

**Запорізький державний медичний університет**



**Кафедра клінічної лабораторної діагностики**

---

---

**Вуглеводи: класифікація, структура моно-,  
оліго- та полі-сахаридів,  
їх фізико-хімічні властивості та біологічна роль.**

---

---

**к.фарм.н. Євсєва Людмила Володимирівна**

Багато простих вуглеводів мають емпіричну форму  $C_nH_{2n}O_n$ . Було доказано, що вони складаються з Карбону, Оксигену і Гідрогену, при чому співвідношення між воднем і киснем таке як у воді, тому їх назвали “вуглеводи” – “гідрати карбону”  
 $C_n(H_2O)_n$

**Вуглеводи** це численна група природних і синтетичних сполук, які є за хімічною будовою полігідроксильними речовинами, що містять альдегідну або кетонну групи, або ж утворюючими їх при гідролізі.

# Біологічні функції вуглеводів

1. Енергетична – при окисленні 1 грама вуглеводів виділяється 17,2 кДж/г
2. Резервна: глікоген.
3. Вуглеводи є джерелом Карбону з якого синтезуються інші речовини (білки, ліпіди, нуклеїнові кислоти).
4. Вуглеводи є структурними одиницями ДНК і РНК (рибоза дезоксирибоза).
5. Олігосахаридні комплекси глікопротеїни і гліколіпіди мембран утворюють центри розпізнавання біомолекул, виконують роль антигенів.

# Класифікація вуглеводів

1. **Моноцукри або моносахариди** (вуглеводи та їх похідні, котрі нездатні розщеплюватися без втрати основних вуглеводних властивостей) **Наприклад: глюкоза, рибоза, ксилоза, фруктоза**
2. **Олігоцукри (полісахариди I порядку)**. Гідролізуються з утворенням від 2 до 10 моноцукрів. **Наприклад сахароза, лактоза, маноза, рафіноза.**
3. **Полісахариди (полісахариди II порядку або глікани)**. Це високомолекулярні полімери моноцукрів або їхніх похідних. Гідролізуються з утворенням від 11 до тисяч моноцукрів. Поділяються на гомополісахариди та гетерополісахариди. **Наприклад: целюлоза, крохмаль, глікоген, гепарин.**

# Класифікація вуглеводів

## Вуглеводи

**Моноцукри або моносахариди**  
(вуглеводи та їх похідні, котрі нездатні розщеплюватися без втрати основних вуглеводних властивостей)

**Олігоцукри**  
(полісахариди I порядку).  
Гідролізуються з утворенням від 2 до 10 моноцукрів.

**Полісахариди**  
(полісахариди II порядку або глікани).  
Це високомолекулярні полімери моноцукрів або їхніх похідних.  
Гідролізуються з утворенням від 11 до тисяч моноцукрів.

гетерополісахариди

гомополісахариди

# Класифікація моносахаридів.

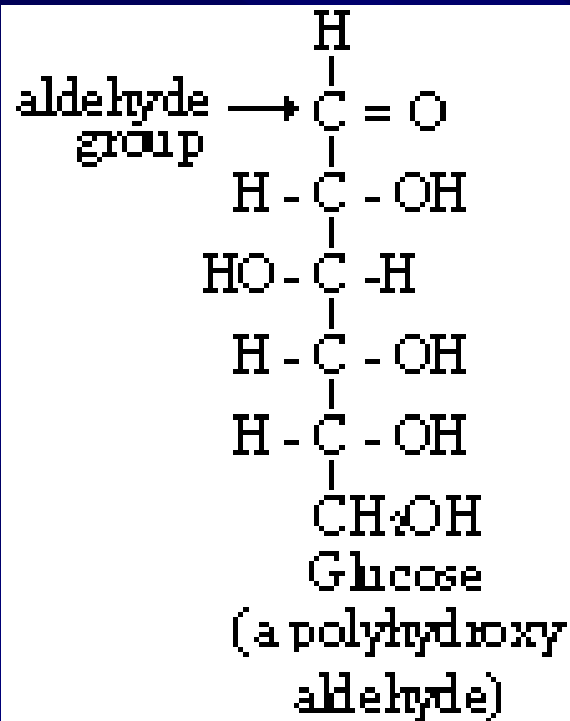
## 1. За природою карбонільної групи:

- Кетози – містять кетонну і декілька гідроксильних груп.
- Альдози – містять альдегідну і декілька гідроксильних груп.

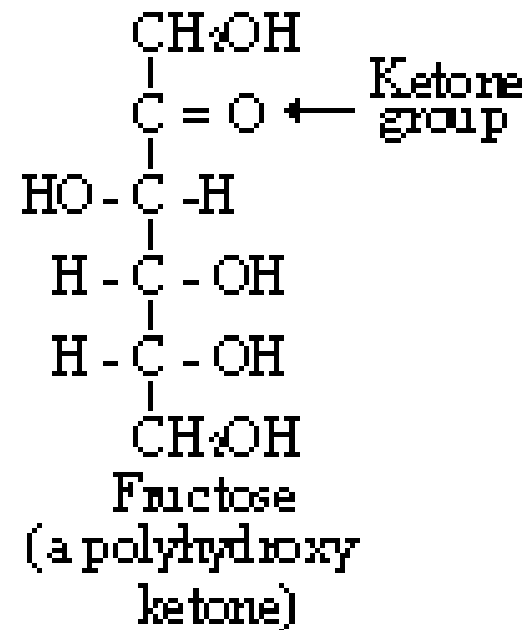
## 2. За кількістю атомів Карбону:

- Тетрози;
- Пентози;
- Гексози;
- Гептози.

