



# Лекція 5. Вуглеводи

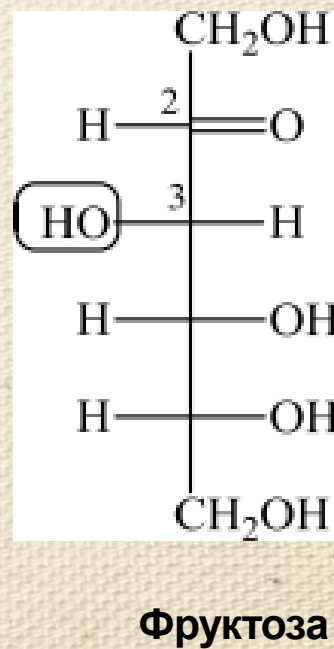
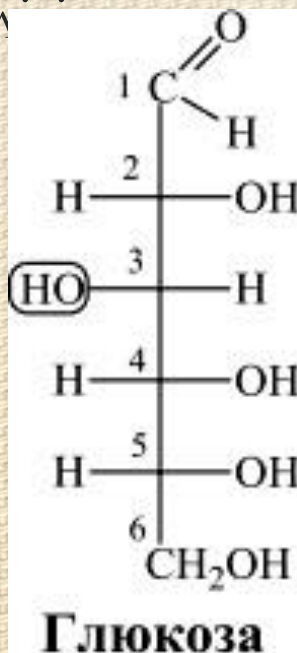




Вуглеводи мають загальну формулу



- **Моносахариди** — це гетерофункціональні сполуки, що містять оксогрупу і декілька гідроксильних груп, тобто полігідроксиальдегіди і полікетони





## Класифікація вуглеводів.

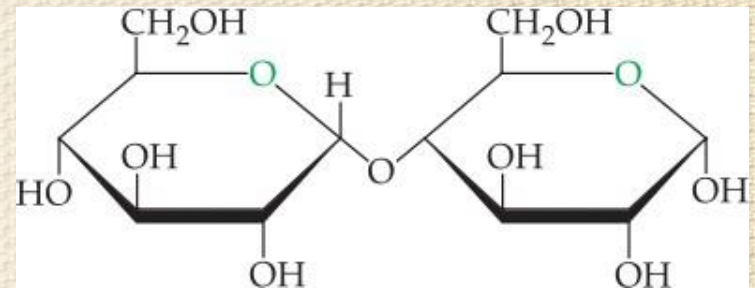
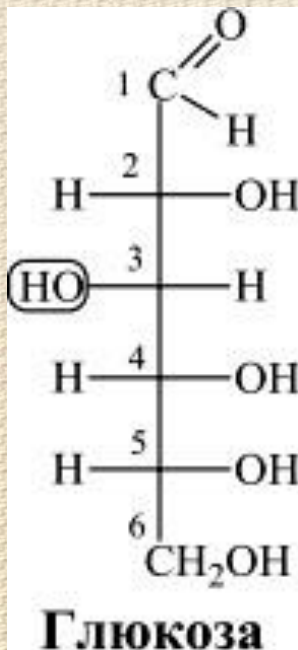
За будовою та здатністю до гідролізу:

**Моносахариди:** не підлягають гідролізу

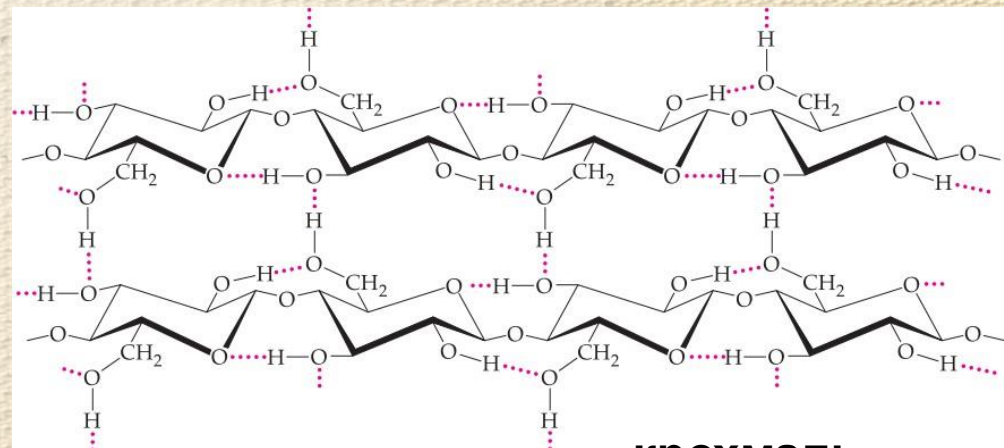
**Дисахариди,** мають 2 залишки, підлягають гідролізу

**Олігосахариди:** внаслідок гідролізу утворюється від 2 до 10 молекул моносахаридів.

**Полісахариди:** внаслідок гідролізу утворюється понад 10 молекул моносахаридів.



мальтоза

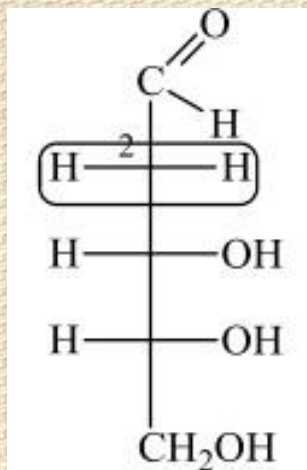


крохмаль

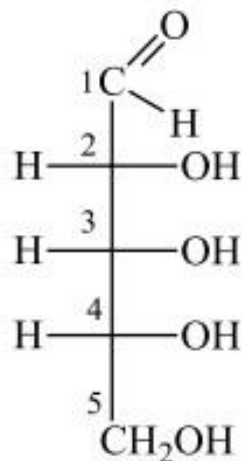


За кількістю атомів карбону:

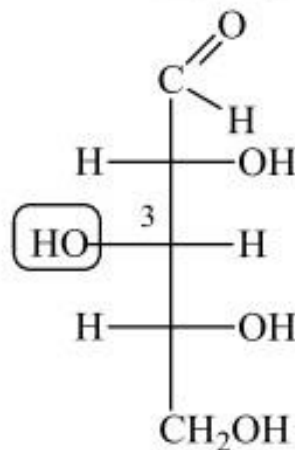
- тетрози, пентози, гексози і т.д.



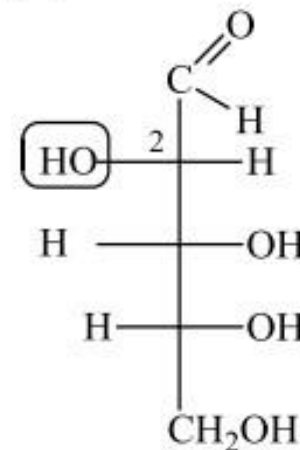
Дезоксирибоза



Рибоза

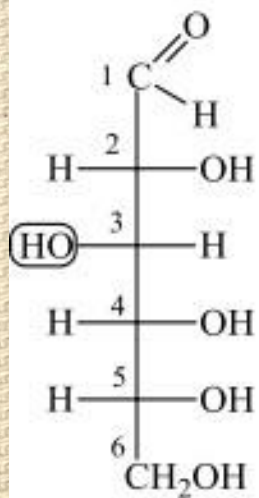


Ксилоза

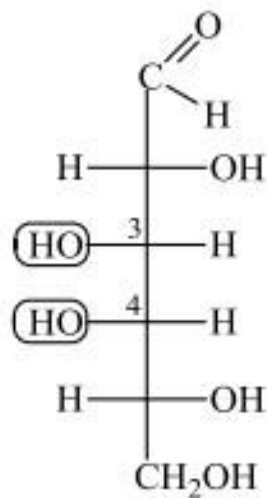


Арабіноза

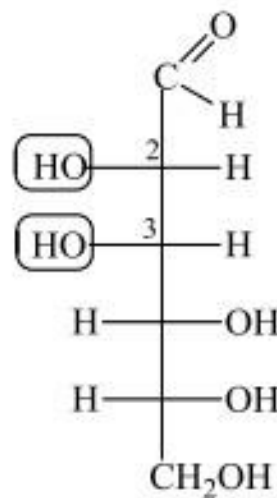
Гексози  $C_6H_{12}O_6$



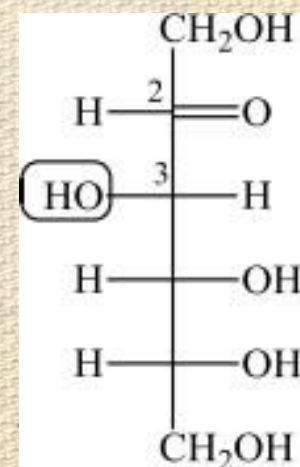
Глюкоза



Галактоза



Маноза



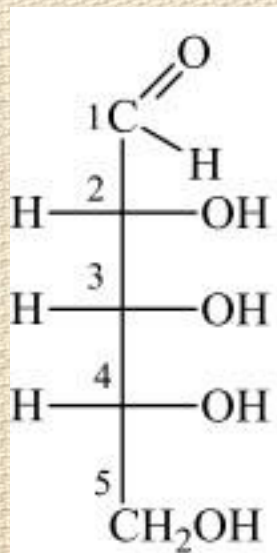
Фруктоза



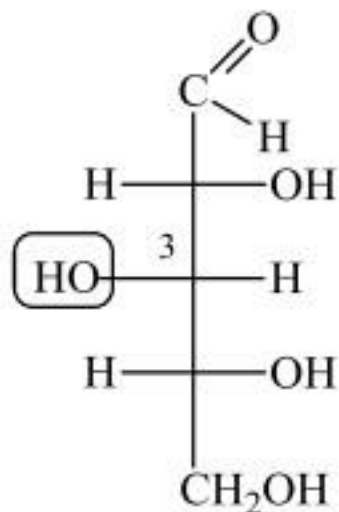
За видом карбонільної групи:

