого до температури 60 °С, пробірку нагрійте у термостаті за температури 60 °С протягом 10 хв. Суміш охолодіть і центрифугуйте, кислоту злийте, а до осаду додайте розчин фуксинсірчаної кислоти.

- Що відбувається? Чому?
- Напишіть рівняння проведеної реакції.

Дослід 5. Виявлення пуринових основ у складі нуклеопротейнів

Реактиви: Концентрований розчин аміаку; 1 %-й розчин AgNO_3 , дріжджів, 10 %-й розчин сірчаної кислоти, дистильована вода.

Обладнання: Колба, піпетки, пробірки, лійки, скляні трубки довжиною 25-30 см, газовий пальник.

У досліді використовуйте гідролізат нуклеопротейнів, який отримаєте з дріжджів таким чином: В колбу з круглим дном для гідролізу помістіть 1 г пекарських дріжджів, долийте 20 мл 10 %-го розчину сульфатної кислоти та 20 мл дистильованої води. Колбу закрийте пробкою, в яку вставте скляну трубку (як холодильник) довжиною 20–30 см, кип'ятіть під тягою впродовж 1 год на асбестовій сітці при слабкому вогні. Після закінчення гідролізу рідину охолодіть, додайте води до отримання початкового об'єму й відфільтруйте.

До 1 мл гідролізату додайте концентрований розчин аміаку до виникнення лужносередовища (за лакмусом) і 0.5 мл 1 %-го розчину AgNO_3 .

- Що відбувається? Чому?
- Напишіть рівняння проведеної реакції.

Дослід 6. Виявлення фосфорної кислоти в складі нуклеопротейнів

Реактиви: Гідролізат нуклеопротейнів дріжджів (спосіб виготовлення наведений у досліді 2); молібденовий реактив (7,5 г молібдату амонію розчиняють у 100 мл води і додають 100 мл 32 %-го розчину азотної кислоти з відносною щільністю 1,2).

Обладнання: Пробірки, піпетки, газовий пальник.

У досліді використайте гідролізат нуклеопротейнів дріжджів, (див. дослід 5).

До 1 мл гідролізату нуклеопротейнів додайте 1 мл молібденового реактиву та нагрійте суміш до кипіння.

- Що відбувається? Чому?
- Напишіть рівняння проведеної реакції.

Дослід 7. Виявлення білків у складі нуклеопротейнів

Реактиви: Гідролізат нуклеопротейнів дріжджів (спосіб виготовлення наведений у досліді 2), 10 %-й розчин гідроксиду натрію; 1 %-й розчин сульфату міді.

Обладнання: Пробірки, піпетки, крапельниці.

У досліді використайте гідролізат нуклеопротейнів дріжджів, (див. дослід 5).

У пробірку внесіть 0,5 мл гідролізату нуклеопротейнів, нейтралізуйте (за лакмусом) розчином NaOH, потім додайте 0,5 мл 10 %-го розчину NaOH і дві-три краплі 1 %-го розчину CuSO_4 , вміст пробірки перемішайте.

- Що відбувається? Чому?
- Напишіть рівняння проведеної реакції на прикладі однієї з амінокислот.

ПИТАННЯ ДО ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

1. α -Амінокислоти як структурні компоненти пептидів та білків, їх хімічні властивості.
2. Кольорові реакції, що використовуються для ідентифікації амінокислот.
3. Оптична ізомерія амінокислот. Стереохімічна номенклатура: L, D- та R, S-ряди.
4. Розщеплення рацематів амінокислот.
5. Пептиди, їх номенклатура. Пептидний синтез.
6. Кислотне та ферментативне розщеплення білків і пептидів на амінокислоти. Встановлення первинної структури білка.
7. Класифікація та структура білків.
8. Приклади біологічно важливих пептидів та їх роль в організмі.
9. Ферменти як білки та каталізатори. Каталітичні групи ферментів. Коферменти.
10. Вуглеводи, їх класифікація та будова.
11. Будова та хімічні властивості моносахаридів
12. Класифікація, будова та хімічні властивості дисахаридів.
13. Природні полісахариди рослинного і тваринного походження, їх властивості.
14. Жири та жироподібні речовини, їх будова та властивості.
15. Поняття про стероїди, їх класифікація.
16. Статеві гормони, їх роль в організмі.
17. Нуклеїнові кислоти, їх основні компоненти. Нуклеозиди та нуклеотиди, їх будова, синтез та номенклатура.
18. Структури ДНК та РНК (рибосомна, транспортна, матрична). Молекулярні механізми передачі інформації.
19. Низькомолекулярні регулятори біохімічних процесів. Терпени, їх класифікація. Простагландини, їх синтез та роль в організмі.
20. Алкалоїди: класифікація, виділення із рослинної сировини, фізіологічна активність.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Губський Б. А. Біоорганічна хімія. Вінниця : Нова книга, 2019. 432 с.
2. Зіменковський Б. С., Музиченко В. А., Ніженковська І. Біологічна і біоорганічна хімія. У 2 книгах. Книга 1. Біоорганічна хімія. К. : Медицина, 2017. 272 с.
3. Губський Ю. І., Ніженковська І. В., Корда М. М. Біологічна і біоорганічна хімія : підручник у 2-х кн. К. : Медицина, 2016. 544 с.
4. Основи біоорганічної хімії (навчальний посібник) / Г. О. Сирова та ін. Харків : ХНМУ, 2018. 238 с.
5. Biological and Bioorganic Chemistry: in 2 books. Book 1. Bioorganic Chemistry: textbook / B. S. Zimenkovsky, V. A. Muzychenko, I. V. Nizhenkovska, G. O. Syrova. 3rd edition. Kyiv: AUS Medicine Publishing, 2020. 288 p.
6. Van Vranken D., Weiss G. Introduction to bioorganic chemistry and chemical biology. Garland Science, 2019. 504 p.
7. Черних В. П., Зіменковський Б. С., Гриценко І. С. Органічна хімія: підруч. для студ. вищ. навч. закл. Харків: Вид-во НФаУ, 2008. 752 с.
8. Біоорганічна хімія: навч. посібник. Вид. друге, перероб та доп. / В. Г. Лендел та ін. Ужгород : ВАТ «Патент», 2008. 360 с.
9. Сибірня Н. О. Хімія білка. Львів : Видавництво ЛНУ ім. Івана Франка, 2010. 394 с.

Навчальне видання

БІООРГАНІЧНА ХІМІЯ

ЕЛЕКТРОННІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до лабораторних робіт
здобувачам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
спеціальності ЕЗ Хімія
факультету хімії та фармації

Електронне практичне видання

Укладачі:

Федько Надія Федорівна
Сазонов Кирило Дмитрович

В авторській редакції

Затв. авт. 10.08.2026. Шрифт Times New Roman.
Системні вимоги: операційна система сумісна з програмним забезпеченням
для читання файлів формату PDF.
Обсяг 1,1 МБ. Зам. № 3222.

Видавець:

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Змієнка Всеволода, буд. 2, м. Одеса, 65001, Україна
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 8592 від 23.03.2026 р.
Тел.: (048) 723 28 39, e-mail: druk@onu.edu.ua