

Авторський пілотний проект



Частина 1. Клітинна біохімія

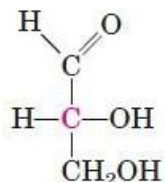
Лекція 1. Метаболізм вуглеводів

Вуглеводи

Вуглеводи – це органічні хімічні сполуки, що мають загальну формулу $C_nH_{2n}O_n$, молярну масу 30х ммоль/л, гідрофільні (мономери) або гідрофобні (полімери), полярні, осмотично активні, оптично активні.

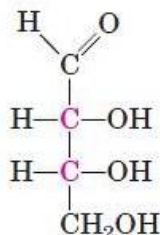
Залежно від кількості атомів Карбону, вуглеводи ділять на тріози (3C), тетрози (4C), пентози (5C), гексози (6C), гептози (7C) і т.д.

Three carbons

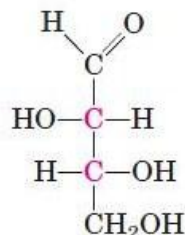


D-Glyceraldehyde

Four carbons

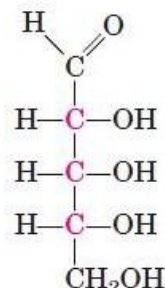


D-Erythrose

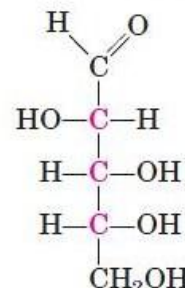


D-Threose

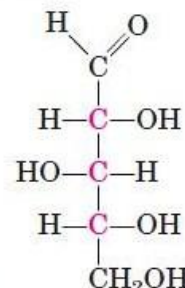
Five carbons



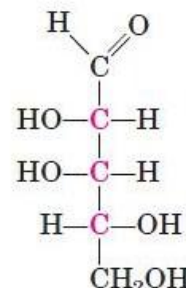
D-Ribose



D-Arabinose

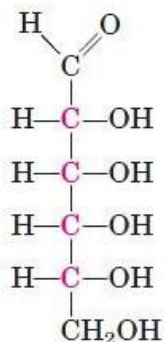


D-Xylose

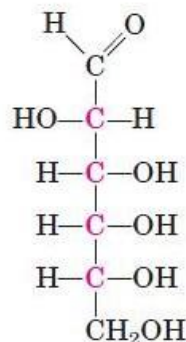


D-Lyxose

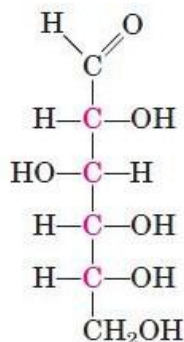
Six carbons



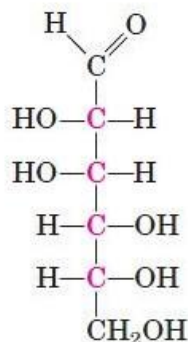
D-Allose



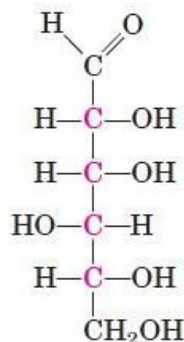
D-Altrose



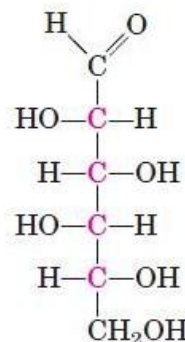
D-Glucose



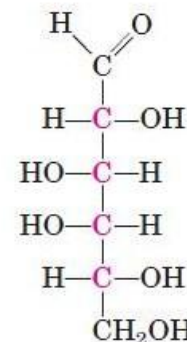
D-Mannose



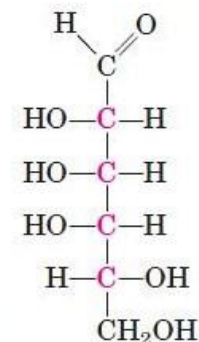
D-Gulose



D-Idose

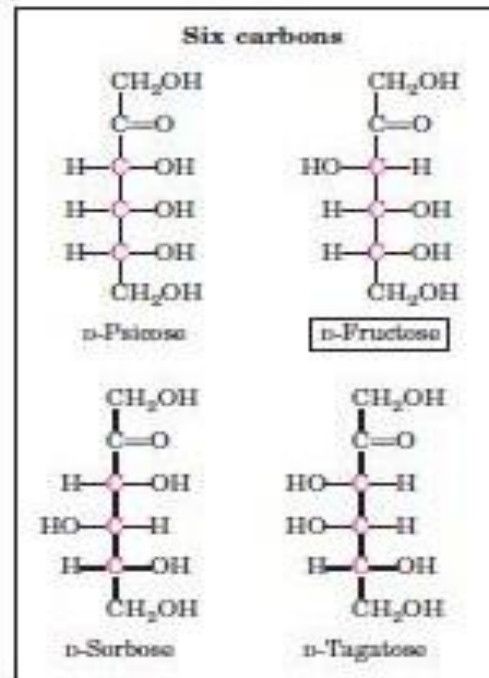
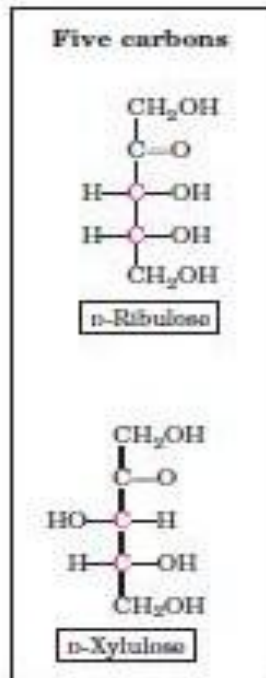
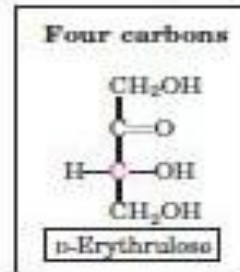
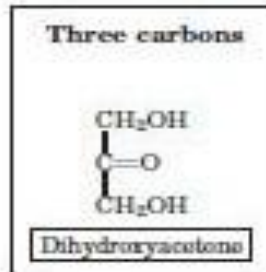


D-Galactose



D-Talose

Залежно від активних груп в вуглеводах, вони поділяються на **альдози** (наявна альдегідна група) та **кетози** (наявна кетонова гру



Цікавий факт!

Форміловий альдегід – не вуглевод, але фізичні та хімічні властивості його зустрічаються у всіх вуглеводів-альдоз. Це зумовлено тим, що всі альдози мають альдегідну групу у «першому положенні»

Ізомери

Ізомер – це речовина, яка має спільну з іншою речовиною молекулярну будову, але при цьому ці речовини різняться між собою якимось параметром.

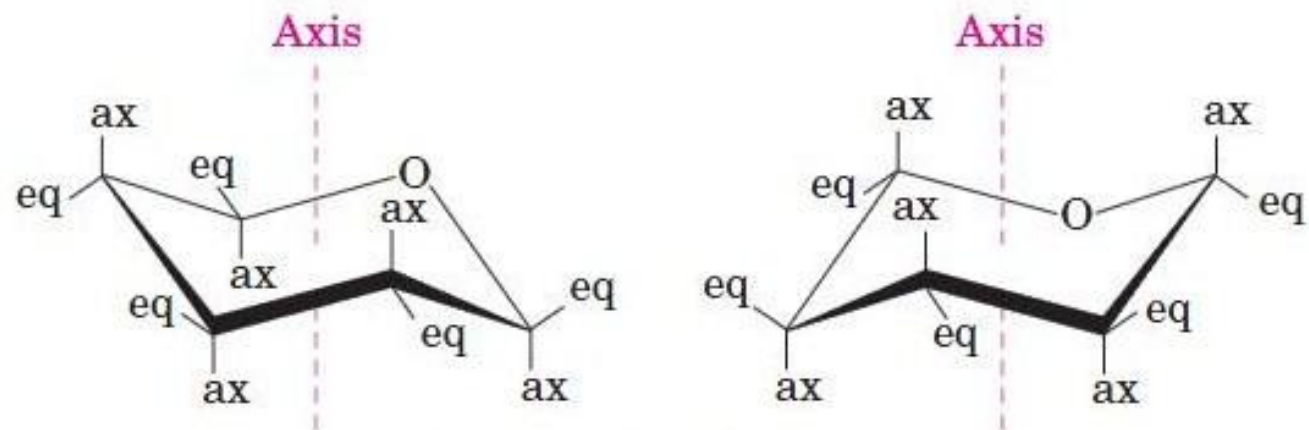
Ізомери у вуглеводів можуть класифікуватися

- За положенням радикалів у просторі
- За оптичними властивостями
- За видом зв'язків у межах речовини

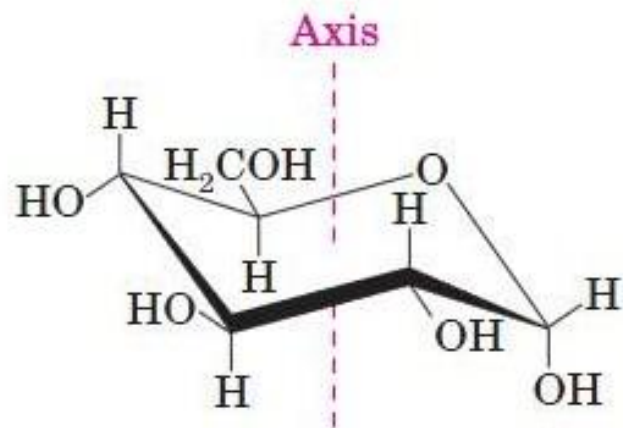
Оптична активність

Вуглеводи – оптично активні речовини. Це значить, що вони можуть поляризувати світло, що проходить через розчинник.

В залежності від того, в яку сторону вони повертають світлові хвилі, вуглеводи поділяються на **правообертаючі ізомери** (D [dextrous] або R [right-rotating]) та **лівообертаючі ізомери** (S [sinistrous] або L [left-rotating])



(a)



(b)

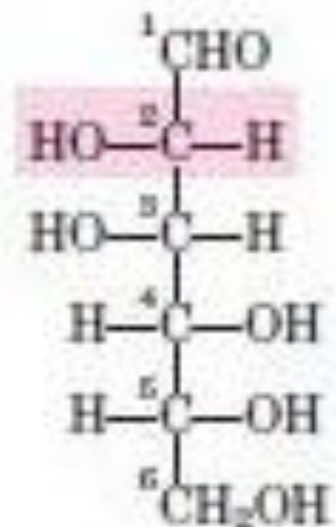
Важливо знати!

У природі зустрічаються обидва типи оптичних ізомерів, але людським організмом засвоюються і включаються до метаболізму **лише один ізомер для кожного вуглевода!**

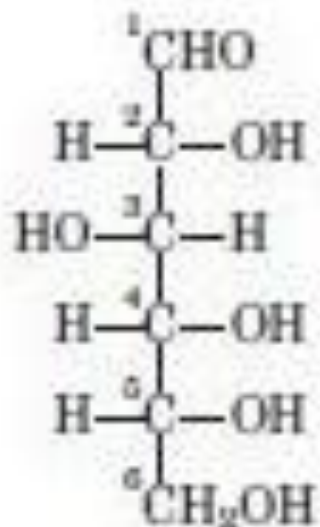
Переважно це – правообертаючі ізомери, хоча є і виключення.

Лівообертаючі ізомери здебільшого проходять через організм неперетравленими.

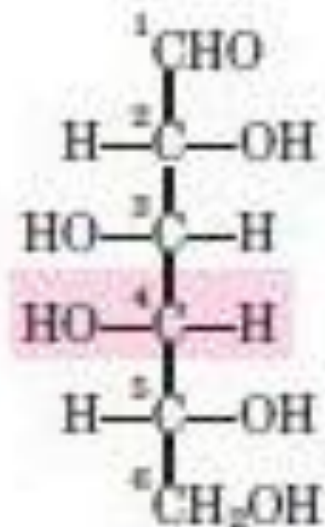
Епімери



D-Mannose
(epimer at C-2)

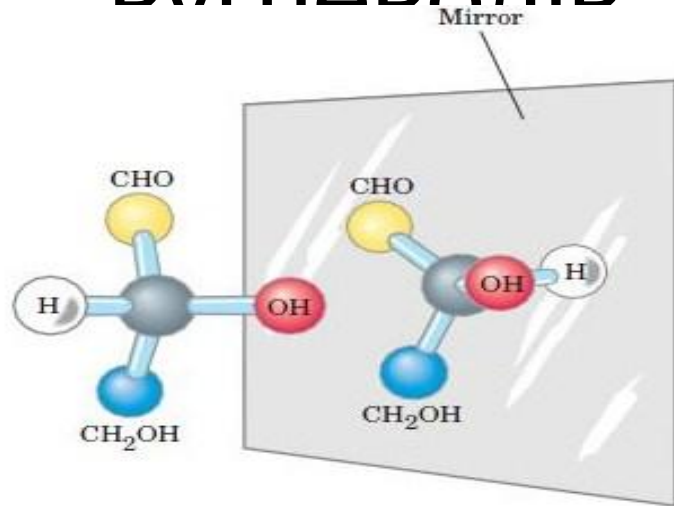


D-Glucose

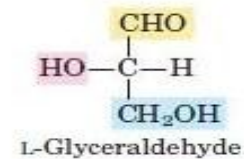
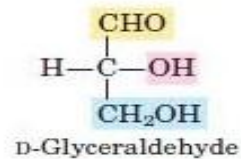


D-Galactose
(epimer at C-4)

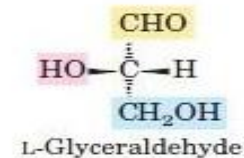
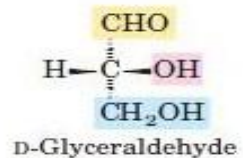
Схематичне зображення вуглеводів



Ball-and-stick models



Fischer projection formulas



Perspective formulas

Глюкоза

- Скорочена формула: $C_6H_{12}O_6$
- Молекулярна маса: 180 г/моль
- Тип вуглеводу: альдогексоза
- Оптичний ізомер у людини: D
- Додаткова інформація: основне джерело електронів для метаболічних процесів в організмі.

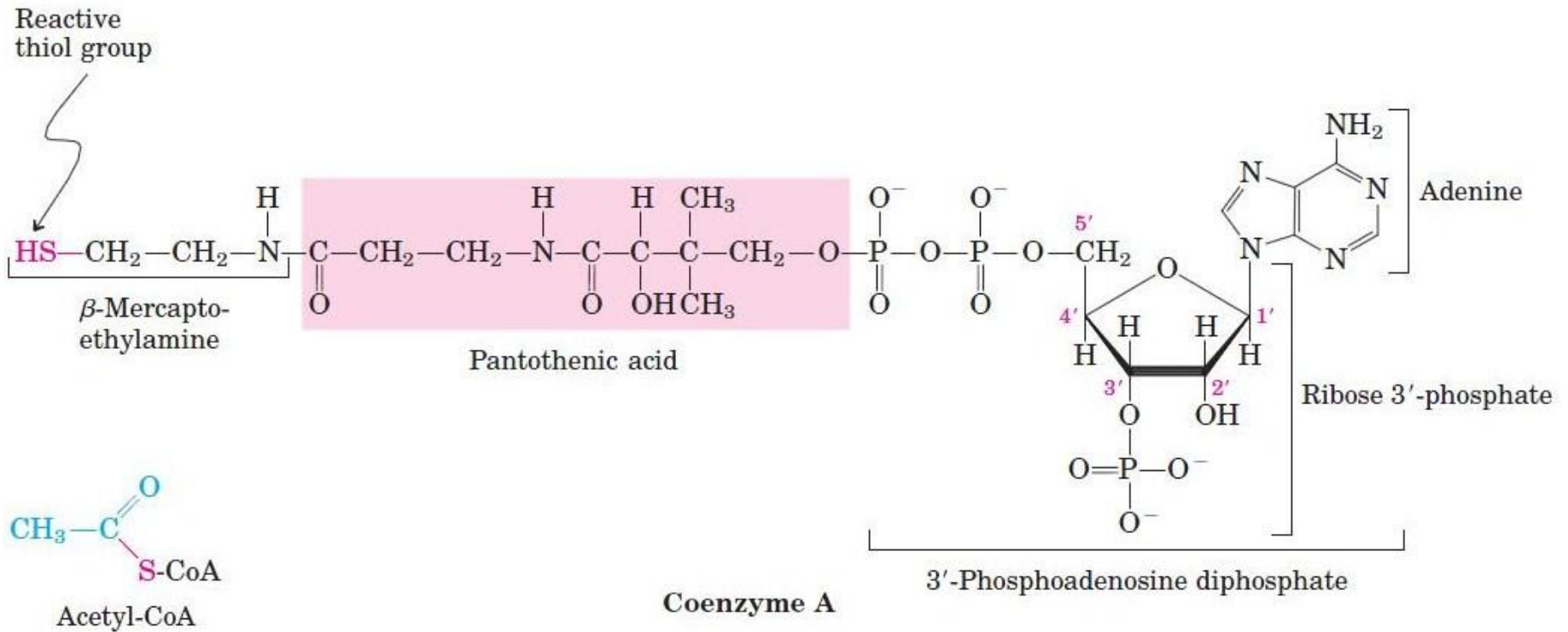
Отже, назад до мітохондрії

В мітохондрії відбувається метаболізм всіх поживних речовин, які надходять до організму.

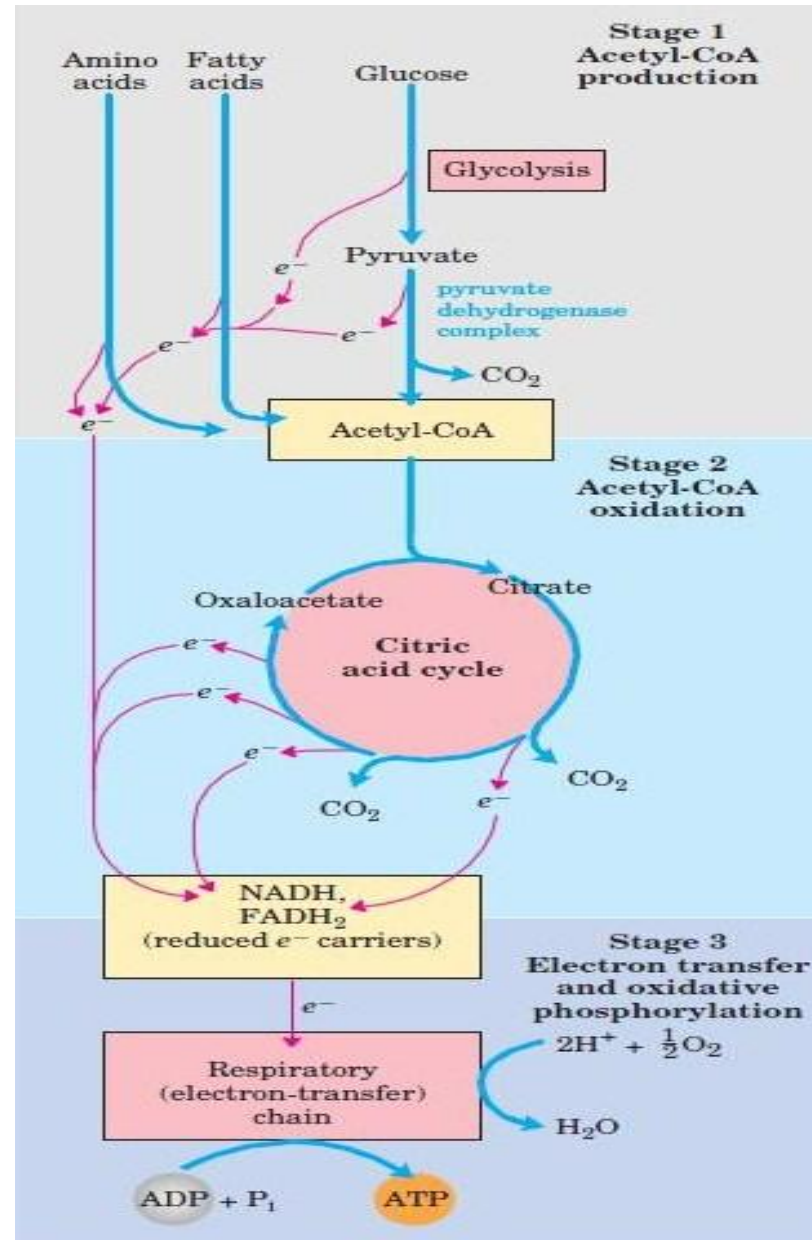
Але перш ніж вони зможуть бути задіяні у клітинному метаболізмі, вони повинні бути перетворені на речовину під назвою...