**-альдози** рибоза, дезоксирибоза, ксилоза, арабіноза, глюкоза, галактоза, маноза

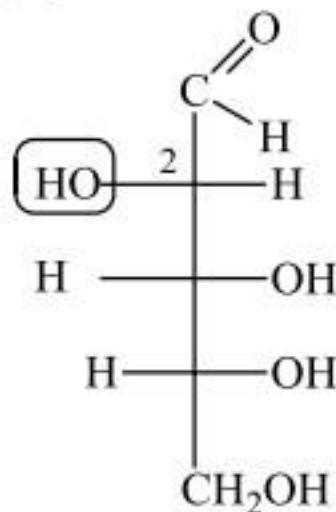
**-кетози** фруктоза



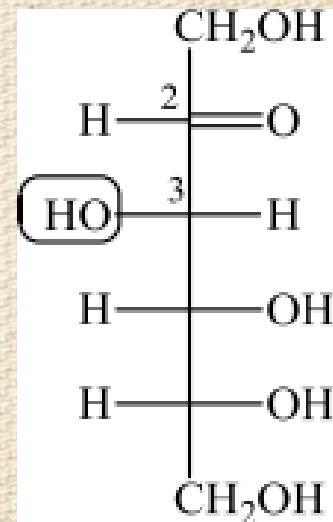
**Рибоза**



**Ксилоза**



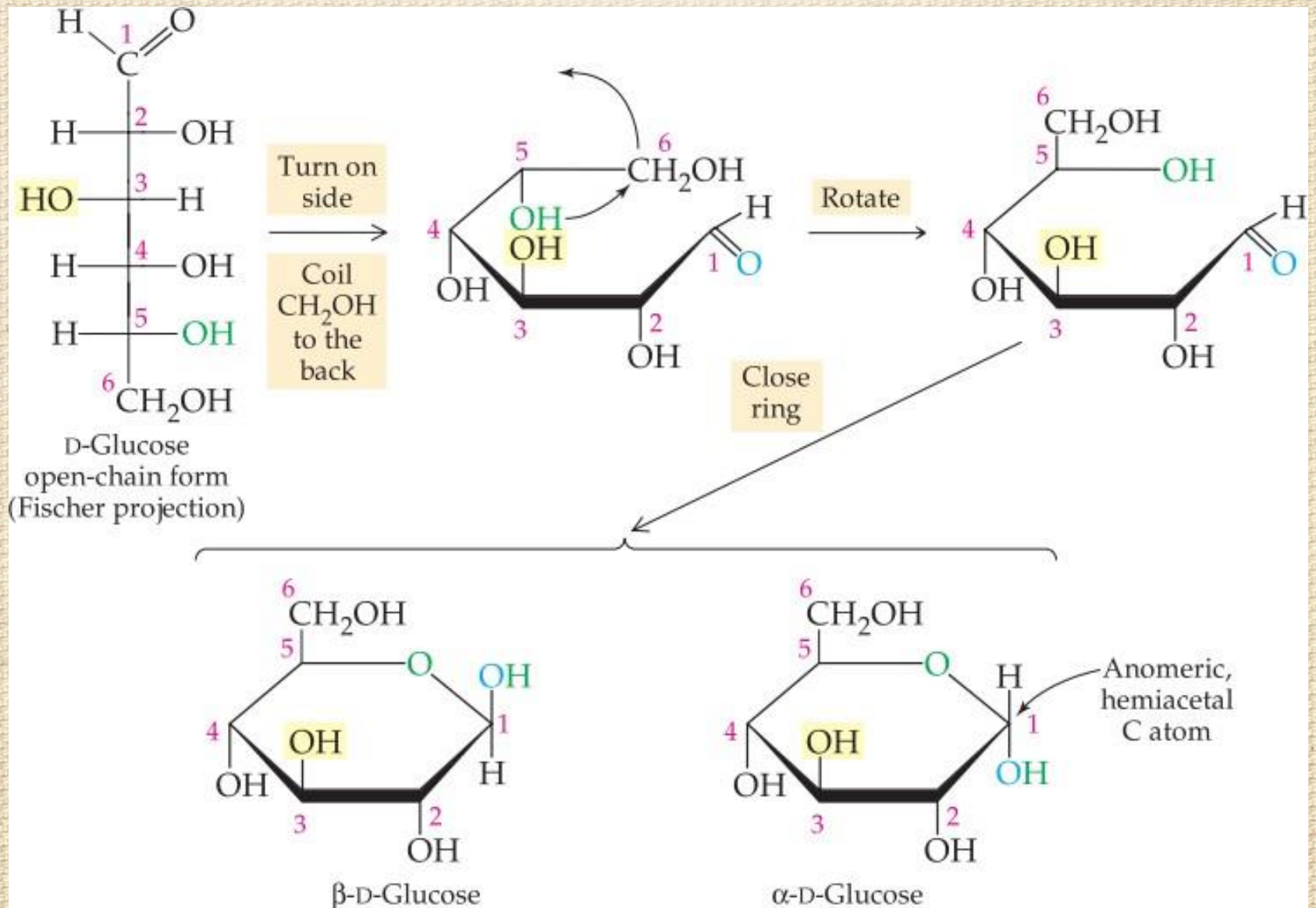
**Арабіноза**



**Фруктоза**

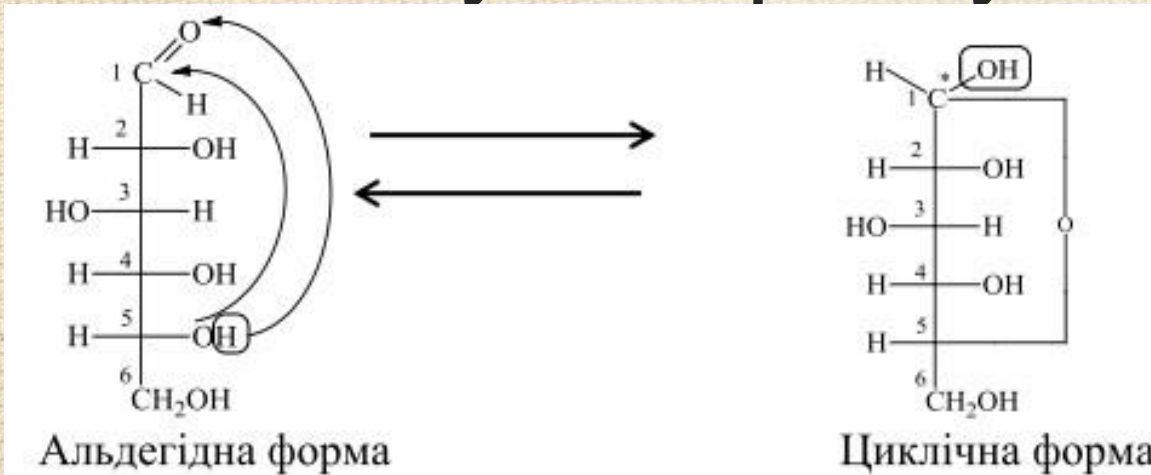


# Утворення циклічної форми глюкози





# Таутомерія вуглеводів

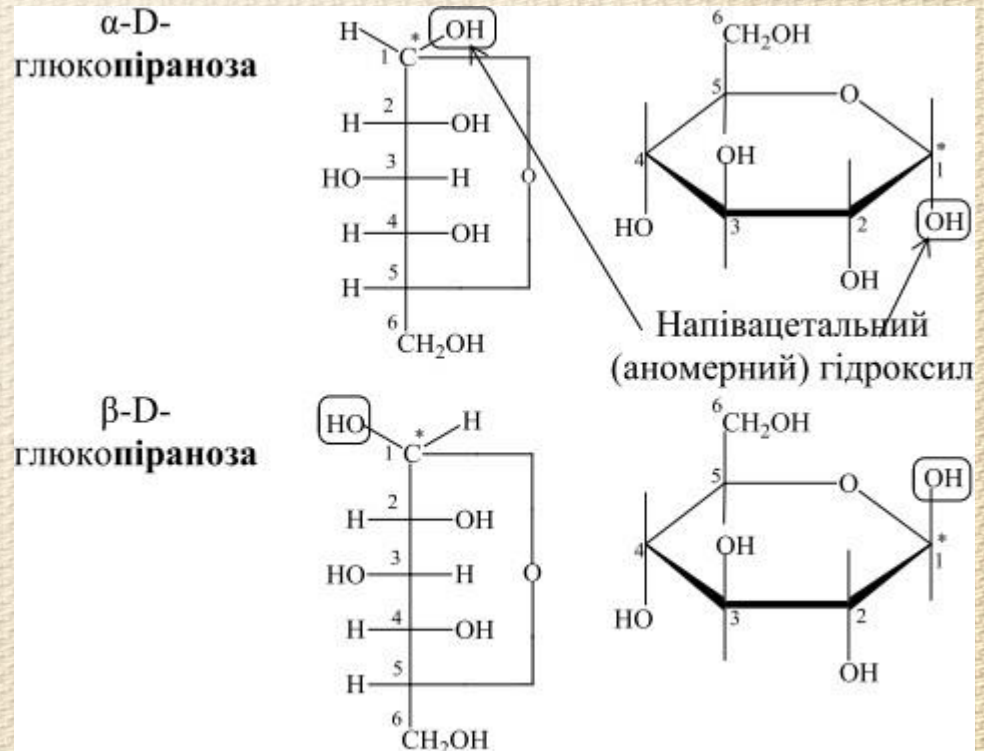


фруктоза

глюкоза

рибоза

Моносахариди є таутомерними речовинами. У кристалічному стані вони мають циклічну будову. Так, D-глюкоза, одержана кристалізацією з етилового спирту або води, знаходиться у формі  $\alpha$ -D-глюкопіранози. У водному розчині циклічна форма під впливом розчинника перетворюється через відкриту оксоформу в інші циклічні форми – піранозні та фуранозні з  $\alpha$ - і  $\beta$ -конфігурацією аномерного центру. Такий вид таутомерії називається цикло-оксо-таутомерією або кільчасто-ланцюговою таутомерією.

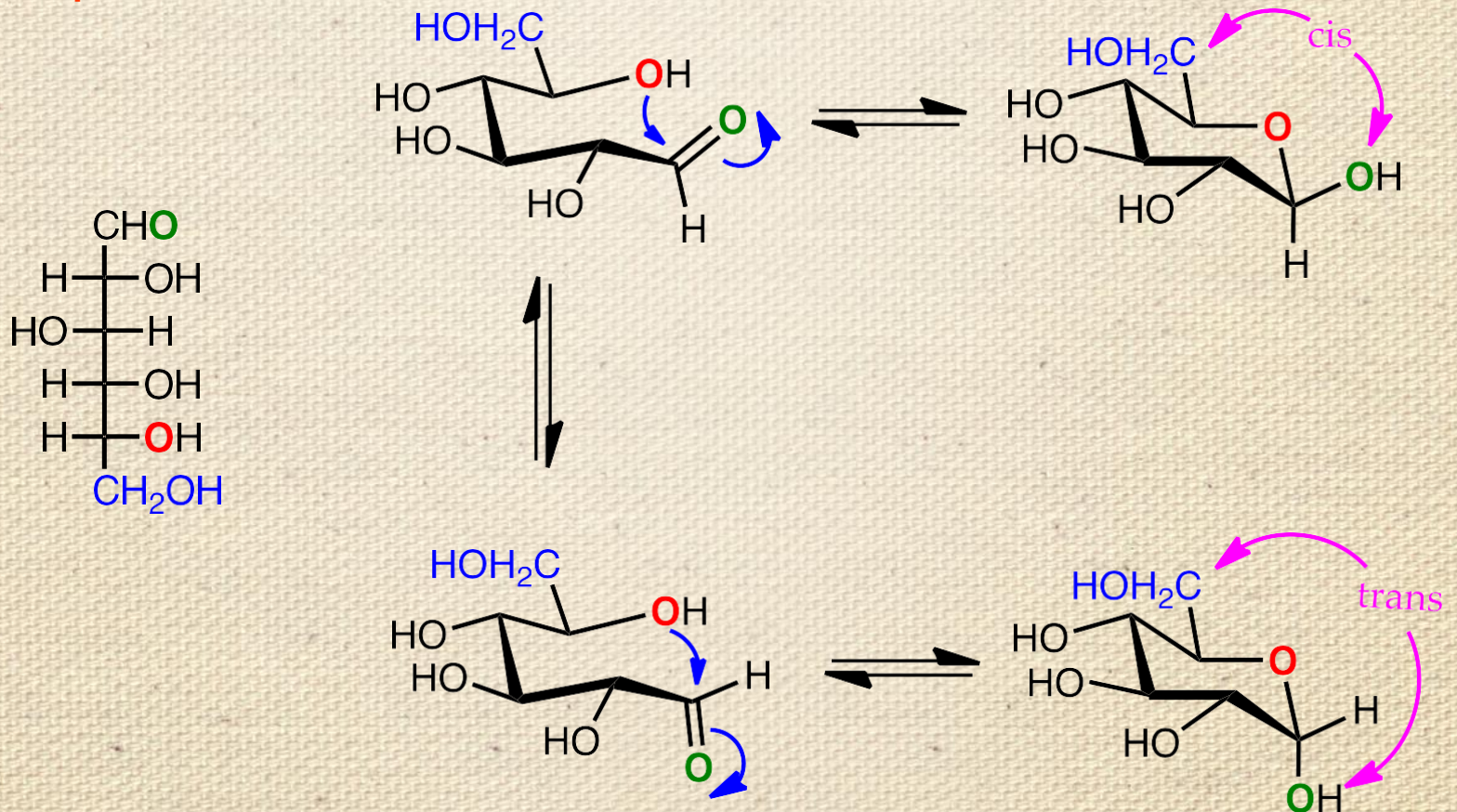




# Таутомерія вуглеводів

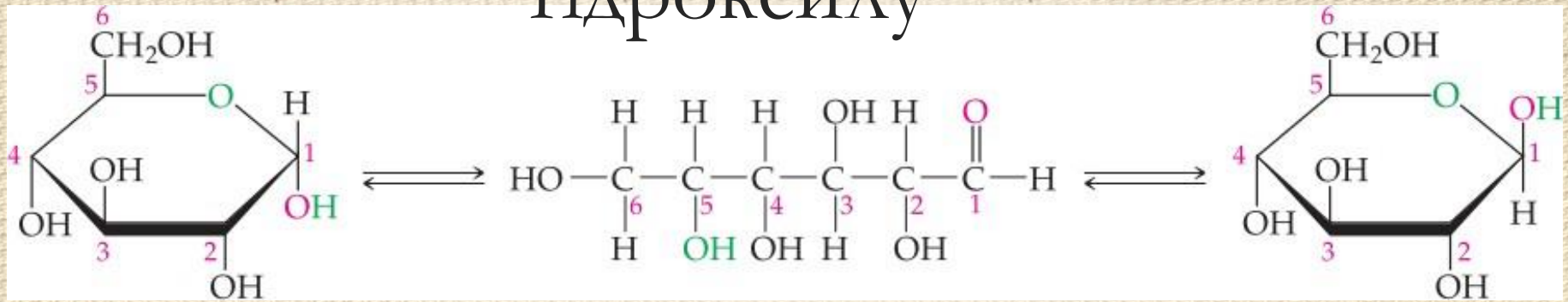
**Кільчасто-ланцюговою (цикло-оксо-)** таутомерією називають динамічну рівновагу між циклічною і відкритою формами моносахаридів в розчині

