

МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ВУГЛЕВОДИ: МОНОСАХАРИДИ. СТРУКТУРА І ФУНКЦІЇ ДИ- та  
ПОЛІСАХАРИДІВ

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів 1-го курсу з біологічної  
та біоорганічної хімії

Затверджено  
Вченою радою університету  
Прот. № 2 від 22.02. 2018 р.

Харків  
2018

Вуглеводи: моносахариди. Структура і функції ди- та полісахаридів. –  
Методичні вказівки для студентів 1-го курсу / уклад. Г.О. Сирова, Г.О.  
Чистякова, В.М. Петюніна, та ін. – 2-е вид., переробл., випр., доп. – Харків:  
ХНМУ, 2018.

Укладачі:

Г.О. Сирова,

Г.О. Чистякова

М.О. Водолаженко,

В.М. Петюніна,

В.О. Макаров,

С.В. Андрєєва,

Л.В. Лук'янова,

С.М. Козуб,

Т.С. Тішакова,

О.Л. Левашова,

О.В. Савельєва,

Н.М. Чаленко,

О.О. Завада,

О.С. Каліненко,

Н.В. Копотєва

Вуглеводи: моносахариди. Структура і функції ди- та полісахаридів

Кількість годин – 4

**Матеріальне забезпечення:**

**ТАБЛИЦІ:**

- Графологічна структура теми;
- Класифікація вуглеводів;
- Глікозидна ОН-група;
- Оксі-оксі таутомерія
- Таутомерні перетворення D-глюкози;
- Дисахариди (лактоза, мальтоза, сахароза);
- Склад рослинного крохмалю;
- Пентози (рибоза, арабіноза, ксилоза);
- Аскорбінова кислота;
- Гепарин;
- Гліколіз;
- Хондроїтин-6 сульфат;
- Гіалуронова кислота.

- ПРИЛАДИ І РЕАКТИВИ: штатив з пробірками, піпетки, пальник;

розчини: 0,5% -ний глюкози, фруктози, крохмального клейстеру; 1%-ний сахарози, мальтози, лактози; 5%-ний Купрум (II) сульфату; 10%-ний Натрій гідроксиду; концентрованої хлоридної кислоти; 1 крапля розведеного розчину йоду.

**НАВЧАЛЬНА-МЕТОДИЧНА ЛІТЕРАТУРА:**

1. Біологічна і біоорганічна хімія: базовий підручник: у 2 кн./кол. авт.; за ред. чл.-кор. НАМН України, проф. Б.С. Зіменкавського, проф. І.В. Ніженковської. – Кн. 1: Біоорганічна хімія / [ Б. С. Зіменковський, В.А. Музиченко, І.В. Ніженковська, Г.О. Сирова ]; за ред. Б.С. Зіменковського, І.В. Ніженковської. – К.: ВСВ «Медицина», 2014. – 272с.

2. Основи біоорганічної хімії (навчальний посібник) / Сирова Г.О., Петюніна В.М., Макаров В.О., Лук'янова Л.В.- «Полосата типографія» - 2018 - 238с.

3. Класифікація, номенклатура та ізомерія біоорганічних сполук. Природа хімічного зв'язку. Просторова будова органічних молекул. Взаємний вплив атомів в молекулах біоорганічних сполук: метод. вказ. для студентів 1 курсу виклад. Сирова Г.О., Петюніна В.М., Макаров В.О. та ін. – Харків: ХНМУ.2018. – 24 с.

4. Конспект лекцій.

5. Основи будови та реакційної здатності органічних сполук: Метод. вказ. для студентів 1-го курсу/уклад. Г.О. Сирова, Л.Г. Шаповал, В.М. Петюніна, Є.Р. Грабовецька, Н.М. Ткачук, В.О. Макаров, С.В. Андрєєва, С.А. Наконечна, Л.В. Лук'янова, Р.О. Бачинський, С.М. Козуб, Т.С. Тішакова, О.Л. Левашова, Н.В. Вакуленко, Н.М. Чаленко.–Харків: ХНМУ, 2013.– 49 с.

### ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ:

Вуглеводи складають велику групу біологічно важливих речовин, що мають надзвичайне поширення в природі. Вони приймають участь в обміні речовин і енергії в організмі людини і тварин. Вуглеводи, як один з головних компонентів їжі, постачають більшість енергії, необхідної для життєдіяльності, з них в організмі синтезуються інші сполуки, наприклад, жири, амінокислоти, стероїди.

Вуглеводи і їх похідні використовуються в практичній медицині: 40% розчин глюкози, глікозиди (наприклад, дигіталіс – як серцевий засіб, а декстран – як кровозамінник).

Порушення обміну вуглеводів характерні для ряду захворювань – цукрового діабету, непереносимості лактози, фруктози, галактоземії, гликогенозов, уражень печінки і нервової системи.

Знання про будову моно- і полісахаридів і їх властивостей можуть бути використані в практиці майбутніх лікарів і в медико-біологічних дослідженнях.

### НАВЧАЛЬНА МЕТА:

1. Знати класифікацію моносахаридів за числом атомів Карбону, функціональними групами, залежність від розміру циклу та розташування полуацетального гідроксилу.
2. Вивчити найбільш стійкі конформації гексоз.

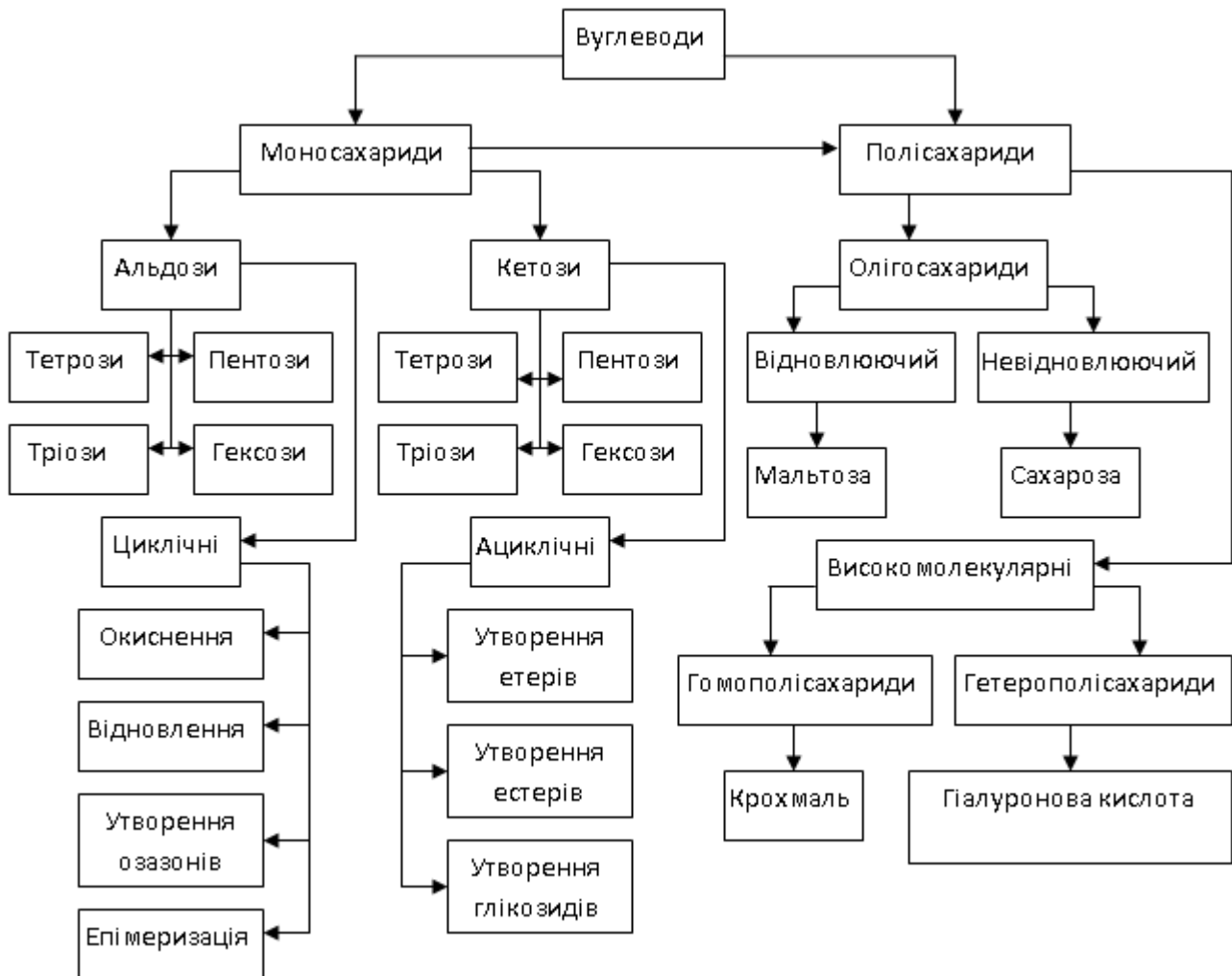
3. Засвоїти властивості, пов'язані з присутністю в молекулах моносахаридів полуацетального (глікозидного) гідроксилу.
4. Вміти встановлювати властивості моносахаридів, пов'язані з присутністю в них карбонільної й гідроксильної груп (окислення, відновлення, утворення етерів й естерів, епімеризація гексоз у лужному середовищі).
5. Знати склад, будову, конформації важливих дисахаридів (мальтози, лактози, целобіози, цукрози).
6. Вивчити фракційний склад крохмалю, лінійну й просторову будову амілози й амілопектину, а також тваринного крохмалю – глікогену.
7. Засвоїти основні хімічні властивості крохмалю: гідроліз, з'єднання, включення.
8. Знати склад й будову важливих гетерополісахаридів: гіалуронової кислоти, гепарину, хондроїтінсульфату.