Ацетил-Коензим-Аденозин

Ацетил-Коензим-Аденозин



Біохімічна карта метаболізму

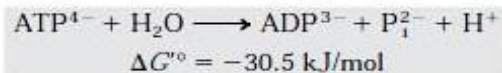
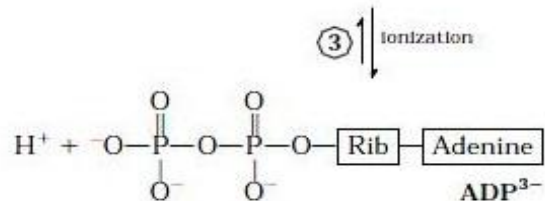
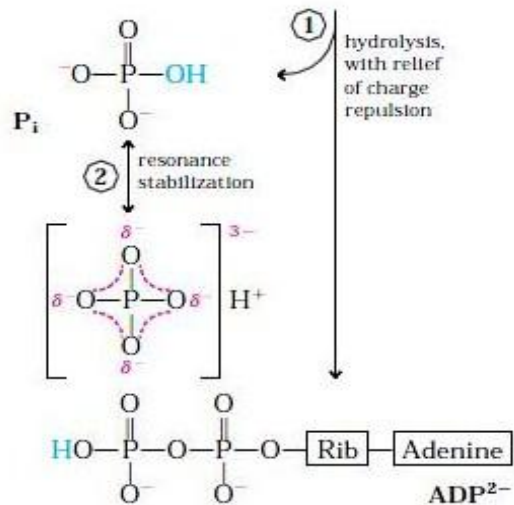
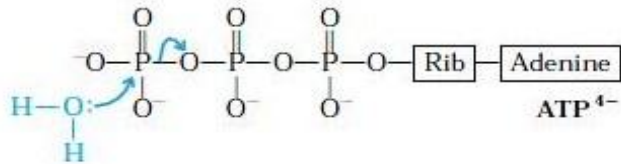


Процес перетворення вуглеводів на АКоА складається з 2 етапів:

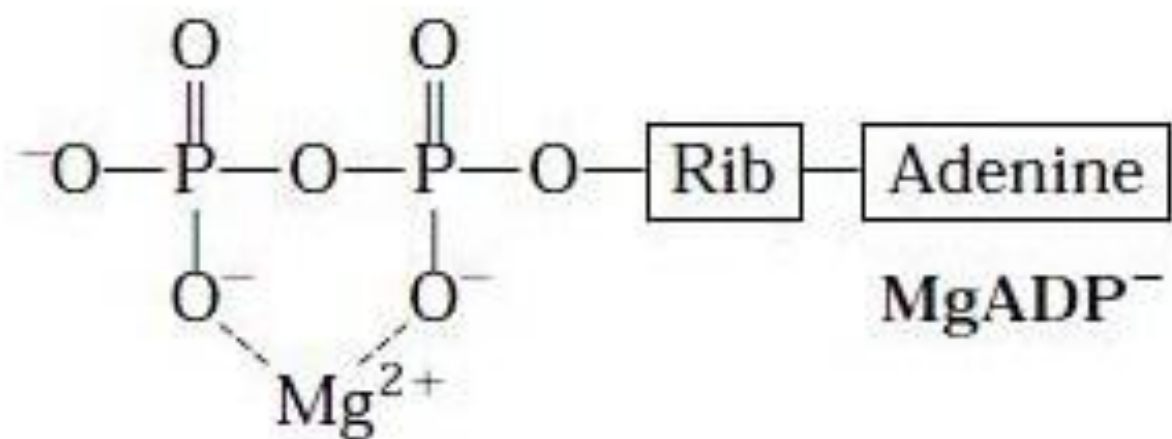
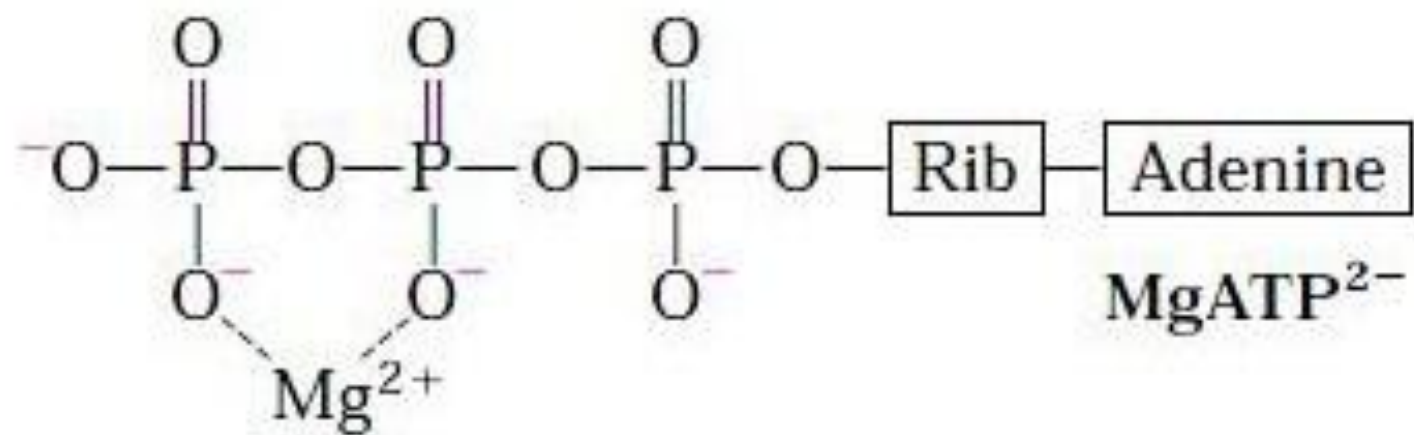
1. Гліколіз. Фінальний продукт цієї стадії – піровиноградна кислота (ПВК).
2. Окисне декарбоксилювання ПВК. В результаті цього процесу утворюється Ацетил-Коензим-Аденозин

Але спочатку...

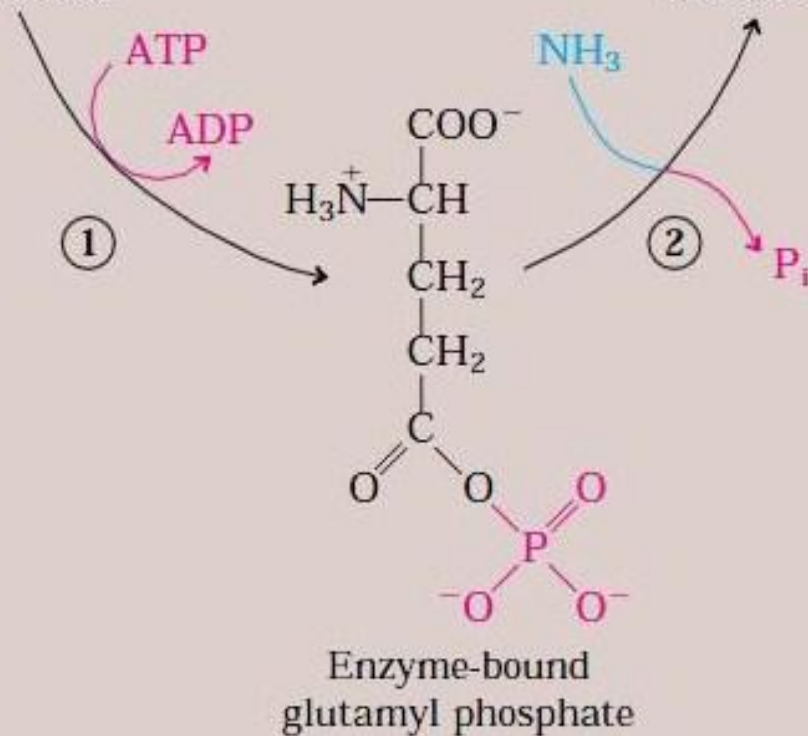
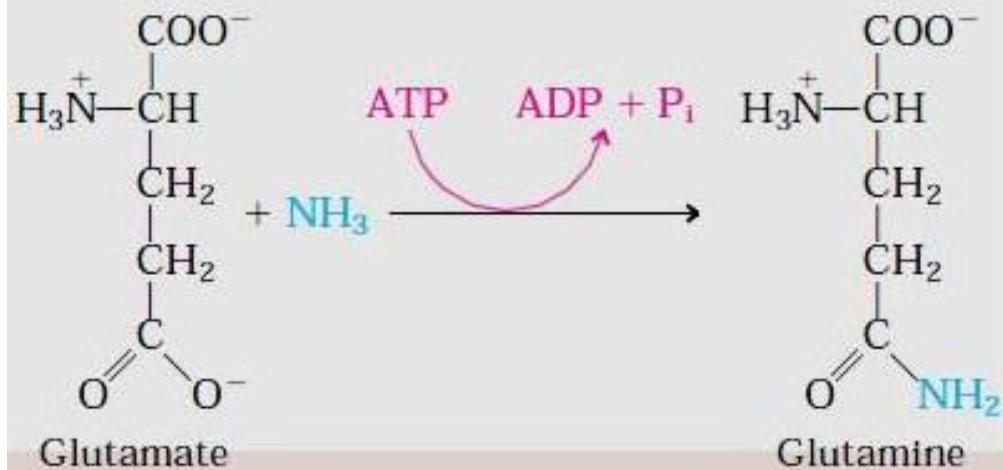
Кілька слів про енергетичнозалежні
реакції



Перед вами
Аденозитрифосфат!

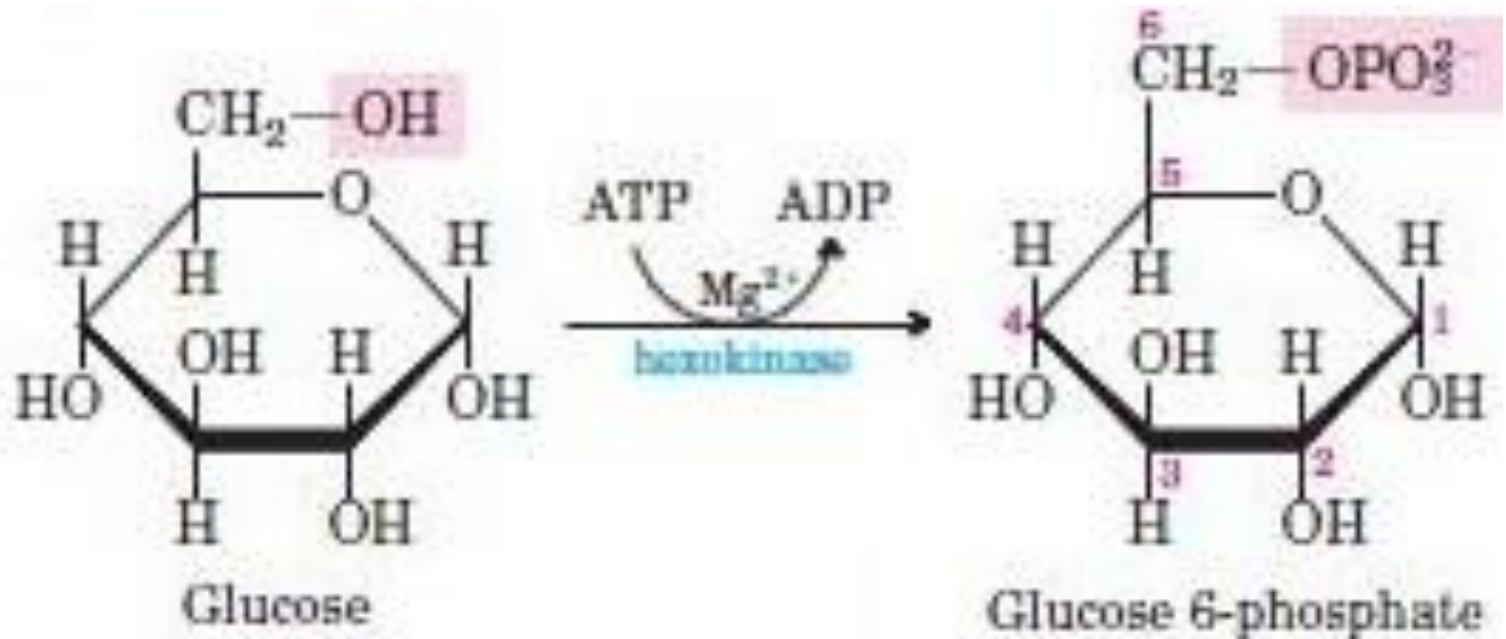


(a) Written as a one-step reaction

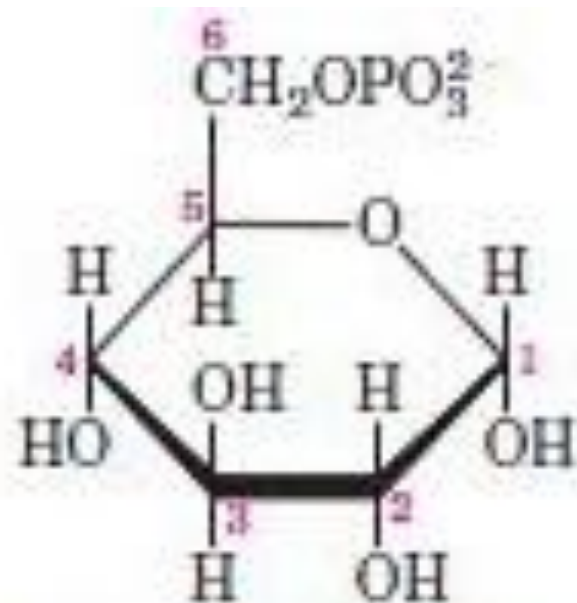


(b) Actual two-step reaction

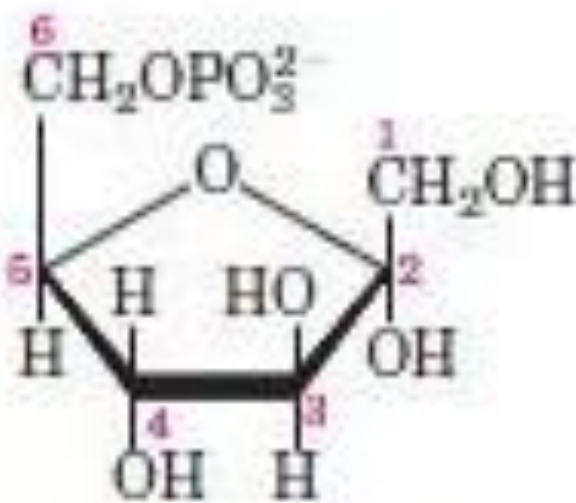
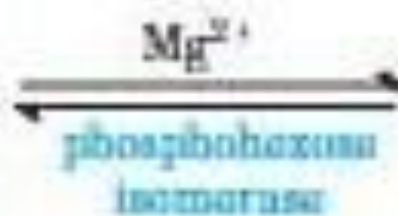
Отже, гліколіз...



$$\Delta G'^{\circ} = -16.7 \text{ kJ/mol}$$



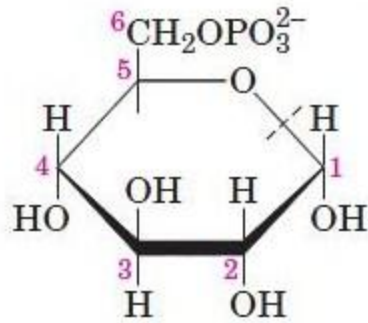
Glucose 6-phosphate



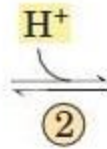
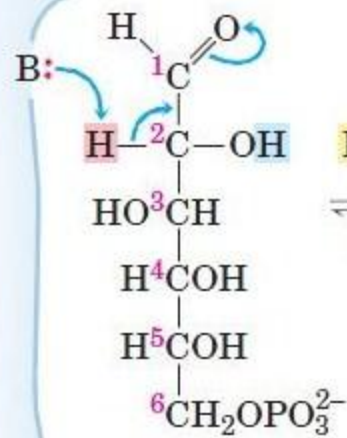
Fructose 6-phosphate

$$\Delta G'^{\circ} = 1.7 \text{ kJ/mol}$$

Glucose 6-phosphate

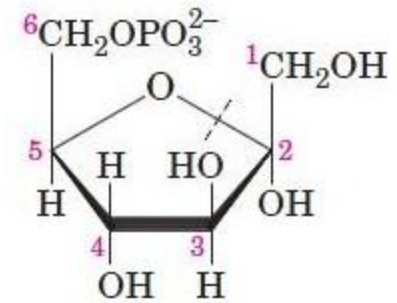


① binding and ring opening

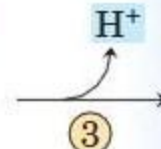
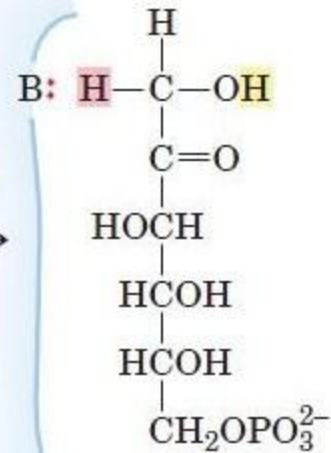


Phosphohexose isomerase

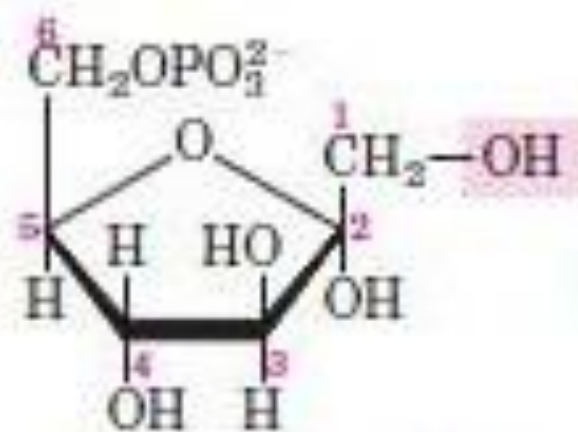
Fructose 6-phosphate



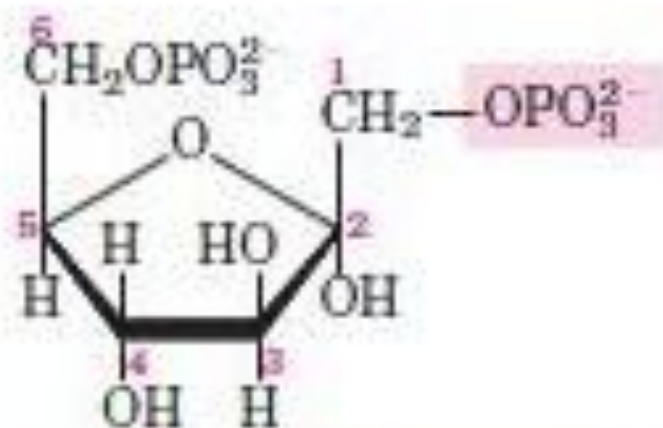
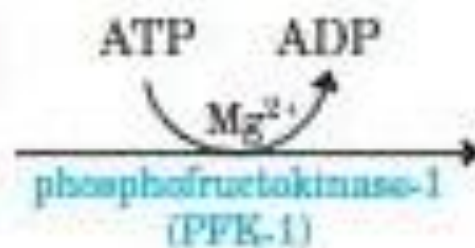
④ ring closing and dissociation



cis-Enediol intermediate

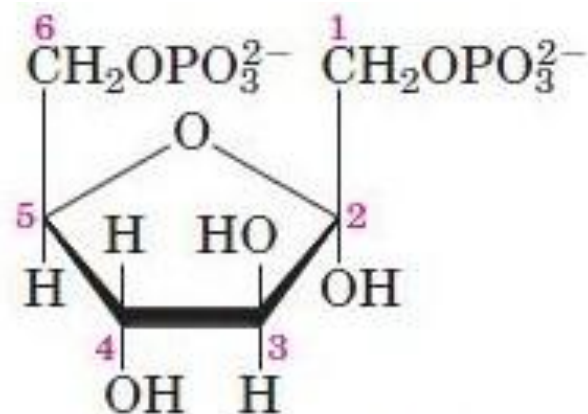


Fructose 6-phosphate

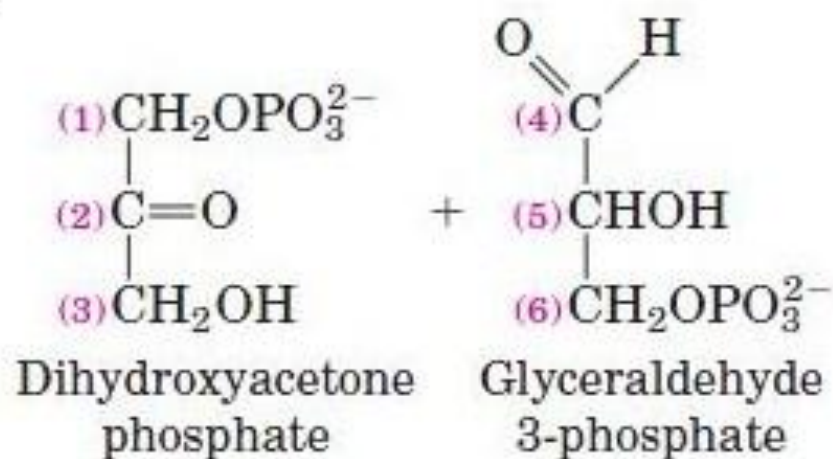


Fructose 1,6-bisphosphate

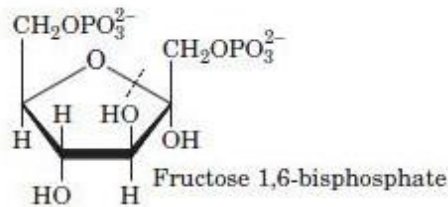
$$\Delta G'^{\circ} = -14.2 \text{ kJ/mol}$$