Зміна в часі кута оптичного обертання свіжоприготовлених розчинів моносахаридів, за рахунок встановлення рівноваги, називають **мутаротацією**





# Ізомерія по напівацетальному гідроксилу

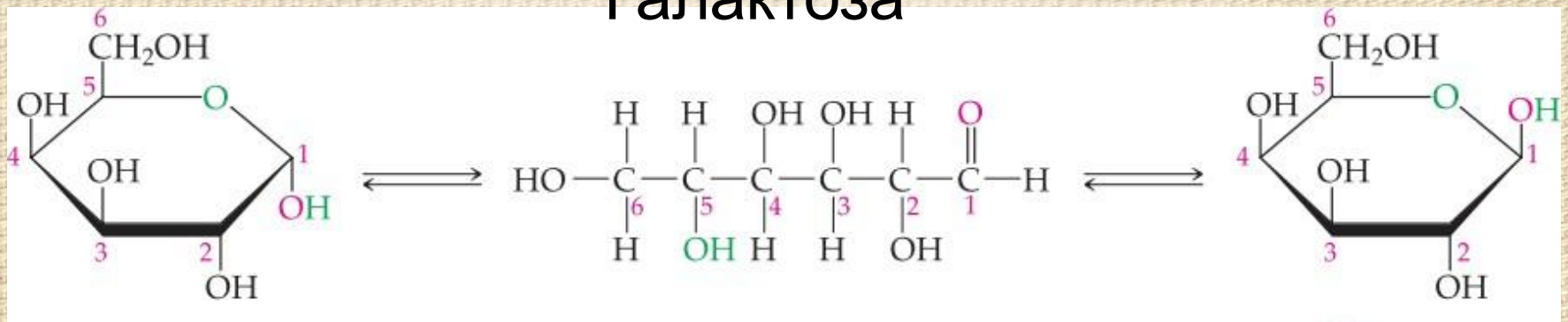


$\alpha$  -глюкоза

$\beta$ -глюкоза

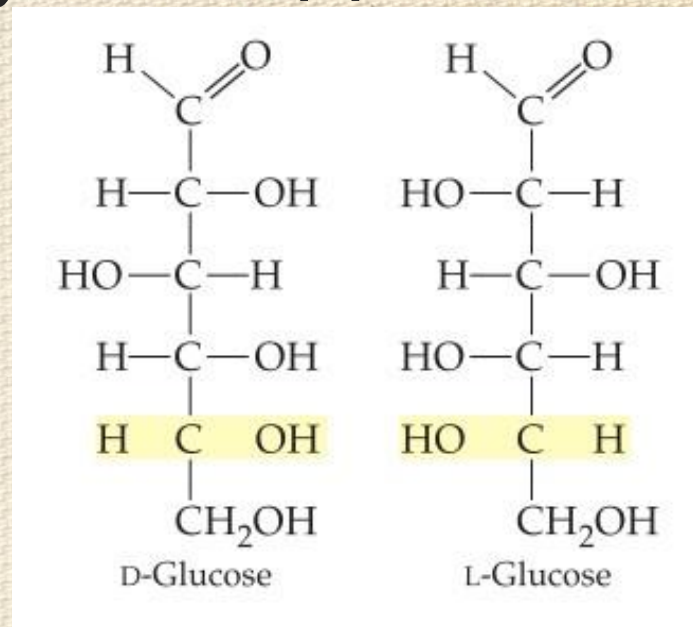
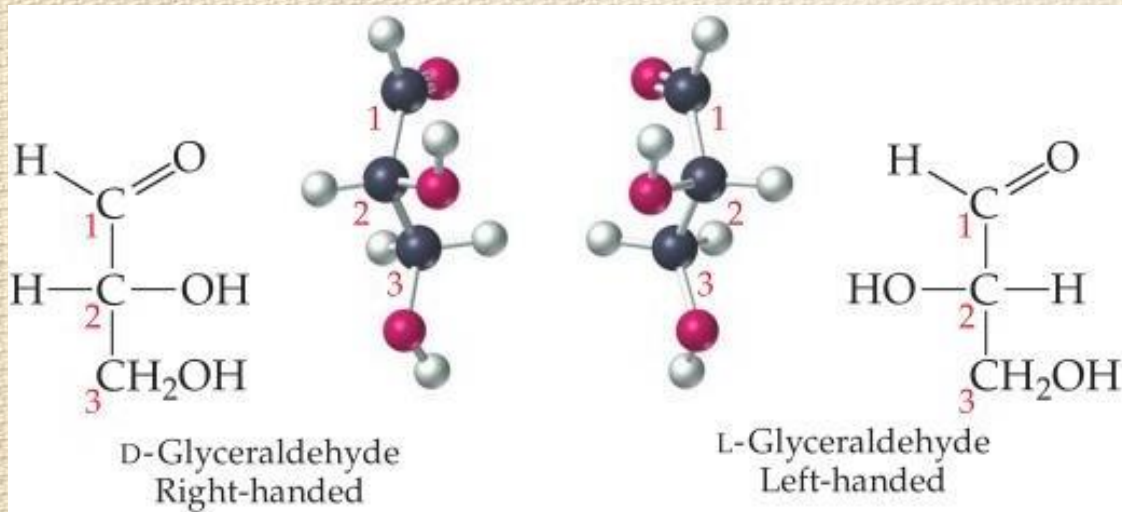
Циклічні моносахариди, що відрізняються положенням замісника (напівацетального гідроксилу) біля першого атому карбону називаються аномерами ( $\alpha$  та  $\beta$  ізомери)

## Галактоза

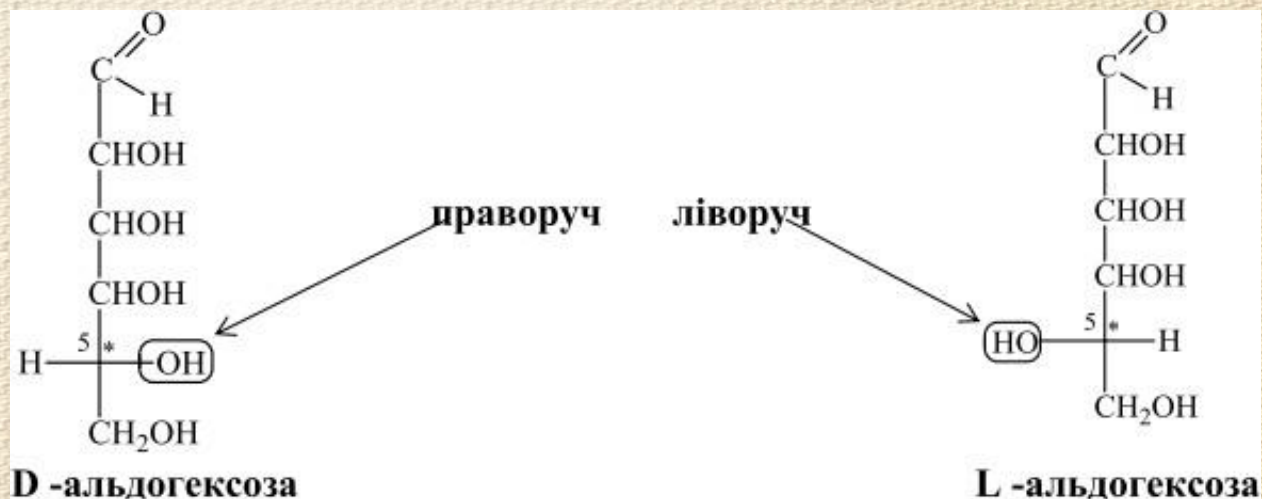




# Оптична ізомерія вуглеводів

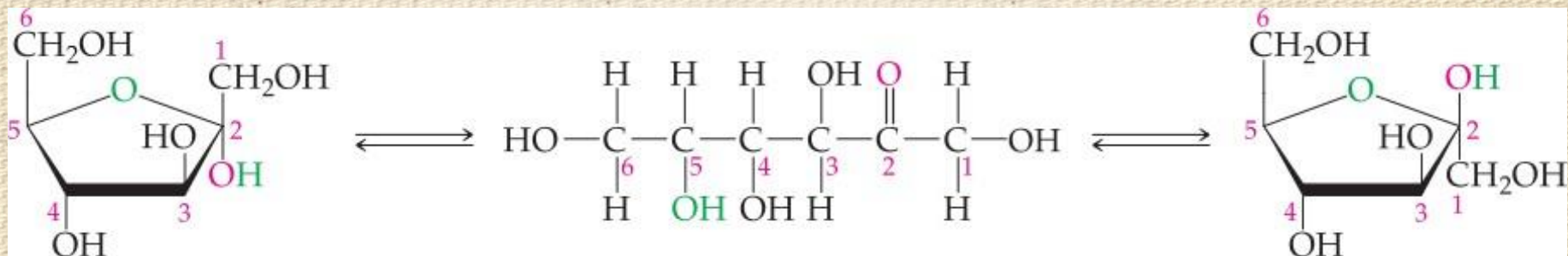


Молекули моносахаридів містять декілька асиметричних (хіральних) атомів Карбону і тому вони існують у вигляді різних просторових ізомерів. Наприклад, альдопентоза має 3 хіральні атоми С, тому одній і тій самій структурній формулі відповідає 8 стереізомерів ( $2^3$ ).