#### ПРАКТИЧНІ НАВИЧКИ:

Вміти:

1. Вміти прогнозувати властивості важливих моносахаридів.
2. Вміти проводити реакції з визначення моносахаридів.
3. Вміти прогнозувати властивості полісахаридів.
4. Вміти проводити якісні реакції на полісахариди.

## Графологічна структура теми



## ОРІЄНТОВНА КАРТА РОБОТИ СТУДЕНТІВ

№ п/п	Етапи	Час у хв.	Навчальні й наочні засоби	Місце проведення
1.	Мотиваційна характеристика та план теми. Відповіді на запитання студентів	25 хв.		Навчальна кімната
2.	Вхідний контроль	20 хв.	Тести вхідного контролю	Навчальна кімната
3.	Корекція знань і умінь студентів шляхом розв'язування ситуаційних навчальних завдань (самостійна аудиторна робота)	60 хв.	Навчальний посібник, методичні вказівки для самостійної роботи студентів	Навчальна кімната
4.	Виконання лабораторної роботи	35 хв.		Навчальна кімната
5.	Вихідний контроль знань	25 хв.	Тести вихідного контролю	Навчальна кімната
6.	Аналіз контролю, підведення підсумків заняття, домашнє завдання	15 хв.	Обладнання та реактиви	Навчальна кімната

### ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

#### **Перелік питань, що підлягають вивченню:**

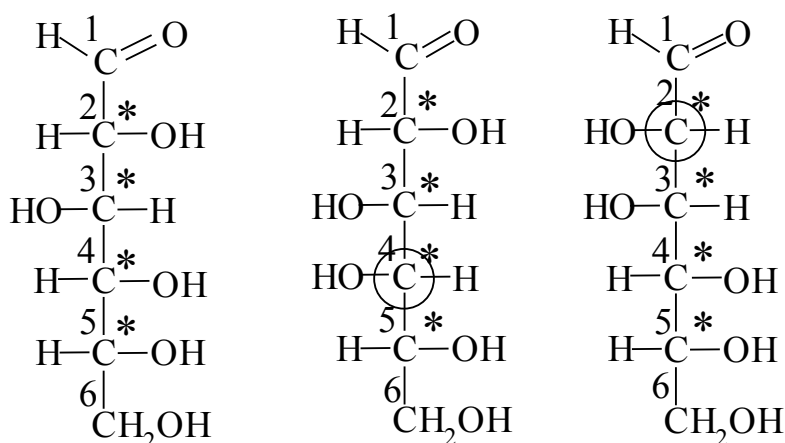
1. Класифікація вуглеводів. Ізомерія. Таутомерні форми моносахаридів. Мутаротації.
2. Хімічні реакції моносахаридів за участю карбонільної групи: окисно-відновні реакції (якісні на виявлення альдегідної групи).
3. Утворення глікозидів, їх роль в будові оліго- і полісахаридів, нуклеозидів, нуклеотидів та нуклеїнових кислот. Фосфорні естери глюкози та фруктози, їх значення в метаболічних перетвореннях вуглеводів.
4. Аскорбінова кислота як похідна гексоз, біологічна роль вітаміну С.
5. Олігосахариди: будова, властивості. Дисахариди (сахароза, лактоза, мальтоза), їх біомедичне значення.
6. Полісахариди. Гомополісахариди: крохмаль, глікоген, целюлоза, декстран - будова, гідроліз, біомедичне значення. Якісна реакція на крохмаль.
7. Гетерополісахариди: визначення, структура. Будова і біомедичне

значення глікозаміногліканів (мукополісахаридів) - гіалуронової кислоти, хондроїтінсульфатов, гепарину.

## НАВЧАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ТА ЕТАЛОНИ ЇХ ВИРШЕННЯ

**Завдання 1.** Які ізомери характерні для моносахаридів? Чим відрізняються оптичні ізомери?

**Еталон рішення:** В природі найбільш розповсюджені пентози й гексози. Вони уявляють собою, як правило, сполуки із нерозгалуженим ланцюгом. Кількість їх ізомерів повинно бути невеликим. Однак, моносахариди містять декілька асиметричних атомів карбону й, внаслідок цього, вони мають оптичну ізомерію. Так, альдогексоза має чотири асиметричних атоми карбону й 16 оптичних антиподів. Вони розподілені на 8 пар Д- та L-гексоз, які відрізняються розташуванням замісників у всіх асиметричних атомів карбону і мають однакові властивості, за виключенням знаку оберту.



Ізомери, що мають різне розташування гідроксильних груп тільки у декількох хоральних центрах, відрізняються не тільки оптичною активністю, але й деякими фізичними та хімічними властивостями й мають різні назви (глюкоза, галактоза, манно за та ін.).

Альдегідні та кетонні формули будови моносахаридів гарно пояснюють реакції цих речовин. Однак, поступово накопичувались факти, які не можуть бути пояснені на ґрунті цих формул. Альдози не вступають в деякі альдегідні реакції. Глюкоза за нормальних умов не дає забарвлення з фруксинсернистою

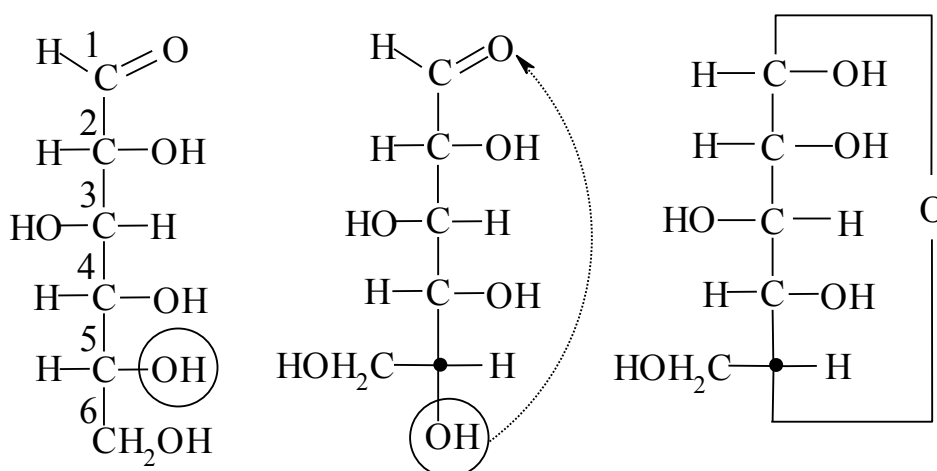


кислотою. В той же час деякі реакції (утворення глікозидів) не можуть бути пояснені за допомогою оксоформ.