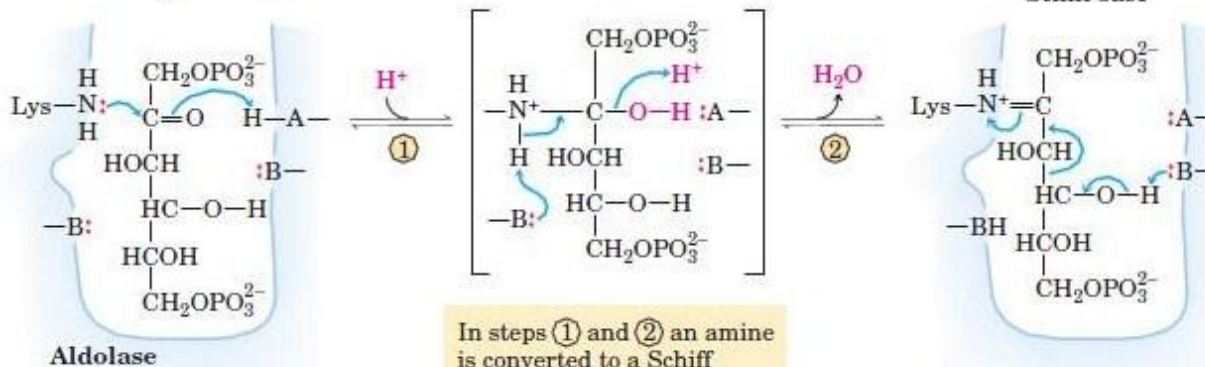
Fructose 1,6-bisphosphate



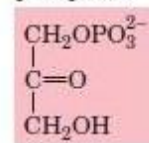
$$\Delta G'^{\circ} = 23.8 \text{ kJ/mol}$$



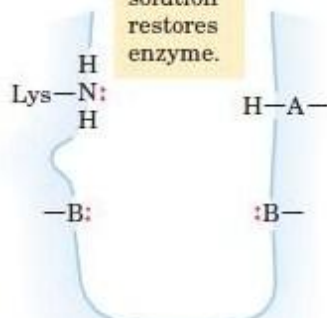
binding and
ring opening



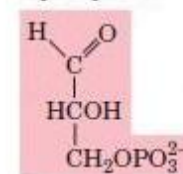
Dihydroxy-
acetone
phosphate



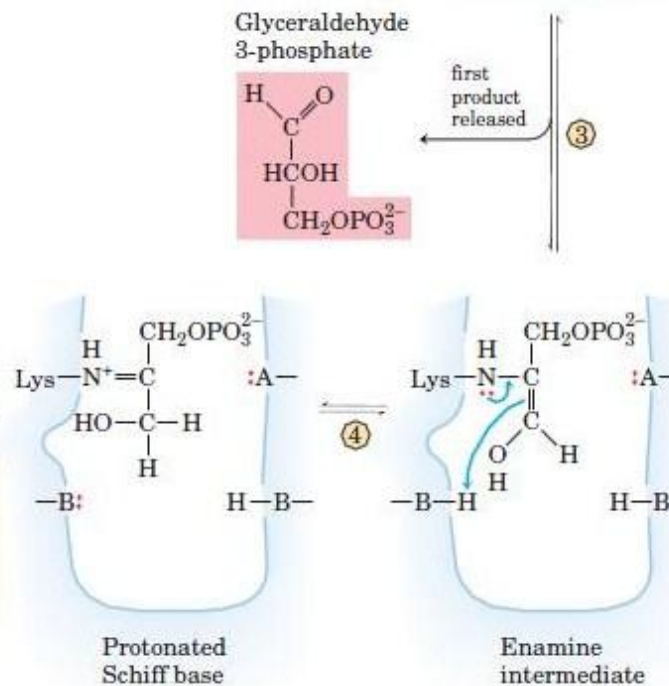
Proton
exchange
with
solution
restores
enzyme.



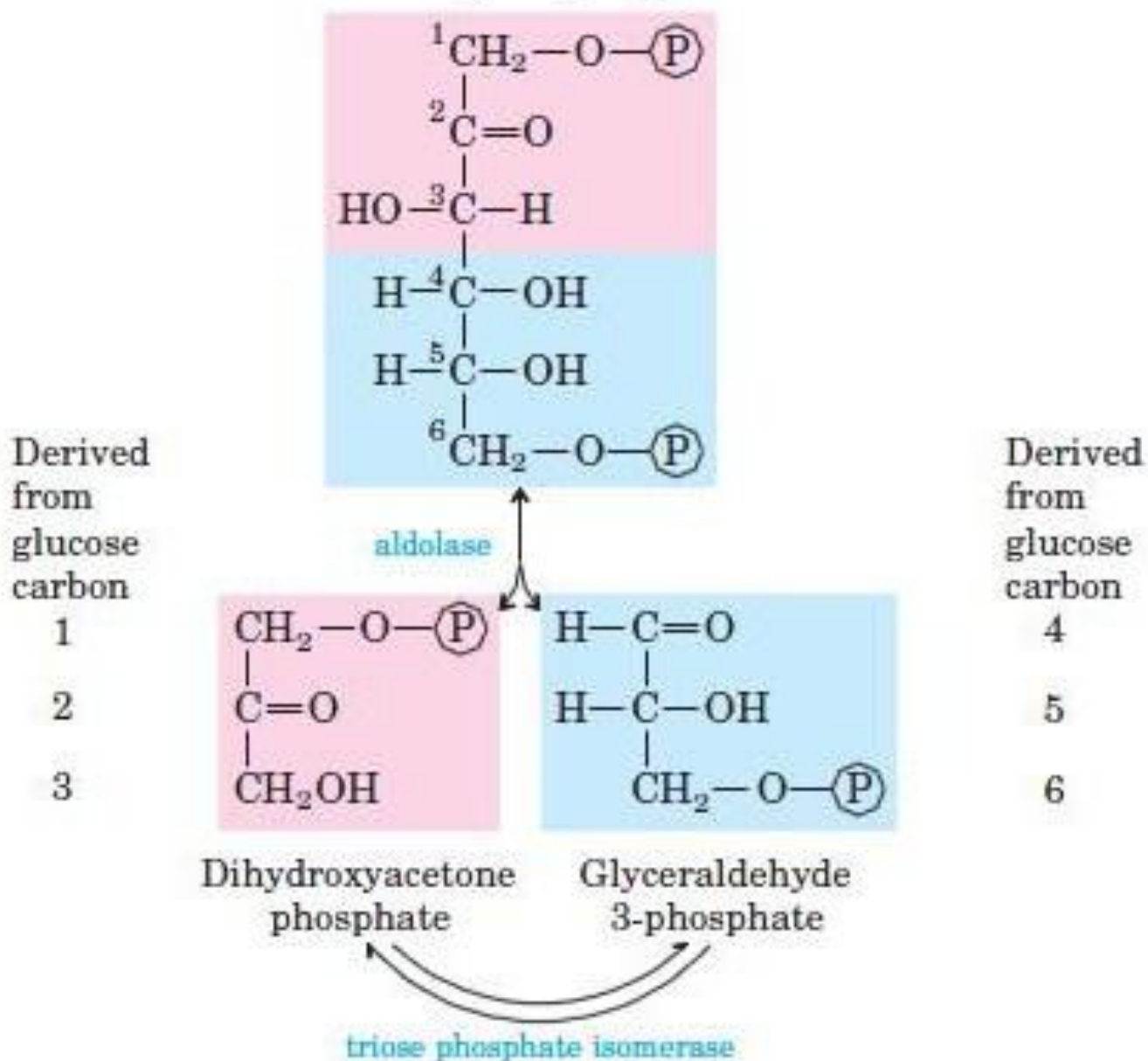
Glyceraldehyde
3-phosphate



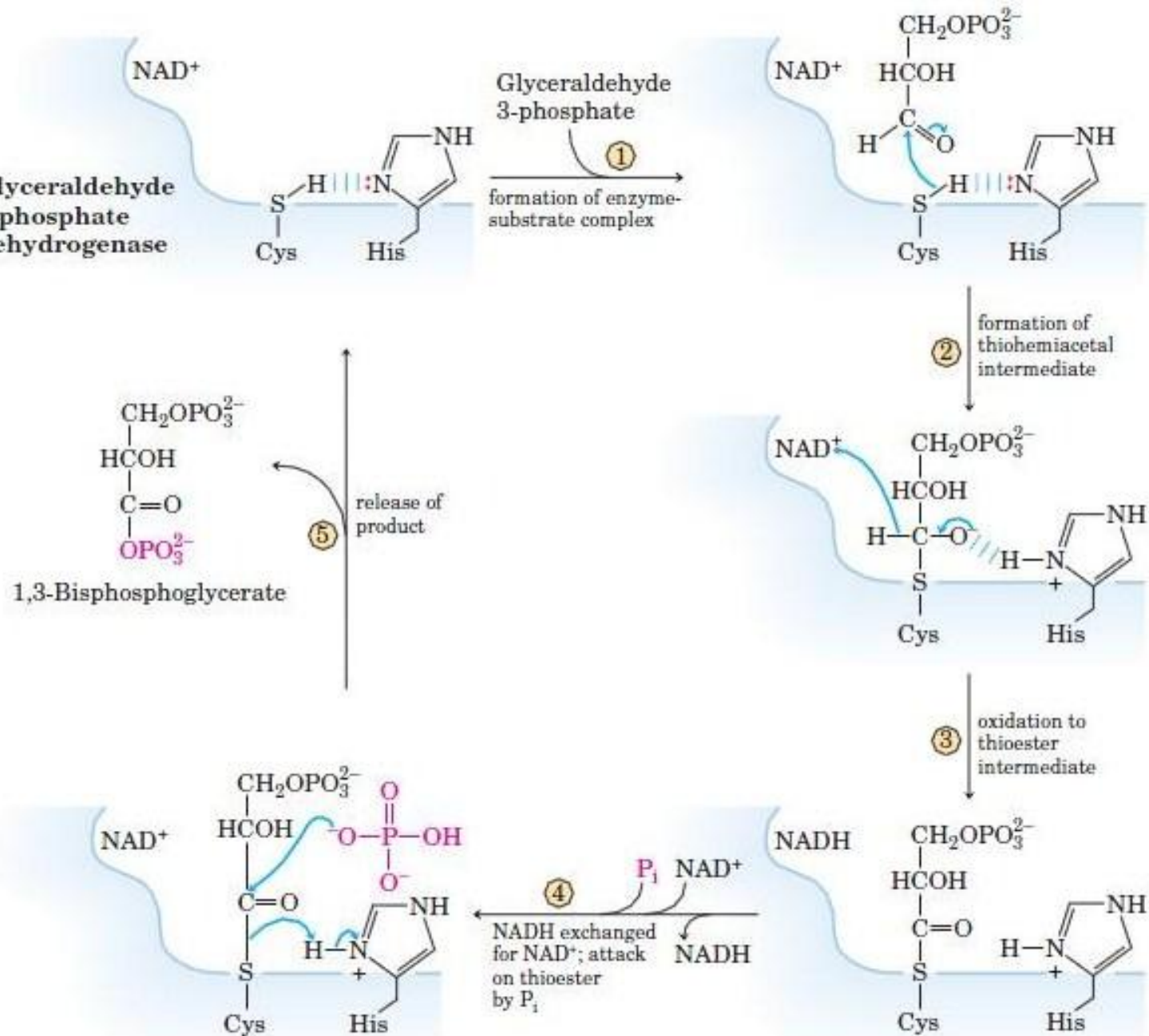
first
product
released

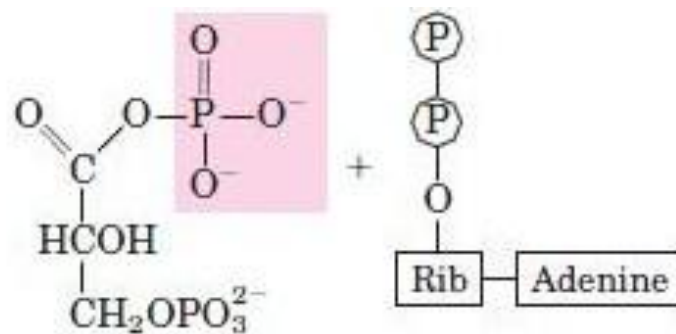


Fructose 1,6-bisphosphate



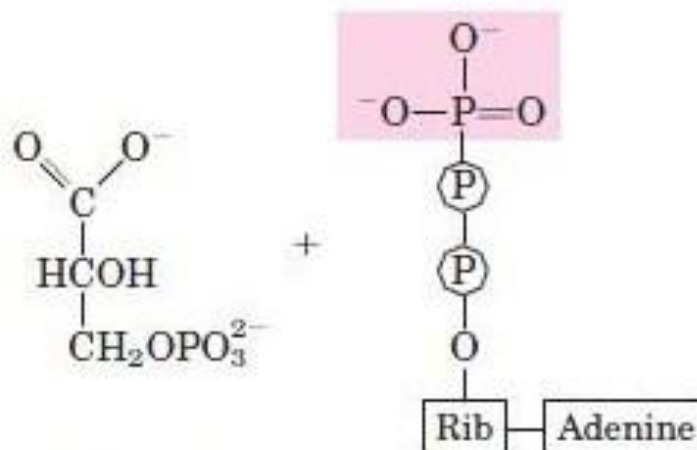
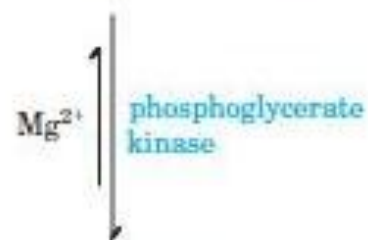
**Glyceraldehyde
3-phosphate
dehydrogenase**





1,3-Bisphosphoglycerate

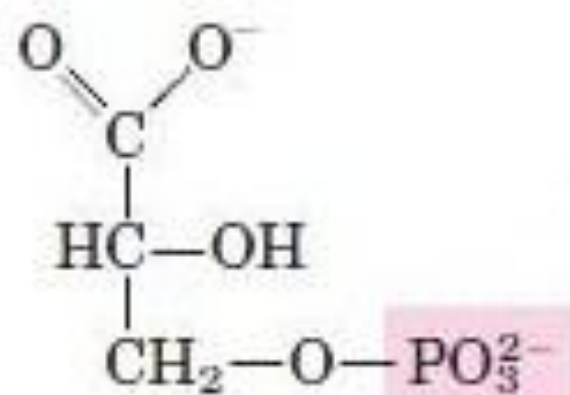
ADP



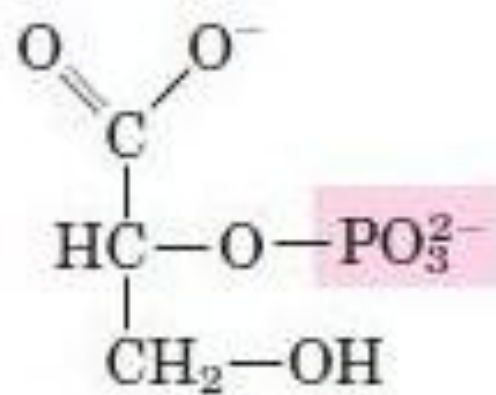
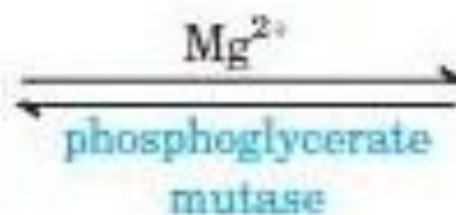
3-Phosphoglycerate

ATP

$$\Delta G'^{\circ} = -18.5 \text{ kJ/mol}$$

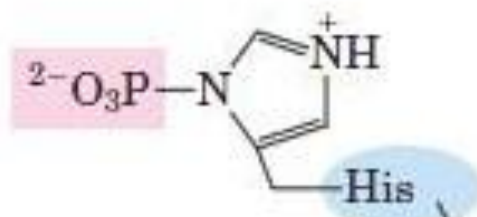
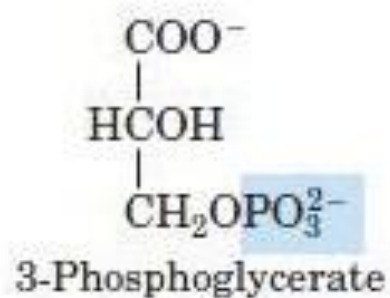


3-Phosphoglycerate



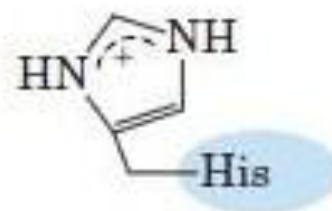
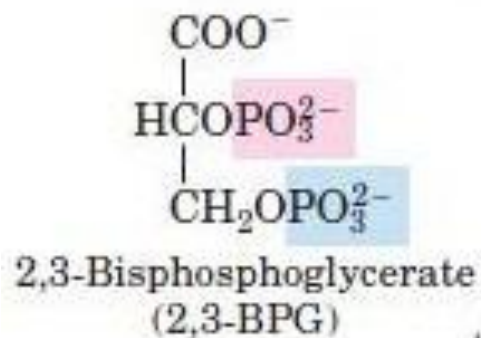
2-Phosphoglycerate

$$\Delta G'^{\circ} = 4.4 \text{ kJ/mol}$$

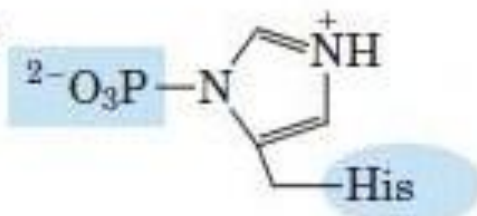
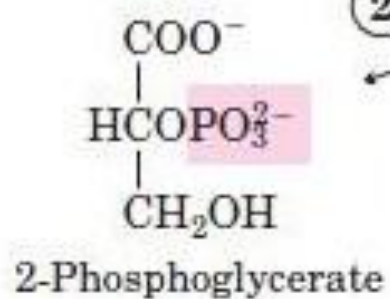


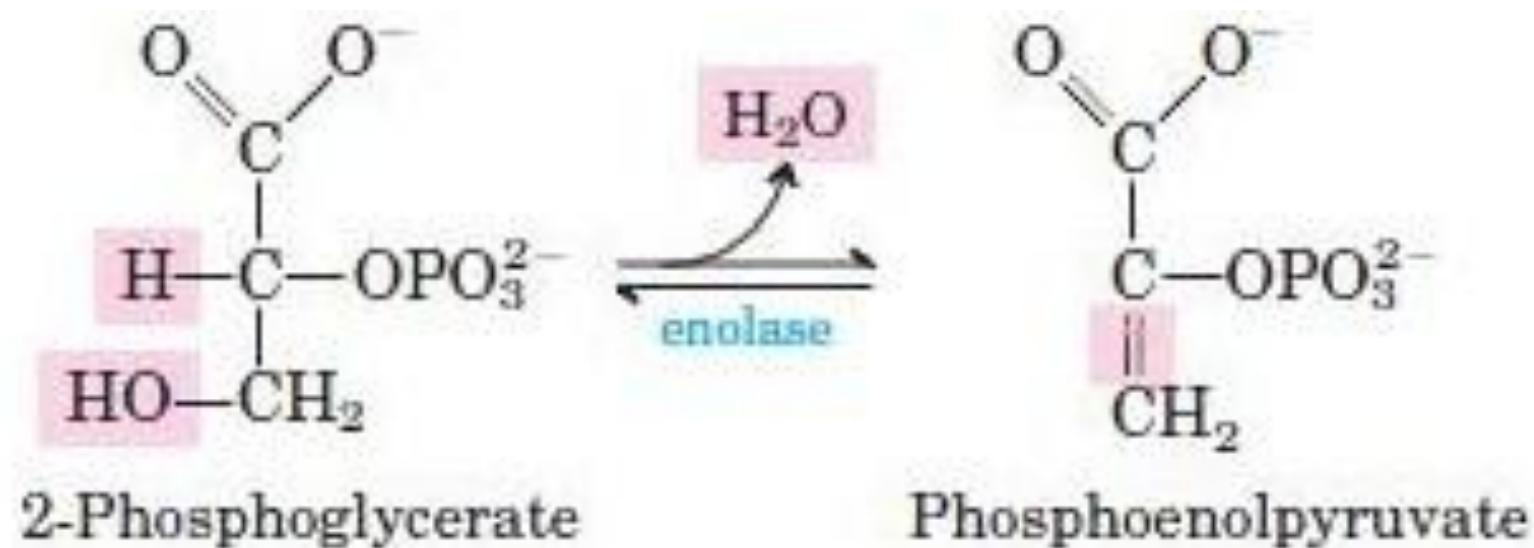
Phosphoglycerate
mutase

① ↓

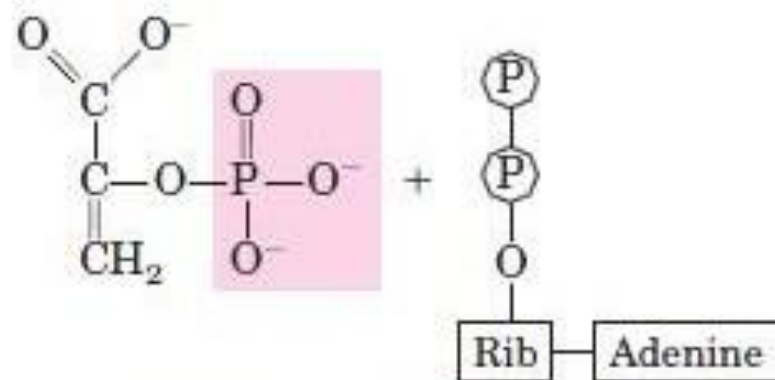


② ↙ ↘





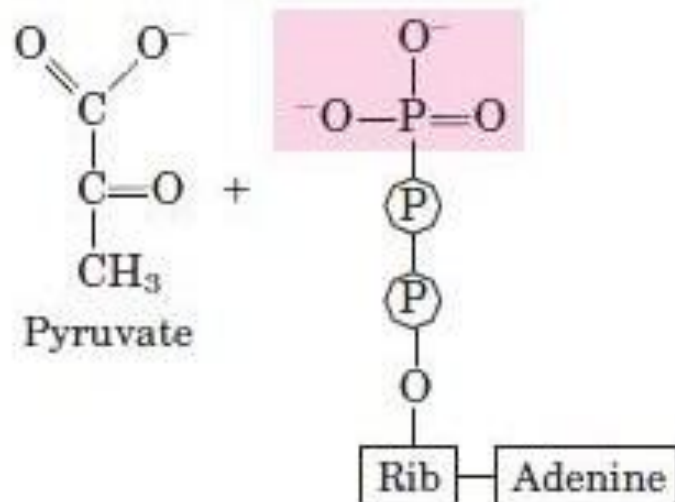
$$\Delta G'^{\circ} = 7.5 \text{ kJ/mol}$$