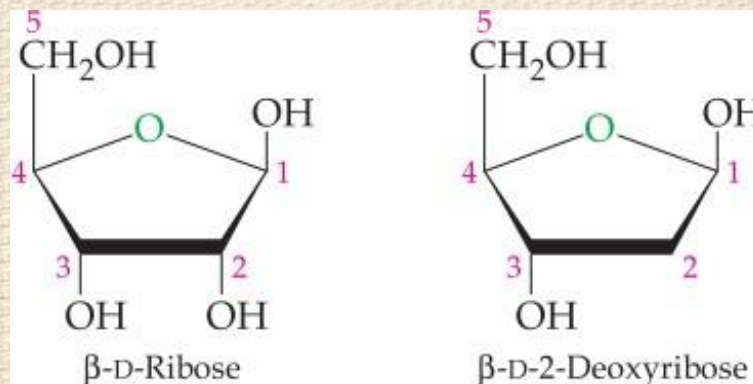




# Фруктоза



## Рибоза та дезоксирибоза

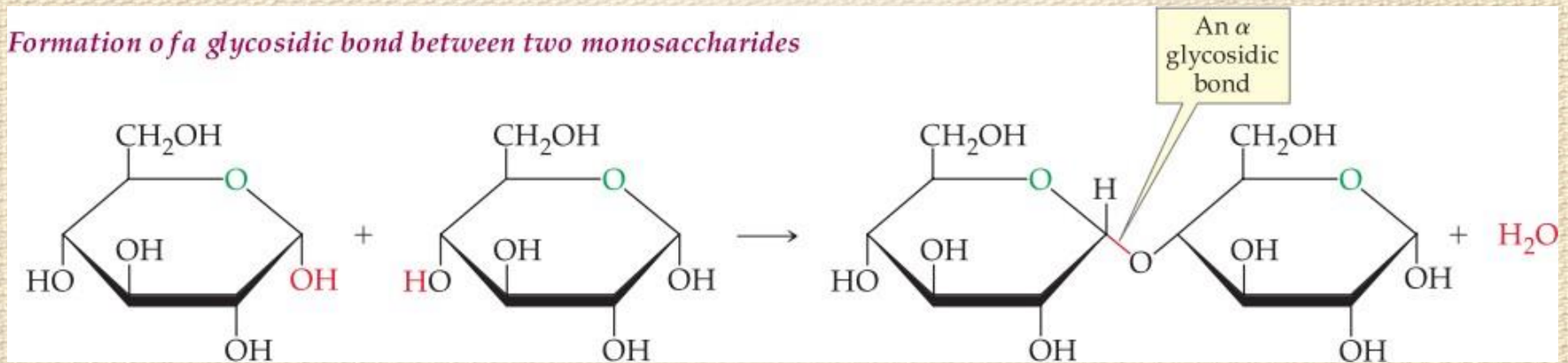


Утворення циклічних форм на основі фурану – рибофураноза та фруктофураноза

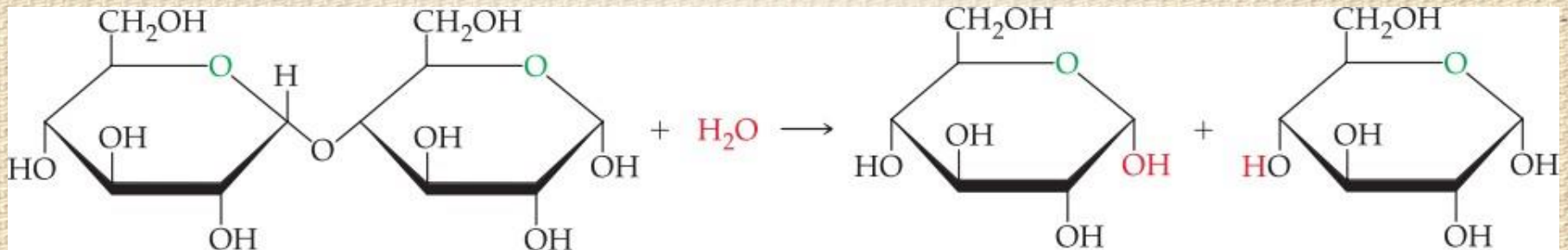


# Утворення глікозидного зв'язку між двома моносахаридами

*Formation of a glycosidic bond between two monosaccharides*

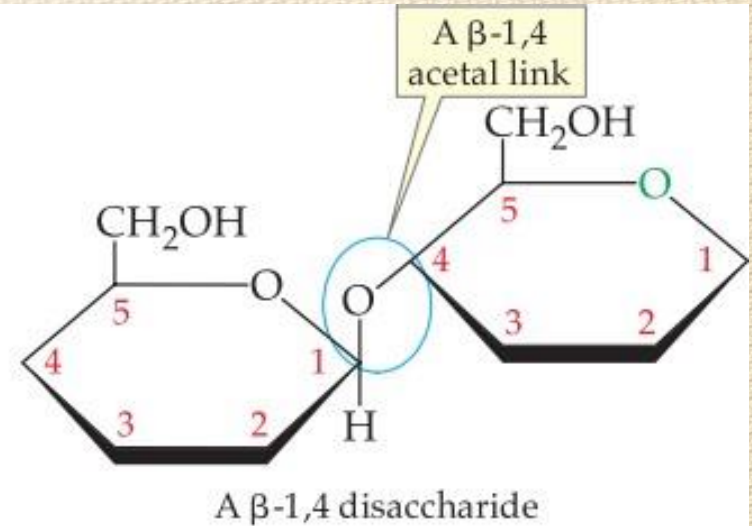
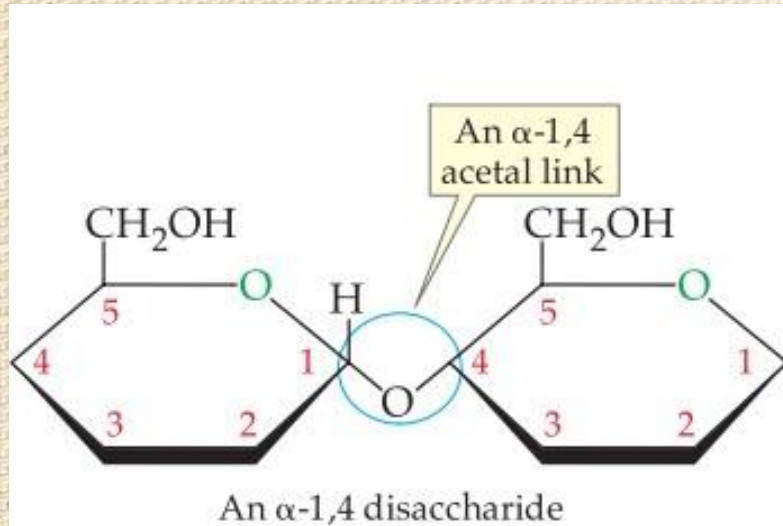


Гідроліз дисахаридів призводить до утворення двох моносахаридів

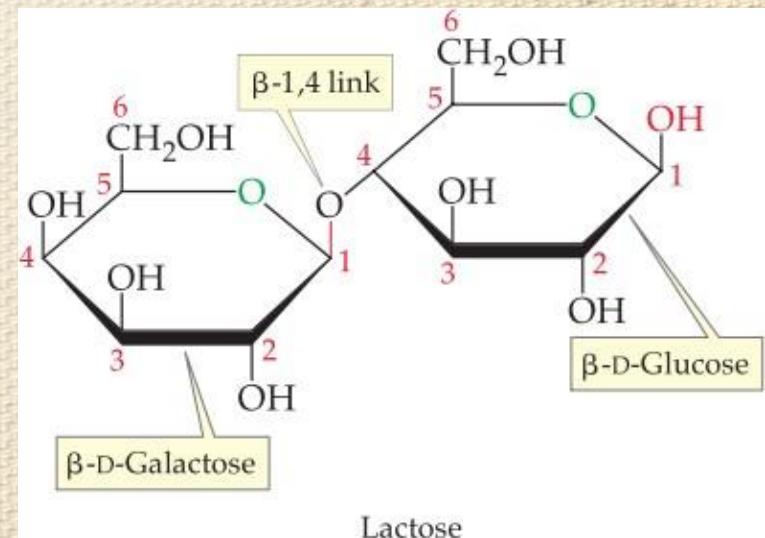
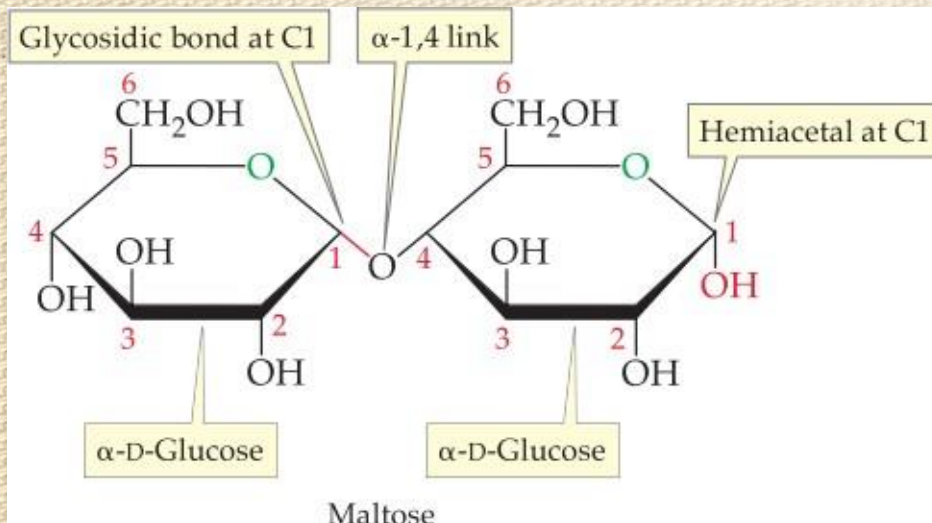




# Утворення дисахаридів

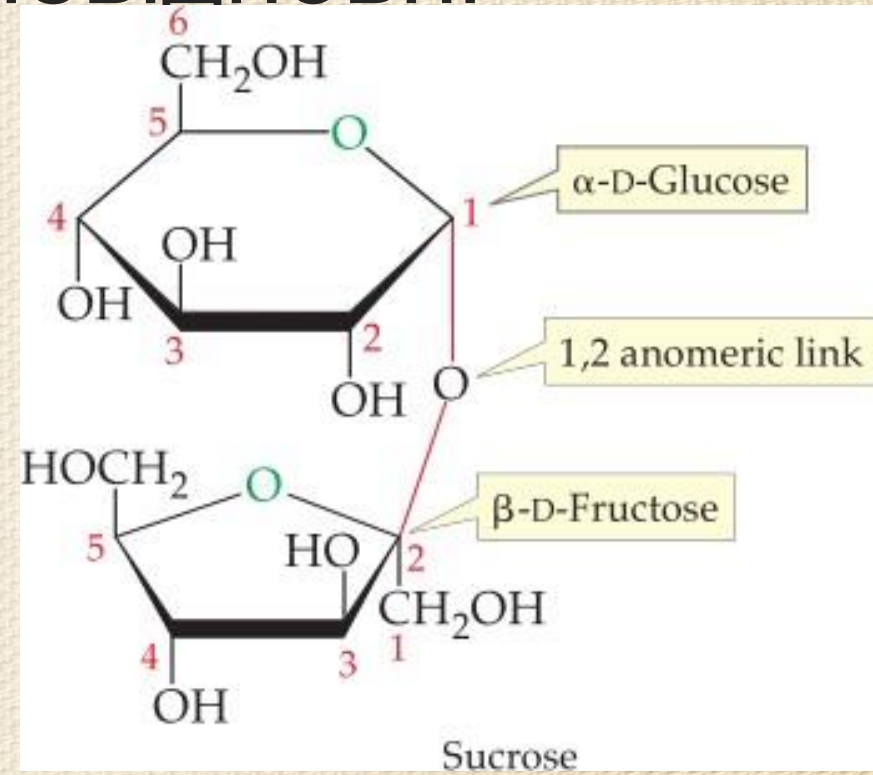
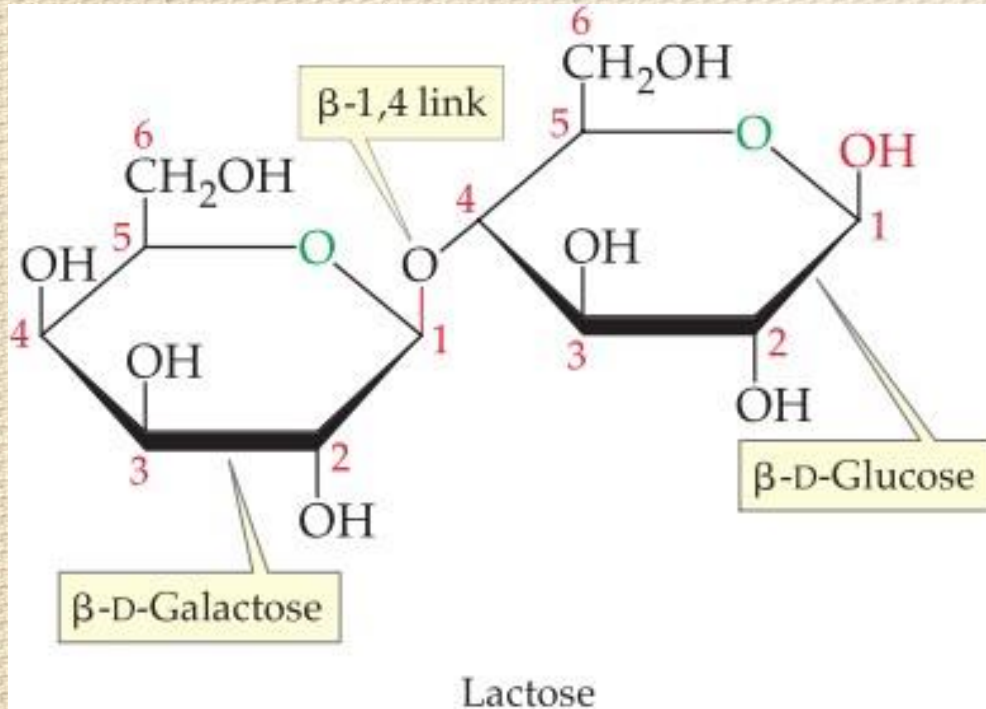


При утворенні дисахаридів відбувається формування глікозидного зв'язку між атомами карбону 1 і 4