**Завдання 2.** У чому полягає сутність таутомерних претворень моносахаридів? Як це впливає на хімічні властивості?

**Еталон рішення:** Необхідно мати на увазі, що альдегідна й кетонна форми є тільки одним із таутомерних моносахаридів й що більшість сахаридів знаходиться у вигляді таутомерних циклічних форм, що уявляють собою внутрішні напівацеталі багатоатомних альдегідо- й кетоноспиртів.

Сутність таутомерного переходу альдегідної або кетонної форми в циклічну полягає в утворенні внутрішнього напівацеталу внаслідок переміщення атому гідрогену від гідроксилу біля п'ятого карбонового атому до оксигену карбонільної групи. В результаті між атомами карбону встановлюється зв'язок через атом оксигену з утворенням шести- або п'ятичленного циклу:



Д - глюкоза

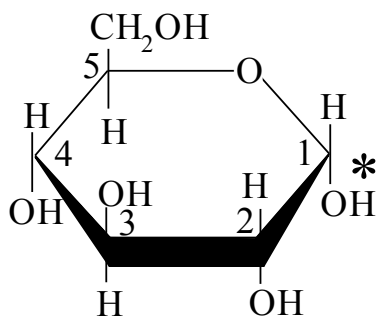
Д - глюкоза

$\alpha$  -Д - глюкопираноза  
(формула Колли-Толленса)

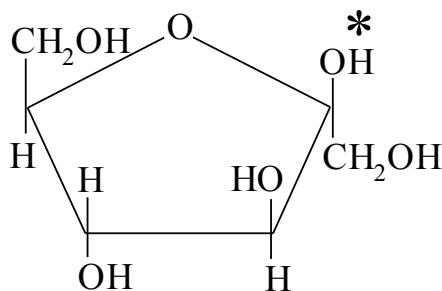
При утворенні циклічної форми виникає ще один гідроксил, якого не було у відкритій формі. Він має назву напівацетальний і за властивостями відрізняється від інших гідроксильних груп, тому що по-перше, він знаходиться у рівновазі з карбонільною групою, а по-друге, надходить до складу напівацетального угруповування, в якому електронна щільність зсунута до оксигенового атому. Атом карбону, що пов'язаний із напівацетальним гідроксилом, є асиметричним, внаслідок чого можливе існування двох циклічних ізомерів, що мають назву  $\alpha$ - і  $\beta$ -форми – це форми, в яких

розташування напівацетального гідроксилу таке ж саме, як гідроксила асиметричного атому карбону, який визначає приналежність до D- та L-ряду.

Англійський хімік Хеурс запропонував позначати циклічні форми моносахаридів у вигляді правильних багатокутників, що лежать у площині малюнка:

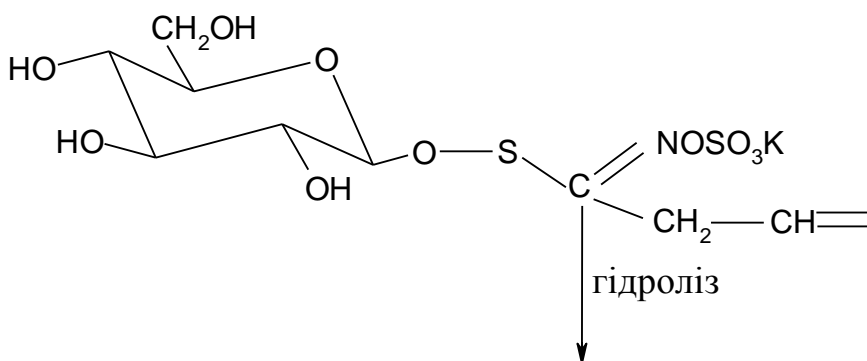


$\alpha$ -D-глюкопіраноза



$\beta$ -D-фруктофураноза

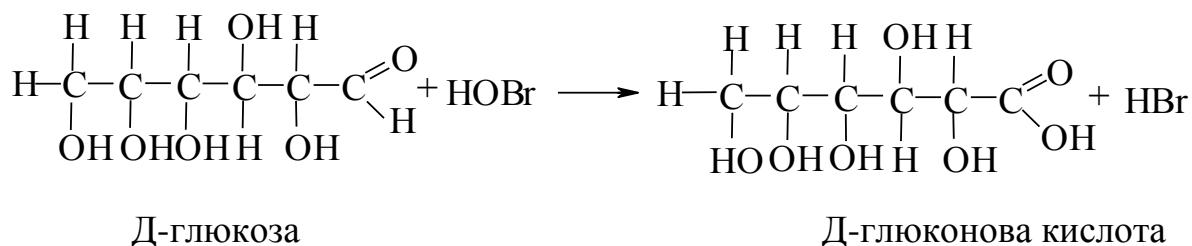
У дійсності циклічним моносахаридам повинні бути притаманні ті ж конформації, які притаманні іншим циклам, що складаються з тетрагональних атомів карбону, по суті конформації крісла.



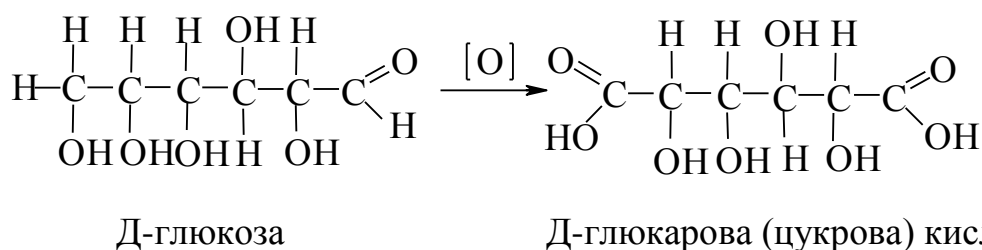
**Завдання 3.** Які біологічно важливі продукти можуть бути отримані під час окислення й відновлення глюкози?

**Еталон рішення:** Необхідно знати, що належність в моносахаридах різних функціональних груп, їх здатність до таутомерних перетворень зумовлює високу реакційну активність та різноманітність хімічних властивостей моносахаридів. Найбільш легко вони вступають до реакцій під дією окиснювачів. При цьому в залежності від сили окиснювача й реакції середовища утворюються різні продукти.

Глюкоза при взаємодії з бромною водою у нейтральному середовищі окислюється в оксикислоту з таким же числом атомів карбону:

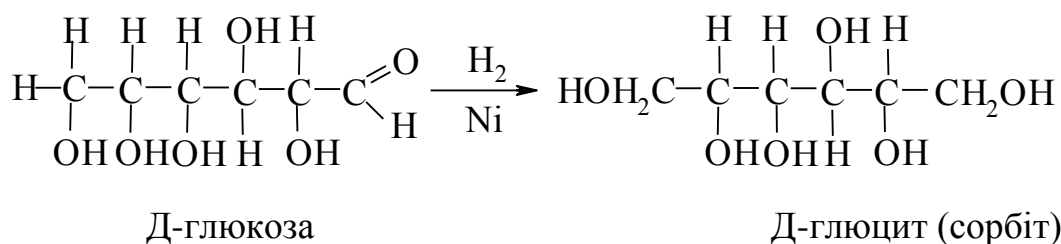


Більш сильні окиснювачі (наприклад, концентрована азотна кислота) перетворює в карбоксил не тільки альдегідну, але й первинну спиртову групу. При цьому утворюються двоховновні оксикислоти:



Найбільш суттєві перетворення моносахариди утворюють у лужному середовищі. При взаємодії з аміачним розчином аргентум (I) нітрату або купруму (II) гідроксидом відбувається розрив карбонового ланцюга з утворенням суміші різних оксикислот.