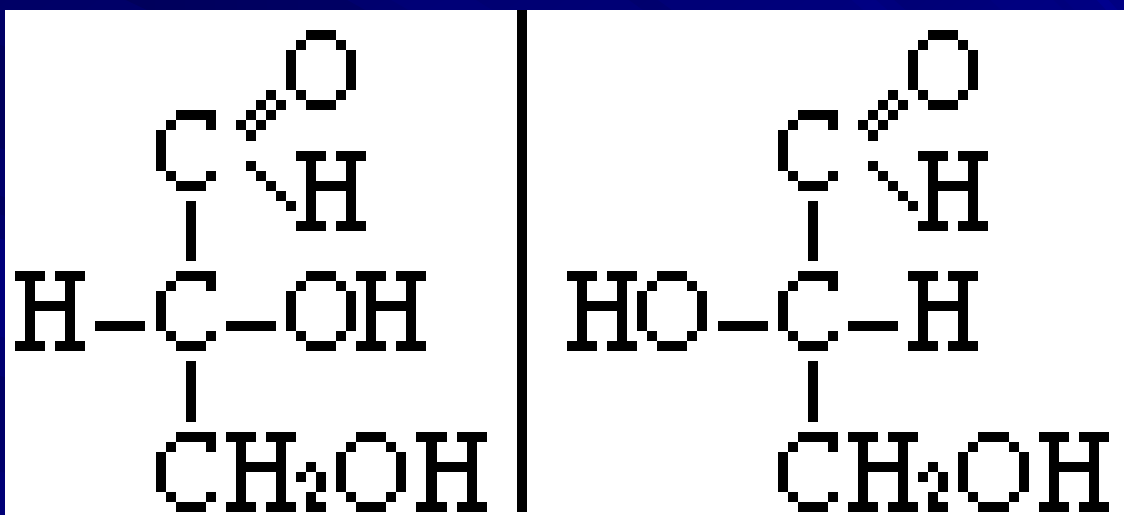
## Глюкоза



## Фруктоза



# Гліцериновий альдегід.

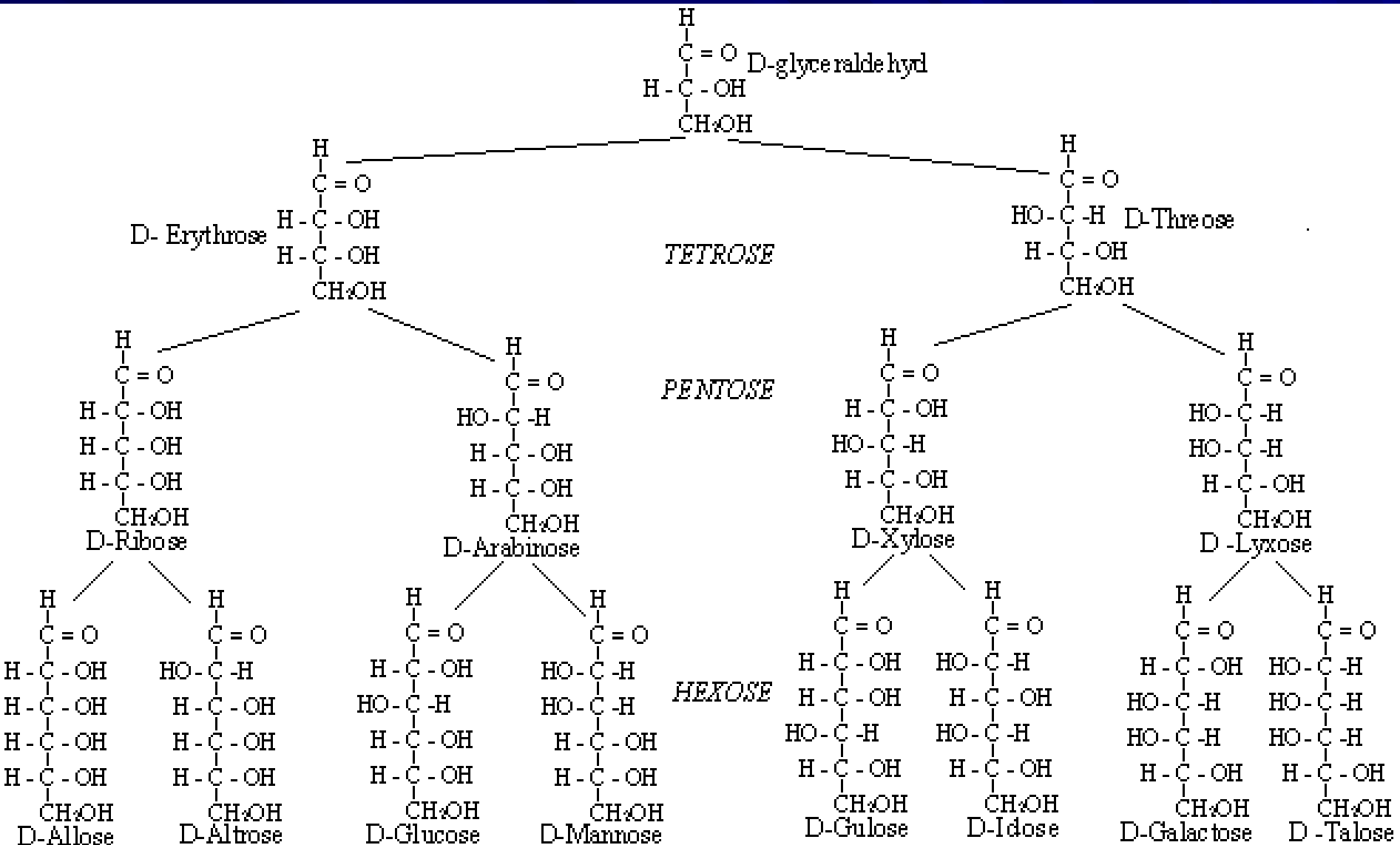




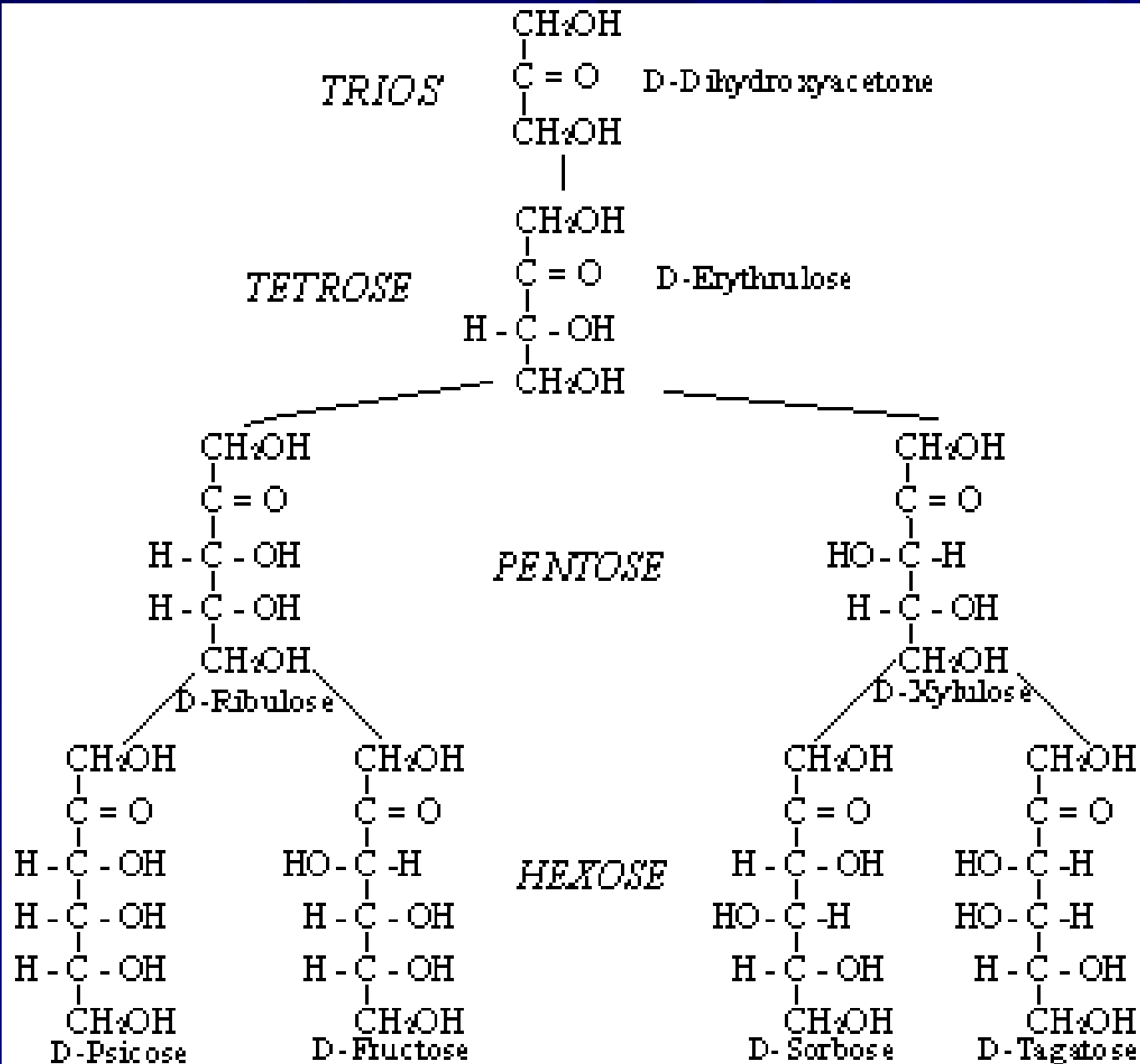
## Властивості моноцукрів

- **Стереοізомерія** – явище існування декількох просторових ізомері: геометрична, оптична.
- **Оптичні ізомери** – це сполуки, які мають один або декілька асиметричних (хіральних) атоми карбону.
- **Енантіомери:**
  - Це просторові ізомери, які відносяться один до одного як предмет і його дзеркальне відображення (D і L конфігурація).
  - вони повертають площину поляризованого світла в різних напрямках: правоповертаючі – за годинниковою стрілкою (+) і лівоповертаючі (-) – проти годинникової стрілки енантіомери.
- **Діастеріоізомери** – оптичні ізомери, які не є дзеркальними відображеннями один одного.
- **Епімери** – це оптичні діастеріоізомери, які відрізняються положенням функціональних груп лише біля одного асиметричного атома.

# Альдози

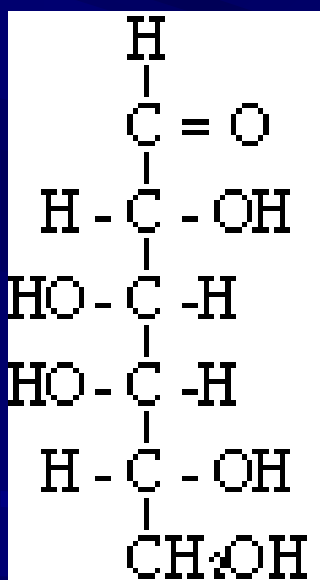


# КЕТОЗИ

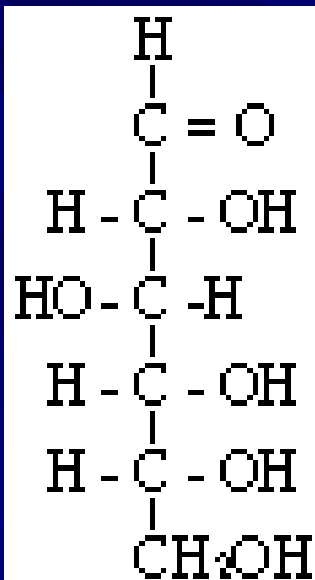


# Важливі моносахариди.

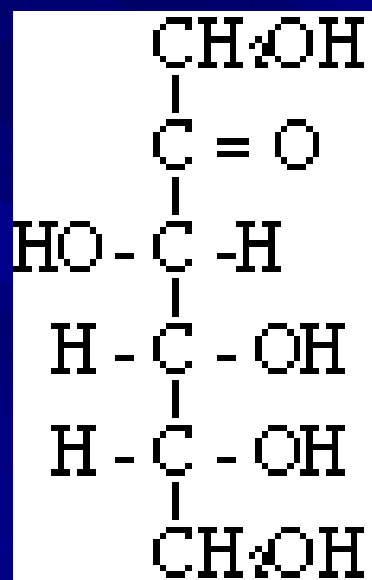
D-Галактоза



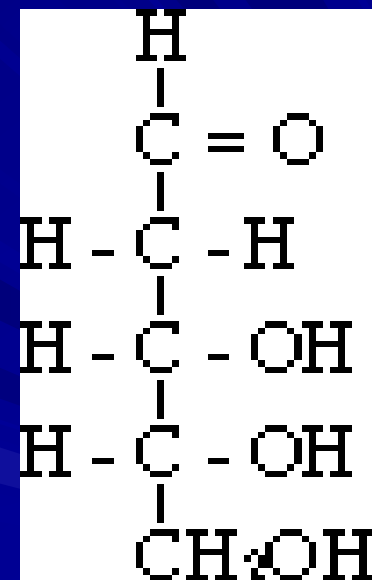
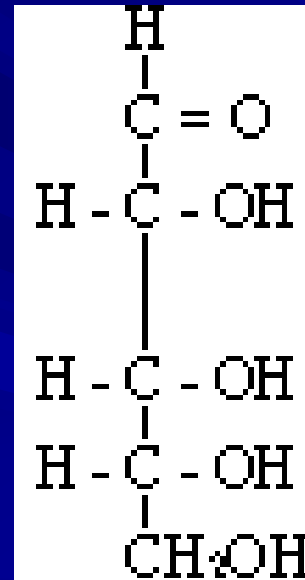
D-Глюкоза