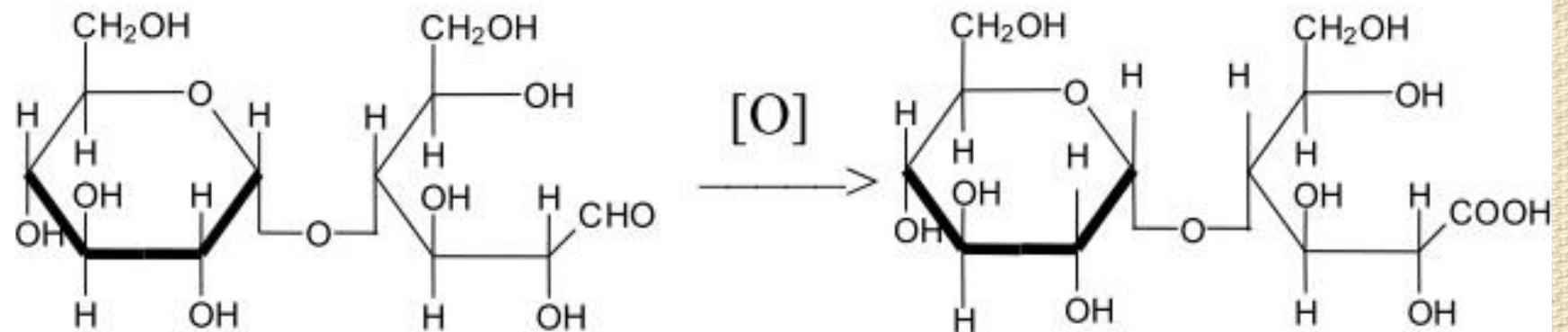
# Дисахариди поділяються на відновні та невідновні



- В утворенні відновних дисахаридів приймає участь тільки один напівацетальний гідроксил, а в утворенні невідновних приймає участь два напівацетальні гідроксили



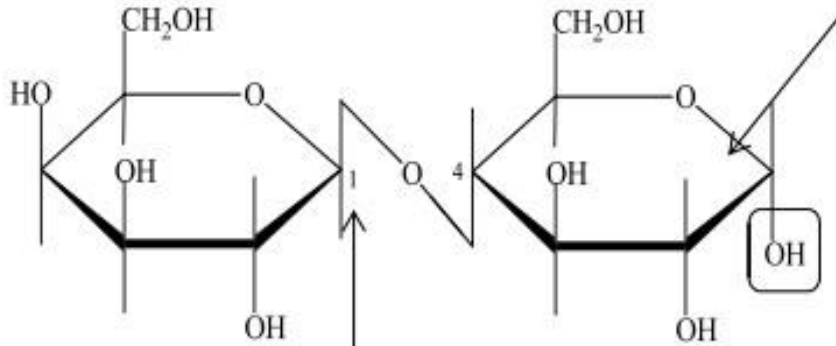
Розчини мальтози дають позитивну реакцію з реактивом Толленса і реактивом Фелінга.





# Будова дисахаридів

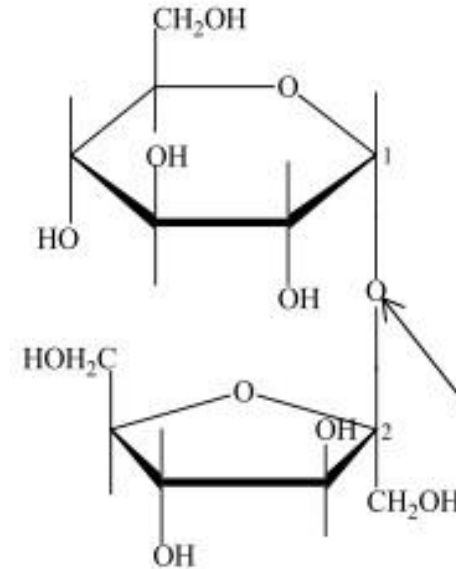
Лактоза



Залишки молекули  $\beta$ -галактози та  $\alpha$ -глюкози, сполучені  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4)-O-глікозидним зв'язком

Сахароза

напівацетальний  
гідроксил



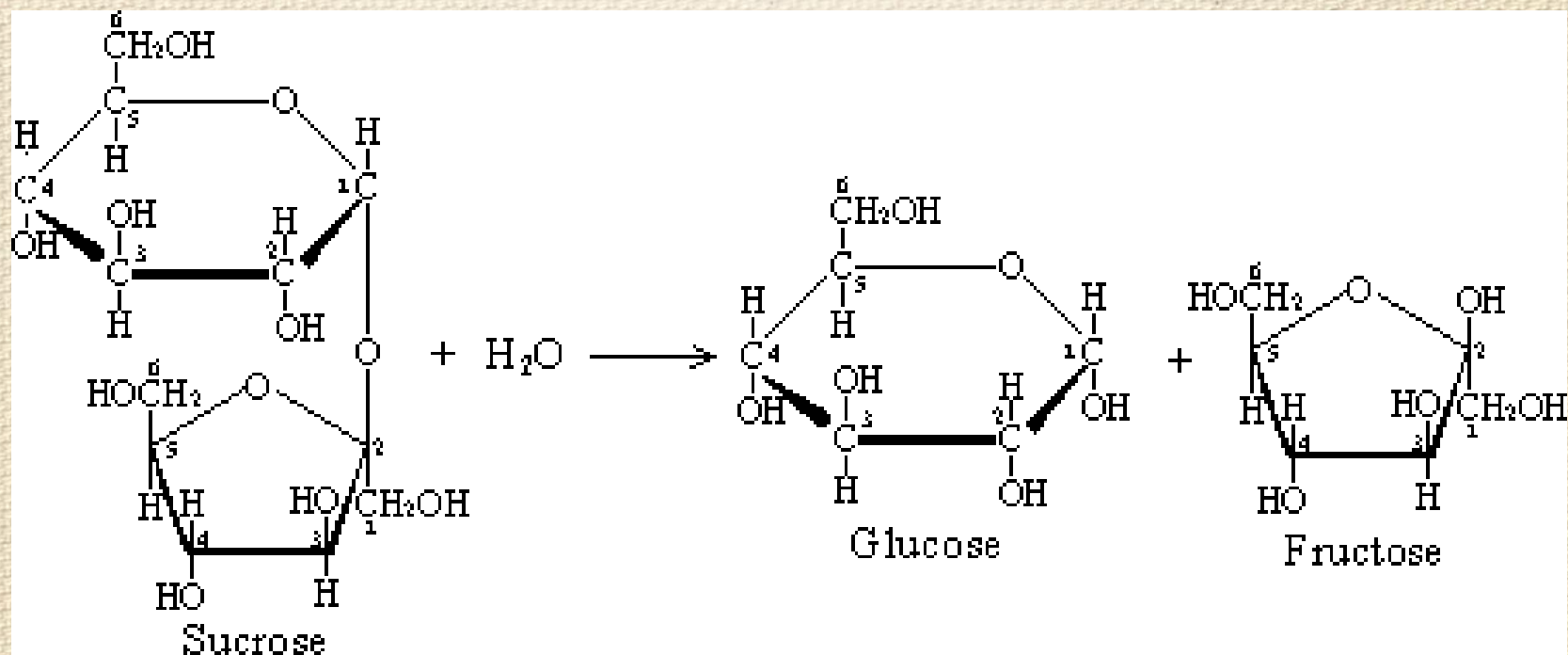
Залишки молекули  $\alpha$ -глюкози та  $\beta$ -фруктози, сполучені(1 $\rightarrow$ 2)-O-глікозидним зв'язком

## Гідроліз дисахаридів

$C_{12}H_{22}O_{11}$	Мальтоза	$+ H_2O, H^+ \rightarrow$	$\alpha$ -D-глюкоза +	$\alpha$ -D-глюкоза
	Целобіоза		$\beta$ -D-глюкоза +	$\beta$ -D-глюкоза
	Лактоза		$\beta$ -D-галактоза +	$\alpha$ -D-глюкоза
	Сахароза		$\alpha$ -D-глюкоза +	$\beta$ -D-фруктоза



Інвертний цукор – еквівалентна кількість глюкози і фруктози, в розчині який утворюється при гідролізі сахарози





# Полісахариди

## Гомополісахариди

внаслідок гідролізу утворюють однакові моносахариди

крохмаль, глікоген, целюлоза

## Гетерополісахариди

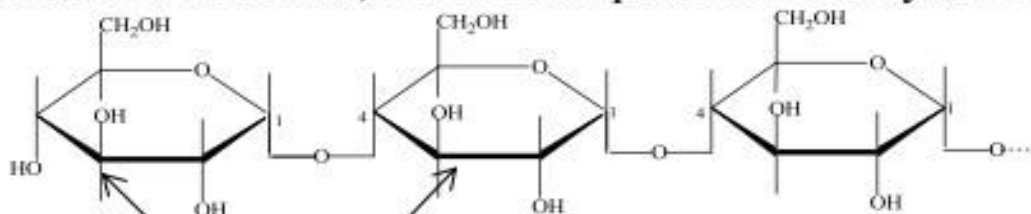
внаслідок гідролізу утворюють різні компоненти, зокрема уронові кислоти, аміносахариди тощо)

гіалуронова кислота, хондроїтинсульфати, гепарин

### Гомополісахариди

**Крохмаль** - біополімер, який складається з **амілози** **амілопектину**.

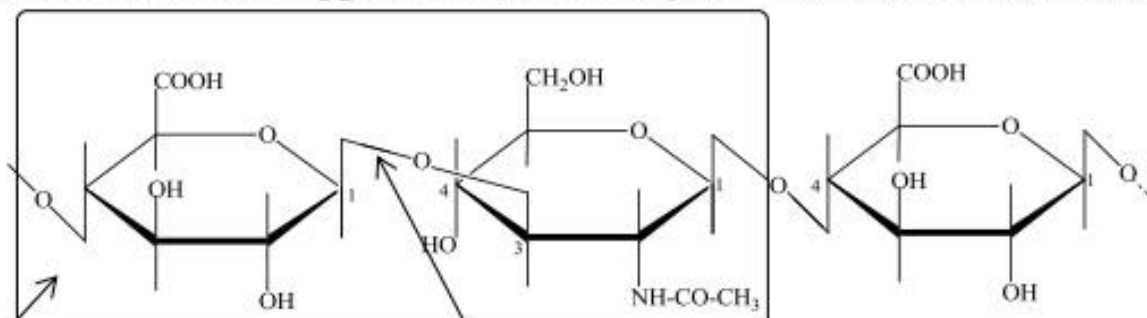
**Амілоза** містить велику кількість залишків  $\alpha$ -D-глюкопіраноз, сполучених  $\alpha$ -(1→4)-O-глікозидним зв'язком, є біополімером лінійної будови.



**$\alpha$ -(1→4)-O-глікозидний зв'язок**

### Гетерополісахариди

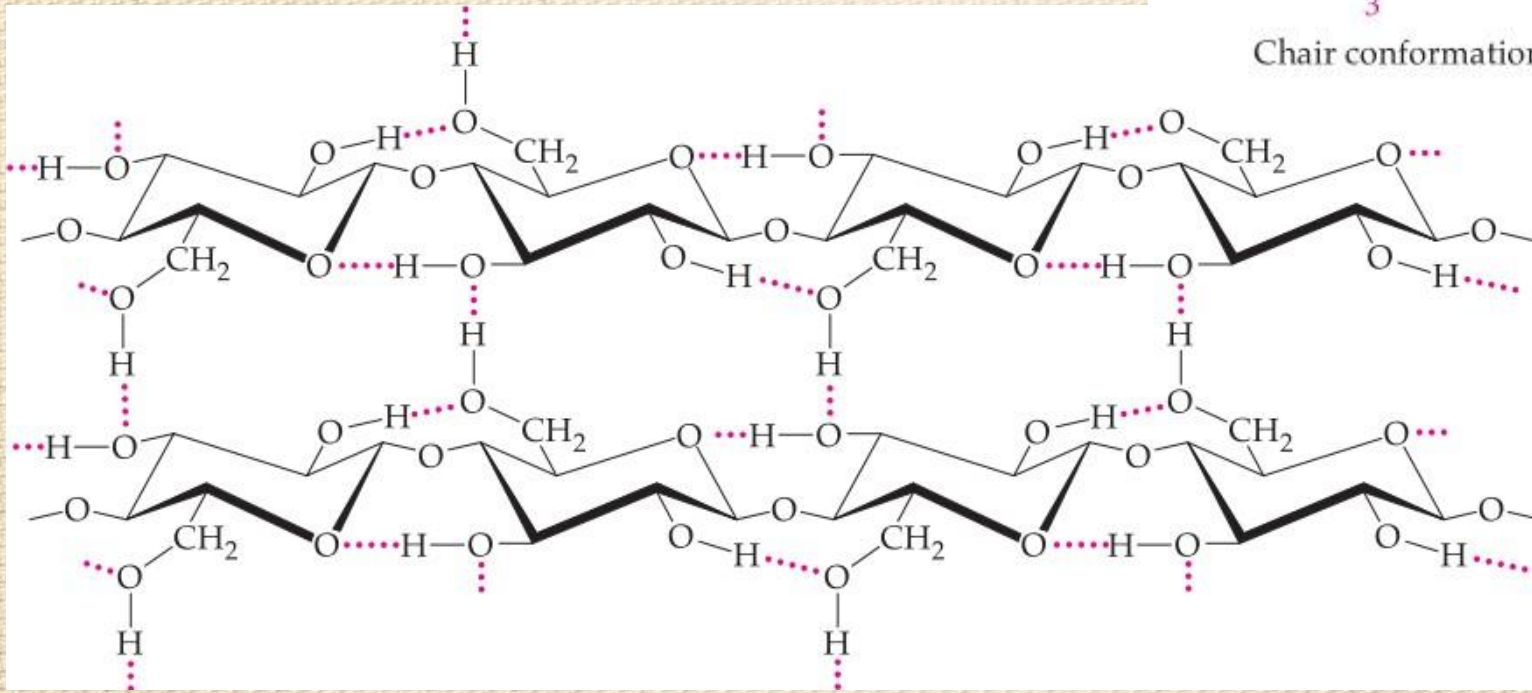
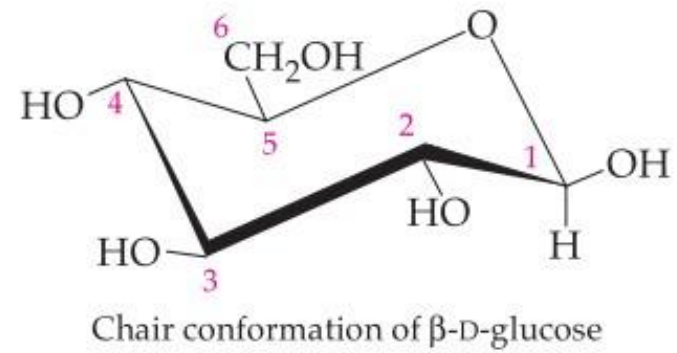
**Гіалуронова кислота (фрагмент)** містить  $\beta$ -(1→3)-O-глікозидні зв'язки