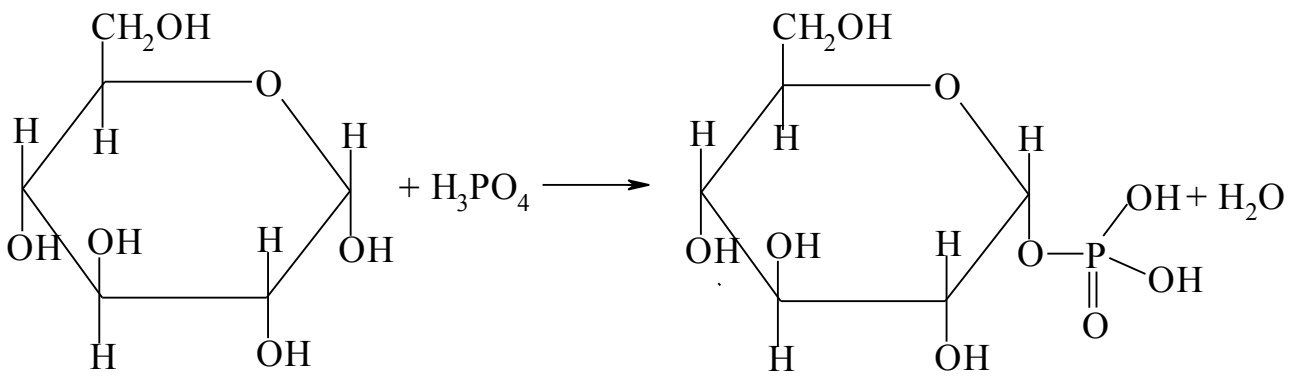
При відновленні воднем в присутності металевого Нікола моносахариди перетворюються в багатоатомні спирти:



Із глюкози, таким чином, може бути отриманий шестиатомний спирт сорбіт, що використовується у якості замінювача цукру при діабеті.

**Завдання 4.** Напишіть реакцію взаємодії моносахарида з фосфорною кислотою.

**Еталон рішення :** Спиртові гідроксили глюкози приймають участь в утворенні простих ефірів зі спиртами й складних ефірів з кислотами. Велике біологічне значення мають фосфорнокислі ефіри моносахаридів.



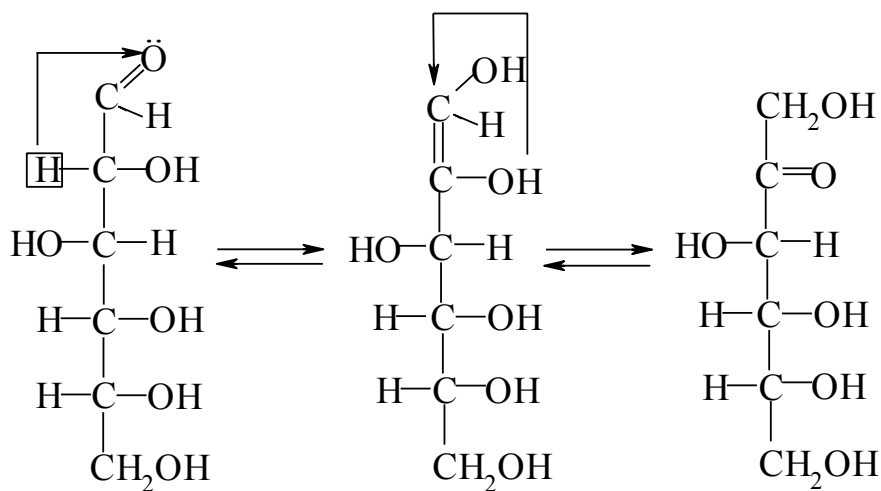
$\alpha$ -Д – глюкопіраноза

1-фосфат- $\alpha$ -Д – глюкопіраноза

Утворення фосфатів є першою стадією біохімічних перетворень моносахаридів.

**Завдання 5.** Які перетворення відбуваються з моносахаридами у лужному середовищі?

**Еталон рішення:** У лужному середовищі моносахариди здатні до ізомеризації через утворення енольної форми:



Д-глюкоза

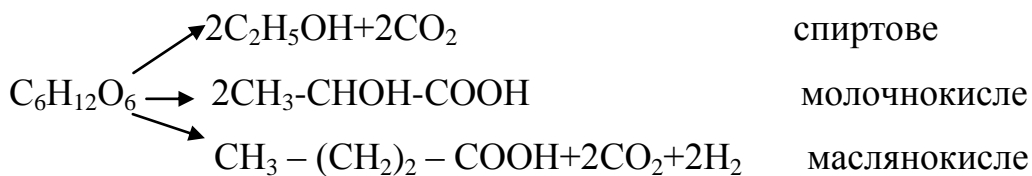
Ендіольна форма

Д-фруктоза

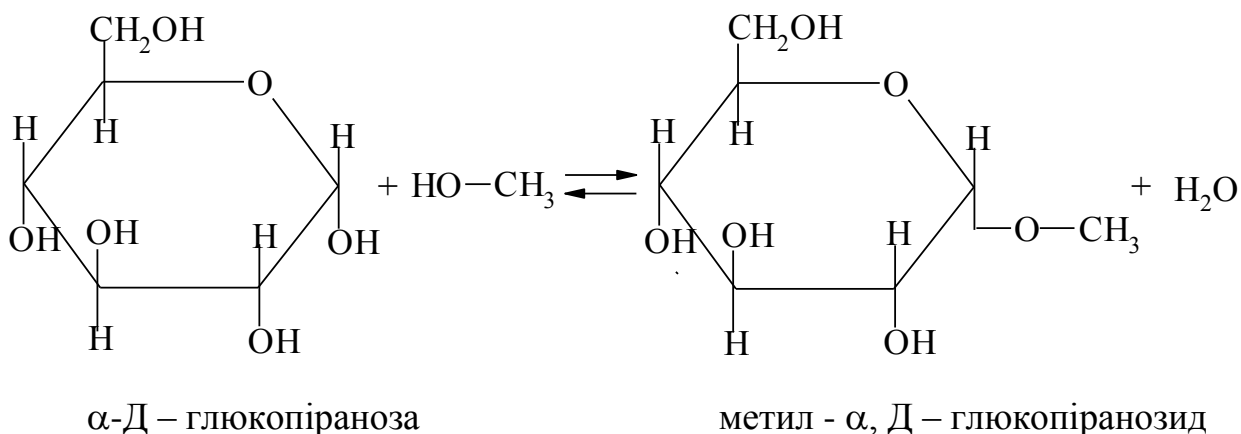
Ізомеризація моносахаридів та їх похідних має місце у важливих біохімічних перетвореннях.

**Завдання 6.** Які перетворення відбуваються з моносахаридами при дії мікроорганізмів?

**Еталон рішення:** Перетворення моносахаридів під дією мікроорганізмів називається бродінням. В залежності від умов процесу та виду мікроорганізмів розрізняють декілька видів бродіння:



Більш висока реакційна здатність напівацетального гідроксилу в порівнянні з іншими гідроксильними групами дозволяє за деякі з умов (кип'ятіння цукру у розчині спирту, що містить 2 % сухого хлористого водню) отримувати ацеталі сахаридів – глікозиди:



Необхідно знати, що деякі природні глікозиди є лікарськими препаратами, наприклад, серцеві глікозиди.