Phosphoenolpyruvate

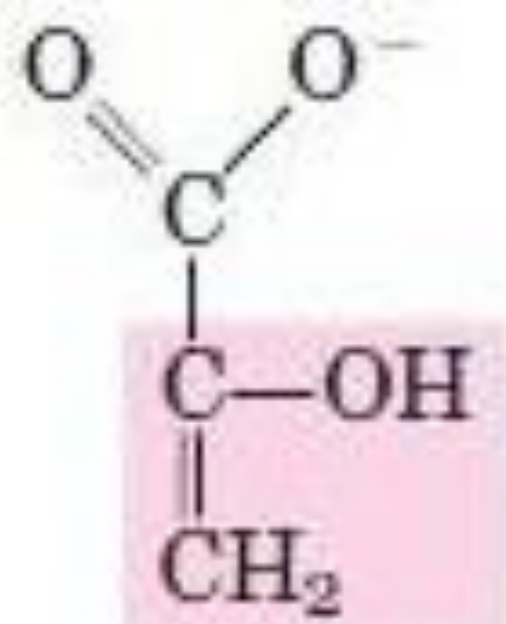
ADP

Mg^{2+} , K^+ pyruvate kinase

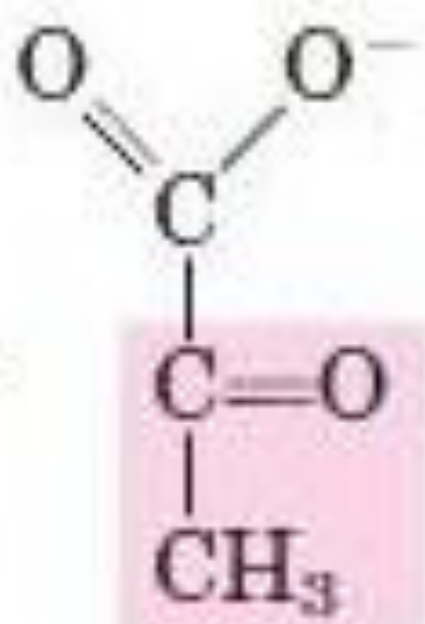
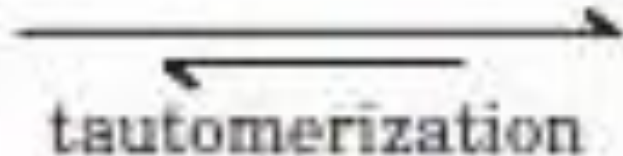


ATP

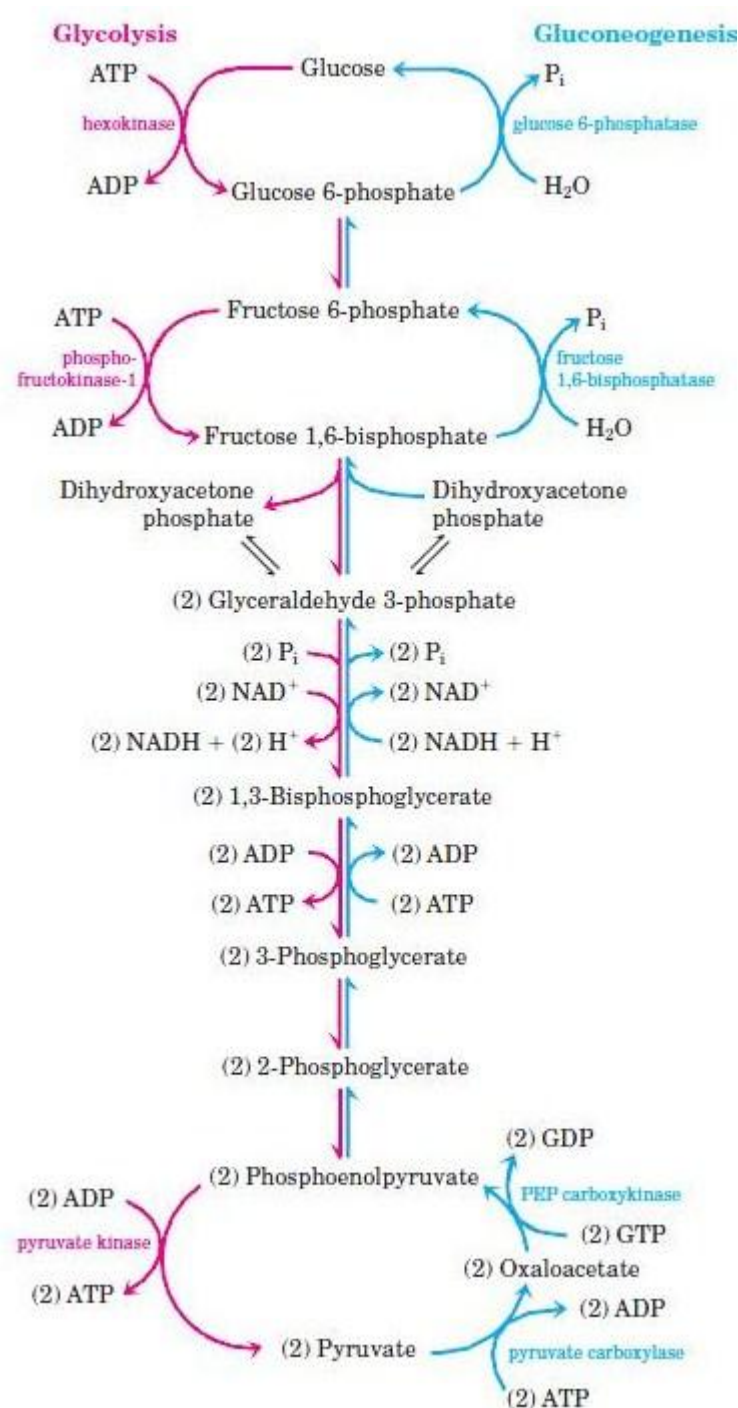
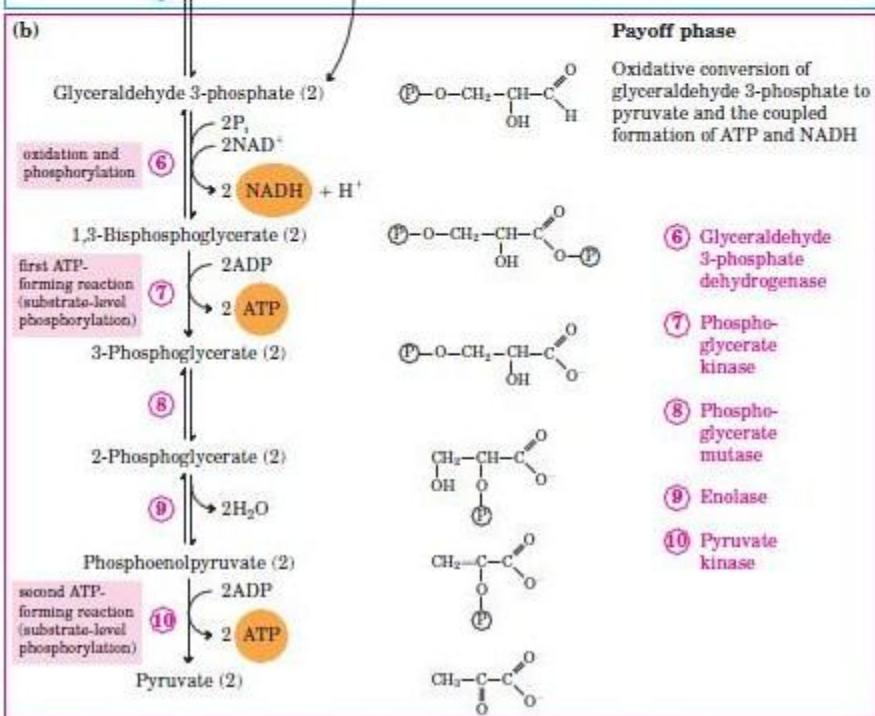
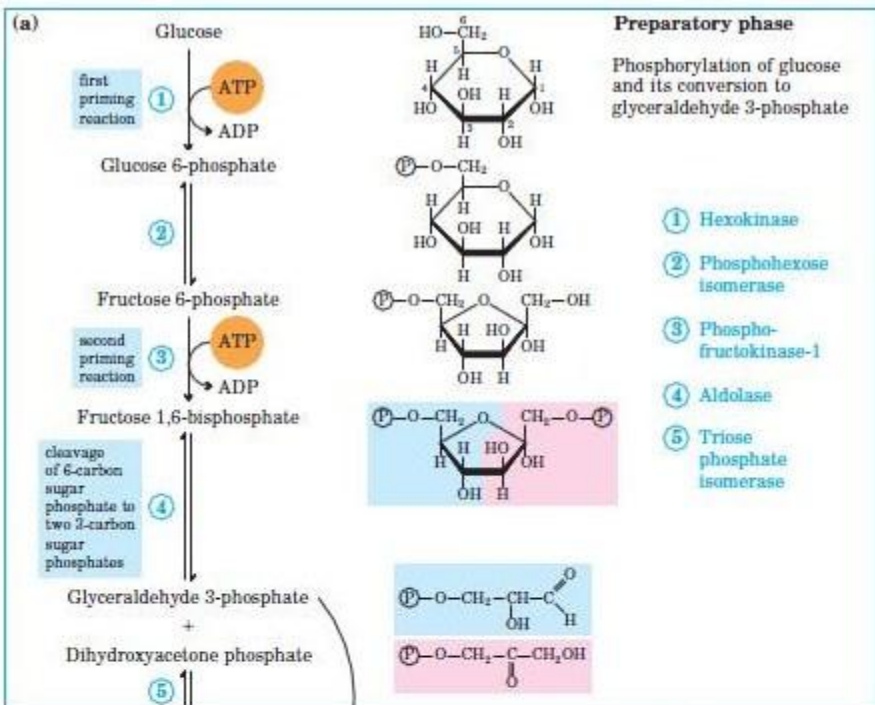
$$\Delta G'^{\circ} = -31.4 \text{ kJ/mol}$$



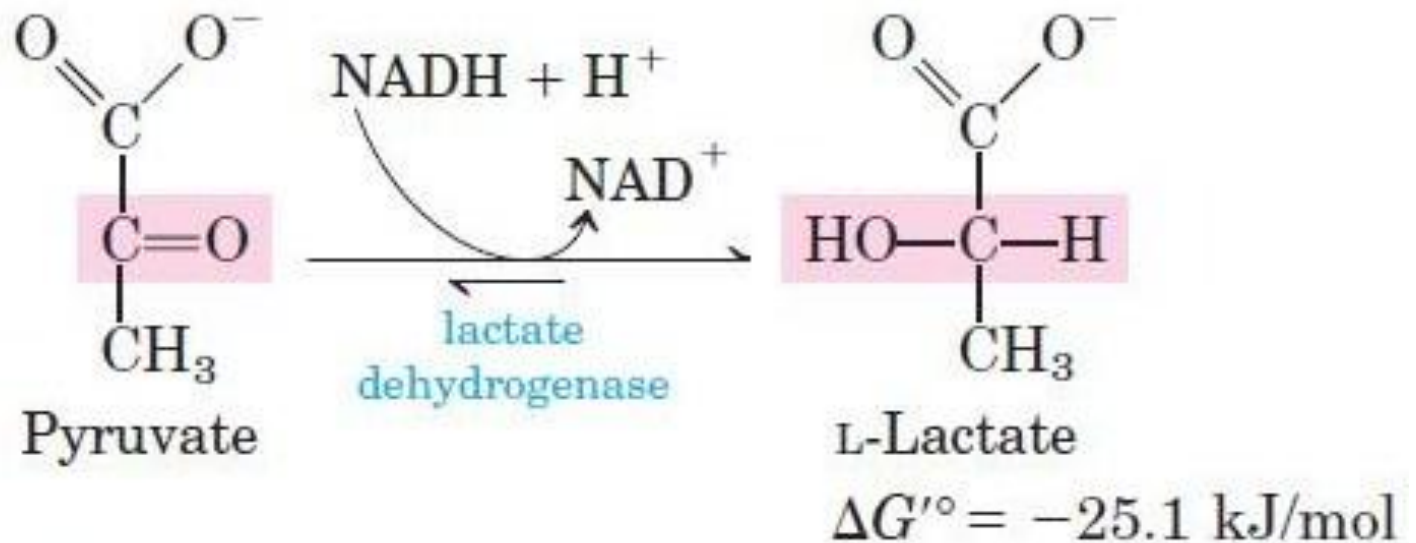
Pyruvate
(enol form)



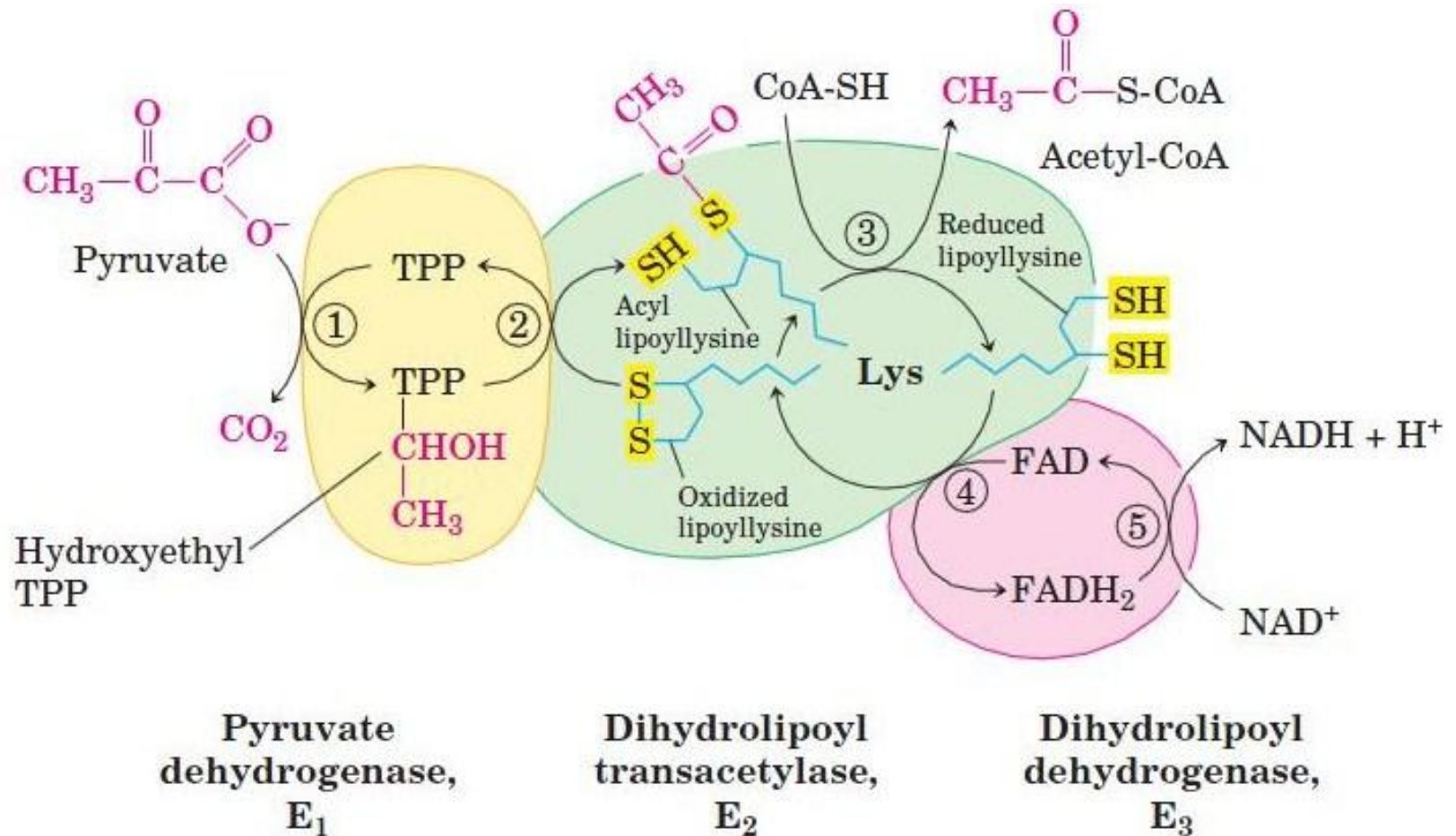
Pyruvate
(keto form)



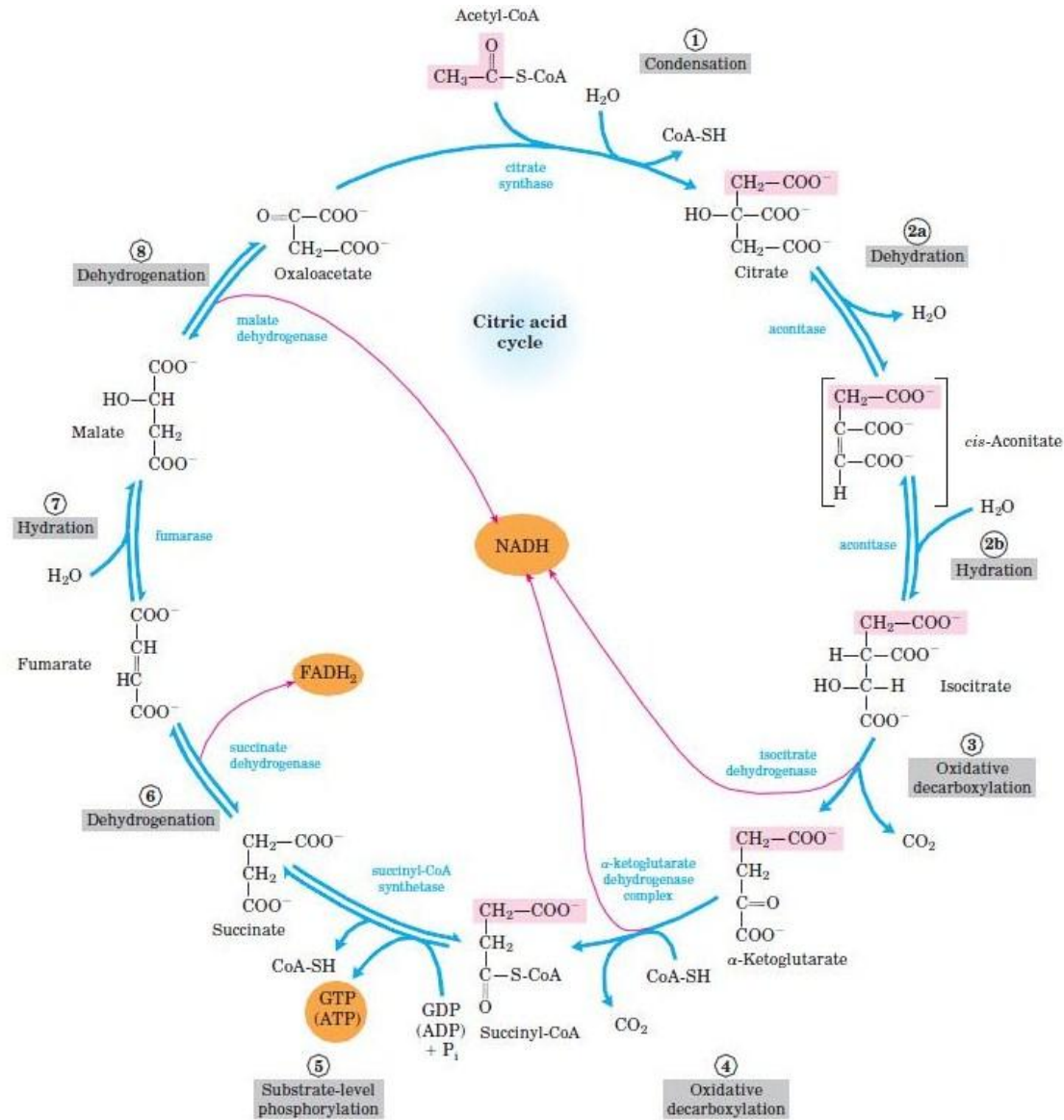
Анаеробний шлях

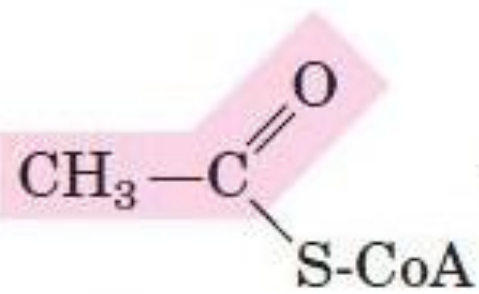


Декарбоксилювання ПВК

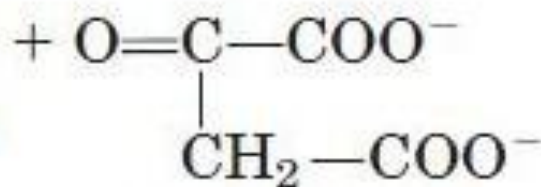


Цикл лимонної кислоти

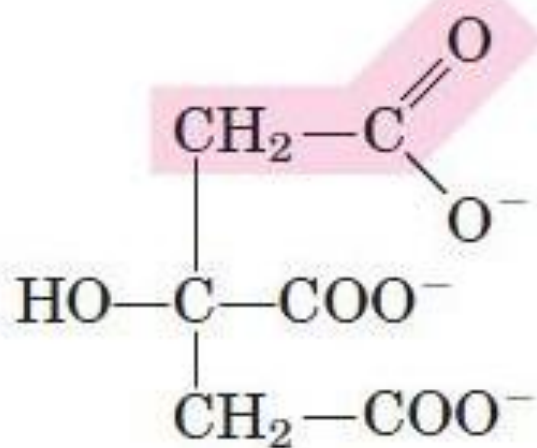
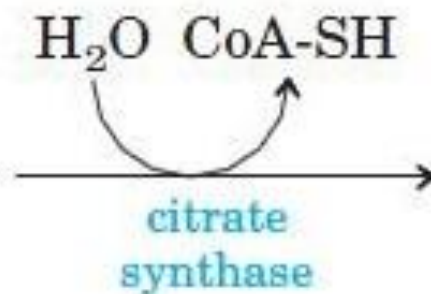