**$\beta$ -(1→3)-O-глікозидні зв'язки**



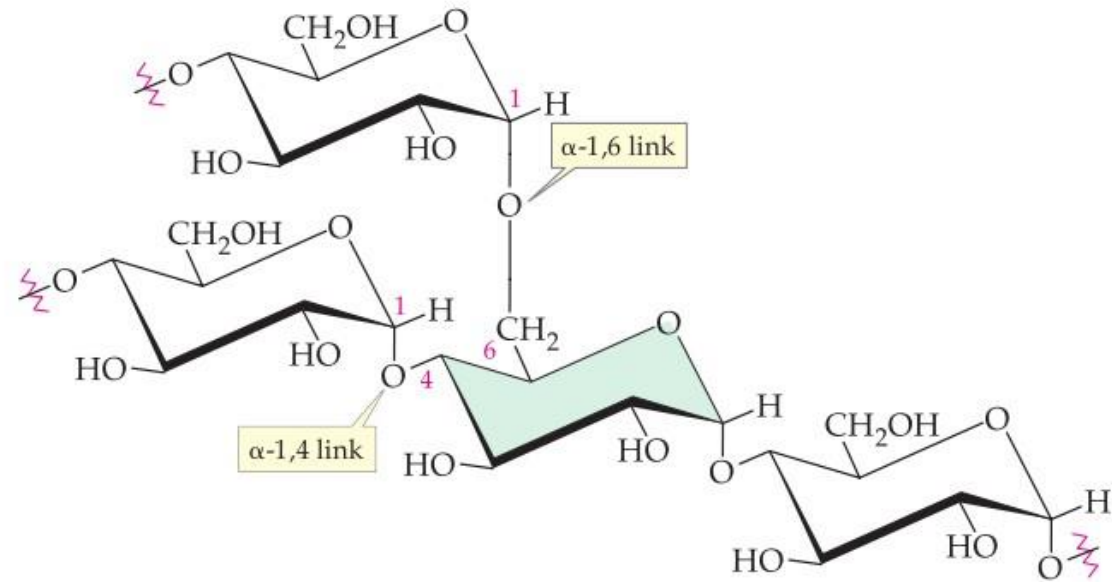
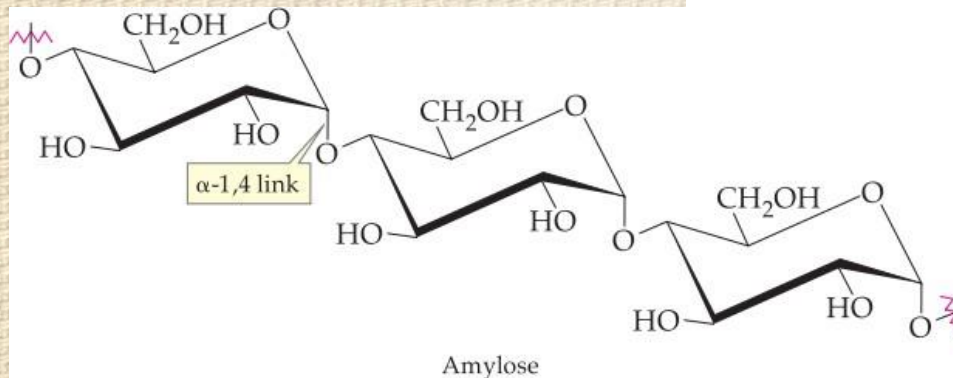
# Полісахариди: Целюлоза



Амілоза має лінійну будову



# Структура амілопектину (також властива для глікогену)

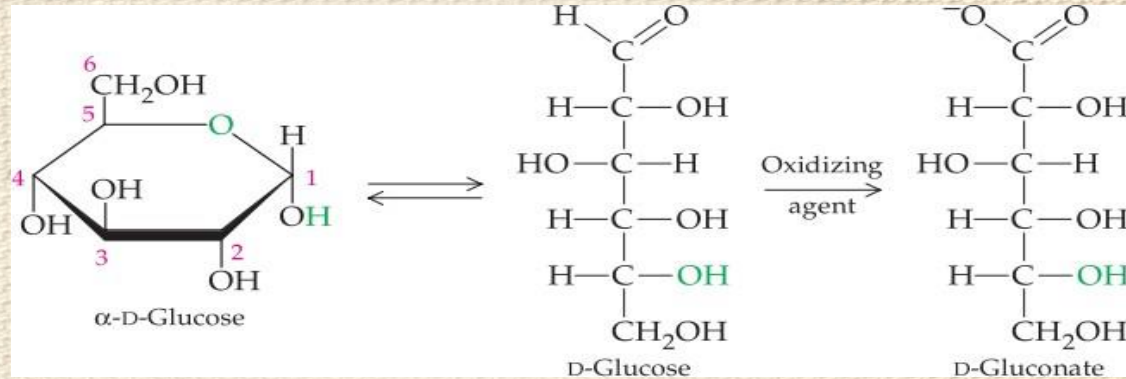


- Амілопектин, який складає 80% крохмалю, схожий на амілозу, але має більш довгі молекули (біля 100.000 залишків глюкози в молекулі і має розгалужені ланцюги) є нерозчинним у воді.

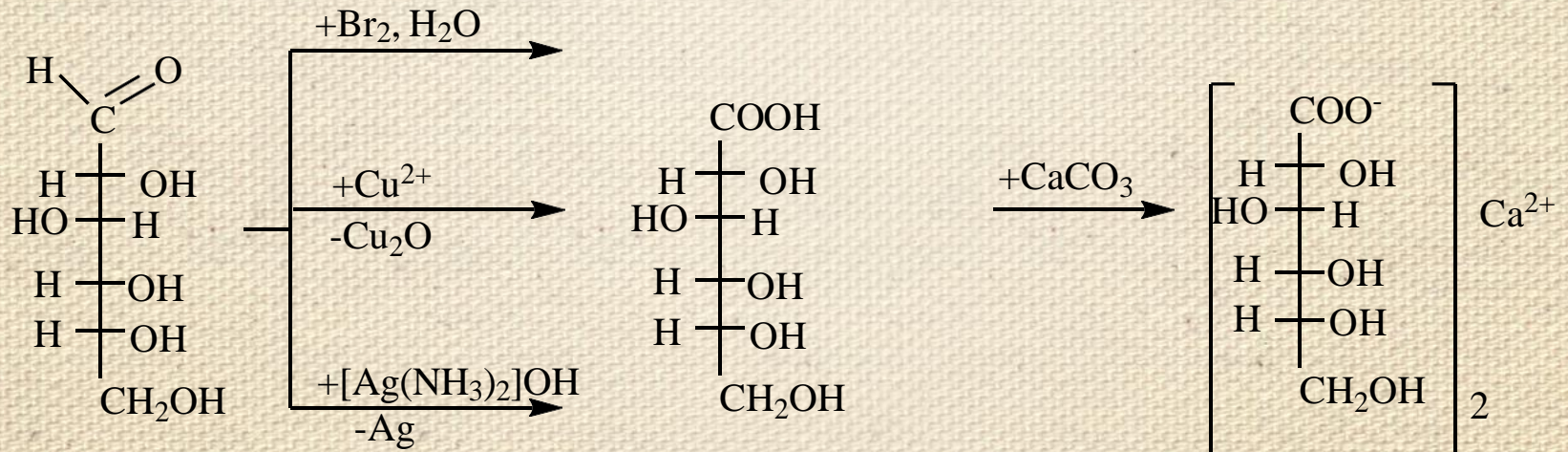


# Хімічні властивості вуглеводів

## М'яке окиснення (Загальна схема)



Окиснення  $\text{—C}(=\text{O})\text{—H}$  групи з утворенням **альдонової (глюконової) кислоти**

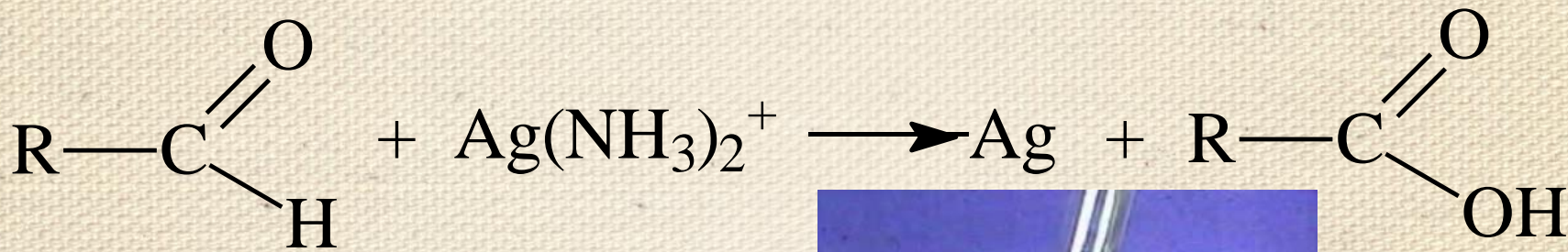


Глюконова кислота

Кальцію глюконат

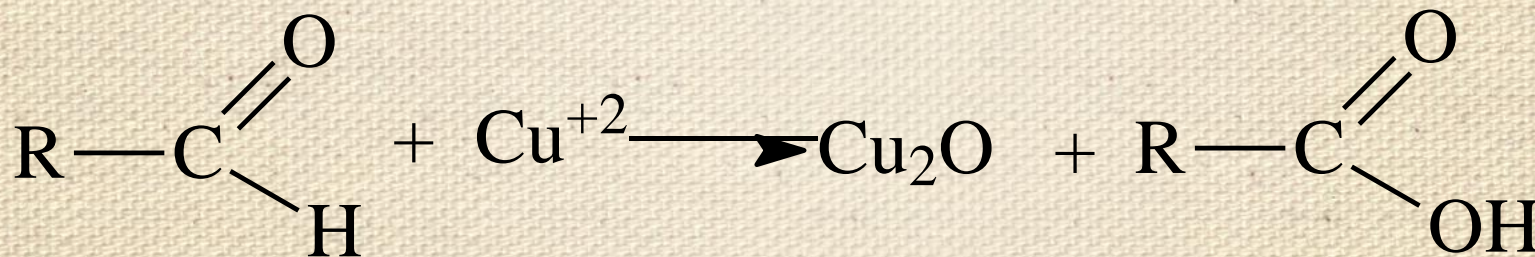


# МОНОСАХАРИДИ. Хімічні властивості. Окислення



альдоза

Реактив  
Толленса

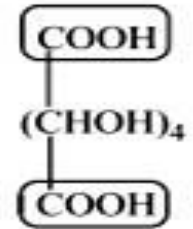
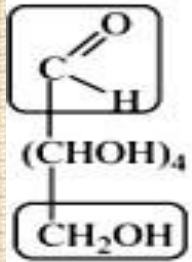