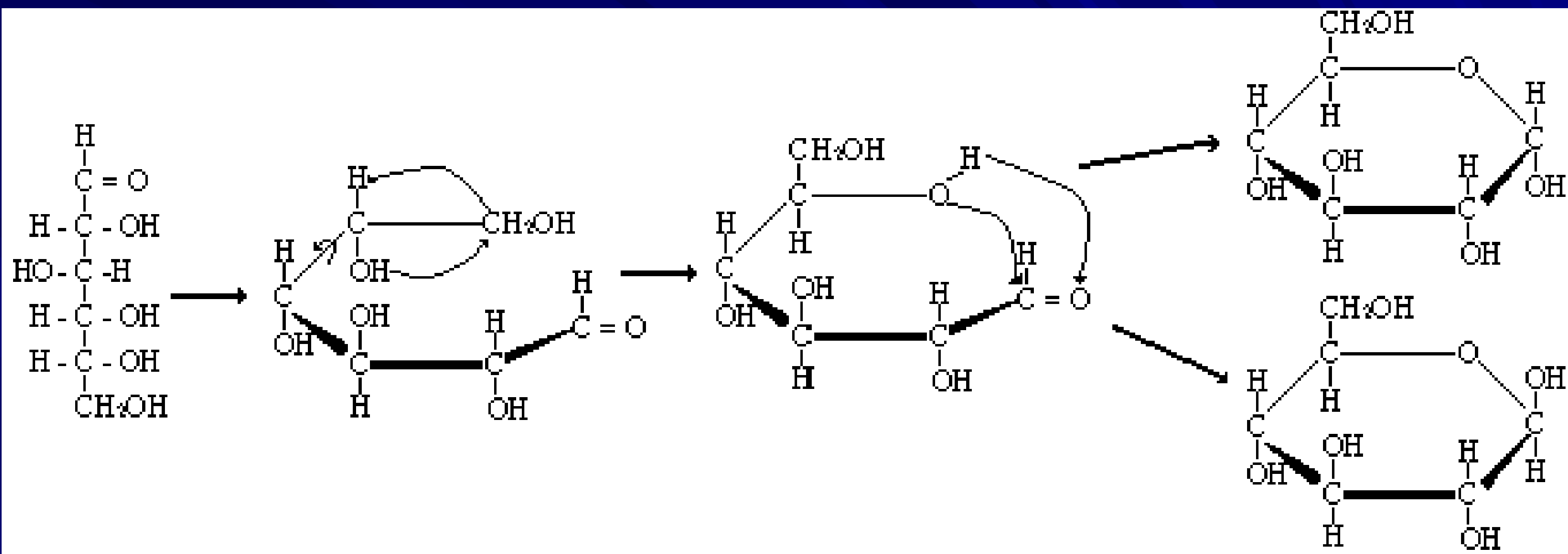


D-Фруктоза

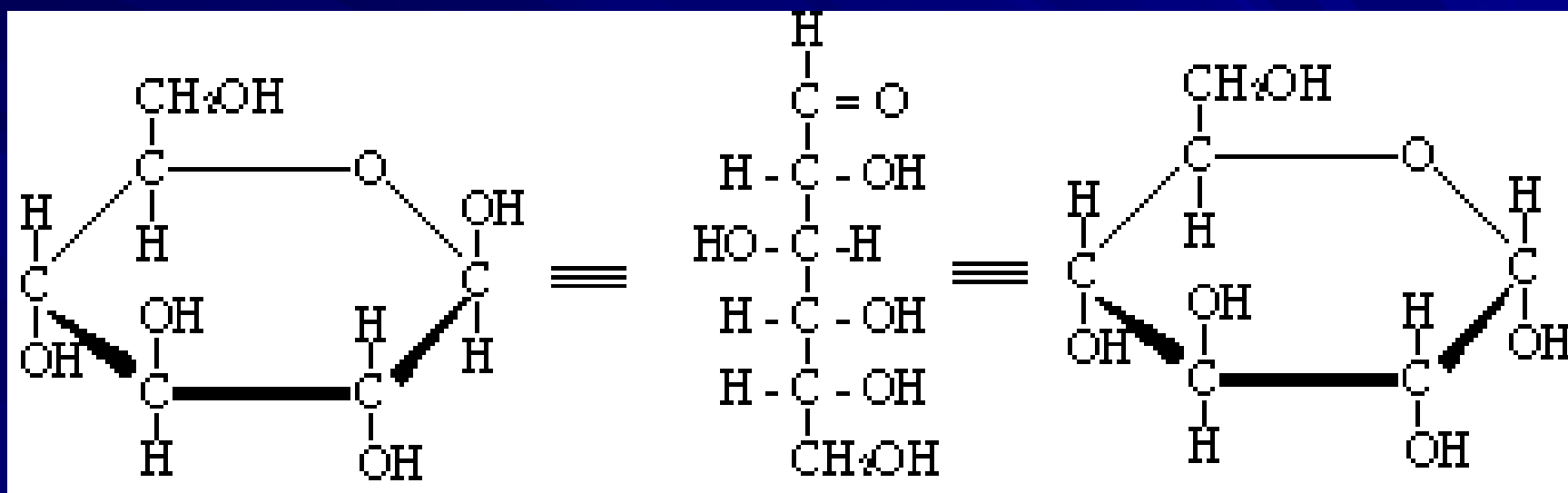


D-Рибоза 2-Дезокси-D-рибоза





# Хеуорса і Фішера проєкції

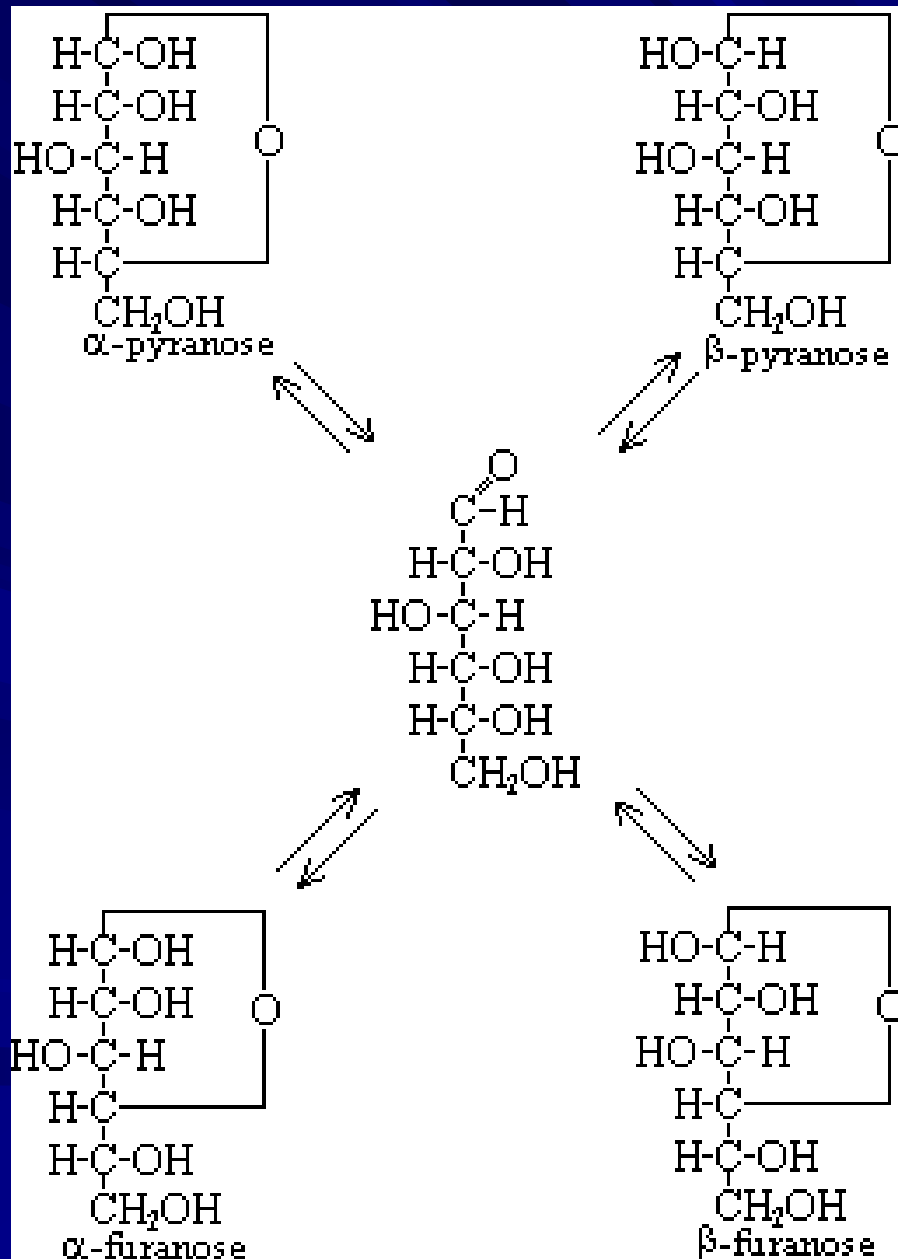


■  $\beta$ -форма

$\alpha$ -форма

# Мутаротація.

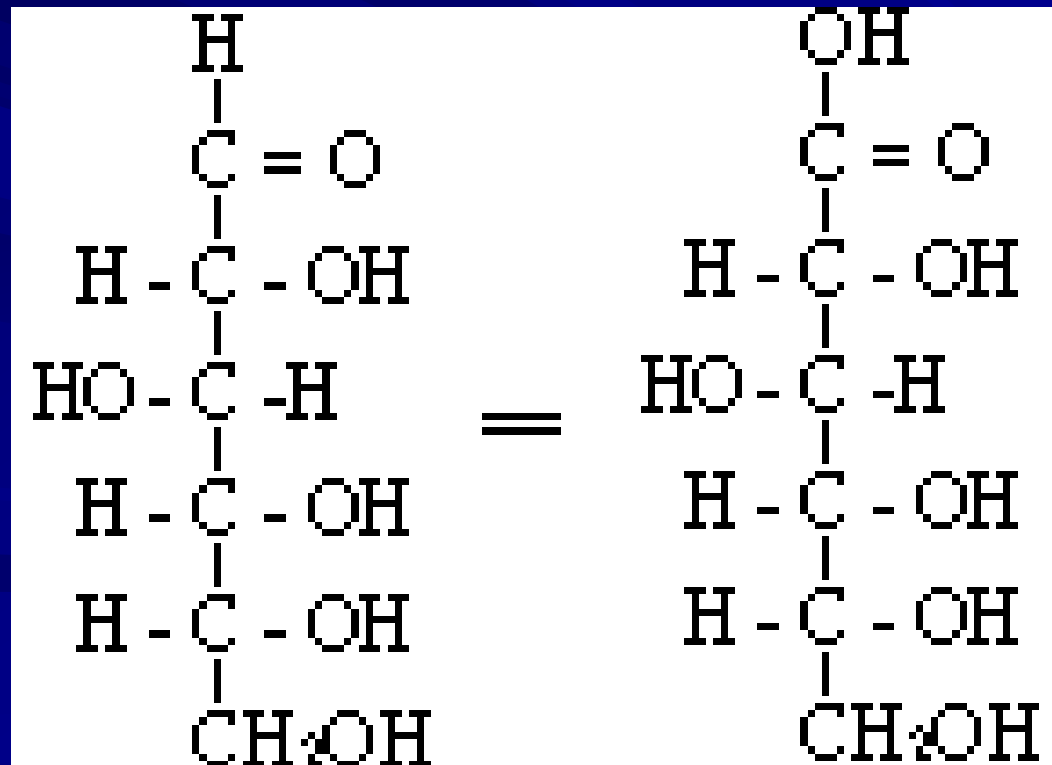
- При розчиненні моносахаридів у воді циклічні  $\alpha$ -,  $\beta$ -фуранозні, піранозні форми і альдозна форми переходять одна в одну. Це явище цикло-оксо-таутомерією.
- Цей процес супроводжується спонтанною змінною величини кута повороту площини поляризованого світла називається мутаротацією.



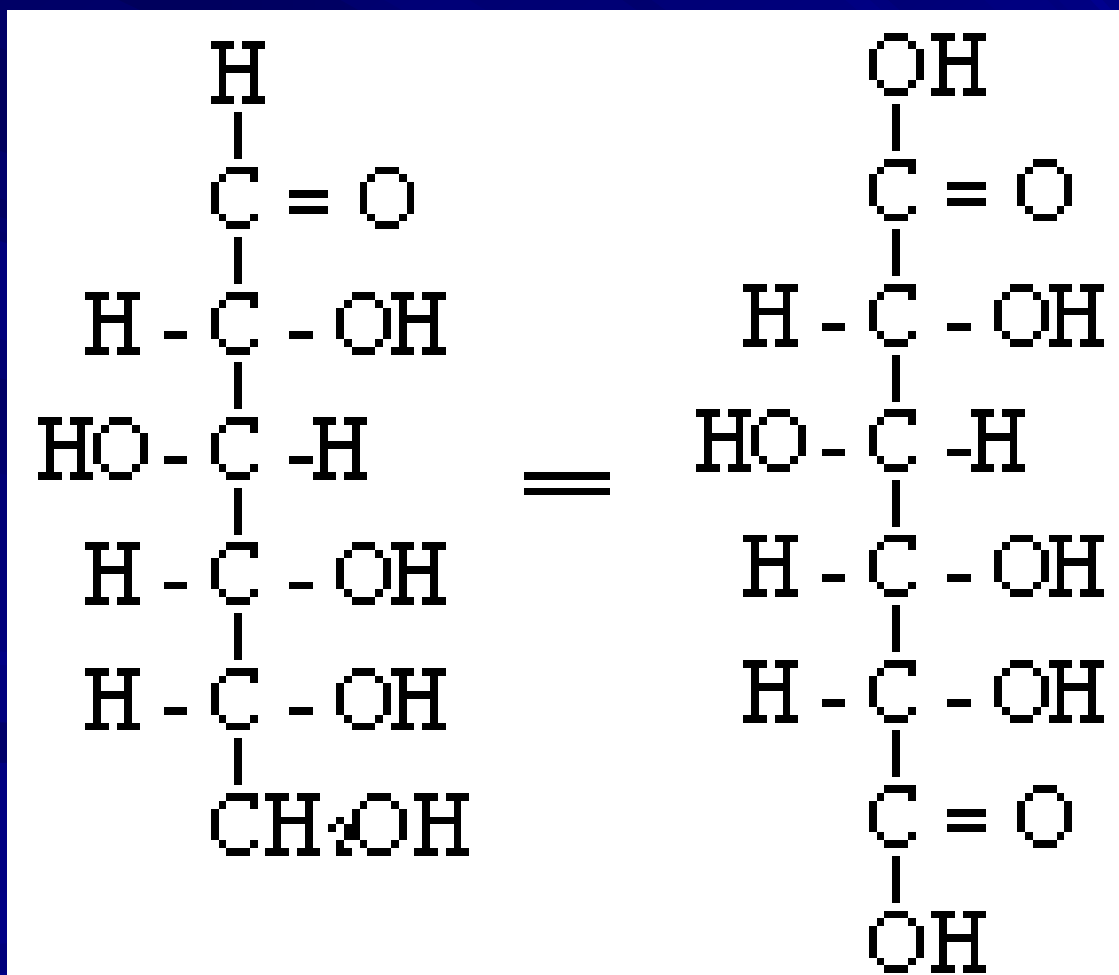


# Окислення

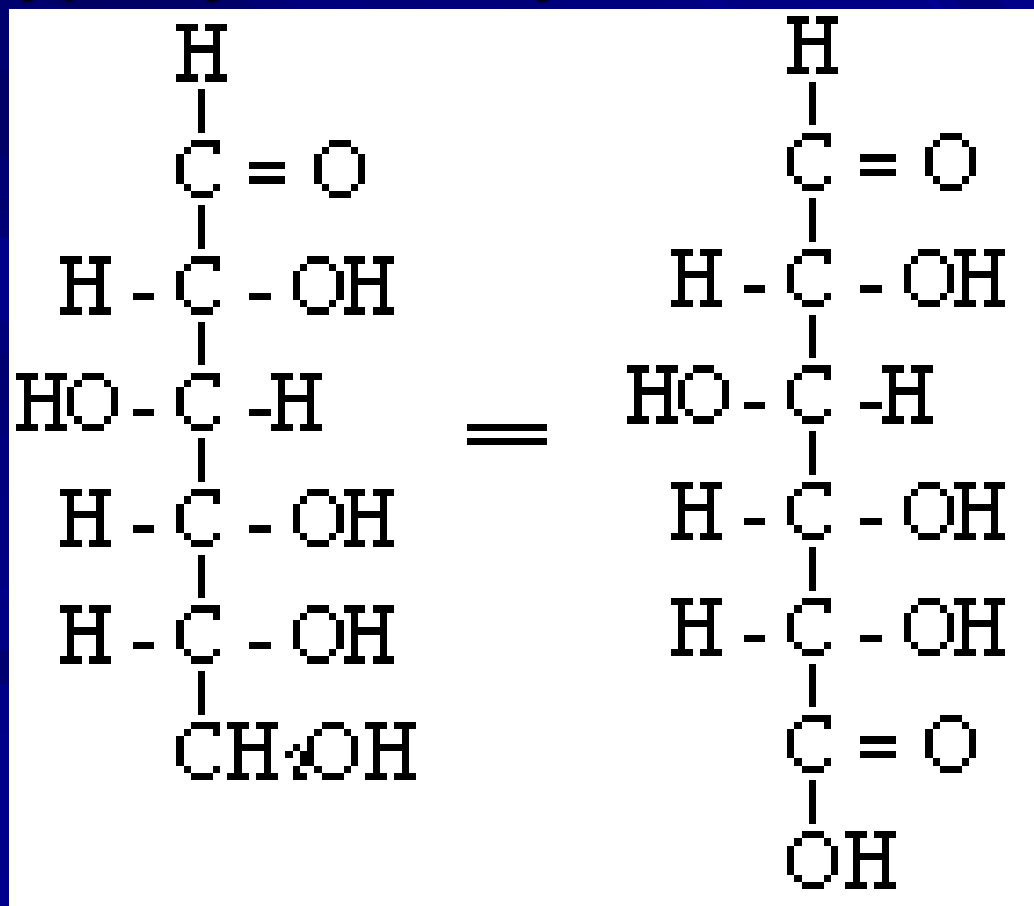
- При окисленні моносахаридів слабкими окисниками утворюються **альдонові (гліконові) кислоти**. При окисленні глюкози утворюється глюконова кислота.



■ Сильні окисники окисляють моносахариди до дикарбонових кислот (альдарових – цукрових кислот) глюкоза окисляється до гюкарової кислоти.

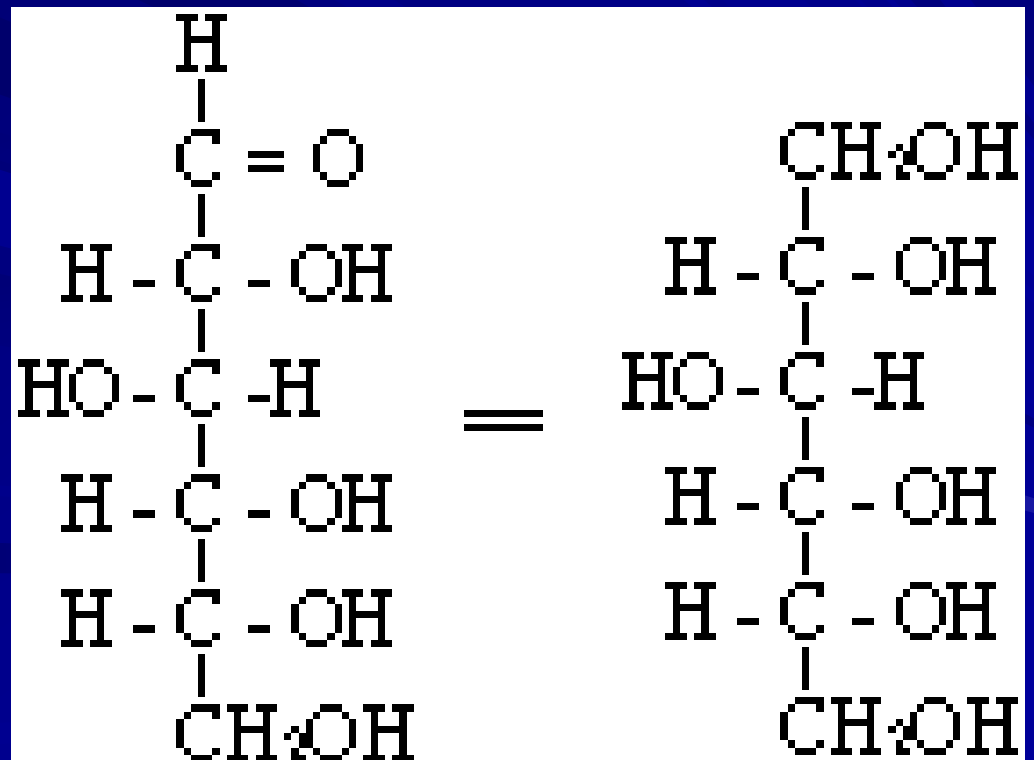


- В біологічних процесах ферменти здатні окислити первинну спиртову групу моносахаридів до карбоксильної при цьому утворюються уронові кислоти для глюкози глюкурону кислоту.