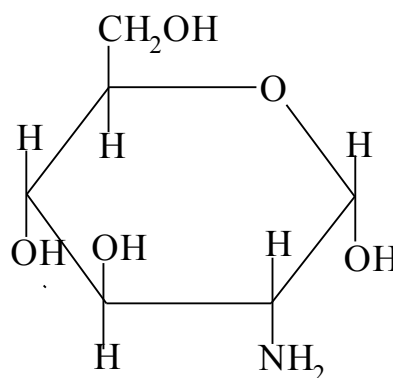
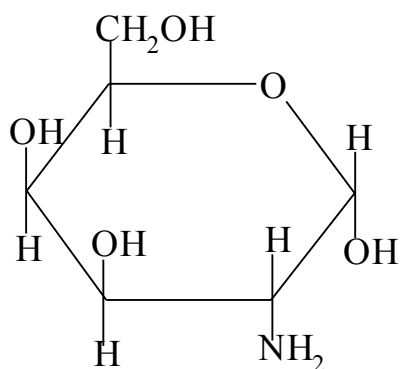
**Завдання 7.** Яка біологічна роль моносахаридів?

**Еталон рішення:** Із пентоз найбільше біологічне значення мають рибоза й дезоксирибоза, що входять до складу рибонуклеїнових й дезоксирибонуклеїнових кислот. Самою розповсюдженою альдогексозою є глюкоза. Її звать також виноградним цукром, оскільки вона є компонентом виноградного соку. Окрім винограду, глюкоза міститься в інших солодких продуктах. Біля 0,1 % глюкози міститься в крові.

Представником кетогексоз є фруктоза. Це самий солодкий із всіх вуглеводів. Бджолиний мед вміщує фруктозу у великій кількості.

**Завдання 8.** Наведіть будову аміносахарів. Вкажіть їх основні властивості.

**Еталон рішення:** Похідні моноз, які отримані заміщенням спиртового гідроксилу аміногрупою, називаються аміносахаридами. Їм притаманні сильні відновні властивості. Залишки аміносахаридів містяться в деяких полісахаридах.



2-дезоксид-2-аміно- $\alpha$ -Д-галактопіраноза

(галактозамін)

2-дезоксид-2-аміно- $\alpha$ -Д-глюкопіраноза

(глюкозамін)

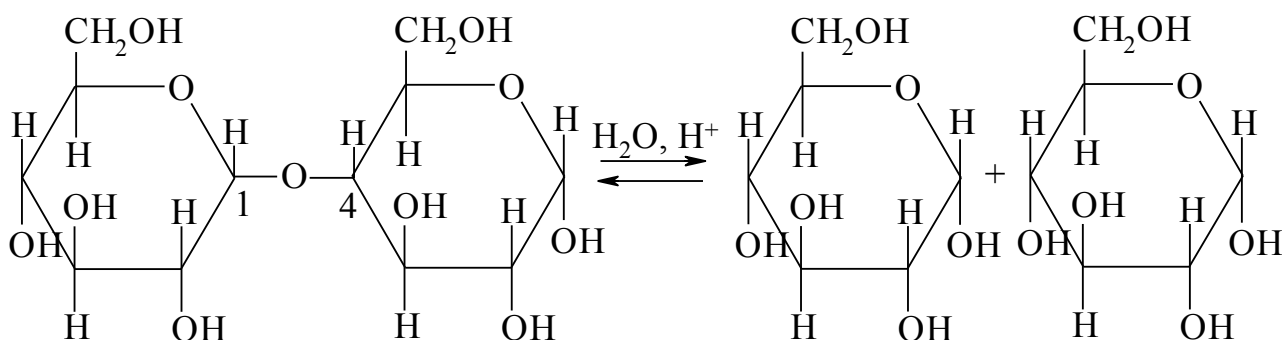
**Завдання 9.** Які полісахариди називаються олігосахаридами? Наведіть приклади. Покажіть характер зв'язку між моносахаридними ланками. Хімічні властивості.

**Еталон рішення:** Слід мати на увазі, що всі полісахариди можна розглядати як ангідриди простих сахаридів, які отримують шляхом відщеплення однієї або більшої кількості молекул моносахаридів. До полісахаридів відносяться різні за своїми властивостями речовини й тому їх поділяють на дві підгрупи: олігосахариди – відносно низькомолекулярні вуглеводи, при гідролізі яких утворюється невелика кількість молекул моносахаридів (назва має походження від грецької «олігос» - небагато), й високомолекулярні полісахариди, які складаються з сотень й тисяч залишків моносахаридів. Олігосахариди проявляють ряд властивостей, що зближують їх з простими вуглеводами: добре розчиняються у воді, мають солодкий смак. Найбільш важливі дисахариди. Всі вони побудовані по типу глікозидів, тобто молекула води виділяється з двох молекул моносахаридів з обов'язковою участю напівацетального (глікозидного) гідроксилу. Гідроксил другої молекули, що приймає участь в утворенні глікозидного зв'язку, може бути спиртовим або напівацетальним. У першому випадку молекула дисахариду має один напівацетальний гідроксил, і тому такі речовини за властивостями аналогічні моносахаридам, тобто здатні легко окислюватись, тому їх називають відновлюючими сахаридами.

Якщо молекула дисахариду утворюється завдяки напівацетальним гідроксилам обох моноз, отримуються невідновлюючі сахари.

Відновлюючі дисахариди завдяки наявності у молекулі напівацетального гідроксилу здатні до таутомерних перетворень.

Тому вони вступають у хімічні реакції, характерні для моносахаридів (окислення оксидом срібла, утворення озонів й т.ін.). Найважливішими відновлюючими дисахаридами є мальтоза (солодовий цукор) та лактоза (молочний цукор):



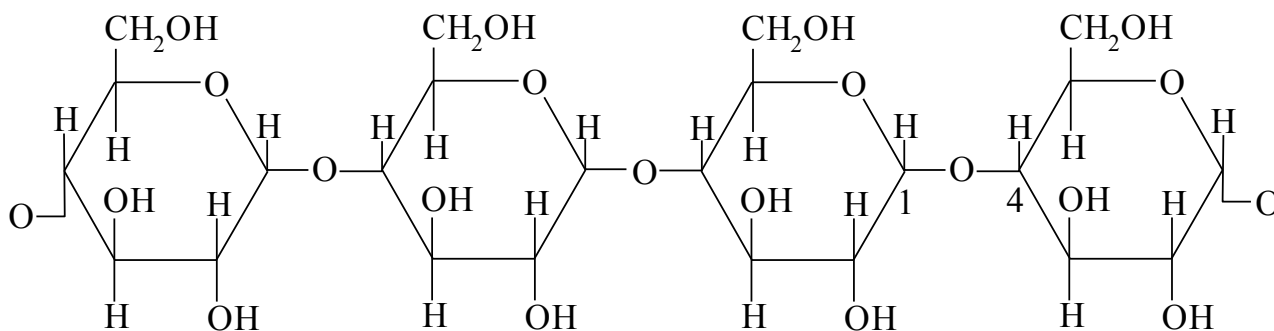
$\alpha$ -D-глюкопіраноза     $\alpha$ -D-глюкопіраноза                       $\alpha$ -мальтоза

У молекулі мальтози два залишки  $\alpha$ -D-глюкози зв'язані 1,4-глікозидним зв'язком; молекула лактози складається з залишків D-галактози і D-глюкози у  $\beta$ -формі. Прикладом невідновлюючих дисахаридів є буряковий цукор – сахароза, яка складається з залишків D-глюкози та D-фруктози. Сахароза не має у своєму складі глікозидного гідроксилу, вона не може переходити у відкриту карбонільну форму і тому не відновлює аргентум (I) оксид та купрум (II) гідроксид. Як і всі полісахариди, сахароза здатна гідролізуватися і проявляти властивості багатоатомних спиртів.