Acetyl-CoA

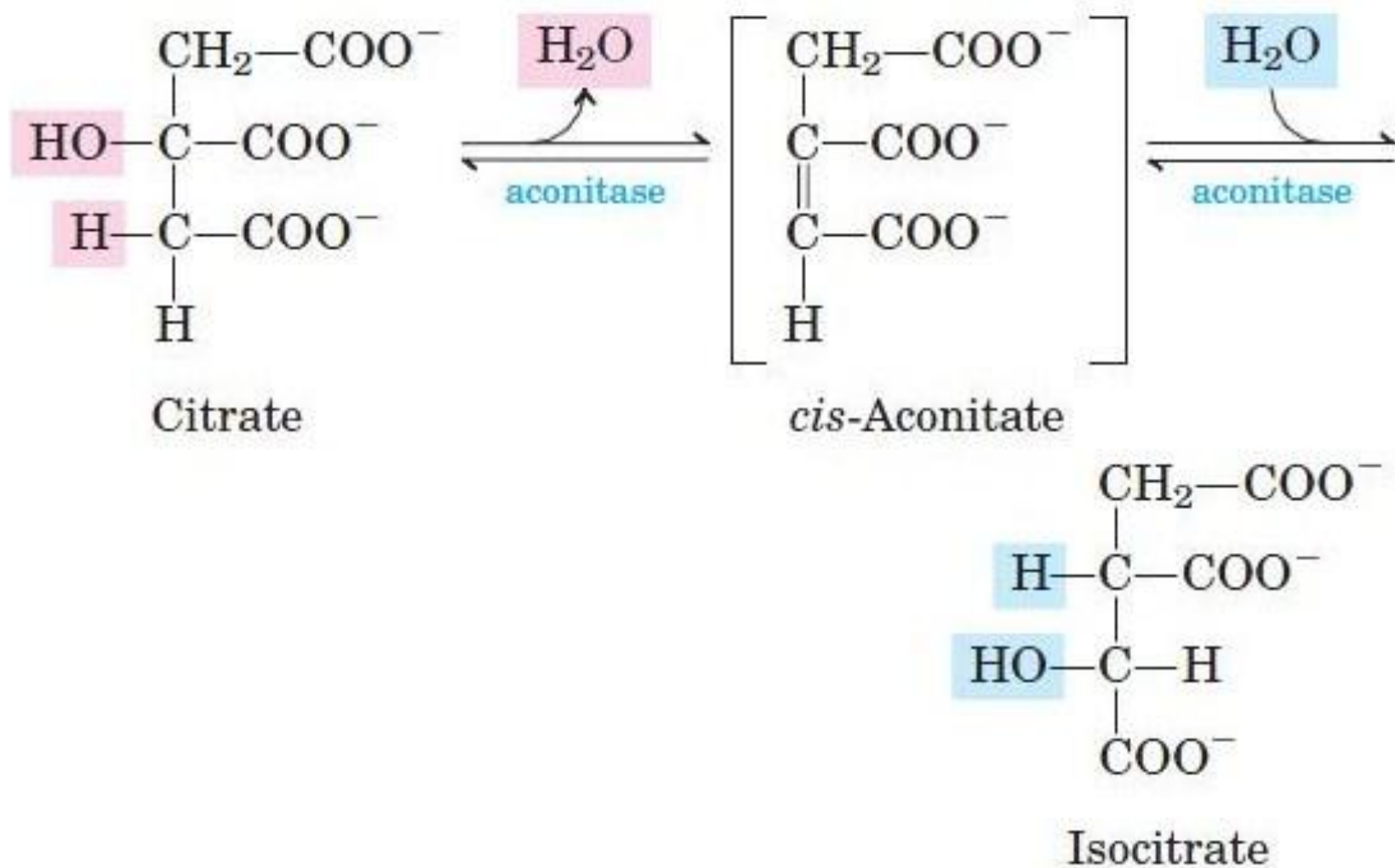


Oxaloacetate

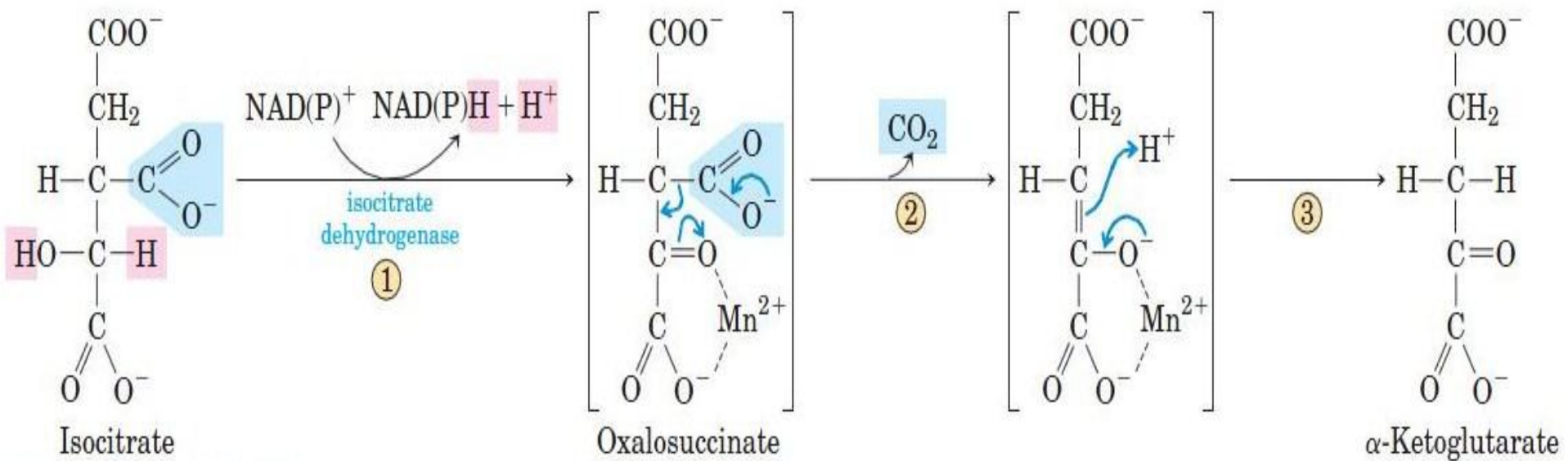


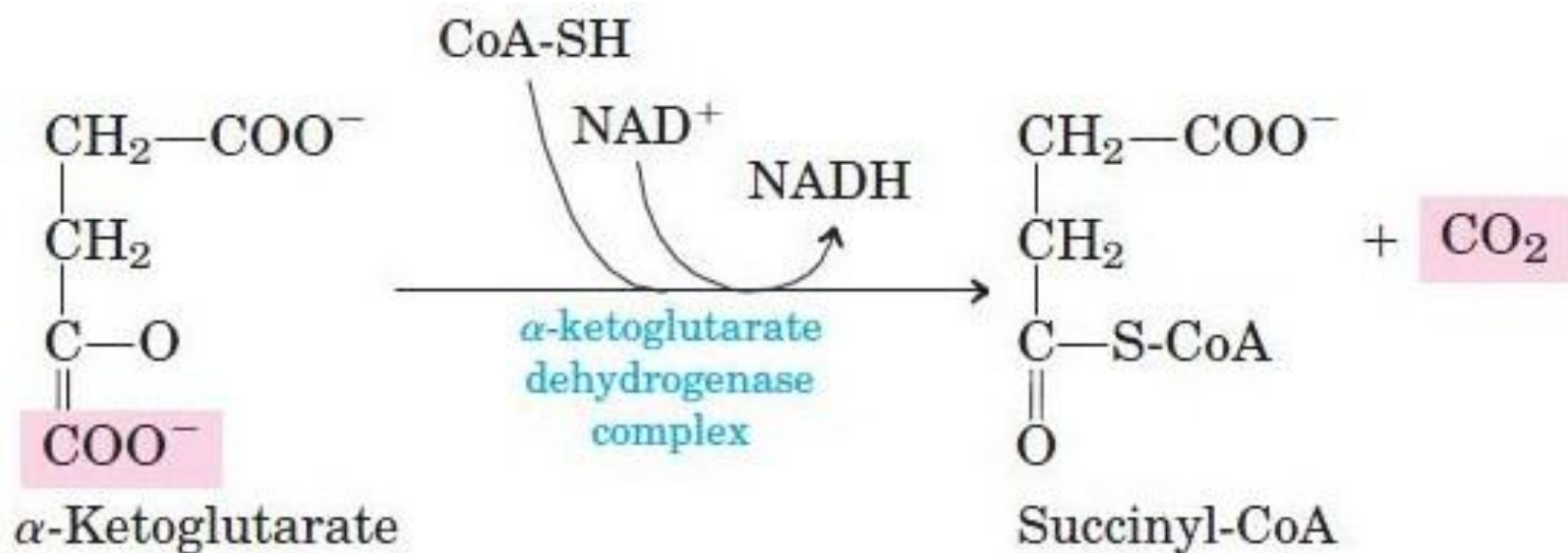
Citrate

$$\Delta G'^{\circ} = -32.2 \text{ kJ/mol}$$

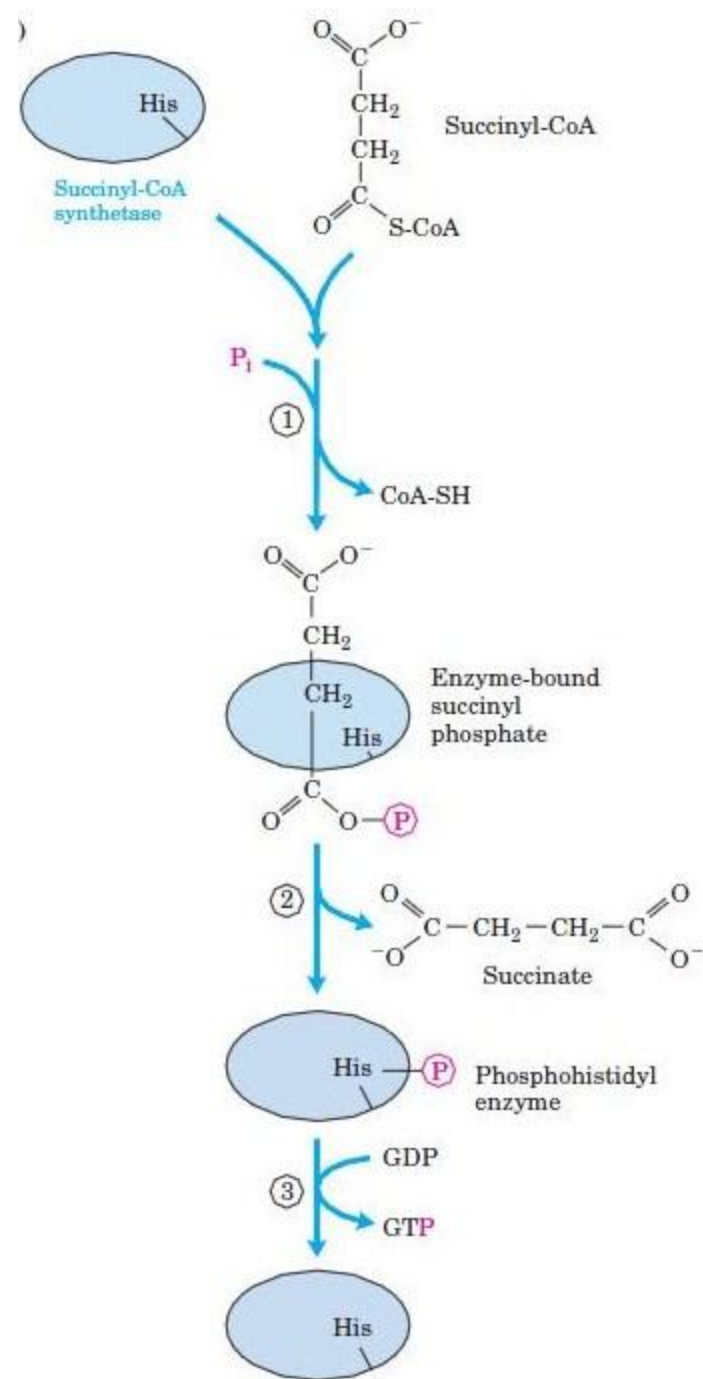


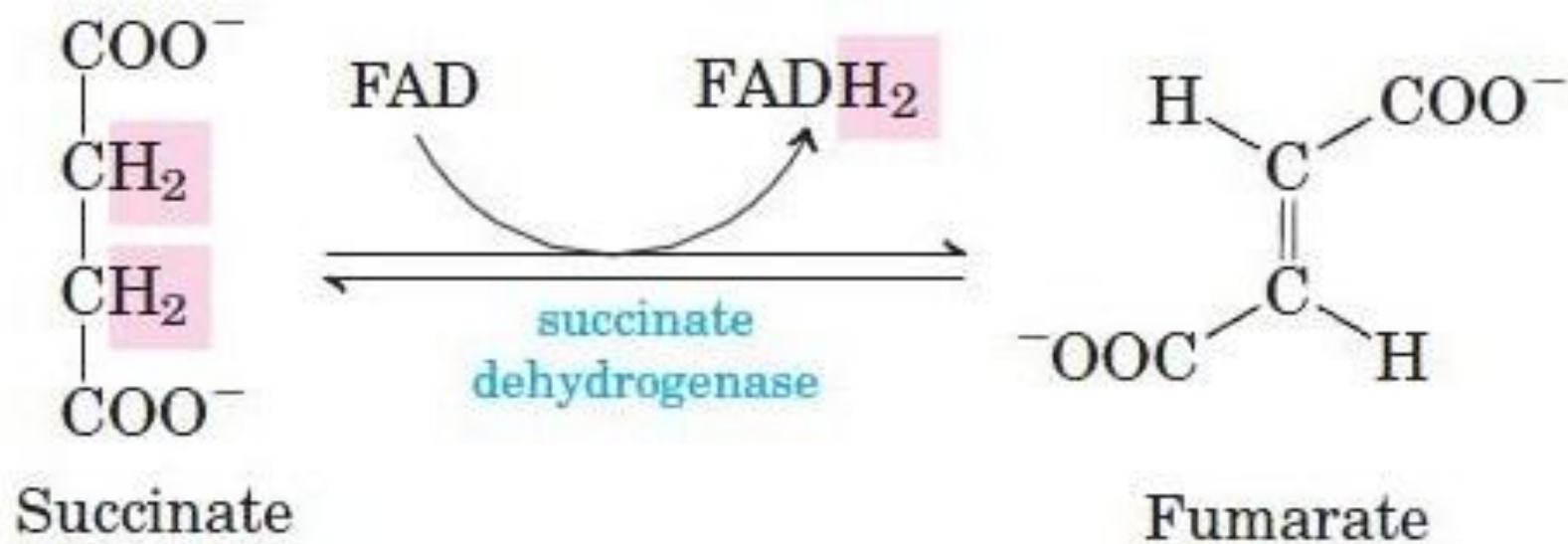
$$\Delta G'^{\circ} = 13.3 \text{ kJ/mol}$$



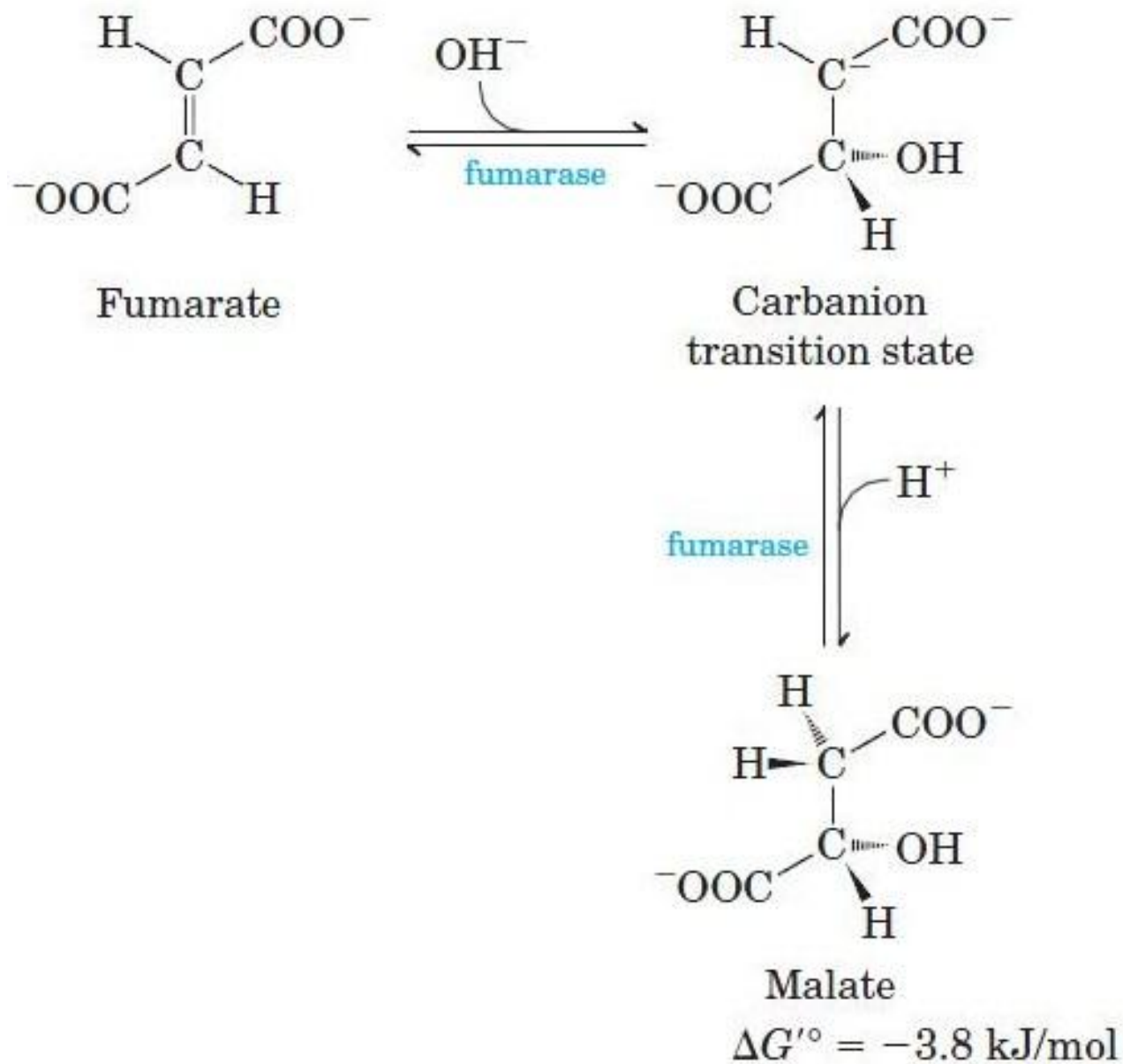


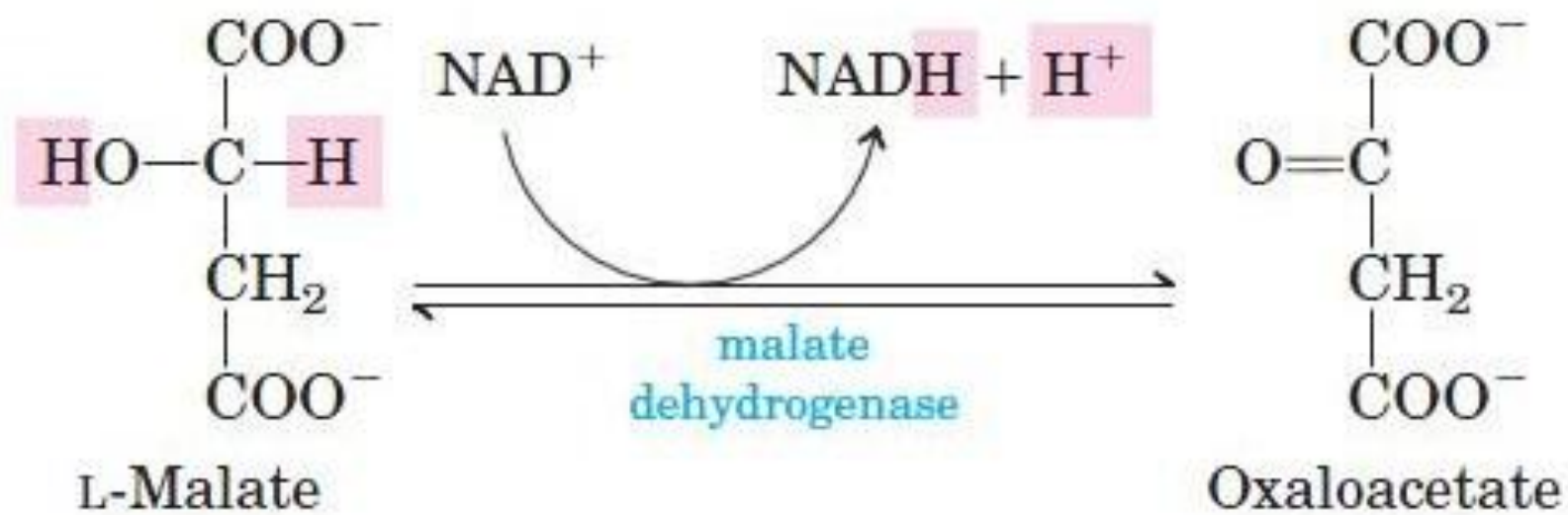
$$\Delta G'^{\circ} = -33.5 \text{ kJ/mol}$$