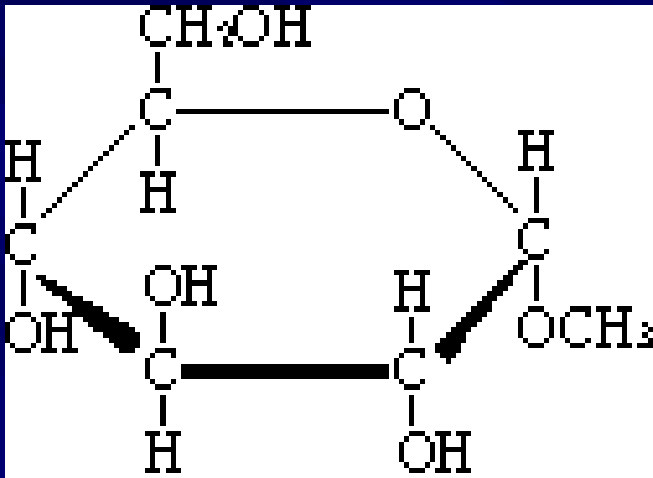


# Відновлення.

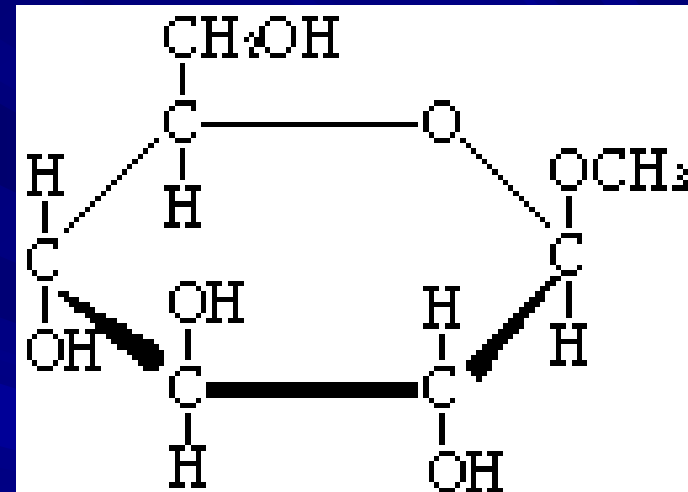
- При відновленні альдоз і кетоз утворюються багатоатомні спирти (цукрові спирти). Глюкоза відновлюється до сорбітолу.



# Глікозиди.

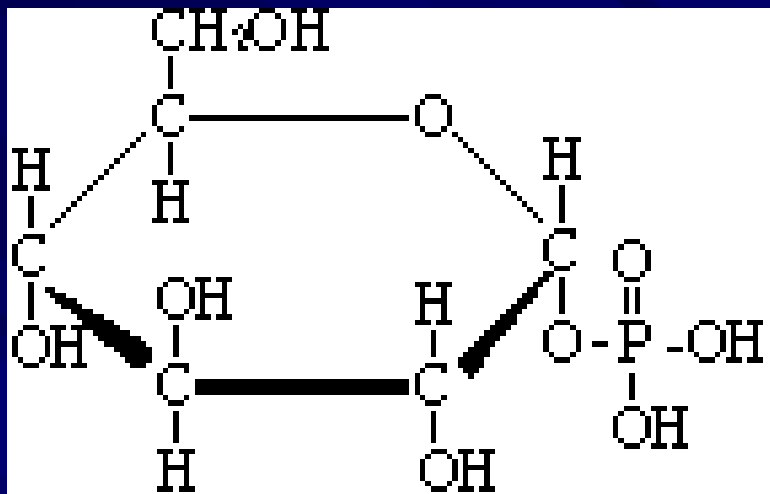


Метил- $\alpha$ -D-глюкозид

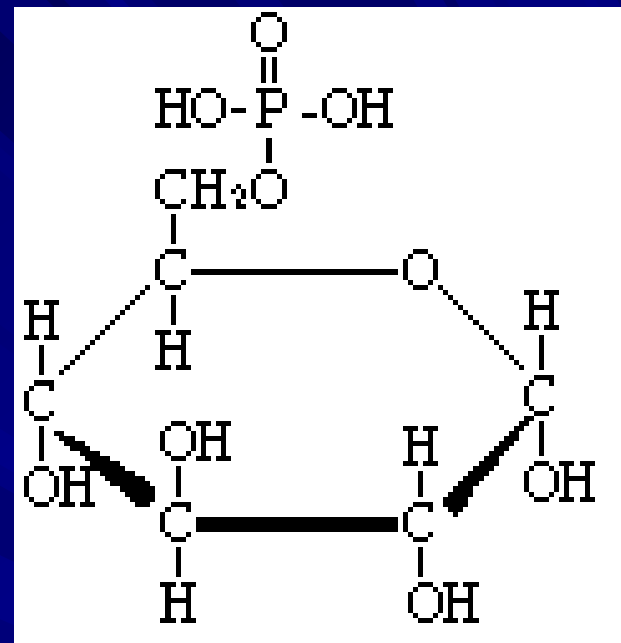


Метил- $\beta$ -D-глюкозид

# Эстери

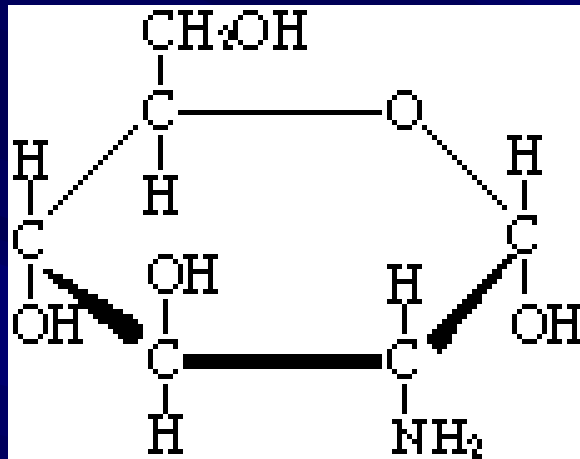


$\alpha$ -D-глюкозо-1-фосфат

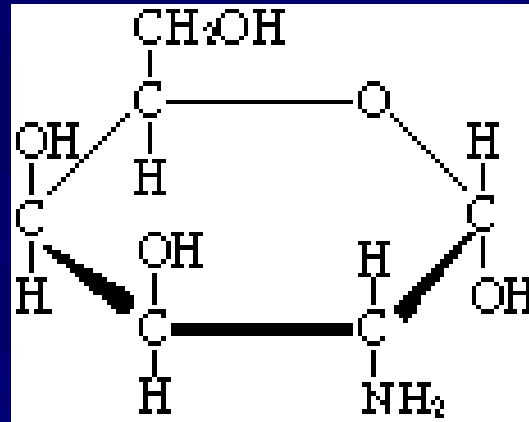


$\alpha$ -D-Глюкозо-6-фосфат

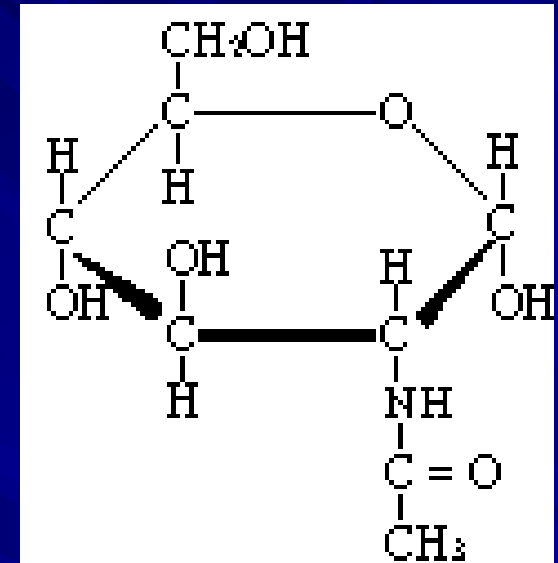
# Аміно цукри



$\alpha$ -D-Глюкозамін

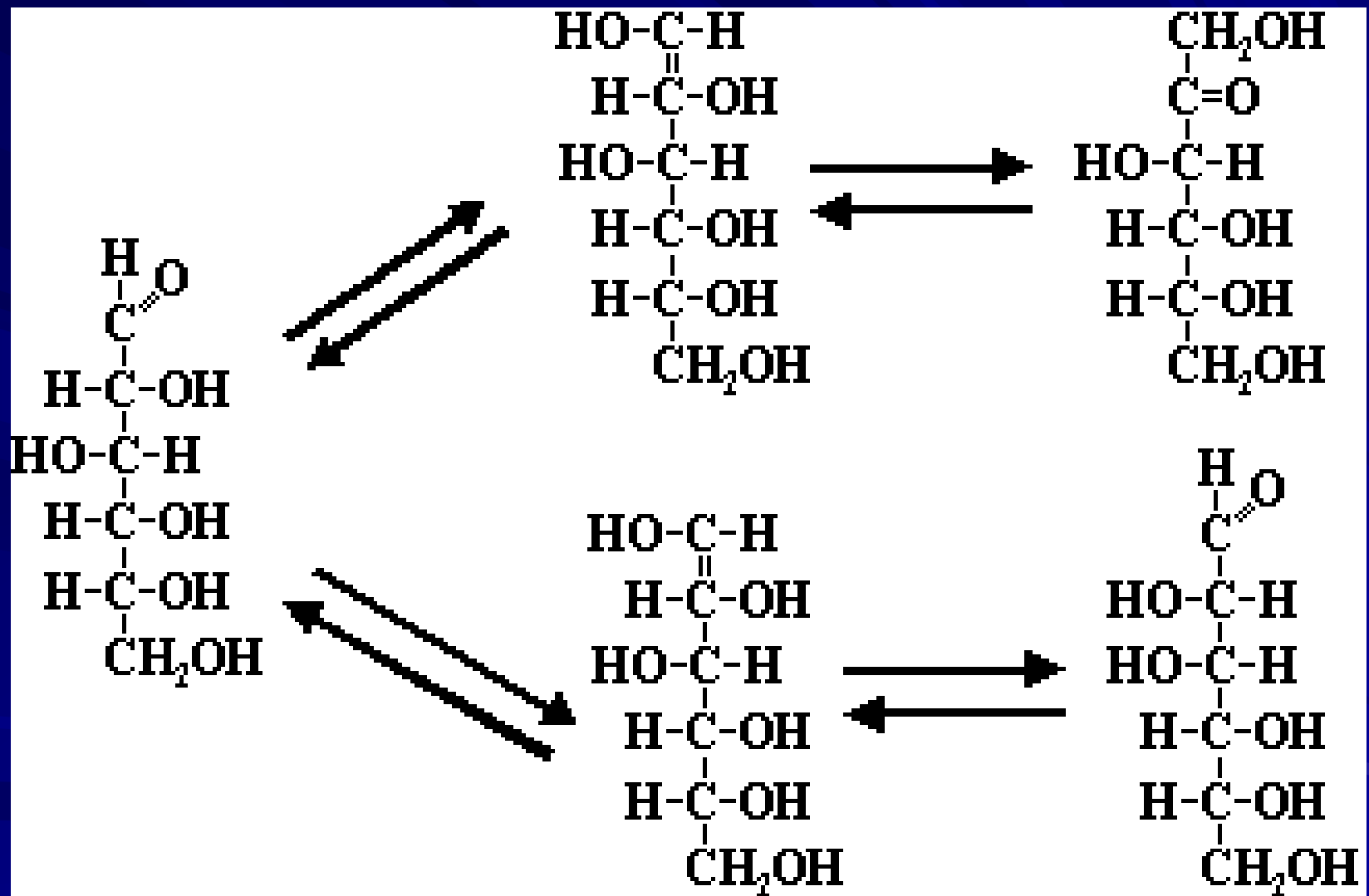


$\alpha$ -D-Галактозамін



N-Ацетил $\alpha$ -D-глюкозамін

# Ізомеризація



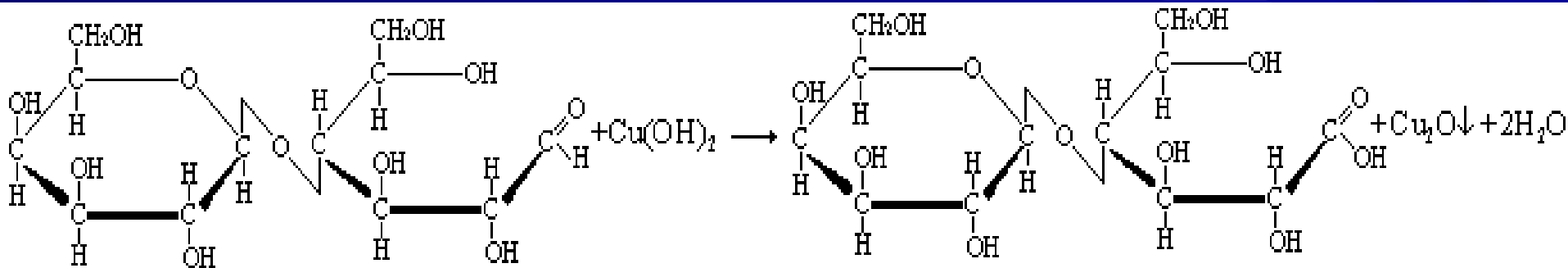


# Олігосахариди

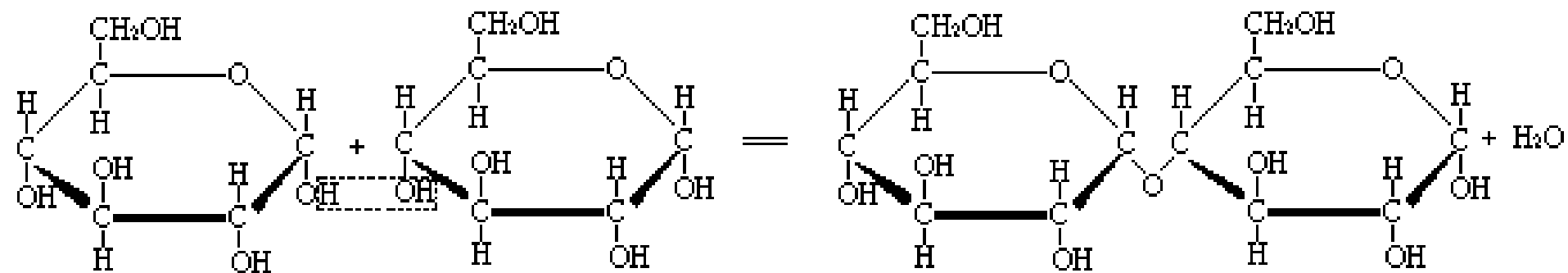
■ - вуглеводи, під час гідролізу яких утворюється ввід 2 до 10 моносахариди.