**Завдання 10.** Які полісахариди називаються гомополісахаридами?

**Еталон рішення:** Вищі полісахариди є високомолекулярними речовинами, що складаються з сотень і тисяч залишків моносахаридів. Ці залишки можуть бути однаковими або різними; у першому випадку утворюються гомополісахариди, у другому – гетерополісахариди. Найважливішими гомо-полісахаридами є крохмаль та целюлоза. Обидва ці полісахариди при повній деструкції перетворюються у глюкозу. Склад обох речовин визначається формулою

$(C_6H_{10}O_5)_n$ . Залишки глюкози з'єднуються глікозидними зв'язками у довгі ланцюги, при цьому одна молекула своїм напівацетальним гідроксилом взаємодіє з спиртовим гідроксилом другої молекули:

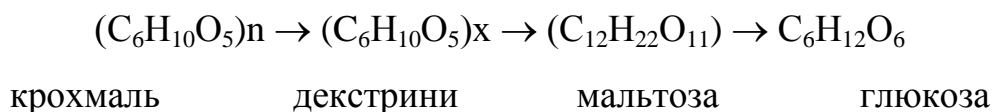


амілоза

**Завдання 11.** Які продукти утворюються при частковому й повному гідролізі крохмалю?

**Еталон рішення:** Крохмаль та целюлоза практично не мають відновних властивостей, оскільки у своєму складі мають один напівацетальний гідроксил на декілька сотень або навіть тисяч залишків глюкози.

При швидкому нагріванні крохмалю відбувається розщеплення його молекули на більш прості полісахариди, які називаються декстринами, з тією ж молекулярною формою, що і у крохмалю, але з меншим числом ланок. При кип'ятінні з мінеральними кислотами йде подальше ділення з утворенням спочатку мальтози, а потім глюкози. Таким чином, схема гідролізу крохмалю спрощено може бути представлена таким чином:



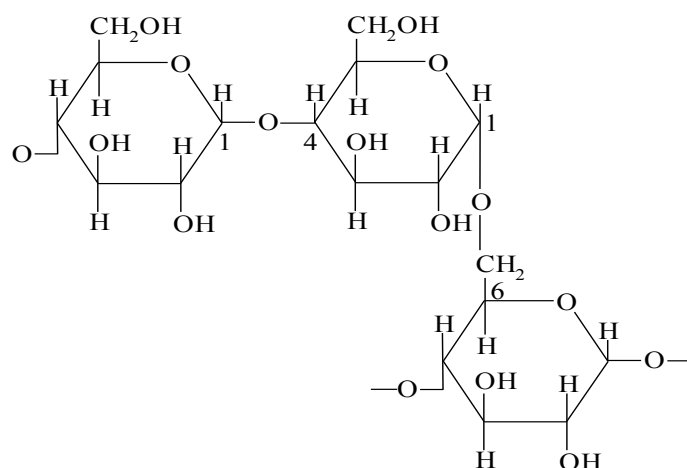
**Завдання 12.** Наведіть будову тваринного й рослинного крохмалю.

**Еталон рішення:** Вивчення будови крохмалю показало, що він не є індивідуальною речовиною, а являє собою суміш двох фракцій – амілози та амілопектину. У більшості рослин крохмаль складається з 15-20 % амілози та 80-85 % амілопектину. Молекула амілози побудована з диглікозидних ланок, з'єднаних 1,4-глікозидними зв'язками. Молекула амілози складається з від 200 до 1000 глюкозних залишків і має не площину, а просторову будову,



утворюючи спіраль, виток якої складається з шести ланок. Така об'ємна будова є наслідком аксіального розміщення напівацетального гідроксилу у молекулі  $\alpha$ -глюкози. У середині спіралі молекули амілози є канал діаметром понад 5 мкм. У цьому каналі можуть розташовуватися підхожі за розмірами молекули, утворюючи особливого роду комплекси, так звані сполуки включення. Таким комплексом є сполука амілози з йодом, що має синій колір; його утворення використовується для якісного визначення крохмалю.

Амілопектин – полісахарид розгалуженої будови з молекулярною масою понад мільйон (ступінь полімеризації  $n=6000$ ). Амілопектин, як і амілоза, складається з залишків  $\alpha$ -D-глюкози, але його молекула має понад 30 розгалужень завдяки наявності 1,6-глікозидних зв'язків. Розгалужена будова амілопектину надає його молекулі кулястої форми.

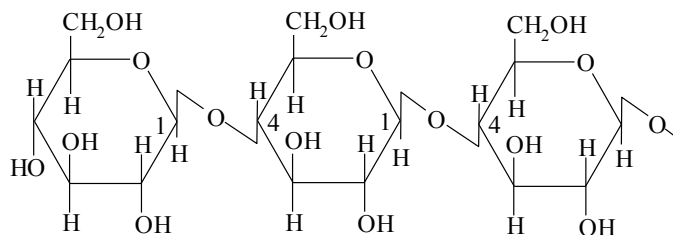


амілопектин

В усіх тваринних організмах міститься тваринний крохмаль – глікоген. Його молекула має будову того ж типу, що й молекула амілопектину, але на відміну глікоген добре розчиняється навіть у холодній воді тому, що має набагато більше число розгалужень. В організмі глікоген відіграє роль запасного вуглеводню: особливо багато його у печінці (до 20 %) та у м'язах (до 4 %). Усі процеси життєдіяльності, у першу чергу робота м'язів, супроводжуються розщепленням глікогену. Цей процес іде з виділенням енергії.

**Завдання 13.** Наведіть склад і будову целюлози.

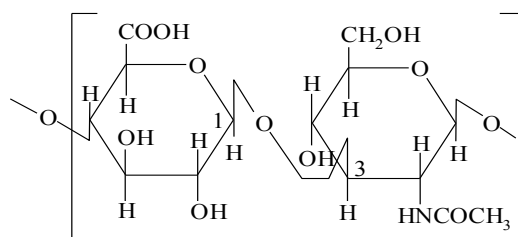
**Еталон рішення:** Целюлоза – найбільш поширений у природі полісахарид. Вона утворює стінки клітин рослин, обумовлює механічну міцність та еластичність рослинних тканин. Середня молекулярна маса целюлози рослинного походження коливається у межах від 100000 до 1000000. Молекули целюлози побудовані з залишків  $\beta$ -Д-глюкози, зв'язаних 1,4-глікозидними зв'язками, і мають лінійну будову:



целюлоза

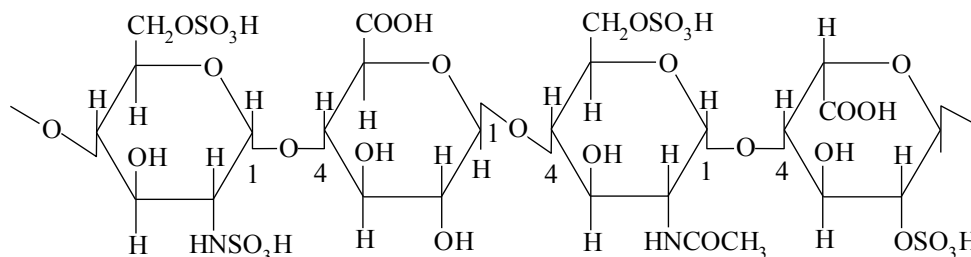
**Завдання 14.** Які полісахариди називаються гетерополісахаридами? Назвіть їх складові компоненти.