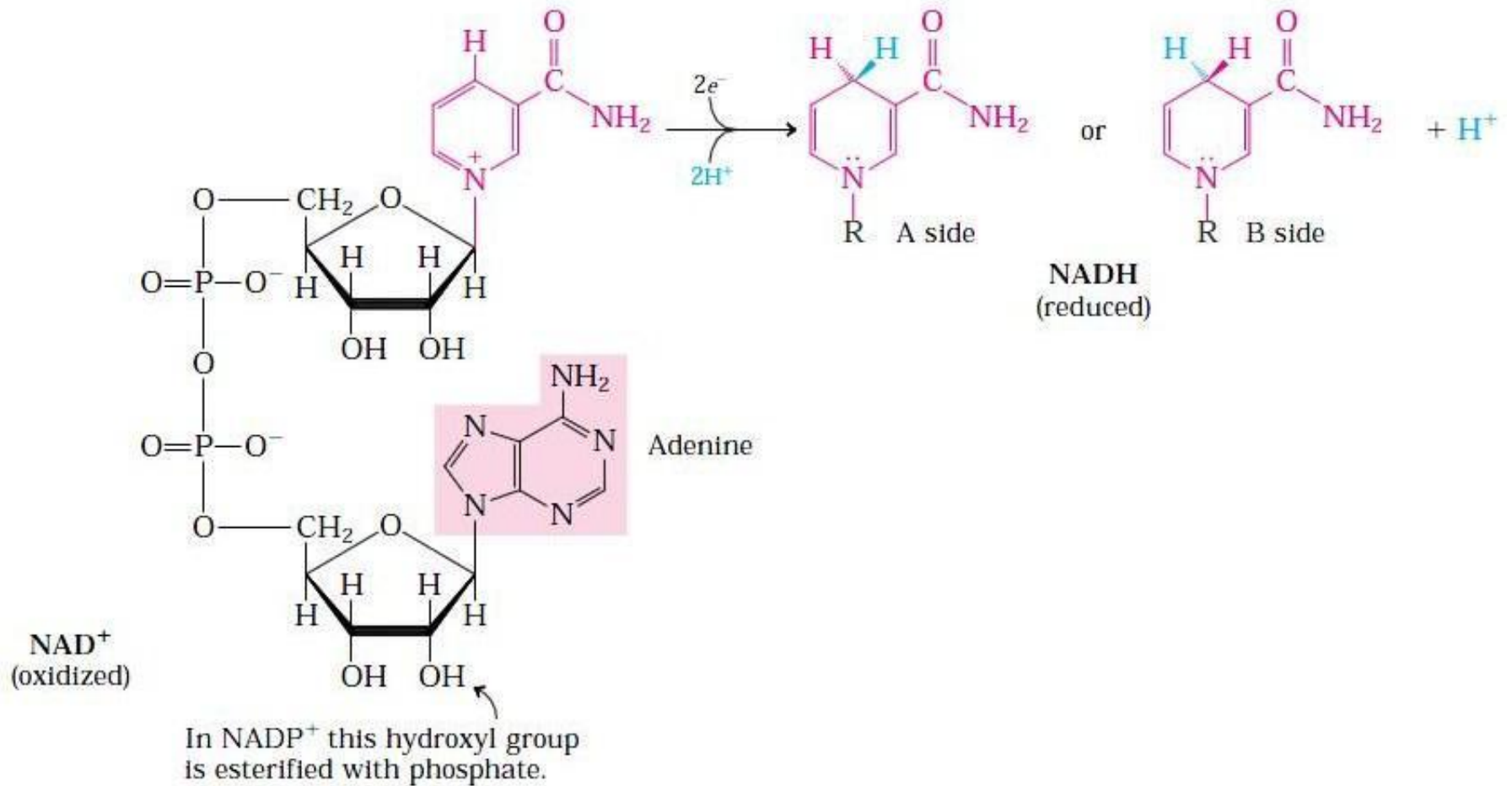


$$\Delta G'^{\circ} = 0 \text{ kJ/mol}$$

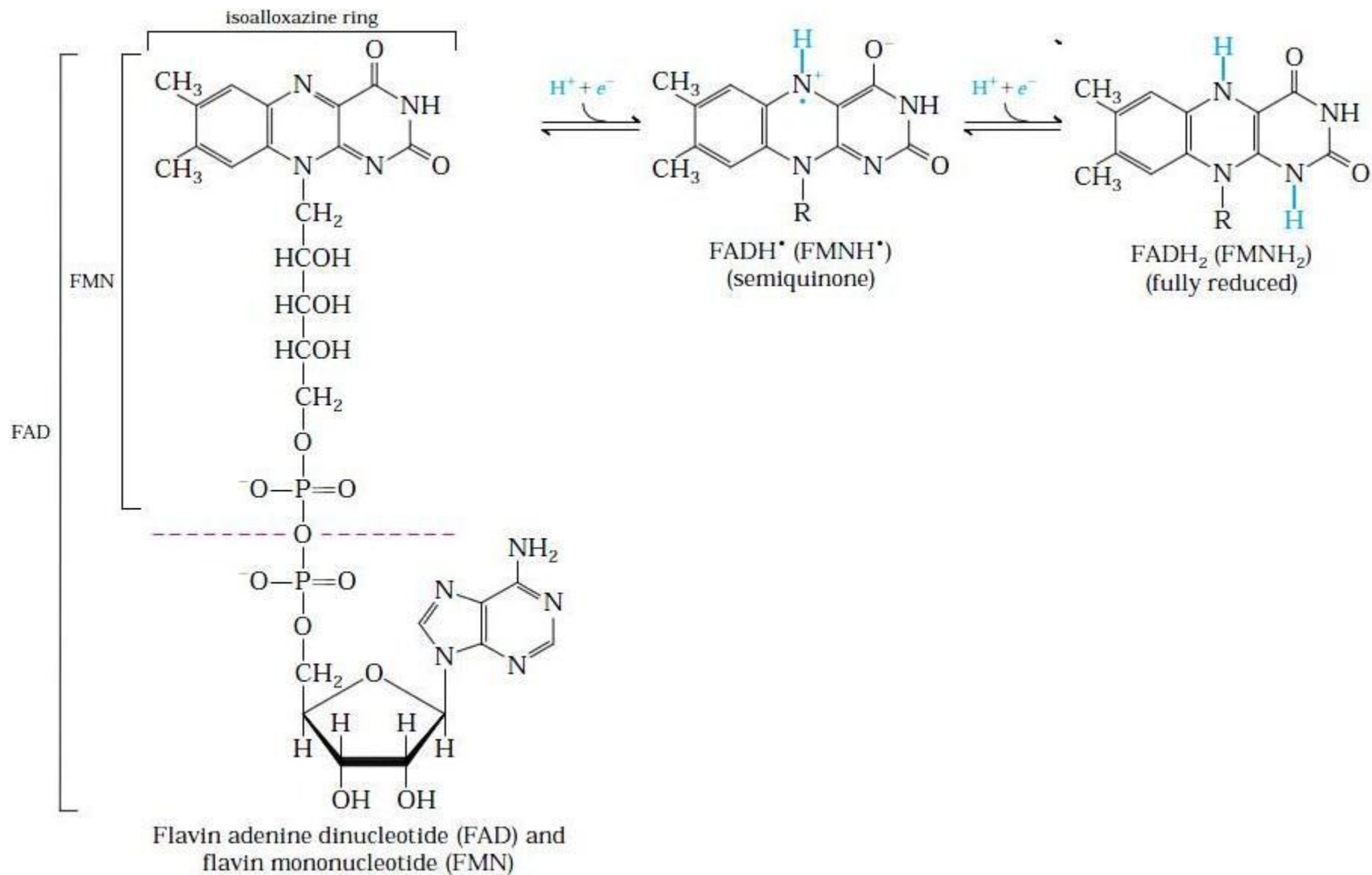




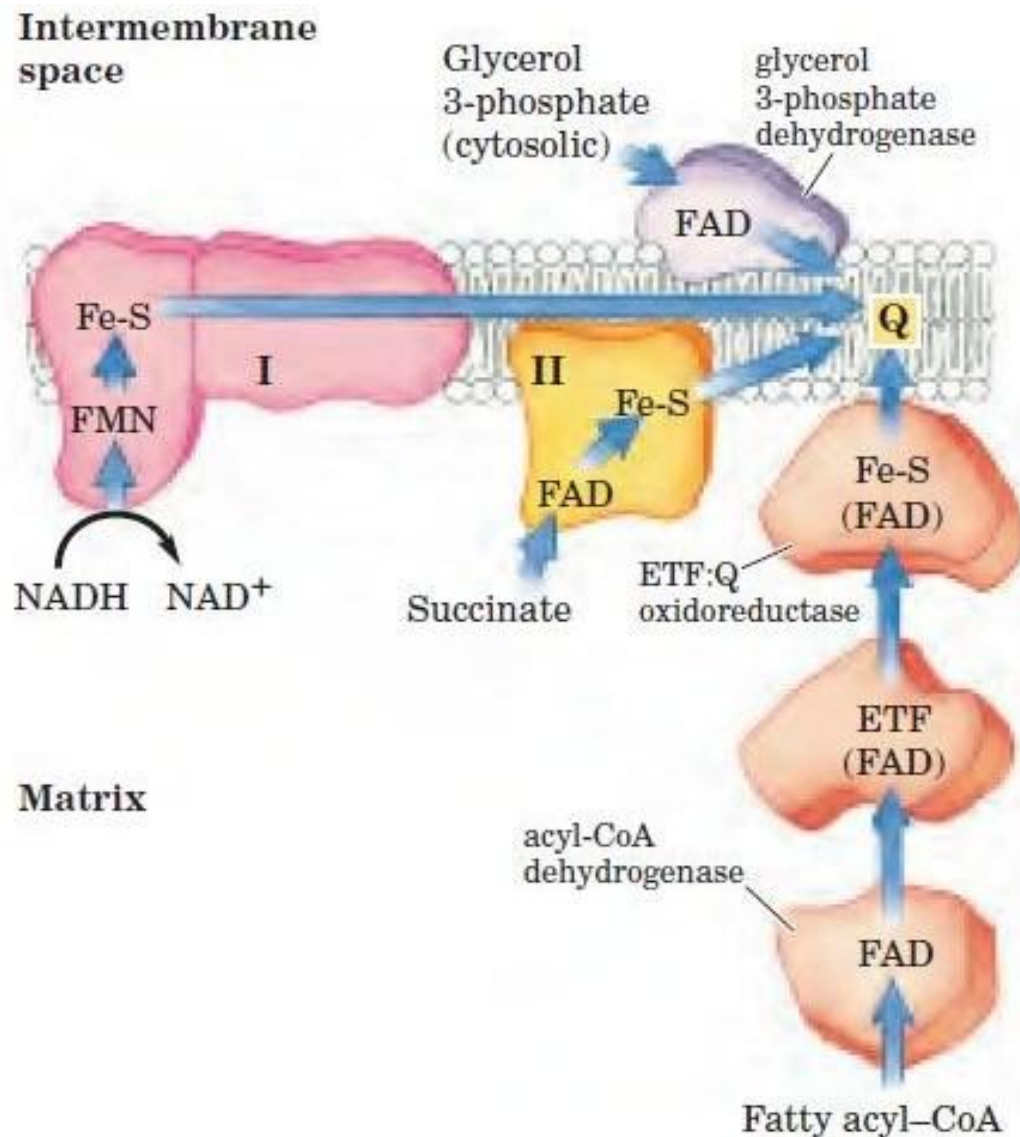
$$\Delta G'^{\circ} = 29.7 \text{ kJ/mol}$$

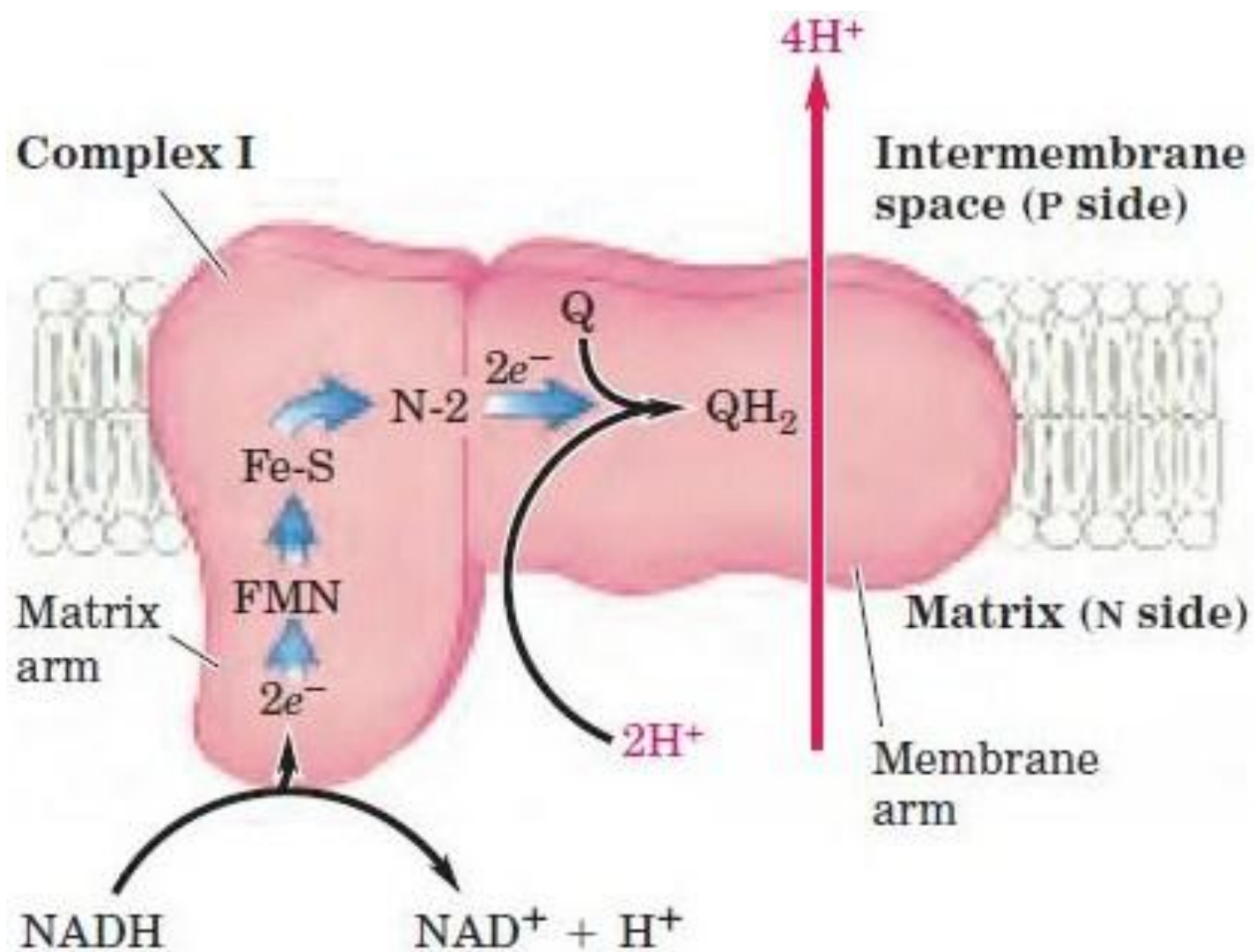


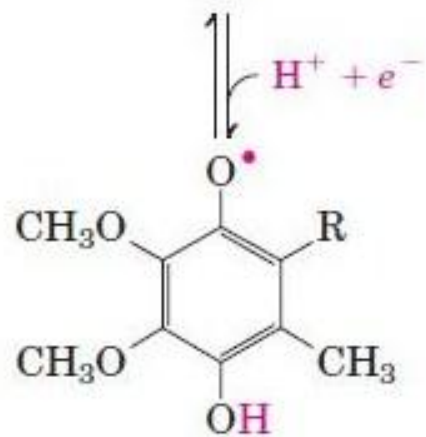
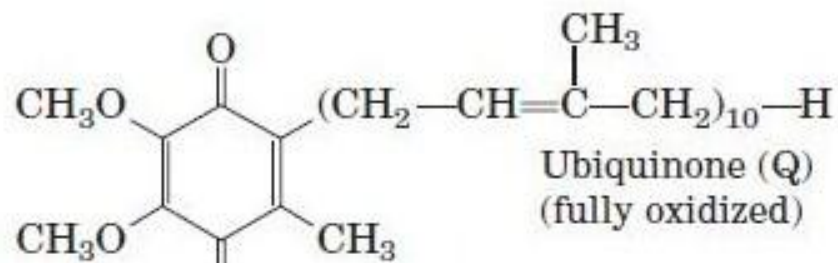
(a)



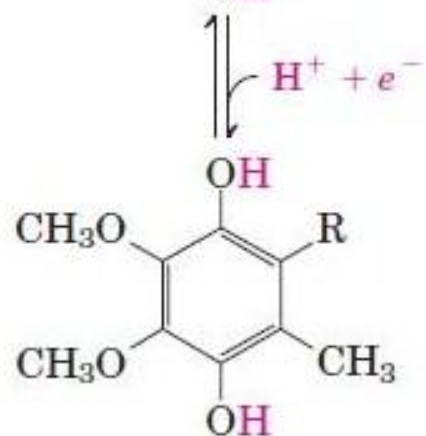
Дихальний ланцюг



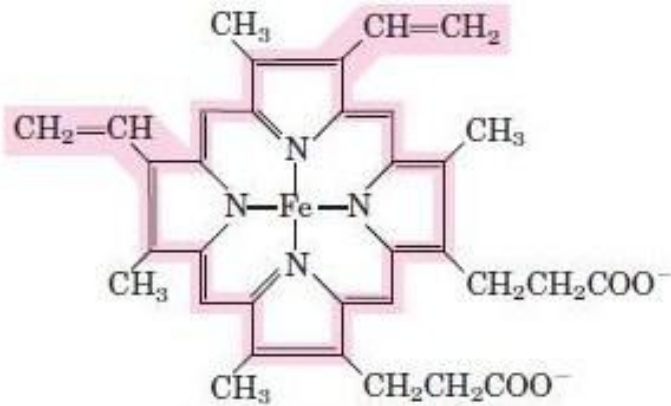




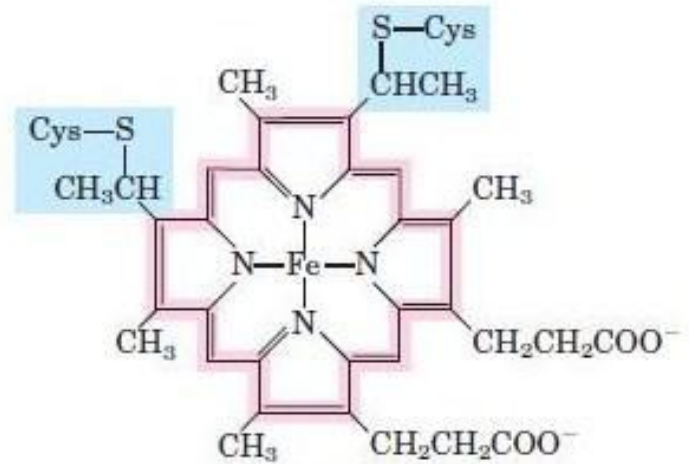
Semiquinone radical
($\bullet$ QH)