■ **Дисахариди**  $C_{12}H_{22}O_{11}$  — білі кристалічні речовини, солодкі на смак, добре розчині у воді, під час гідролізу яких утворюються два моносахариди.

■ **Відновлюючі і невідновлюючі.**

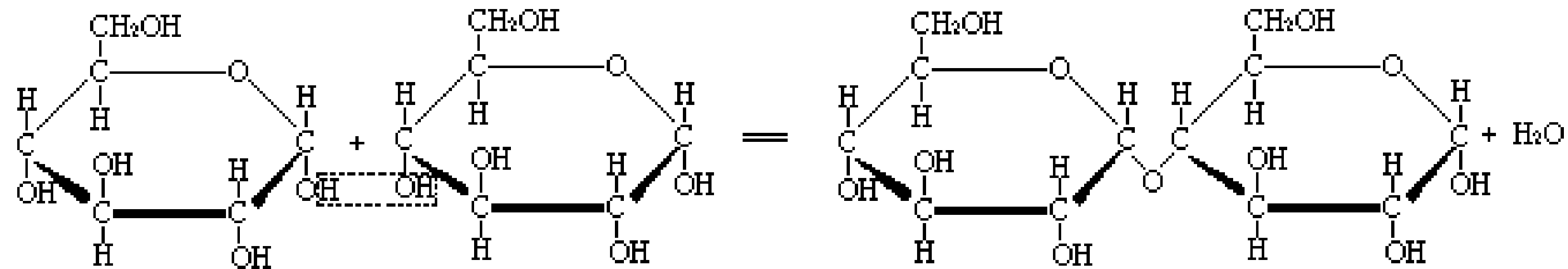


# Реакція утворення дисахаридів

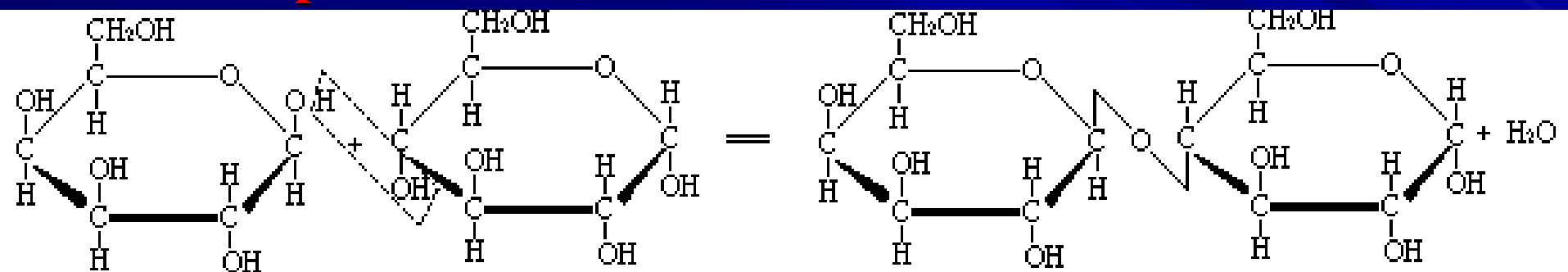


(Як напівацеталь (Як спирт) (Глікозит)  
напівкеталь)

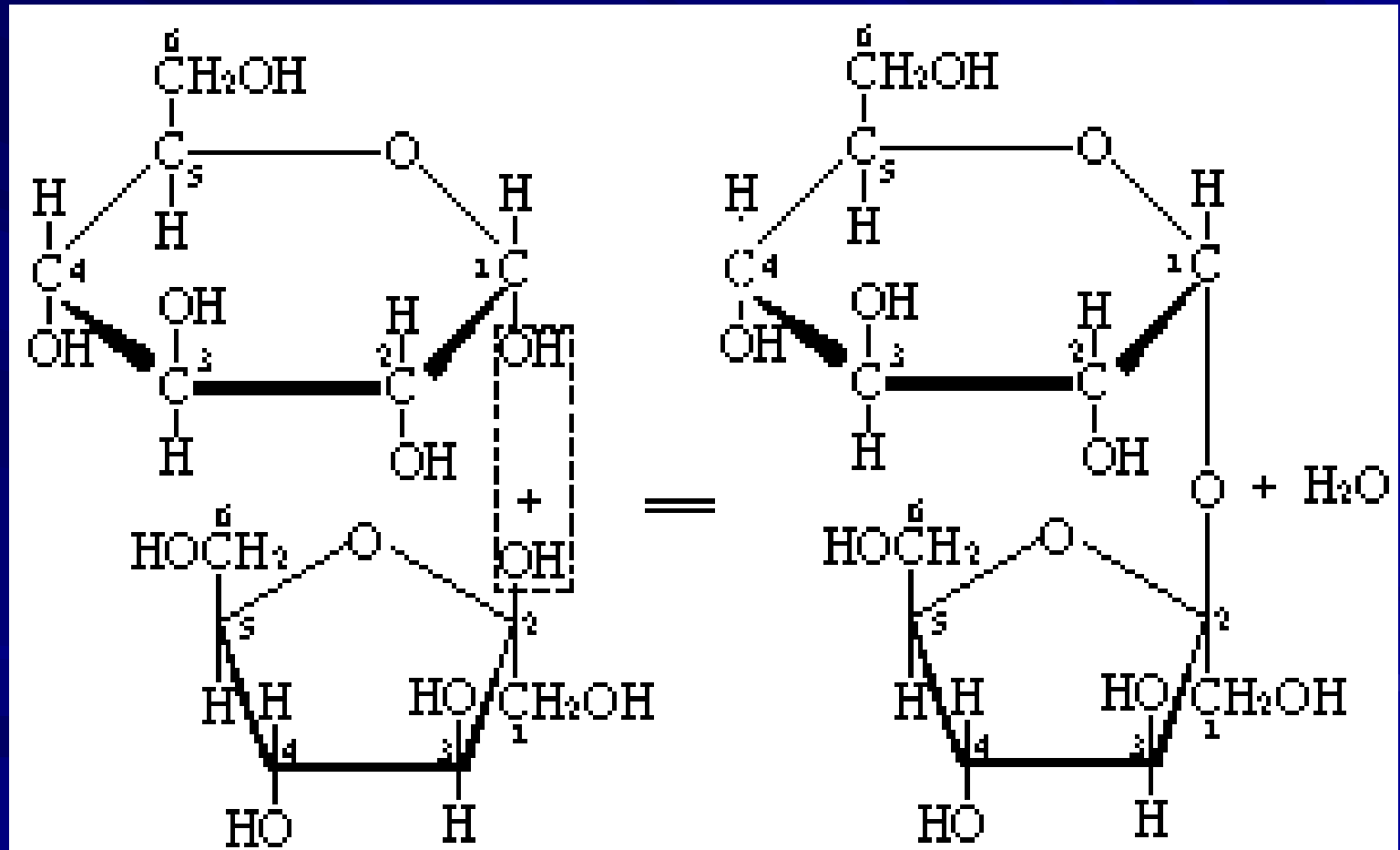
# Мальтоза - 4-О-( $\alpha$ -D-глюкопіранозидо)- $\alpha$ -D-глюкопіраноза



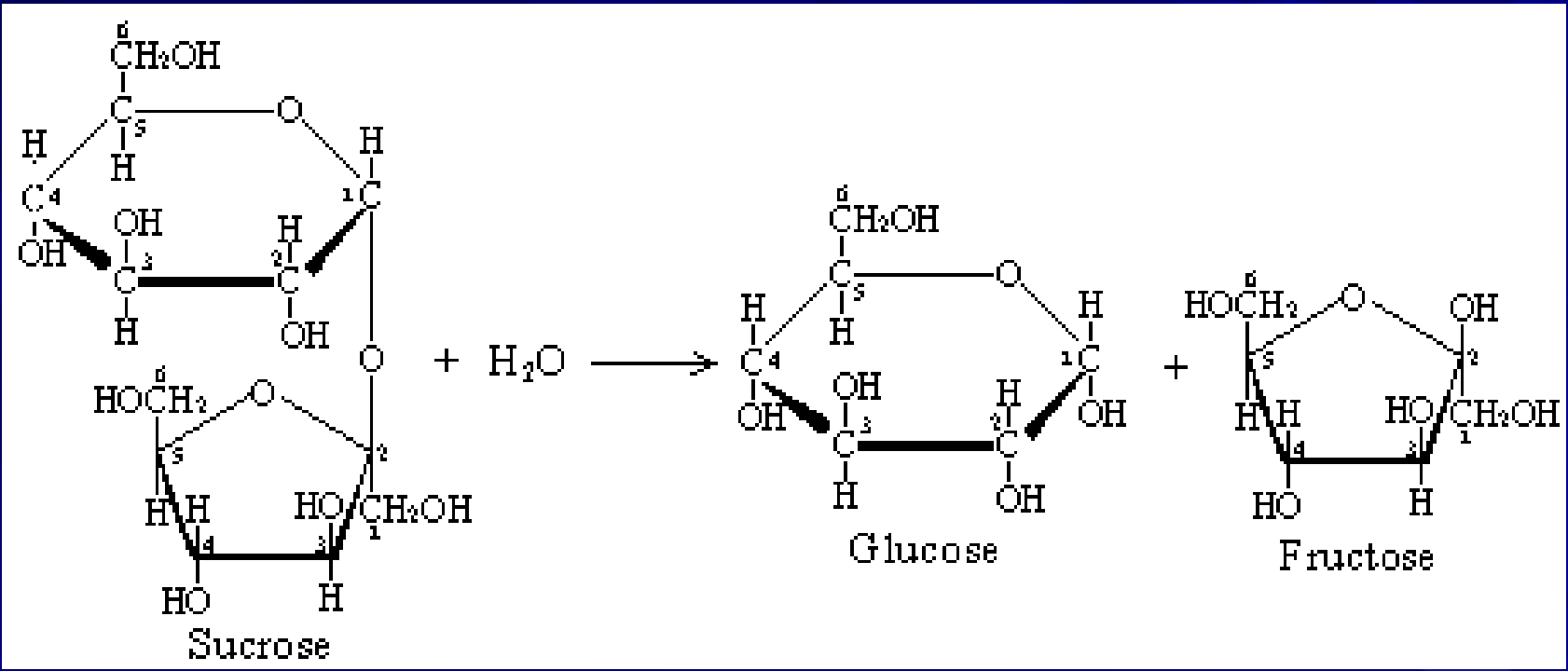
# Лактоза - 4-О-( $\beta$ -D-галактопіранозидо)- $\alpha$ -D-глюкопіраноза



# ■ Сахароза – не відновлюючий цукор 1-O-( $\alpha$ -D-глюкопіранозидо)- $\beta$ -D-фруктофуранозид

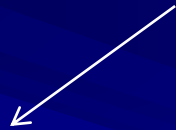


**Інвертний цукор** – еквівалентна кількість глюкози і фруктози, в розчині який утворюється при гідролізі сахарози



# Полісахариди

високомолекулярні продукти поліконденсації моносахаридів, пов'язаних один з одним глікозидними зв'язками, що утворюють лінійні або розгалужені ланцюги



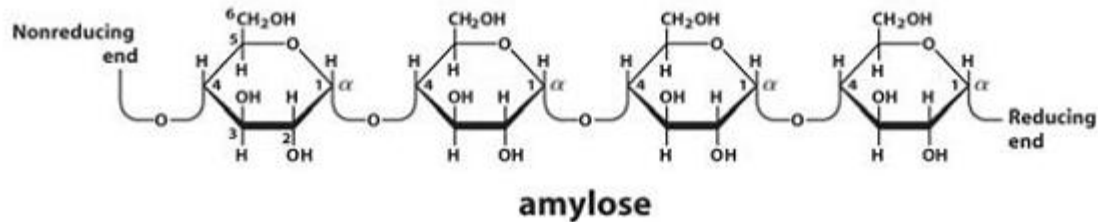
**Гомополісахариди**  
складаються з моносахаридних одиниць тільки одного типу