**Еталон рішення:** Полісахариди, молекули яких побудовані з залишків різних моносахаридів, називають гетерополісахаридами. Вони широко розповсюджені у природі у вигляді комплексів з білковими речовинами. Так, у з'єднувальній тканині, у скловидному тілі ока, суглобовій рідині міститься гіалуронова кислота, при гідролізі якої утворюється глюкозамін, глюкуронова та оцтова кислоти. Структурними елементами гіалуронової кислоти є глюкуронова кислота та N-ацетилглюкозамін, поєднані один з одним  $\beta$ -1,4-глікозидними зв'язками; дисахаридні фрагменти поєднані один з одним  $\beta$ -1,4-глікозидними зв'язками:



$\beta$ -Д-глюкуронова кислота      N-ацетил-Д-глюкозамін  
1-3-глікозидний зв'язок

В органах та тканинах тварин та людини міститься гетерополісахарид – гепарин. Особливо його багато у печінці, легенях, серці, скелетних м'язах. Його виділено у кристалічному стані, і він знаходить широке застосування як засіб проти скипання крові (антикоагулянт). До складу молекули гепарину входять глюкуронова кислота та частково сульфований глюкозамін:

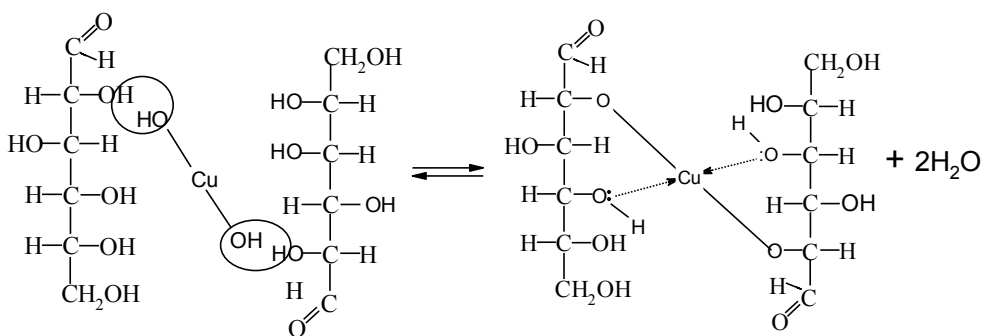
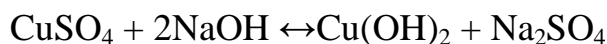


Гепарин

### Лабораторні досліді

#### Дослід 1. Доказ наявності декількох гідроксильних груп у молекулах моносахаридів.

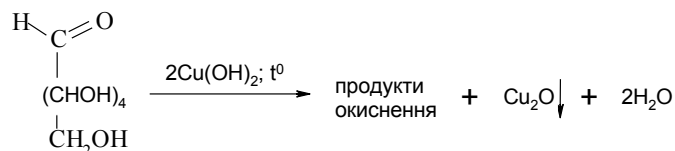
У пробірку внесіть 1 краплю 0,5% розчину D-глюкози і 6 крапель 10% розчину натрій гідроксиду, а потім до добутого розчину додайте 1 краплю 2% розчину купрум (II) сульфату. Одержаний розчин збережіть для наступного досліді.



#### Дослід 2. Окиснення глюкози купрум (II) гідроксидом (проба Троммера)

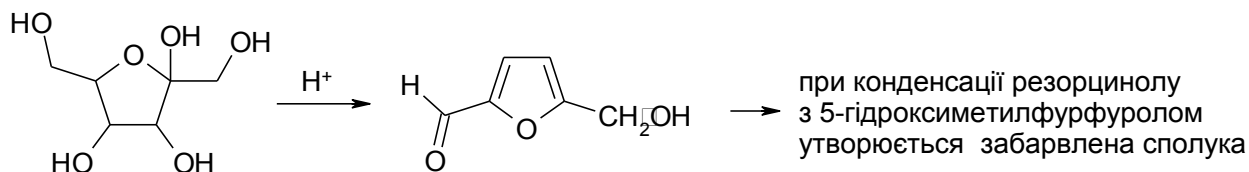
До одержаного в попередньому досліді розчину додайте води до висоти розчину в пробірці приблизно 2 см, нагрійте пробірку до кипіння (але не кип'ятіть) над полум'ям пальника в нахиленому стані, таким чином, щоб

нагрівалась тільки верхня частина розчину, а нижня залишалась для контролю.



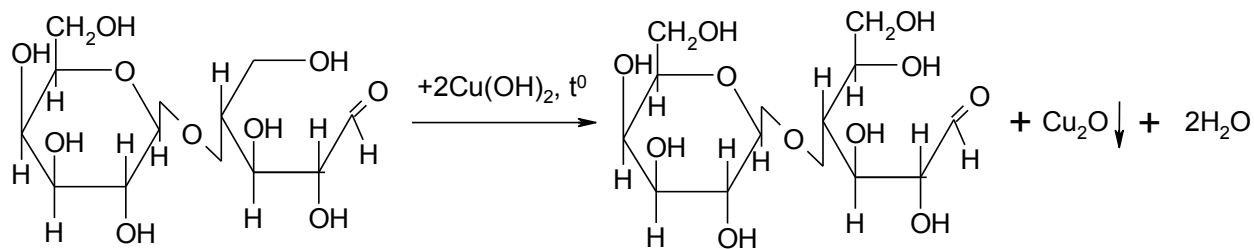
### Дослід 3. Реакція Селіванова на фруктозу

У пробірку внесіть крупинки сухого резорцинолу, 1-2 краплі концентрованої хлоридної кислоти і 2 краплі 0,5% розчину фруктози. Суміш нагрійте до початку кипіння (але не кип'ятіть).



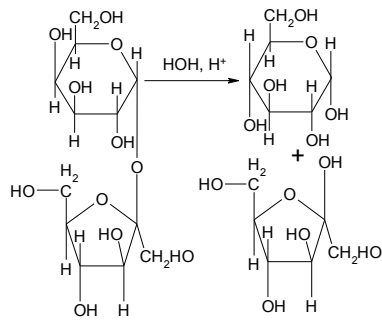
### Дослід 4. Відновні властивості дисахаридів.

Помістіть в три пробірки по 2 краплі 1% розчинів: в першу – сахарози, в другу – мальтози, в третю – лактози. У всі три пробірки додайте по 6 крапель 10% розчину натрій гідроксиду. До кожної з пробірок долийте води до висоти розчину в пробірці приблизно 2 см і додайте по 1 краплі 2% розчину купрум сульфату. Нагрійте пробірку до кипіння (але не кип'ятіть) над полум'ям пальника в нахиленому стані таким чином, щоб нагрівалась тільки верхня частина пробірки, а нижня залишалась без нагрівань.



### Дослід 5. Кислотний гідроліз сахарози.

У пробірку внесіть 5 крапель 1% розчину сахарози і 5 крапель 10% розчину хлоридної кислоти і обережно нагрійте її. Кип'ятіть на протязі 30 сек., періодично збовтуючи. Після цього половину гідролізату сахарози відлийте в іншу пробірку і туди додайте 6 крапель 10% розчину натрій гідроксиду і 1 краплю 2% розчину купрум сульфату. Нагрійте верхню частину пробірки в нахиленому положенні до кипіння, але не кип'ять.



### Дослід 6. Якісна реакція на крохмаль.

У пробірку помістіть 5 крапель 0,5% крохмального клейстеру і 1 краплю сильно розведеного розчину йоду.



## Питання та вправи

### № 1

1. Напишіть формулу Д- $\alpha$ -глюкопіранози (формулою Хеуорсу). Вкажіть, конфігурація якого атому визначає її приналежність до Д-ряду.
2. Наведіть механізм реакції взаємодії  $\beta$ -Д-галактопіранози (формулою Хеуорсу) з етиловим спиртом. Назвіть отриману сполуку.
3. Наведіть схему відновлення лужного розчину гідроксиду купруму (II) глюкозою.. З якою метою використовується ця реакція?

### № 2

1. Напишіть формулу  $\beta$ -Д-глюкопіранози та її 6-фосфату (формулою Хеуорсу). Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до Д-ряду.
2. Напишіть реакцію гідролізу сахарози. Назвіть отримані сполуки. Вкажіть глікозидний зв'язок в молекулі сахарози.
3. Яка властивість глюкози зумовлює взаємодію її з реактивом Фелінгу? Вкажіть склад цього реактиву.