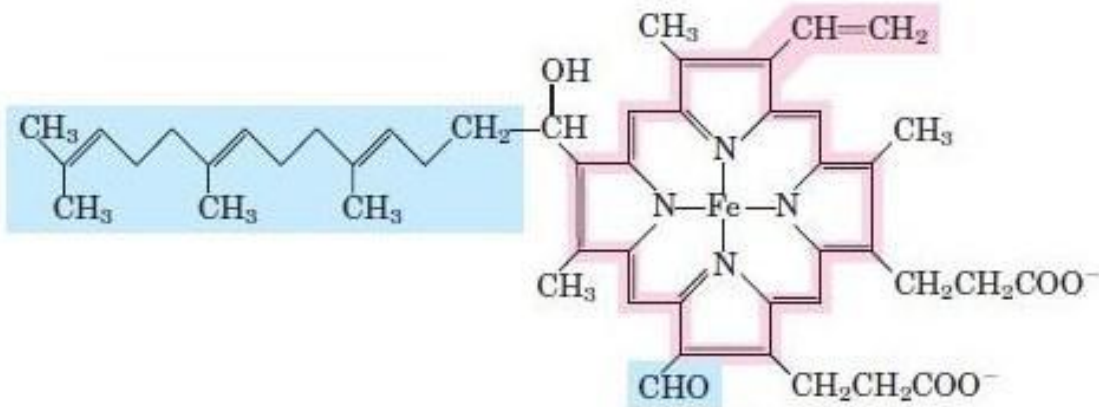
Ubiquinol (QH₂)
(fully reduced)



Iron protoporphyrin IX
(in *b*-type cytochromes)



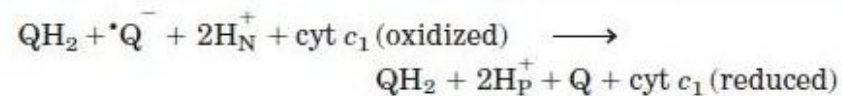
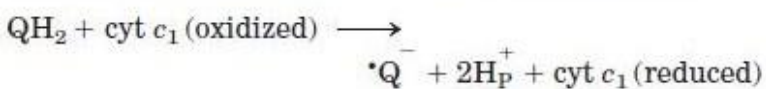
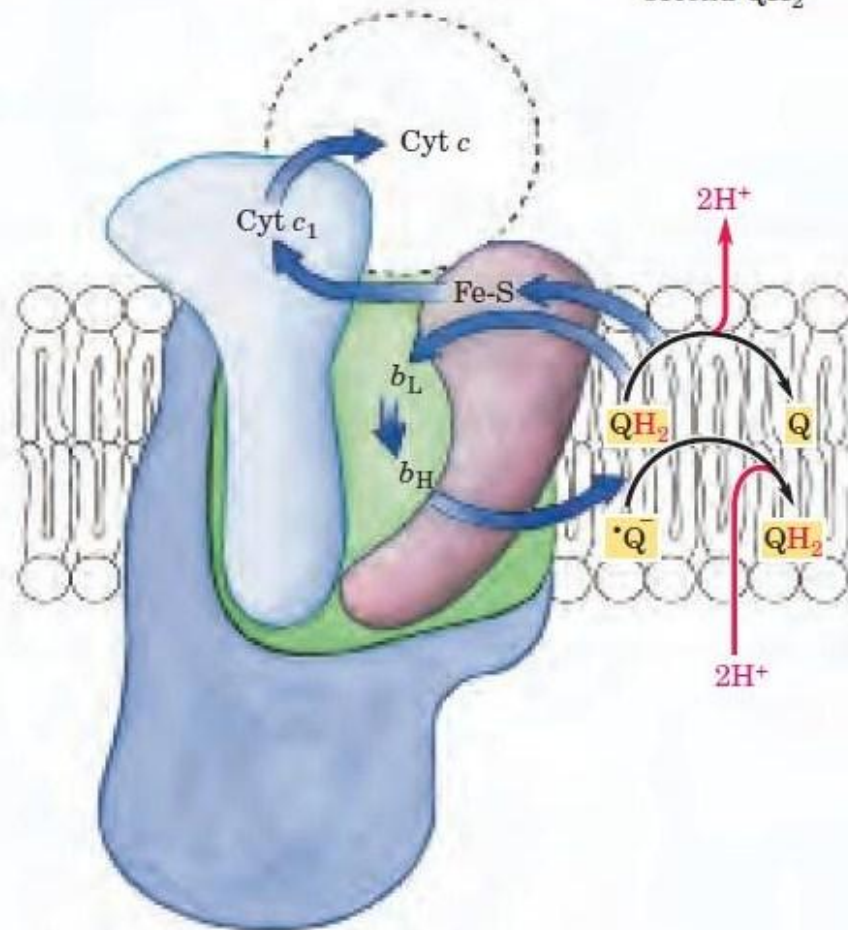
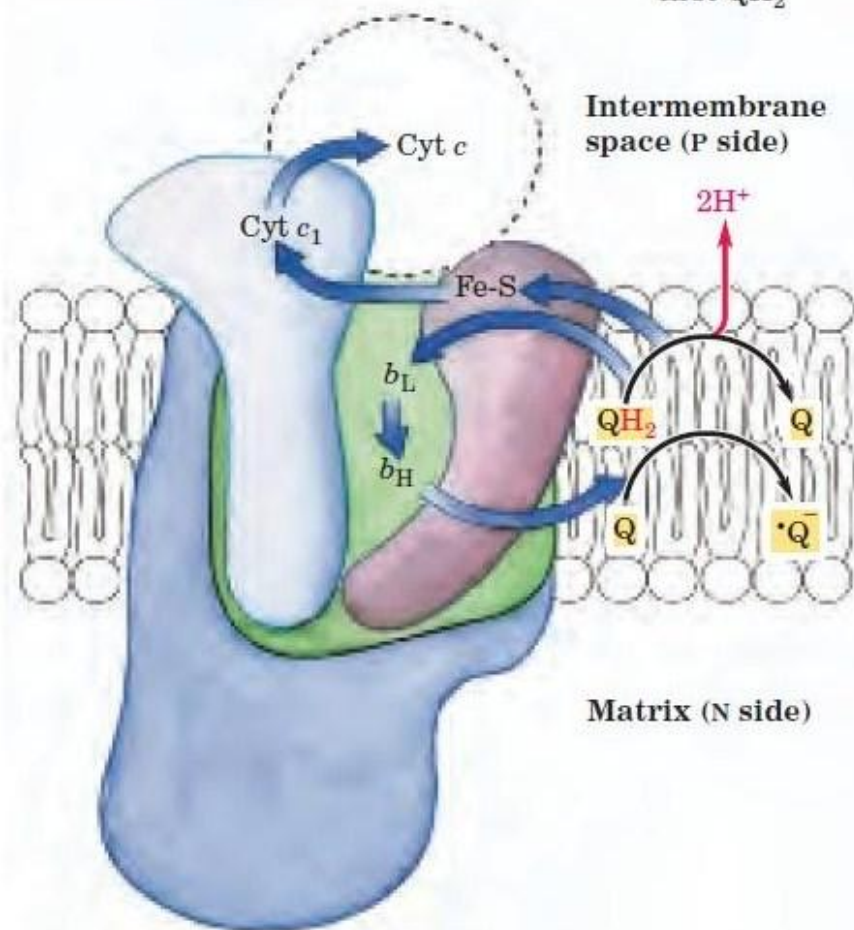
Heme C
(in *c*-type cytochromes)



Heme A
(in *a*-type cytochromes)

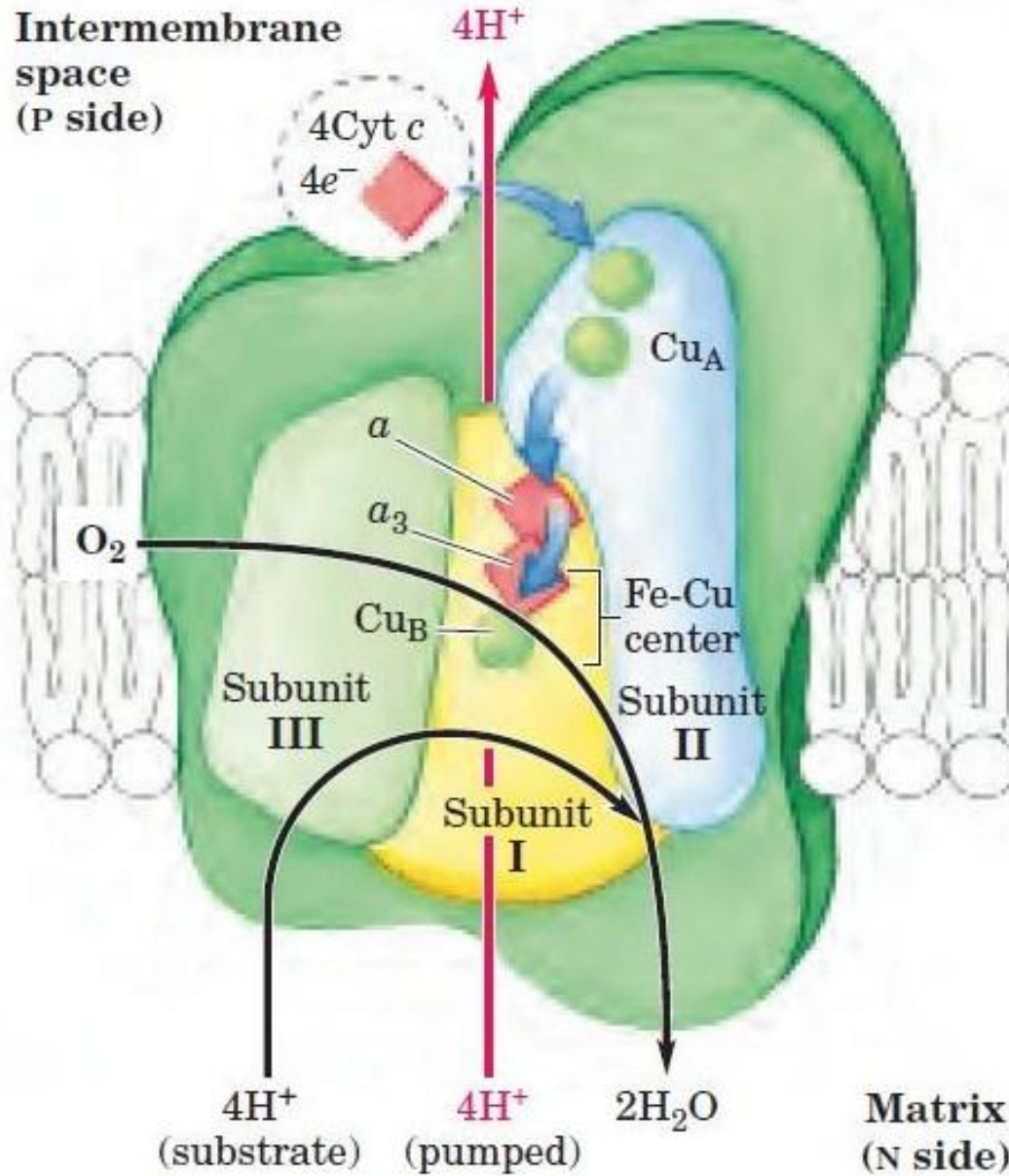
Oxidation of
first QH_2

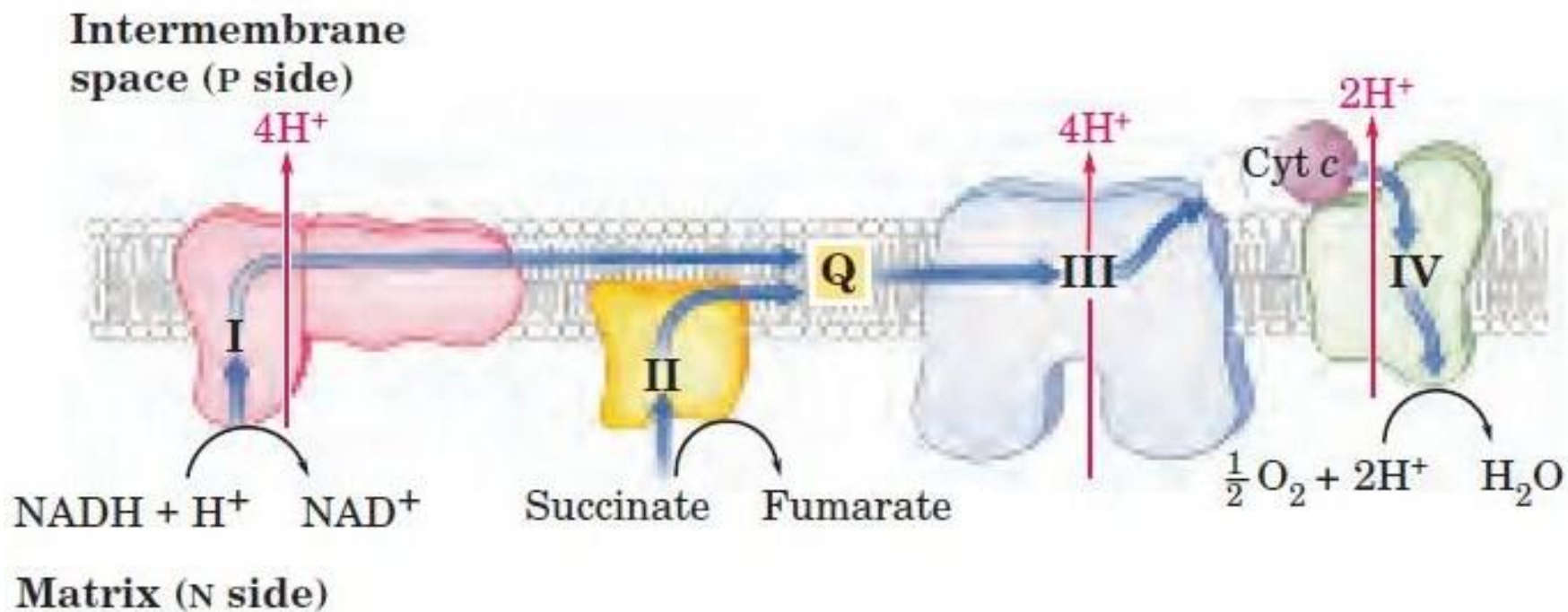
Oxidation of
second QH_2



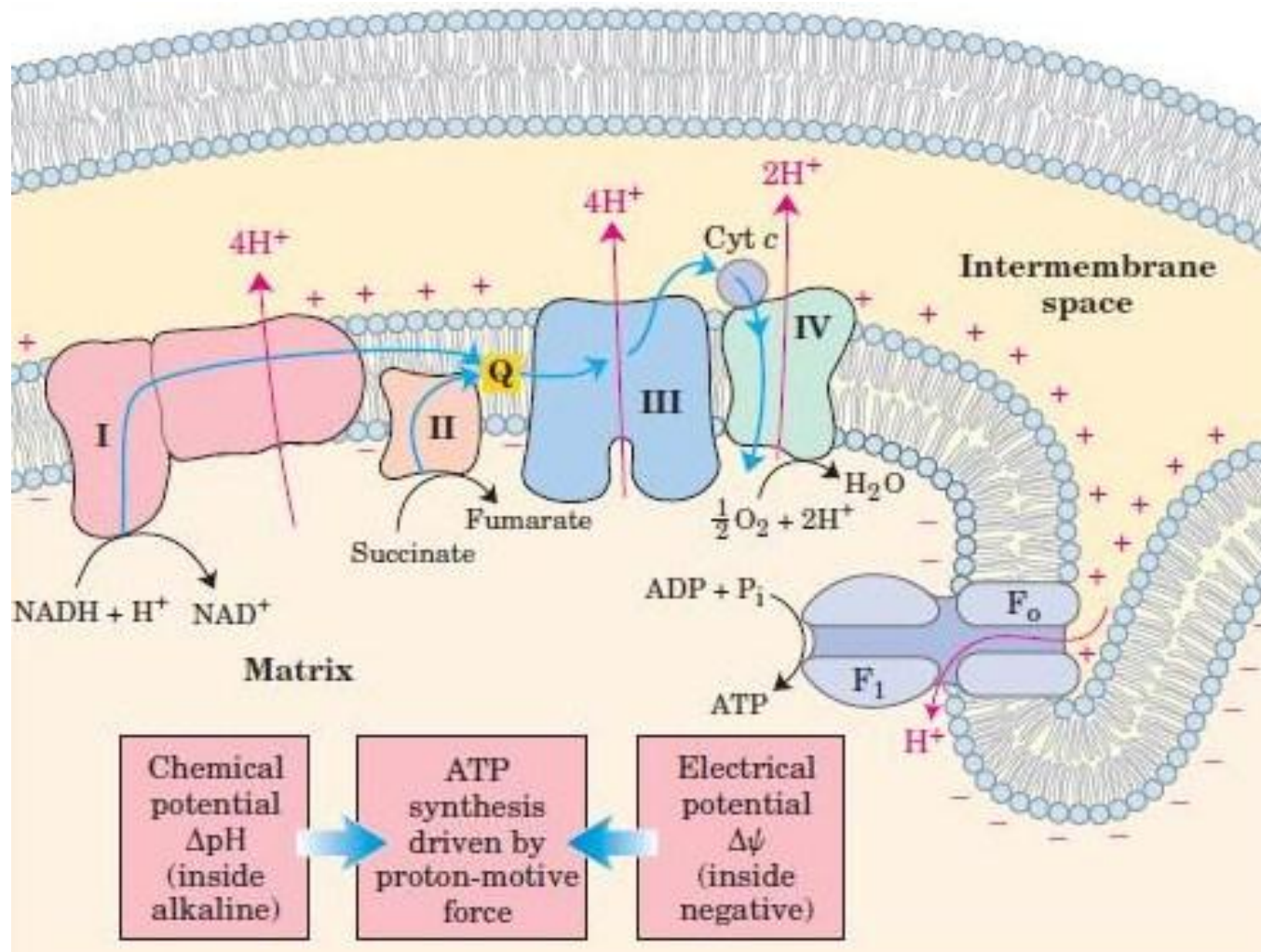
Net equation:



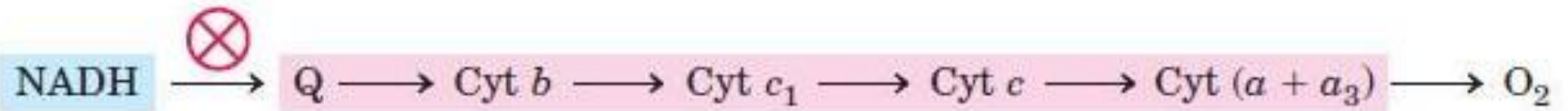




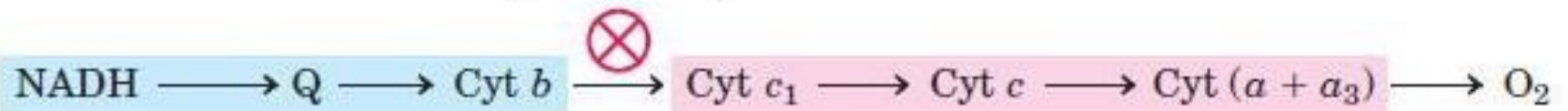
ЦЛК + ДЛ = «Тканинне дихання»