альдоза

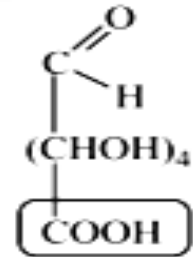
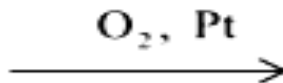
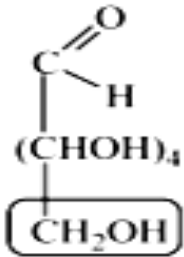
Реактив  
Фелинга



# Окиснення за допомогою сильних окисників

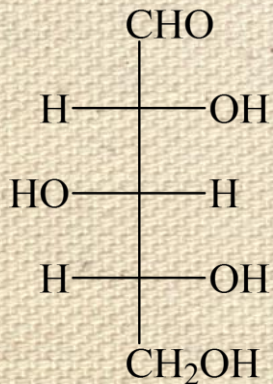


**Глюкарона кислота**

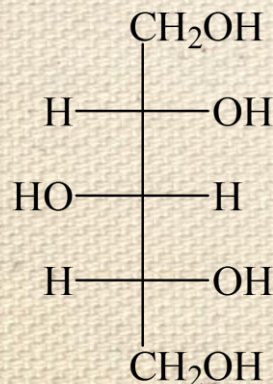
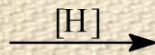


**Глюкуронова кислота  
(уронова кислота)**

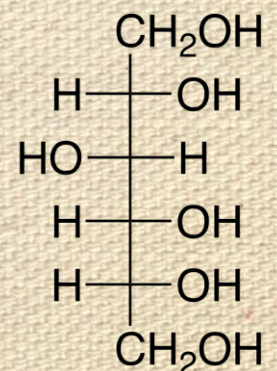
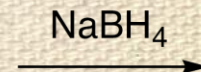
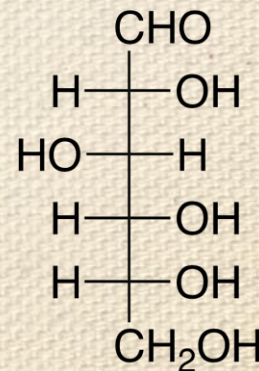
## Відновлення з утворенням багатоатомних спиртів



D-ксилоза



ксилит

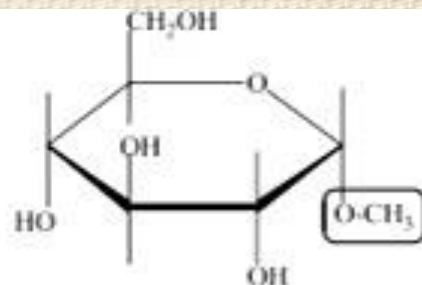
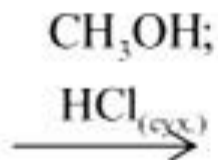
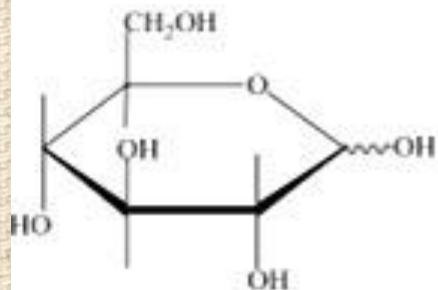


сорбіт

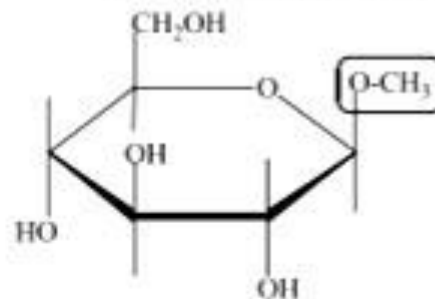


# Хімічні властивості циклічної форми глюкози

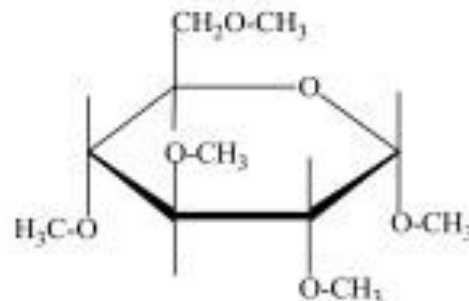
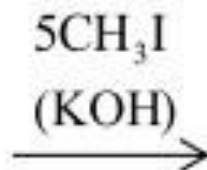
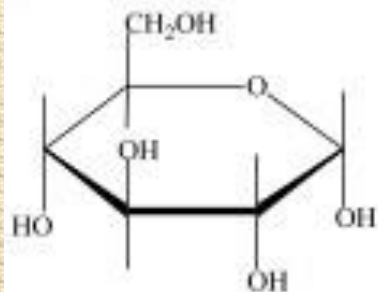
Оскільки глюкоза та інші моносахариди є циклічними напівацеталами вони реагують зі спиртами утворюючи ацеталі, які називають глікозидами



**Метил- $\alpha$ -D-глюкопіранозид**



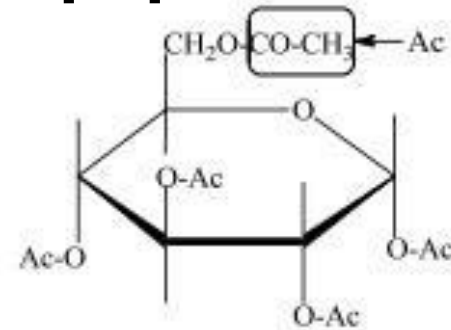
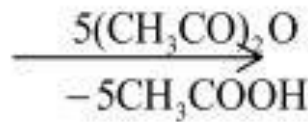
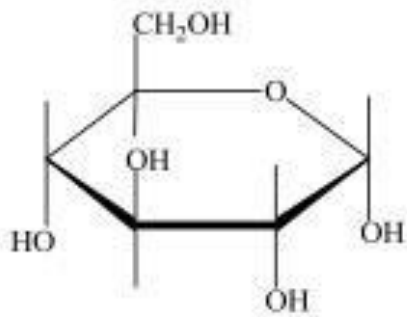
**Метил- $\beta$ -D-глюкопіранозид**



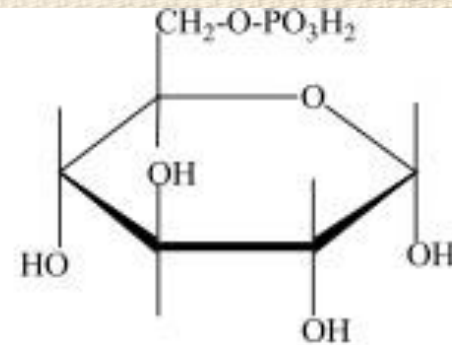
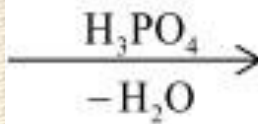
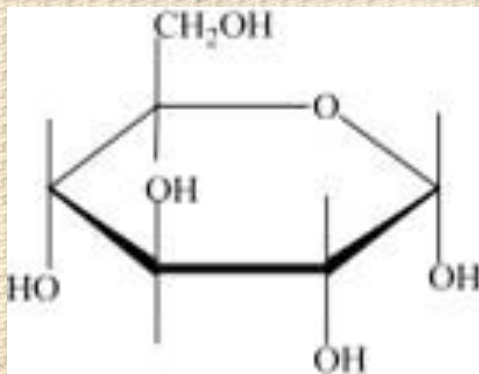
**Метил-2,3,4,6-тетраметил-D-глюкопіранозид**



# Хімічні властивості циклічної форми глюкози



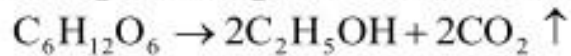
**1,2,3,4,6-пента-О-ацетил-D-глюкопіраноза  
(пентаацетилглюкоза)**