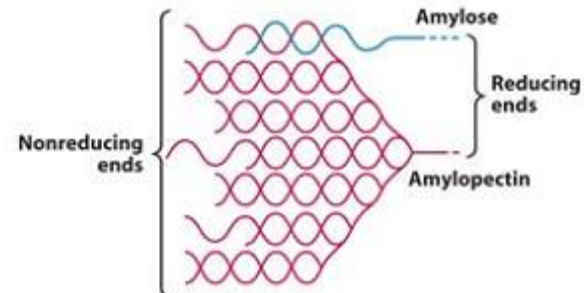
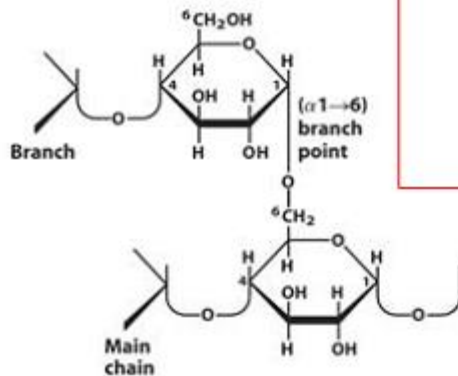
**Гетерополісахариди**  
характерна наявність двох і більше типів мономерних ланок

# Крохмаль (гомополісахарид) Амілоза та амілопектин

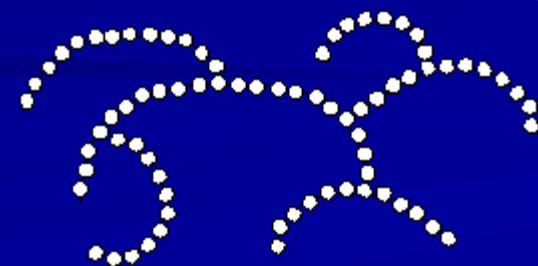
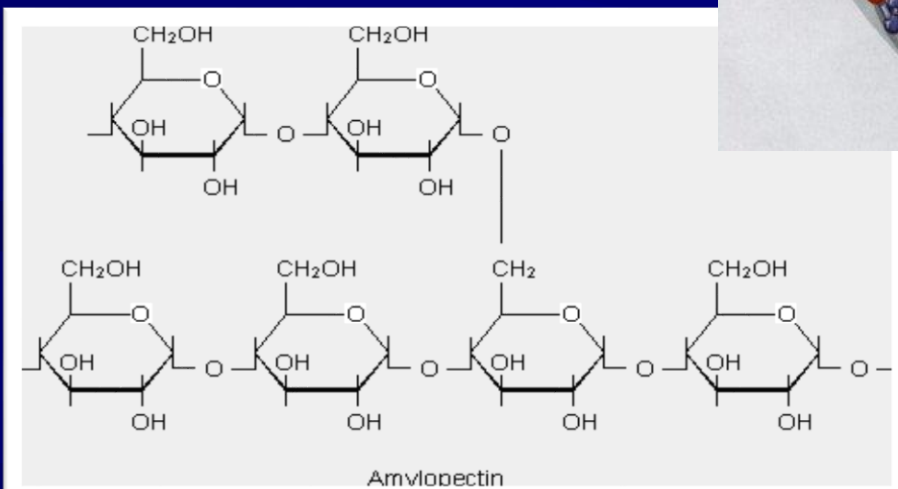
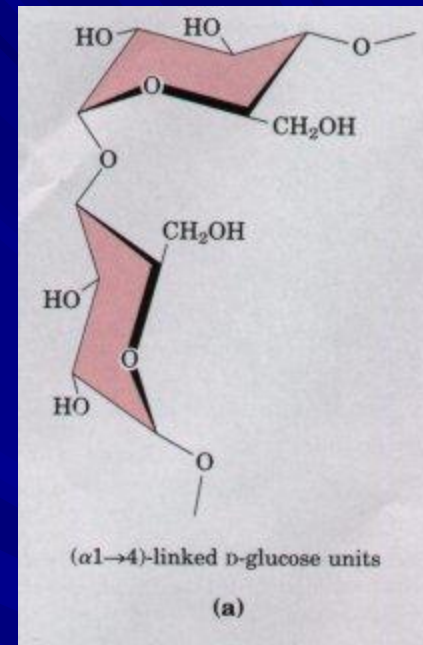
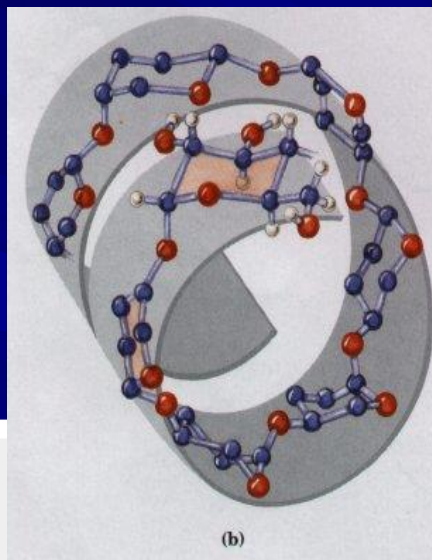
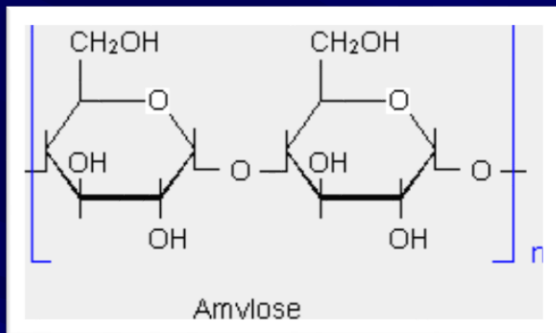
## Homopolysaccharides



**Starch:** contains two types of glucose polymers  
**amylose:** unbranched chains of  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) D-glucose  
**amylopectin:** branched  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 6) (every 24 to 30 res.) chains of  $\alpha$  (1 $\rightarrow$ 4) D-glucose

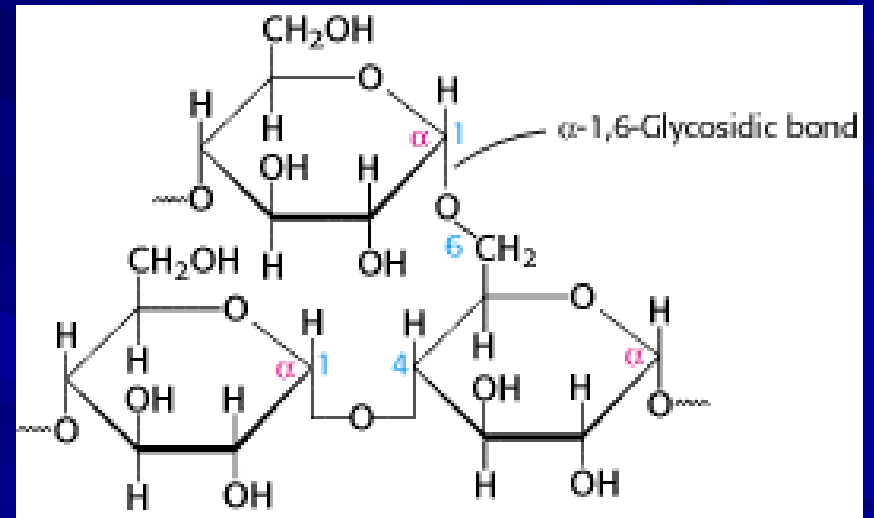
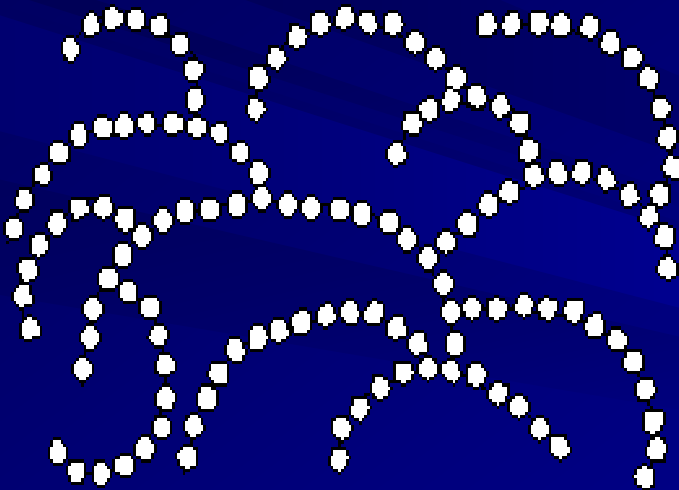


# Крохмаль (гомополісахарид) Амілоза та амілопектин





# Глікоген (гомополісахарид)



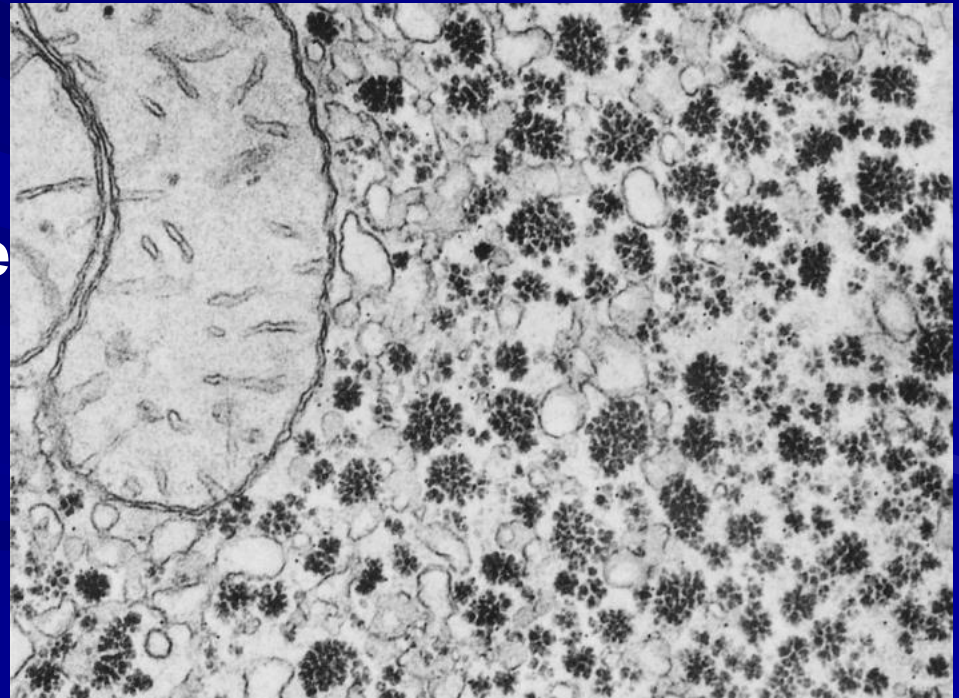
**Глікоген** служить буфером для підтримки рівня глюкози в крові.

Стабільна концентрація глюкози є особливо важливою для мозку, де вона є єдиним джерелом енергії.

Глюкоза з глікогену легко метаболізується і тому є добрим джерелом енергії для раптової, активної роботи

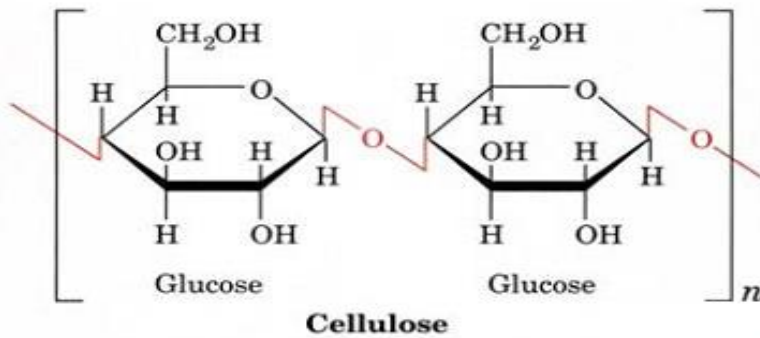
Печінка (10 % ваги) і скелетні м'язи (2 %) – два основні органи, де глікоген депонується

Глікоген зберігається у цитоплазматичних гранулах

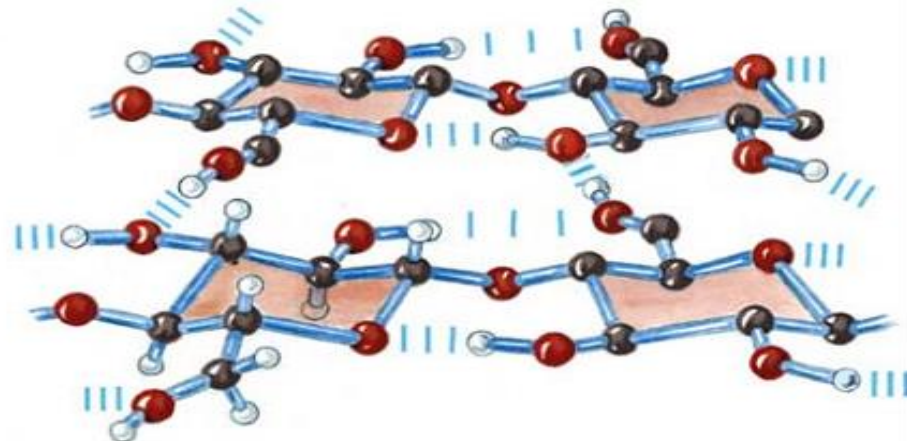


# Целлюлоза

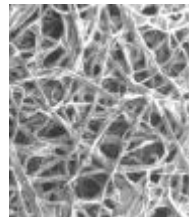
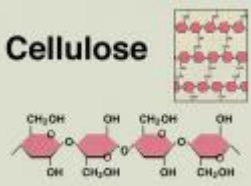
## Homopolysaccharides



**Cellulose:  $\beta(1 \rightarrow 4)$  linked glucose**  
**Linear; indigestible by mammals**  
**Serves structural role in plants;**  
**hydrogobods**