### № 3

1. Напишіть формулу  $\alpha$ -Д-галактопіранози (формулою Хеуорсу). Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до Д-ряду.
2. Напишіть рівняння реакції взаємодії  $\beta$ -Д-рибофуранози (формулою Хеуорсу) з метиловим спиртом. Вкажіть умови реакції. Назвіть отриману сполуку.
3. Напишіть рівняння реакції отримання глюкаркової кислоти із Д-глюкози. Вкажіть умови.

### № 4

1. Напишіть формулу  $\beta$ -Д-галактопіранози (формулою Хеуорсу). Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до Д-ряду.

2. Наведіть реакцію гідролізу метил- $\beta$ -D-1,3,4,6-тетраметилфруктофуранозиду (формулою Хеуорсу). Назвіть отриману сполуку.
3. Належність яких властивостей у глюкози виявляється в реакції «срібного дзеркала»?

#### № 5

1. Напишіть ланцюгову (відкриту) формулу D-манози та D-ксилози. Вкажіть, конфігурація яких атомів визначає приналежність до D-ряду.
2. Наведіть реакцію взаємодії  $\beta$ -D-фруктофуранози (формулою Хеуорсу) з етиловим спиртом. Назвіть отриману сполуку. Наведіть її гідроліз.
3. За допомогою якої реакції наводиться існування декількох гідроксильних груп у гексозі?

#### № 6

1. Покажіть явище оксо-окситаутомерії на прикладі D-рибози (фуранозний цикл). До складу яких біополімерів надходить D-рибоза?
2. Напишіть рівняння реакції гідролізу продукту повного метилування цукрози (формулою Хеуорсу). Чи будуть мати відновні властивості отримані в результаті гідролізу сполуки?
3. Які полісахариди називаються гомо полісахаридами? Назвіть моносахаридні ланки декстрину й позначте характер зв'язку між ними. Наведіть будову біозного фрагменту основного ланцюга.

#### № 7

1. Наведіть формулу  $\beta$ -D-рибофуранози (формулою Хеуорсу). Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до D-ряду.
2. Напишіть рівняння реакції взаємодії  $\beta$ -D-глюкопіранози (формулою Хеуорсу) з надлишком оцтового альдегіду. Назвіть отриману сполуку. Наведіть її гідроліз.
3. Напишіть рівняння реакції декарбоксилування D-глюкуронової кислоти. Назвіть отриману сполуку.

### № 8

1. Напишіть формулу 2- $\alpha$ -Д-дезоксирибофуранози (формулою Хеуорсу). Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до Д-ряду.
2. Наведіть рівняння реакції взаємодії  $\alpha$ -Д-глюкопіранози (формулою Хеуорсу) з надлишком диметилсульфату. Назвіть отриману сполуку. Наведіть її гідроліз.
3. Напишіть рівняння реакції окислення Д-галактози у Д-галактуронову кислоту. Вкажіть умови.

### № 9

1. Напишіть формулу 2- $\beta$ -Д-дезоксирибофуранози (формулою Хеуорсу). Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до Д-ряду.
2. Напишіть рівняння реакції взаємодії  $\beta$ -Д-галактопіранози (формулою Хеуорсу) з етиловим спиртом у присутності HCl. Назвіть отриману сполуку. Наведіть її гідроліз.
3. Наведіть рівняння реакції отримання Д-глюконової кислоти з Д-глюкози. Вкажіть окислювач.

### № 10

1. Напишіть ланцюгову (відкриту) формулу Д-ксилозу та Д-рибулози. Вкажіть, конфігурація яких атомів визначає приналежність до Д-ряду.
2. Напишіть рівняння реакції взаємодії  $\beta$ -Д-рибофуранози (формулою Хеуорсу) з етиламіном. До якого типу глікозидів відноситься отримана сполука? Наведіть її гідроліз.
3. Яка властивість глюкози використовується в пробі Тромера?

### № 11

1. Напишіть формулу  $\beta$ -Д-фруктофуранози (формулою Хеуорсу). Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до Д-ряду.
2. Наведіть рівняння реакції взаємодії  $\beta$ -Д-глюкопіранози (формулою Хеуорсу) з йодистим метилом. Назвіть отриману сполуку. Наведіть її гідроліз.



3. Наведіть схему відновлення глюкозою аміачного розчину оксиду аргентуму. З якою метою використовується ця реакція?

№ 12

1. Напишіть формулу  $\alpha$ -D-фруктофуранози (формулою Хеурсу). Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до D-ряду.
2. Наведіть рівняння реакції отримання  $\beta$ -D-глюкопіранозиду (формулою Хеурсу). Вкажіть умови. Наведіть гідроліз сполуки.
3. Які перетворення відбуваються при взаємодії глюкози із сумішню розчину сульфату купруму (II) й винно-кислого калію-натрію?

№ 13

1. Напишіть формулу 1,6-дифосфат- $\beta$ -D-фруктофуранози у відкритій формі й формулою Хеурсу. Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до D-ряду.
2. Наведіть рівняння реакції взаємодії  $\beta$ -D-глюкопіранози з етиловим спиртом у середовищі сухого HCl. Назвіть отриману сполуку. Наведіть її гідроліз.
3. Яка реакція лежить в основі переходу від гексуронової кислоти до пентози?

№ 14

1. Напишіть 2- $\alpha$ -D та 2- $\beta$ -D-глюкозамін у піранозній формі формулами Хеурсу. Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до D-ряду.
2. Наведіть рівняння реакції гідролізу пентаацетил- $\beta$ -D-галактопіранози. Назвіть отриману сполуку.
3. Яка реакція може служити доказом присутності відновних властивостей у глюкози?

№ 15

1. Напишіть 2- $\alpha$ -D та 2- $\beta$ -D-галактозамін у піранозній формі та формулами Хеурсу. Вкажіть, конфігурація якого атому визначає приналежність до D-ряду.

2. Наведіть рівняння реакції взаємодії  $\beta$ -Д-глюкопіранози (формулою Хеуорсу) з метанолом. Назвіть отриману сполуку.
3. За допомогою якої реакції доводиться наявність декількох гідроксильних груп у глюкозі?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тюкавкина Н.А. Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. М.: – Медицина, 1985.
2. Руководство к лабораторным занятиям по биоорганической химии. Под ред. Тюкавкиной Н.А. М.: – Медицина, 1985.
3. Губський Ю.І. Біоорганічна хімія. Вінниця: – Нова книга, 2004.
4. Шаповал Л.Г., Чеховський В.Д., Петюніна В.М. Навчальний посібник з органічної хімії. Харків: – ХДМУ, 1994.
5. Теоретический курс по биологической и биоорганической химии (учебное пособие). Модуль 1. Биологически важные классы биоорганических соединений. Биополимеры и их структурные компоненты / Сырвая А.О., Шаповал Л.Г., Петюнина В.Н., Ткачук Н.М., Шапарева Л.П., Макаров В.А., Чеховской В.Д., Грабовецкая Е.Р., Бачинский Р.О., Наконечная С.А. – Харьков, ХНМУ. – 2013.

## Навчальне видання

Вуглеводи: моносахариди. Структура і функції ди- та полісахаридів.

Методичні вказівки для самостійної роботи студентів 1-го курсу з біологічної та біоорганічної хімії (Модуль 1)

Укладачі:

Сирова Ганна Олегівна

Чистякова Галина Олексіївна

Водолаженко Марія Олександрівна

Петюніна Валентина Миколаївна

Макаров Володимир Олександрович

Андрєєва Світлана Вікторівна

Лук'янова Лариса Володимирівна

Козуб Світлана Миколаївна

Тішакова Тетяна Станіславівна

Савельєва Олена Валеріївна

Левашова Ольга Леонідівна

Каліненко Ольга Сергіївна

Завада Оксана Олександрівна

Копотєва Наталія Василівна

Чаленко Наталія Миколаївна

Відповідальний за випуск: ас. Чистякова Г.О., ас. Водолаженко М.О.