**Глюкозо-6-фосфат**

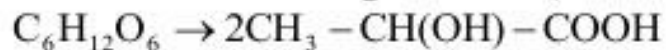
## Реакції бродіння глюкози

**Спиртове бродіння** (під дією ферменту дріжджів):



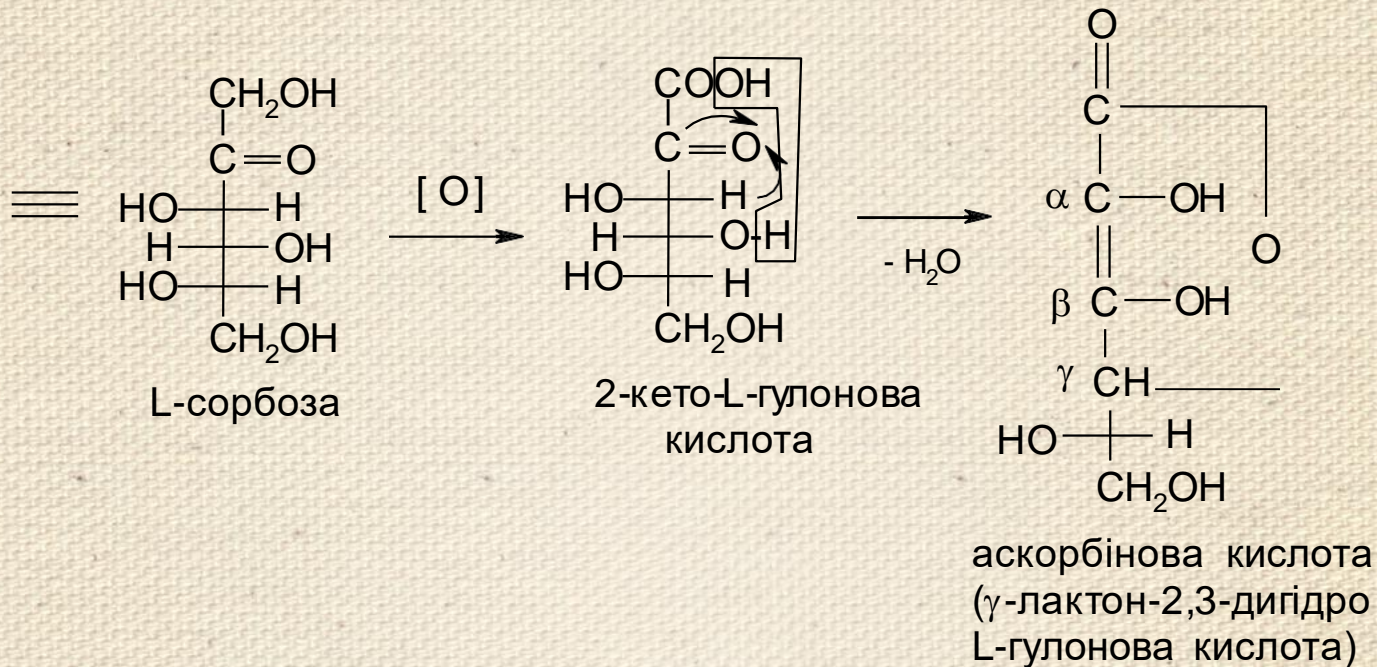
етанол

**Молочнокисле бродіння** (під дією ферментів молочнокислих бактерій):

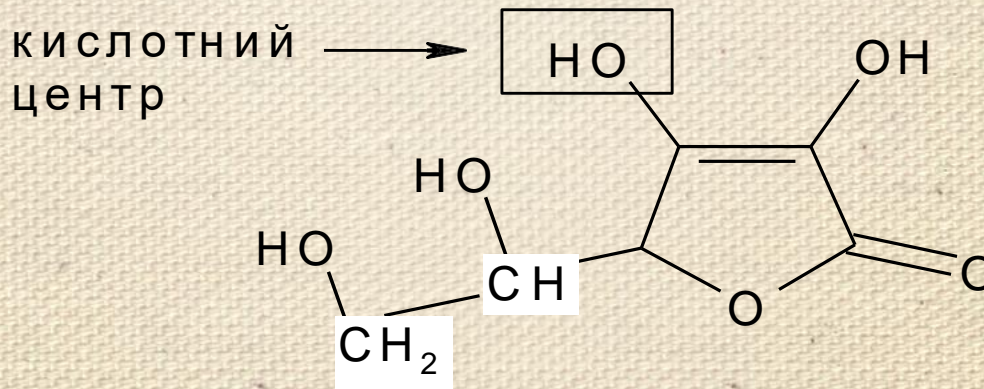


молочна кислота





Для зручності формулу аскорбінової кислоти прийнято зображувати таким чином

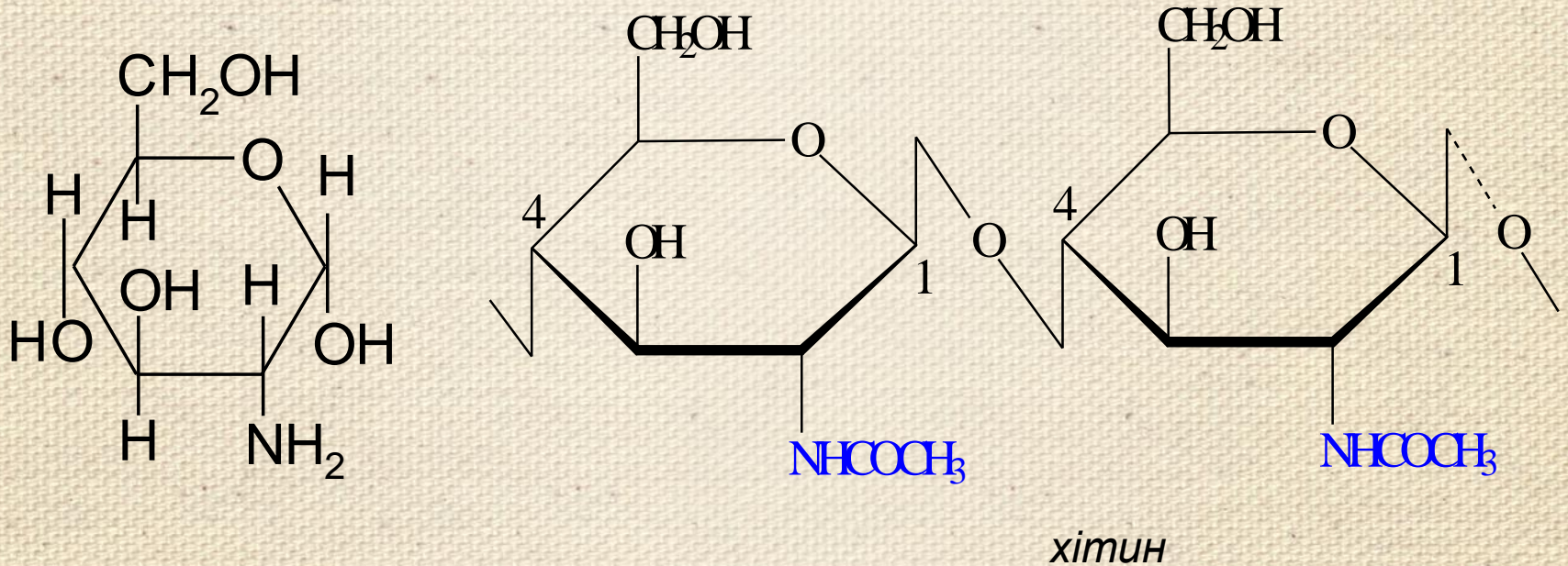




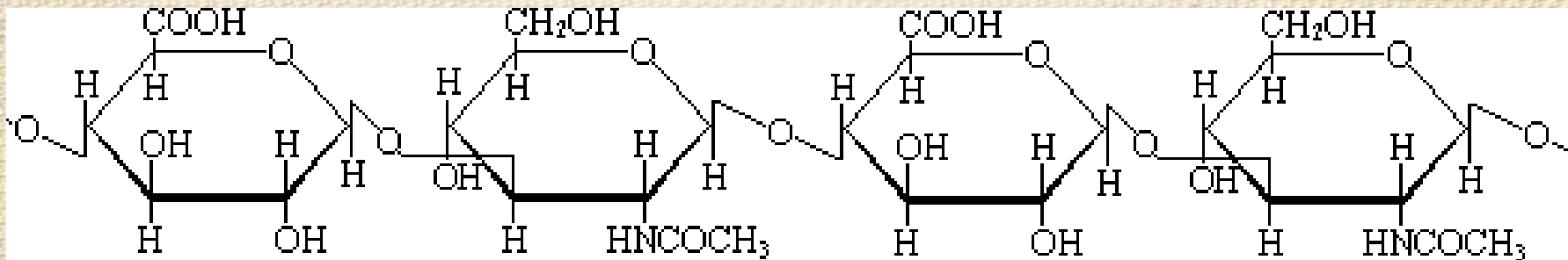
Потреба у вітаміні С для людини – 50-70 мг на добу. Його нестача в організмі понижує опірність організму до інфекційних хвороб

### Глюкозамін (2-дезоксиглюкопіраноза)

Глюкозамін – це основна частина полісахариду хітину. Він входить до складу антибіотику стрептоміцину. Це сильна основа, що з мінеральними кислотами утворює солі.







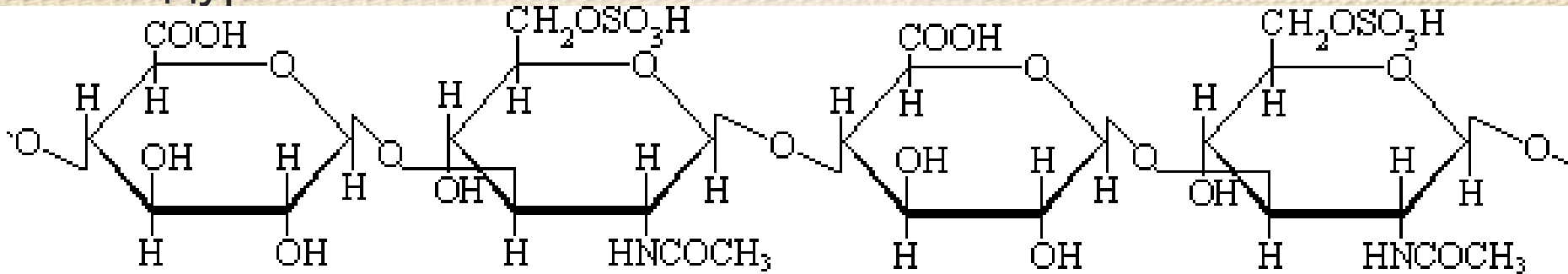
## **(1,4)-O- $\beta$ -D-Глюкоріранозилуронова кислота(1,3)-2-ацетиламідо-2-дезоксид- $\beta$ -D-глюкопіраноза**

Гіалуронова кислота - містить N-ацетилглюкозамін і глюкуронову кислоту зв'язані  $\beta(1 - 3)$  і  $\beta(1-4)$  глікозидними зв'язками

- Є основою сполучної тканини, міститься у синовіальній рідині, шкірі, хрящах, скловидному тілі ока, пупковині. Синовіальна рідина містить 0.02 – 0.05% гіалуронової кислоти.



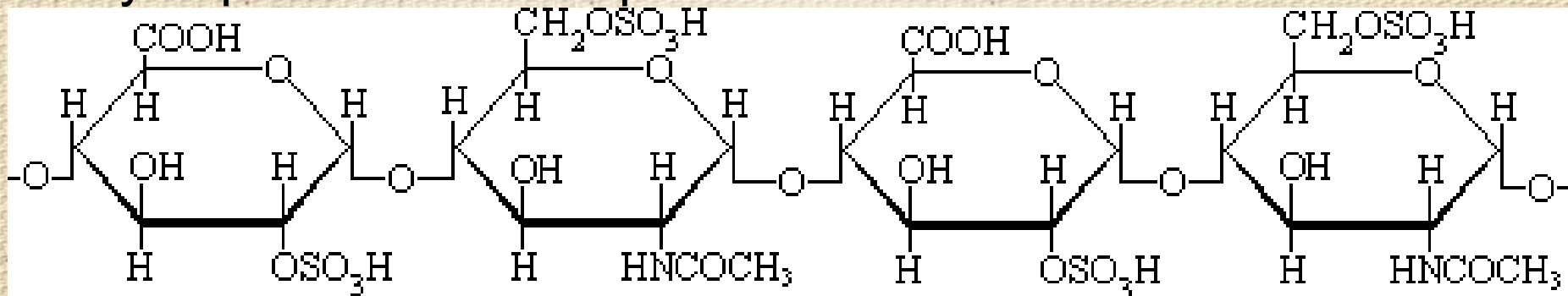
Хондроїтин сульфат. Складається N-ацетил  
 глюзамін-6 сульфату і глюкуронової кислоти або L-  
 ідурунової кислоти.



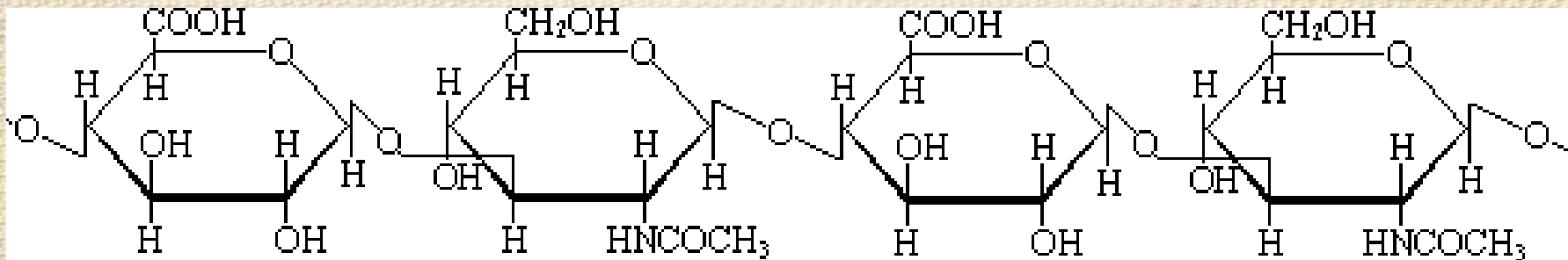
(1,4)-O-β-D-глюкопіранозилурунова кислота-(1,3)-2-  
 ацетоаміно-2-дезоксид-6-О-сульфо-β-D-  
 галактопіраноза

**Гепарин.**

(1,4)-O-α-D-глюкопіранозилурунова  
 кислота- 2-сульфо-(1,4)-2-сульфоамідо-2-дезоксид-6-О-  
 сульфо-α-D- глюкопіраноза







**(1,4)-O- $\beta$ -D-Глюкоріранозилуронова кислота(1,3)-2-ацетиламідо-2-дезоксид- $\beta$ -D-глюкопіраноза**

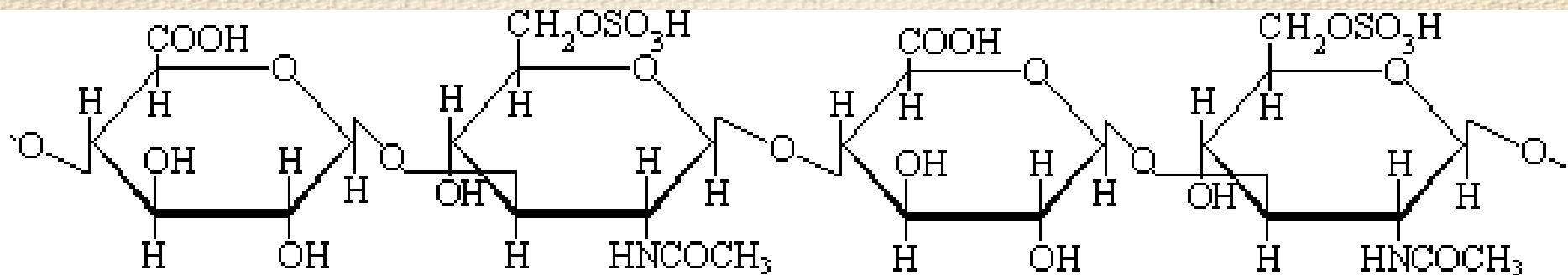
**Гіалуронова кислота** - містить N-ацетилглюкозамін і глюкуронову кислоту зв'язані  $\beta(1 - 3)$  і  $\beta(1-4)$  глікозидними зв'язками

- Є основою сполучної тканини, міститься у синовіальній рідині, шкірі, хрящах, скловидному тілі ока, пупковині. Синовіальна рідина містить 0.02 – 0.05% гіалуронової кислоти.



Хондроїтин сульфат.

Складається з N-ацетилглюкозамін-6 сульфату і глюкуронової кислоти або L-ідуронової кислоти.



**Гепарин.** (1,4)-O- $\alpha$ -D-глюкопіранозилуронова кислота-2-сульфо-(1,4)-2-сульфоамідо-2-дезоксиглюкопіраноза