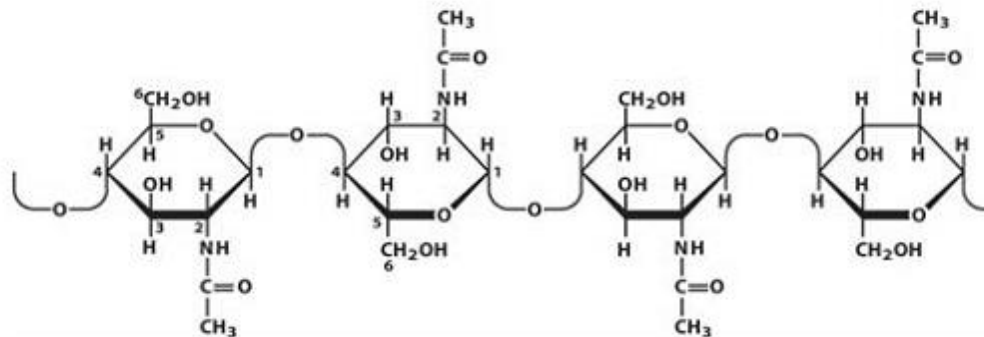


Cellulose



# Хітин

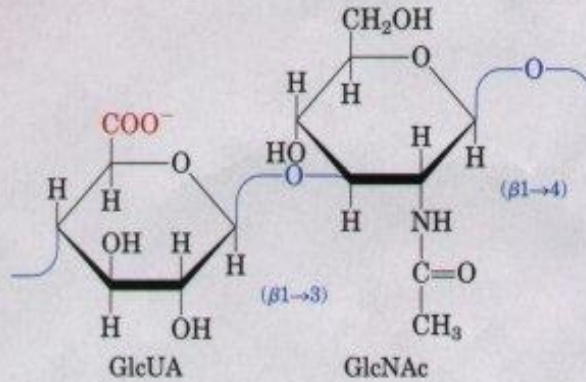
## Homopolysaccharides



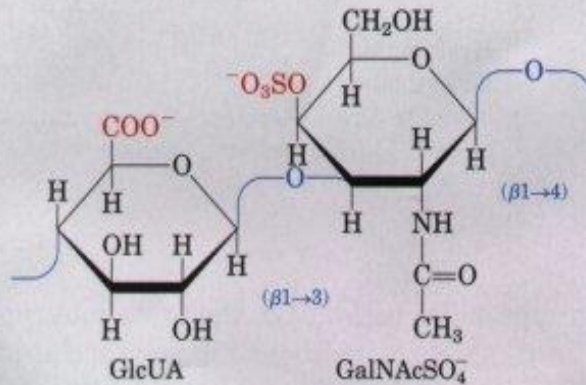
**Chitin:** linear homopolysaccharid composed of  $\beta(1\rightarrow4)$  N-acetylglucosamine  
Linear; indigestible by mammals  
Serves structural role in anthropods



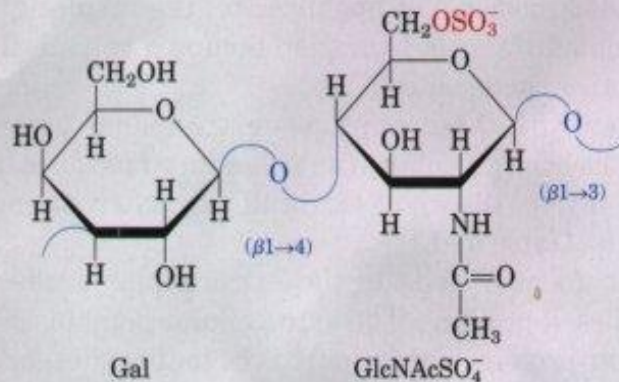
Hyaluronate



Chondroitin sulfate



Keratan sulfate

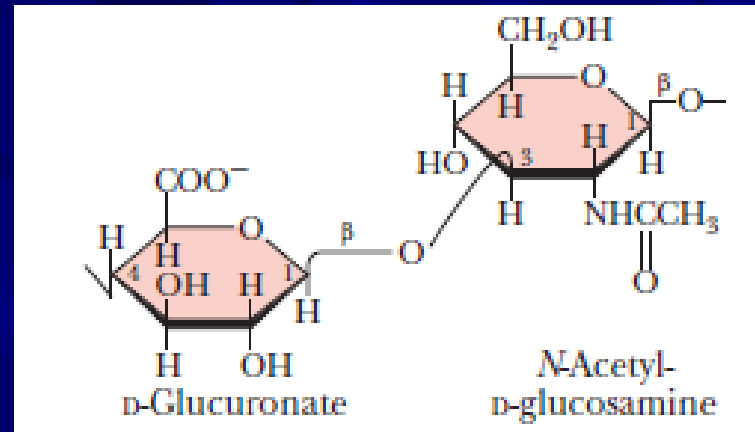


# Гетерополісахариди

- Деякі гетерополісахариди (глікозаміноглікани) є компонентами позаклітинного матриксу. Іонізовані карбоксильні та сульфатні групи надають цим полімерам характерний для них негативний заряд.

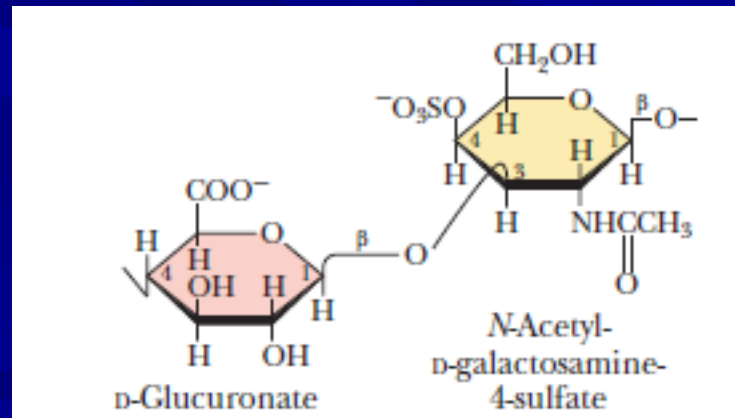
# Гетерополісахариди

**D-глюкуронова кислота та N-ацетил-D-глюкозамін**  
сполучені між собою  **$\beta$ -1,3-**  
глікозидним зв'язком

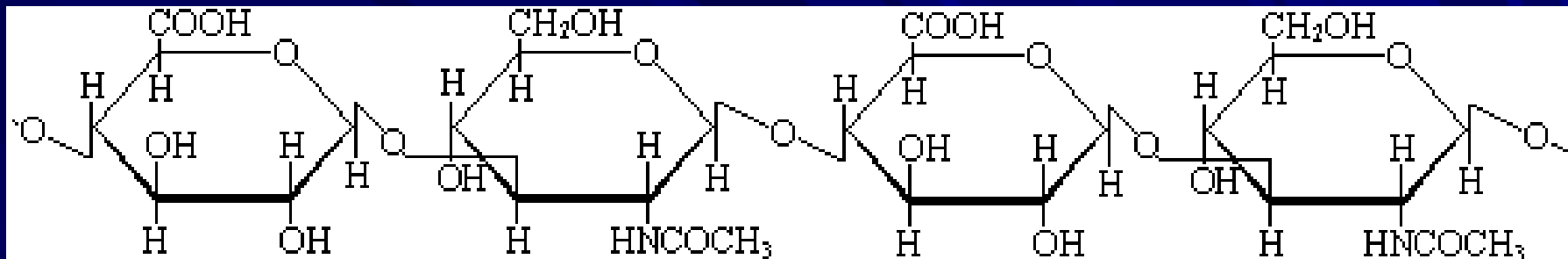


**гіалуронова кислота**

**D-глюкуронова кислота та**  
**сульфатований**  
**N-ацетилгалактозамін,**  
сполучені  **$\beta$ -1,3-**  
глікозидним зв'язком



**хондроїтинсульфат**

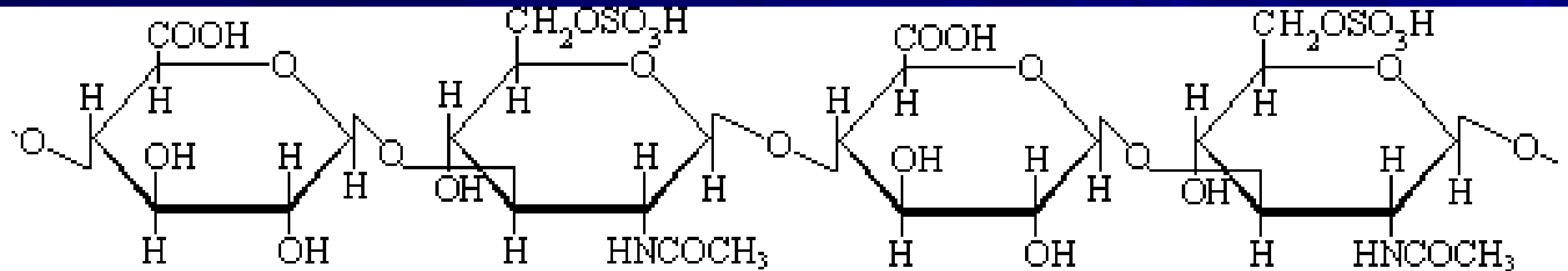


(1,4)-O- $\beta$ -D-Глюкоріранозилуронова кислота(1,3)-2-ацетиламідо-2-дезоксид- $\beta$ -D-глюкопіраноза

**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  
глюкозамін-6 сульфату і глюкуронової кислоти або  
L-ідуронової кислоти.

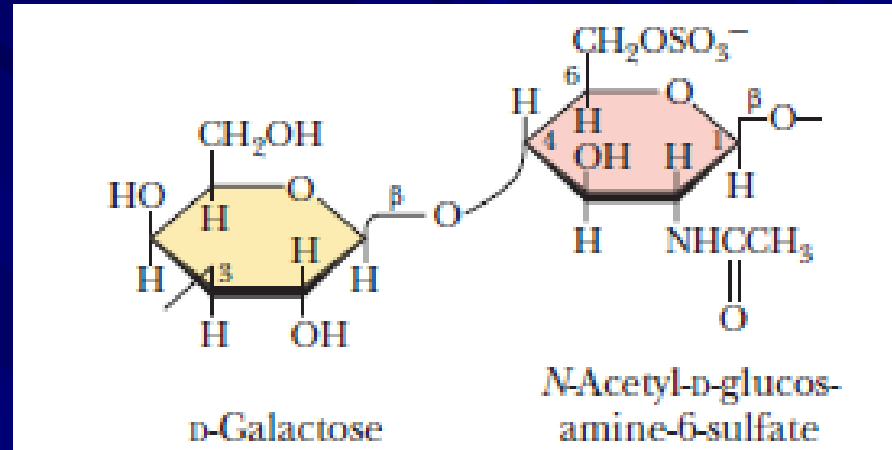


(1,4)-O-β-D-глюкопіранозилуронова кислота-(1,3)-2-  
ацетоаміно-2-дезоксид-6-О-сульфо-β-D-  
галактопіраноза



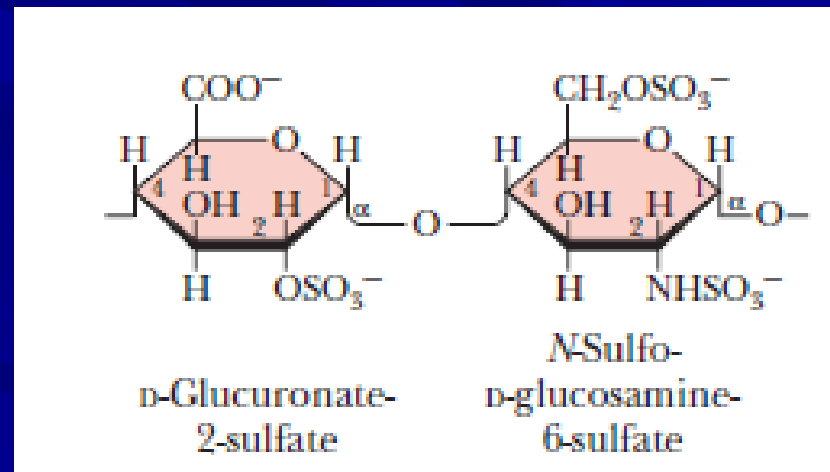
# Гетерополісахариди

глікозамінглікани,  
сульфатовані в 6-му  
положенні залишку  
N-ацетилглюкозаміну



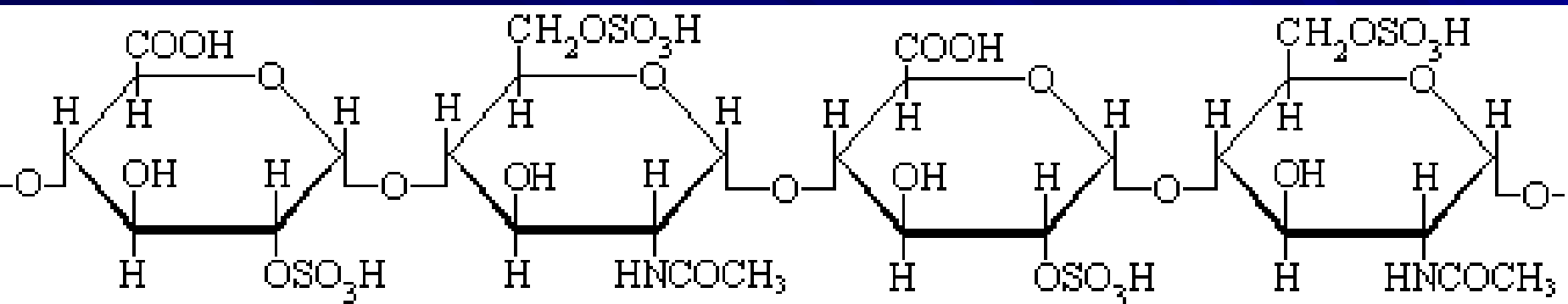
кератин сульфат

ідуронова та глюкуронова  
кислоти зв'язані за типом  
 $\beta(1\rightarrow4)$  з N- або O-  
сульфатованими  
залишками глюкозаміну  
та N-ацетилглюкозаміну



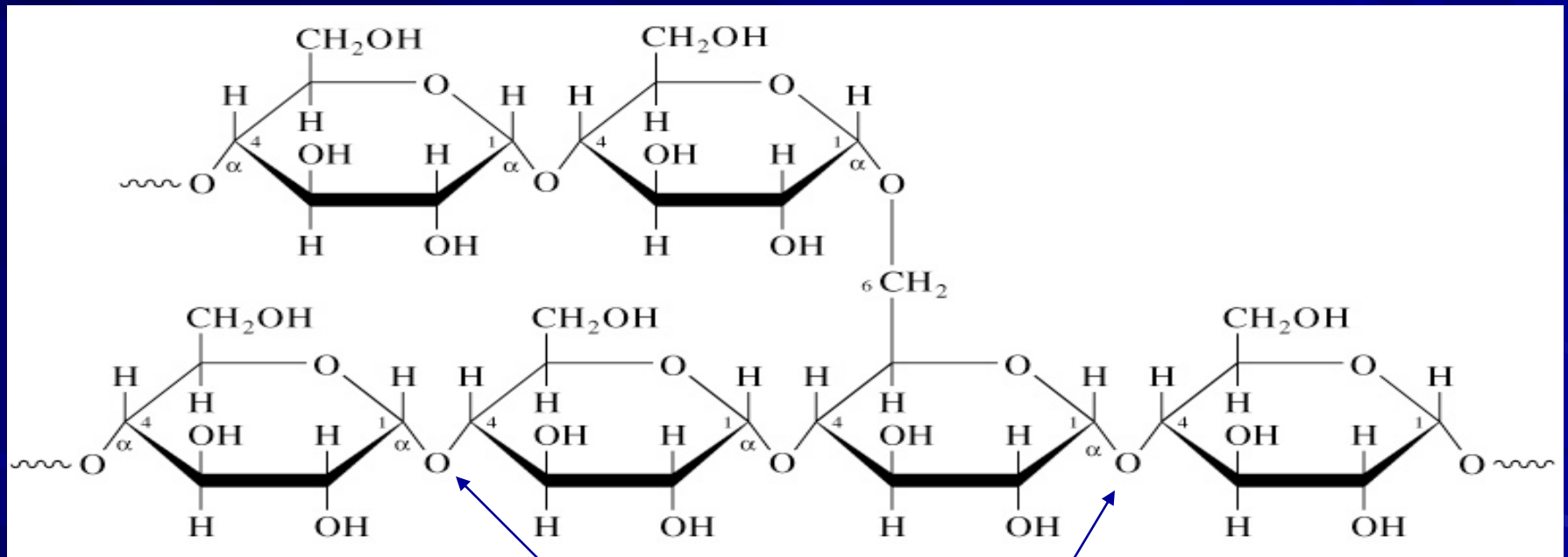
гепарин

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



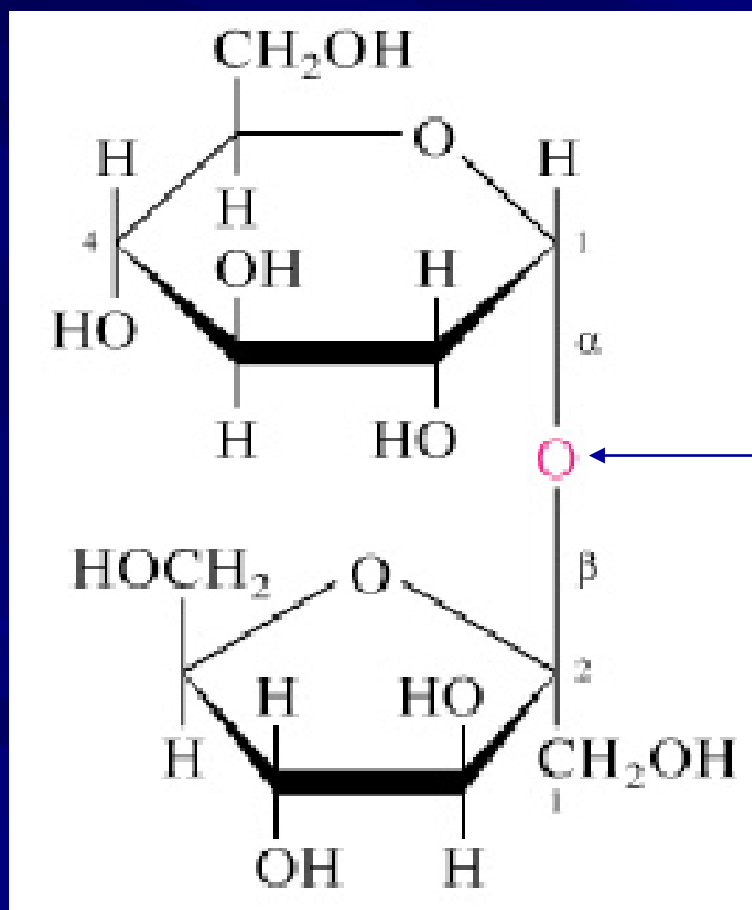
# Перетравлення вуглеводів в шлунково кишковому тракті

$\alpha$ -амілаза гідролізує  **$\alpha$ -1-4-глікозидні зв'язки** з утворенням малих субодиниць (мальтози, декстринів і нерозгалужених олігосахаридів)



$\alpha$ -амілаза

Кишковий сік містить ферменти, що гідролізують дисахариди до моносахаридів (виробляються в стінці кишечника) **Сахараза** гідролізує **сахарозу** до **глюкози** і **фруктози**



Sucrose

Глюкоза

сахараза

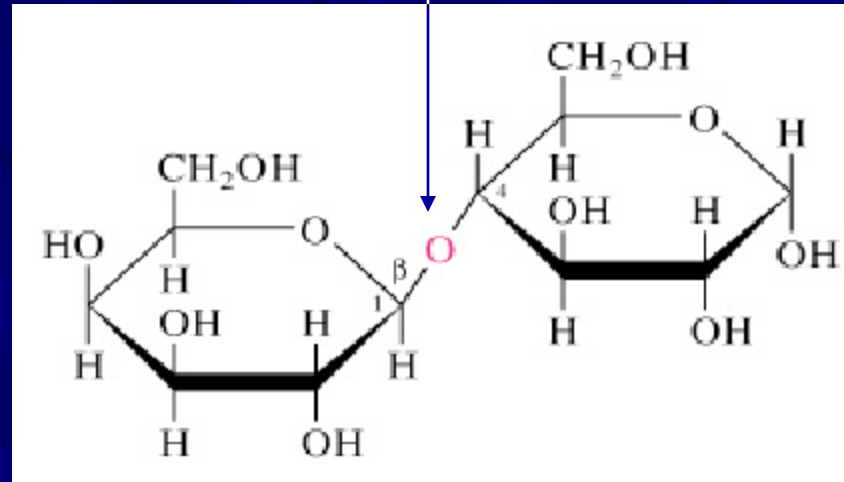
Фруктоза

Галактоза

лактаза

Глюкоза

**Лактаза** гідролізує  
**лактозу** до **глюкози** і  
**галактози**



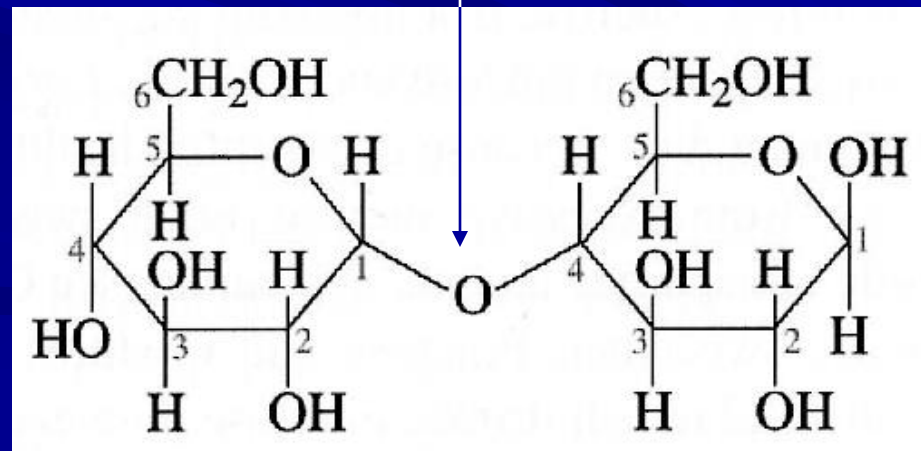
Лактоза

Глюкоза

мальтаза

Глюкоза

**Мальтаза**  
гідролізує **мальтозу**  
до двох **глюкоз**



Мальтоза

# ВСМОКТУВАННЯ ВУГЛЕВОДІВ

Тільки моносахариди всмоктуються

Швидкість абсорбції: галактоза > глюкоза > фруктоза

Глюкоза і галактоза з кишечника в ендотеліальні клітини абсорбуються **вторинним активним транспортом**

EXTRACELLULAR SPACE

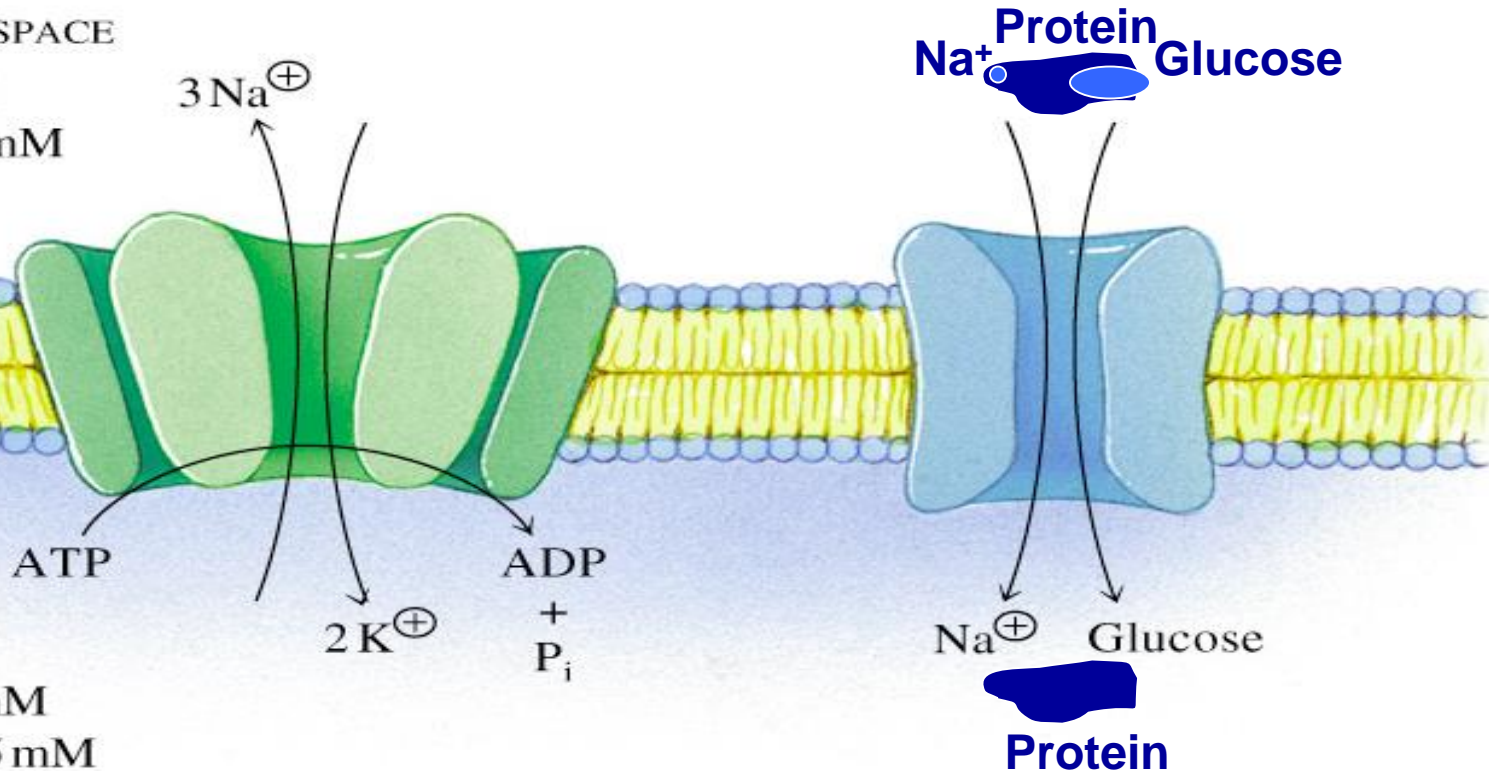
$[K^{\oplus}] = 5 \text{ mM}$

$[Na^{\oplus}] = 145 \text{ mM}$

CYTOSOL

$[K^{\oplus}] = 140 \text{ mM}$

$[Na^{\oplus}] = 5-15 \text{ mM}$



# Глюкоза крові

**Глюкоза** – основний цукор крові

- **3.3-5.5 ммоль/л**
- **гіпоглікемія** – зниження глюкози в крові
- **гіперглікемія** – підвищення глюкози в крові



**Дякую за увагу!**