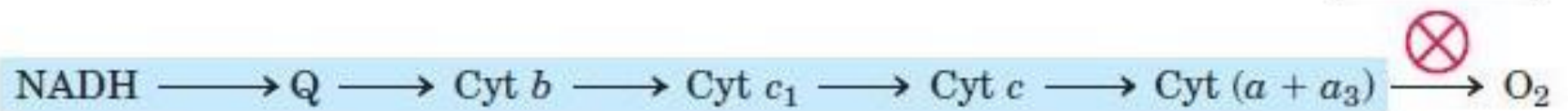
rotenone



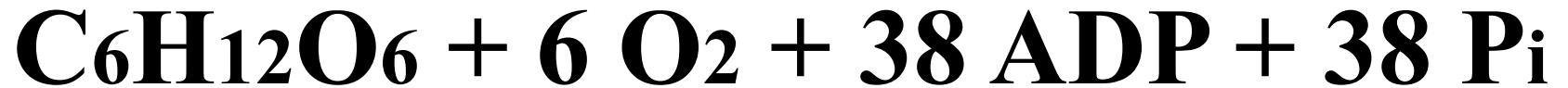
antimycin A



CN⁻ or CO



Сумарна формула

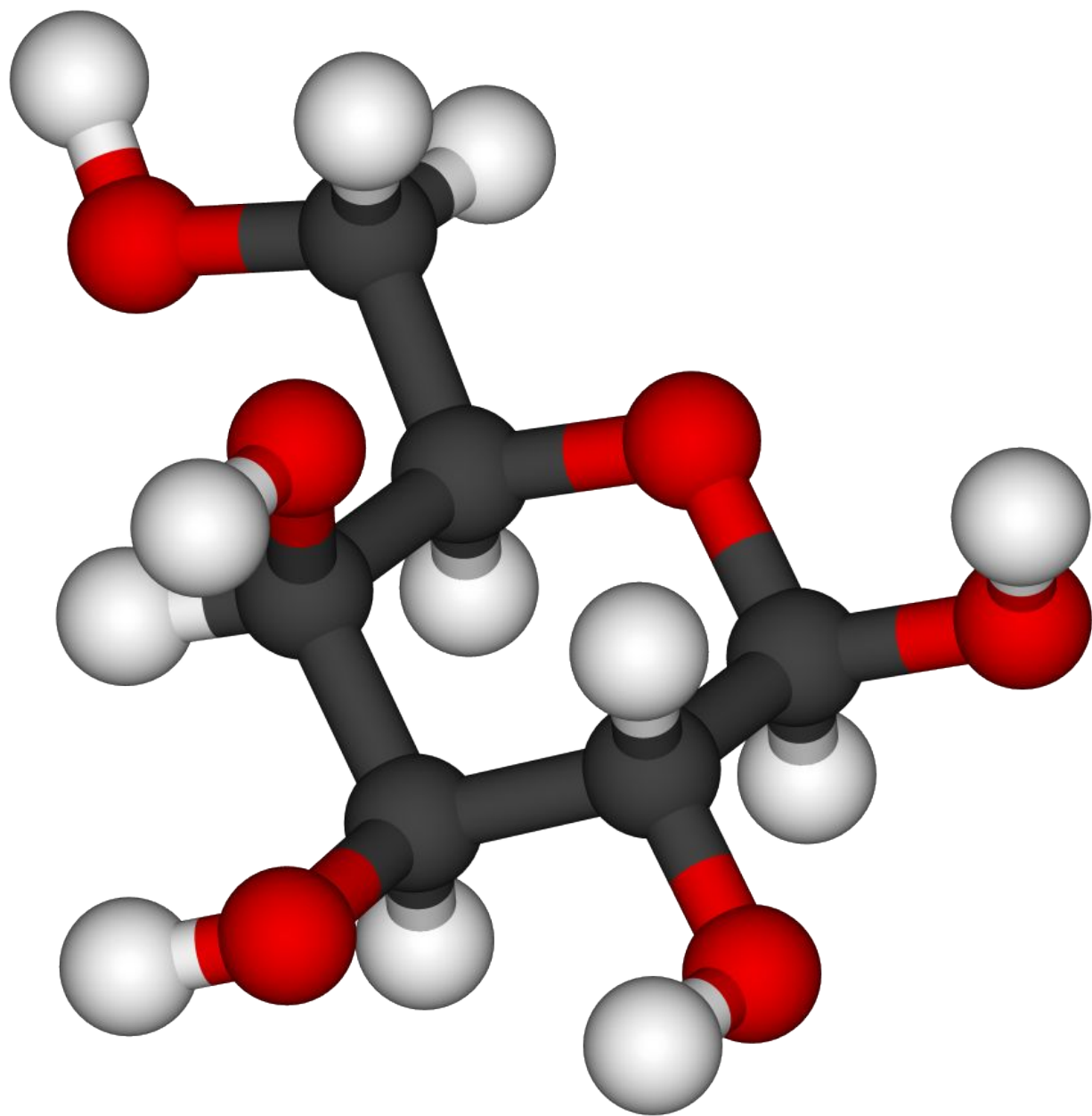


=



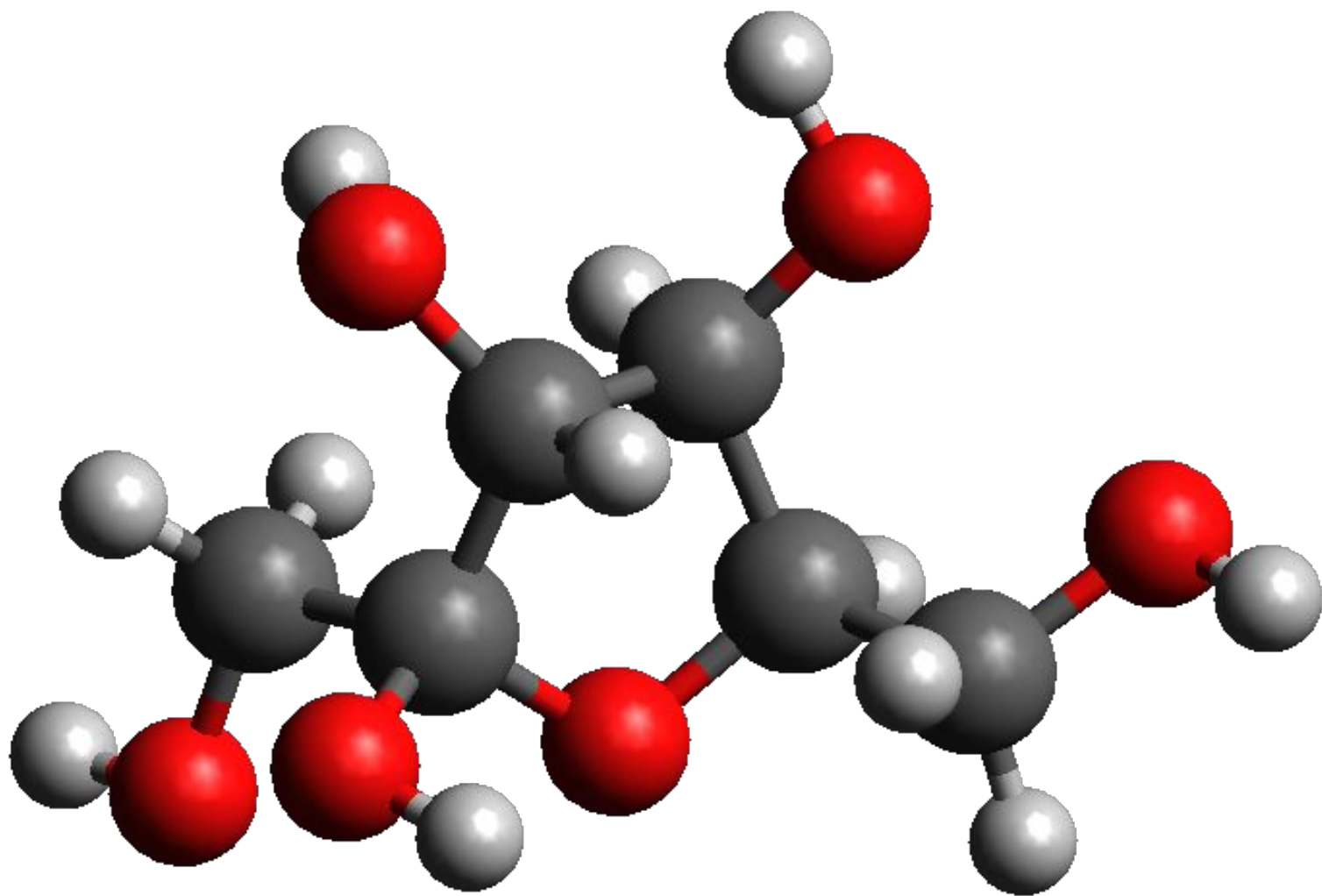
Галактоза

- Скорочена формула: $C_6H_{12}O_6$
- Молекулярна маса: 180 г/моль
- Тип вуглеводу: альдогексоза
- Оптичний ізомер у людини: D
- Додаткова інформація: основний мономерний вуглевод у молочних продуктах.

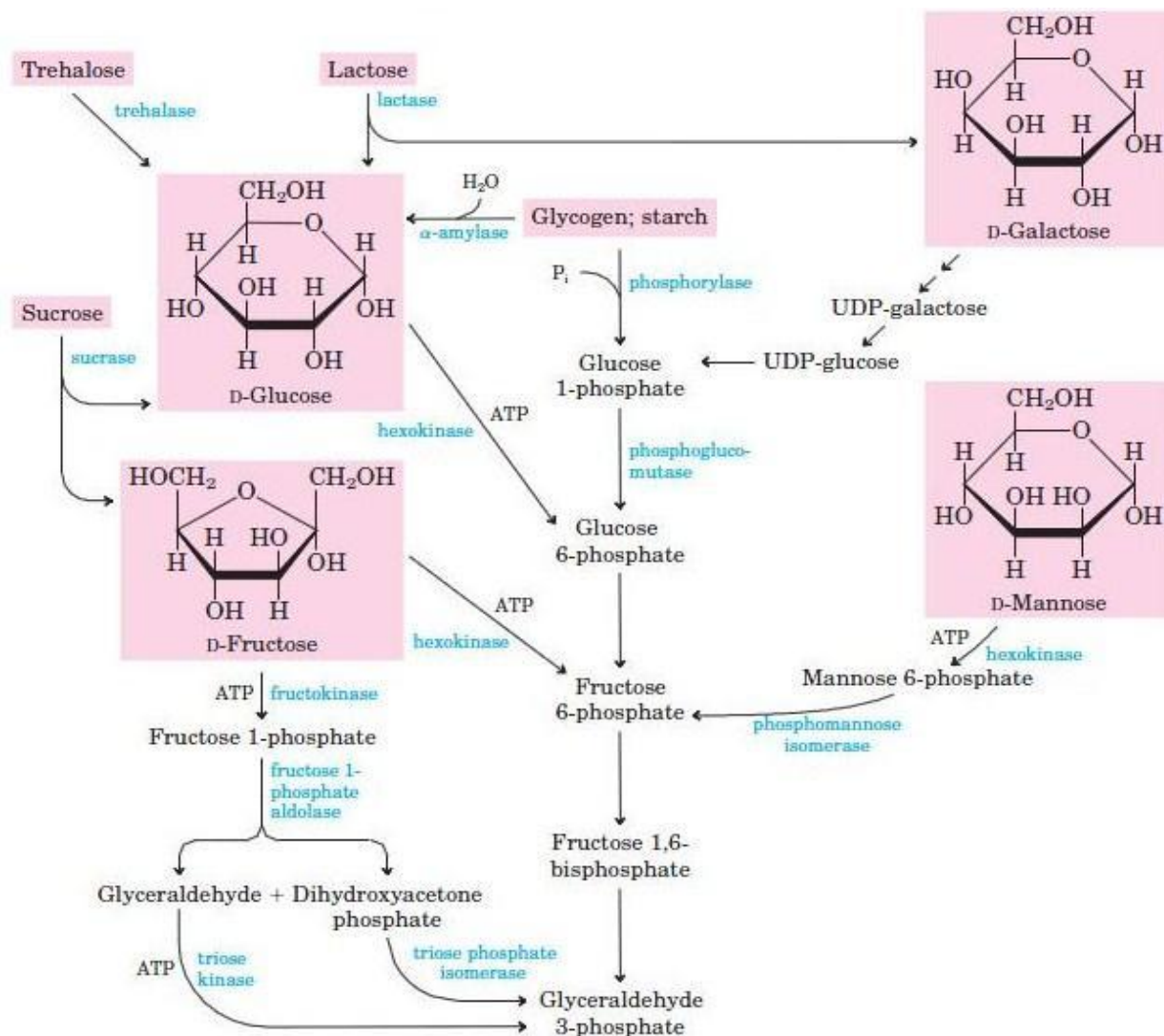


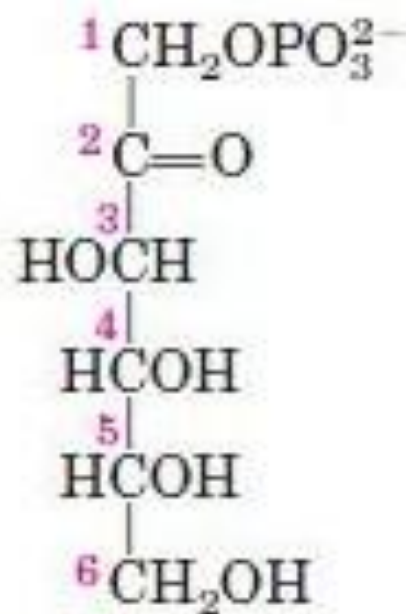
Фруктоза

- Скорочена формула: $C_6H_{12}O_6$
- Молекулярна маса: 180 г/моль
- Тип вуглеводу: кетогексоза
- Оптичний ізомер у людини: D
- Додаткова інформація: основний мономерний вуглевод у всіх покритонасінних (у плодах).

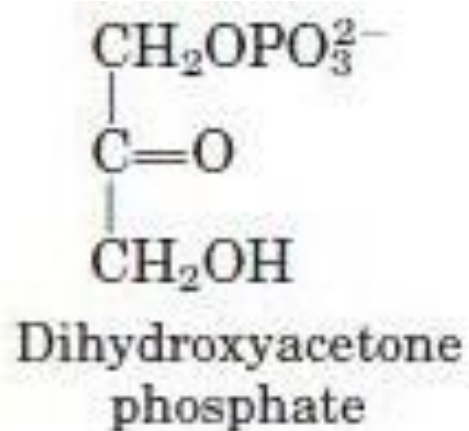


Фруктоза і галактоза у гліколізі

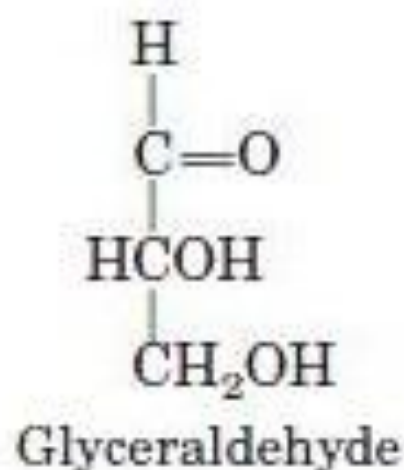


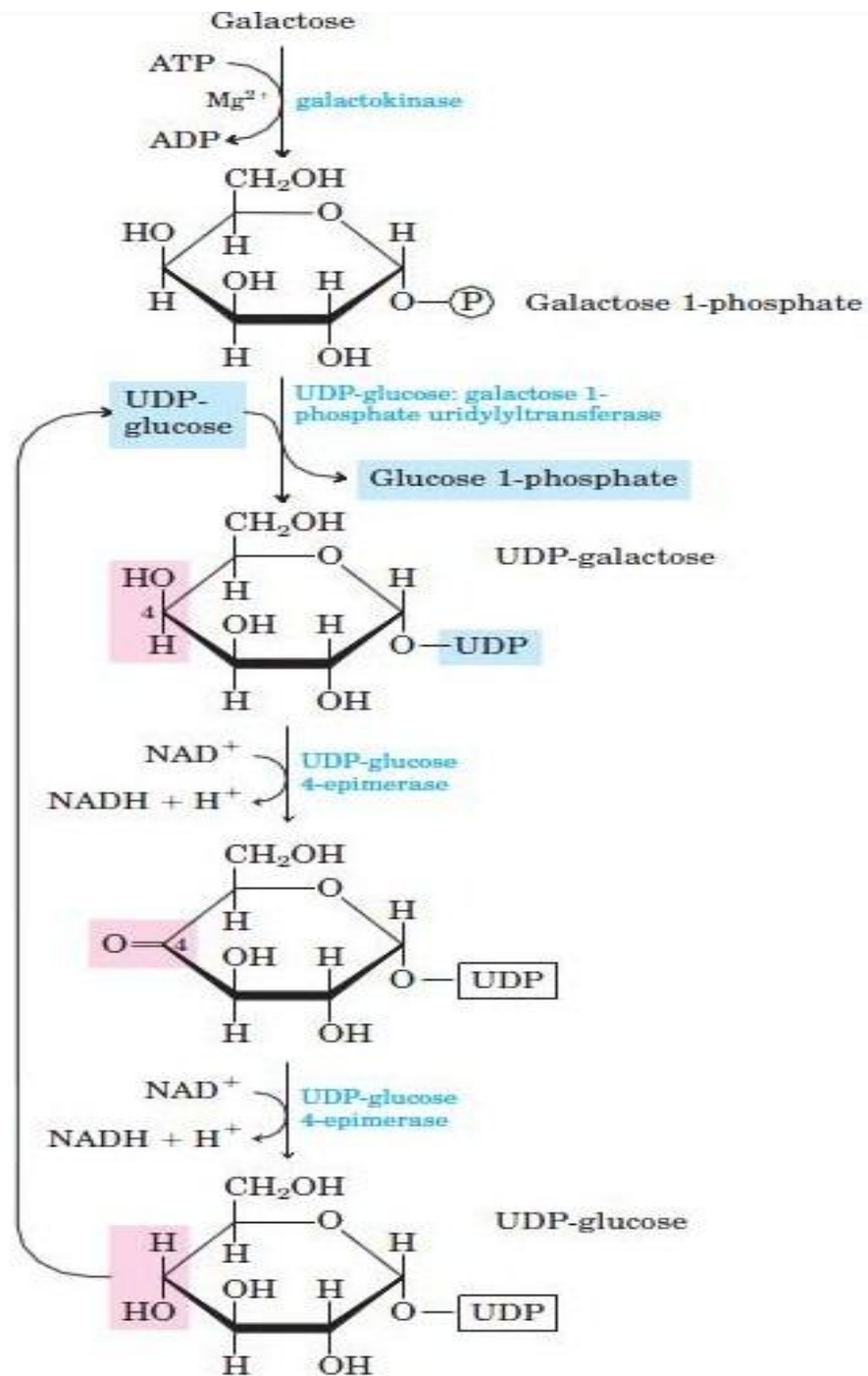


Fructose 1-phosphate



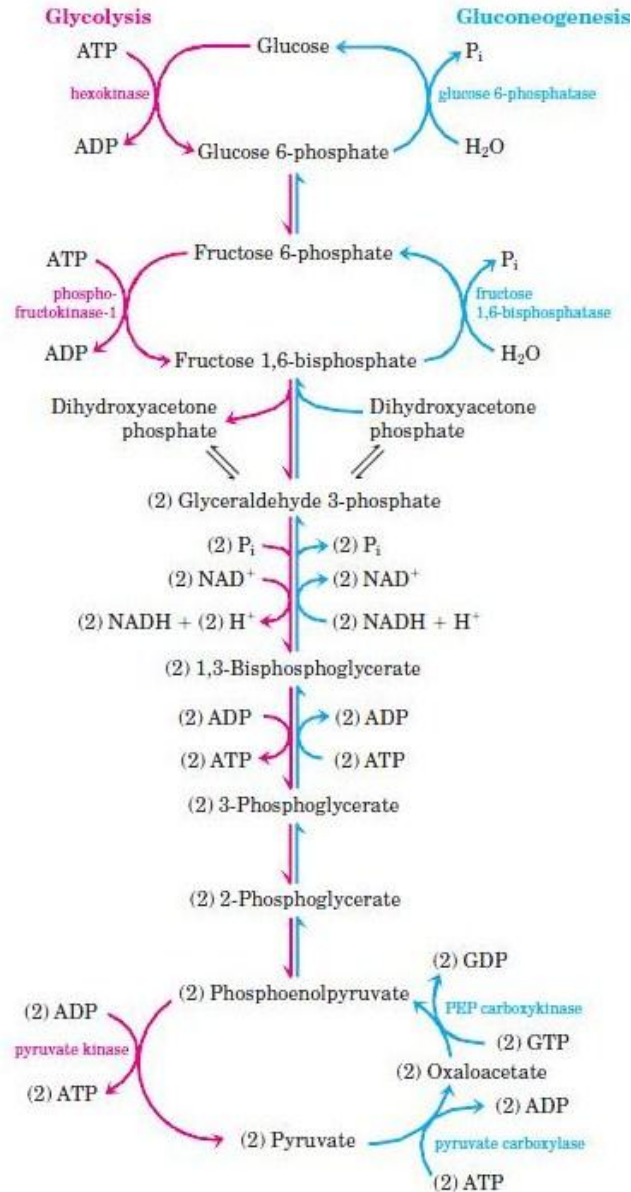
+

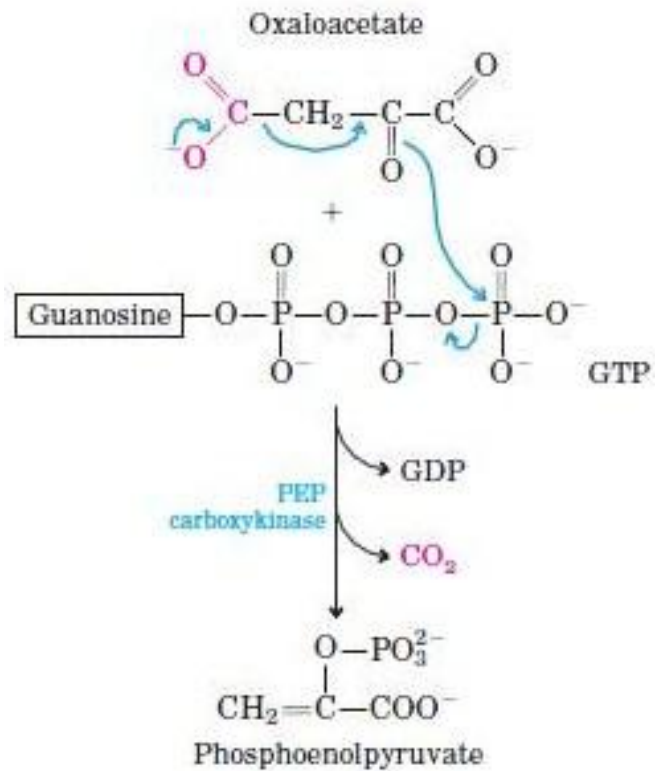
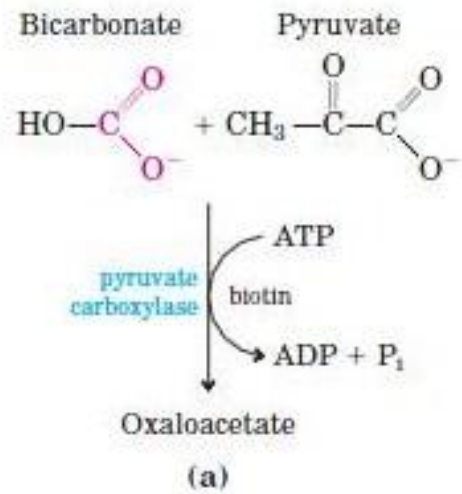




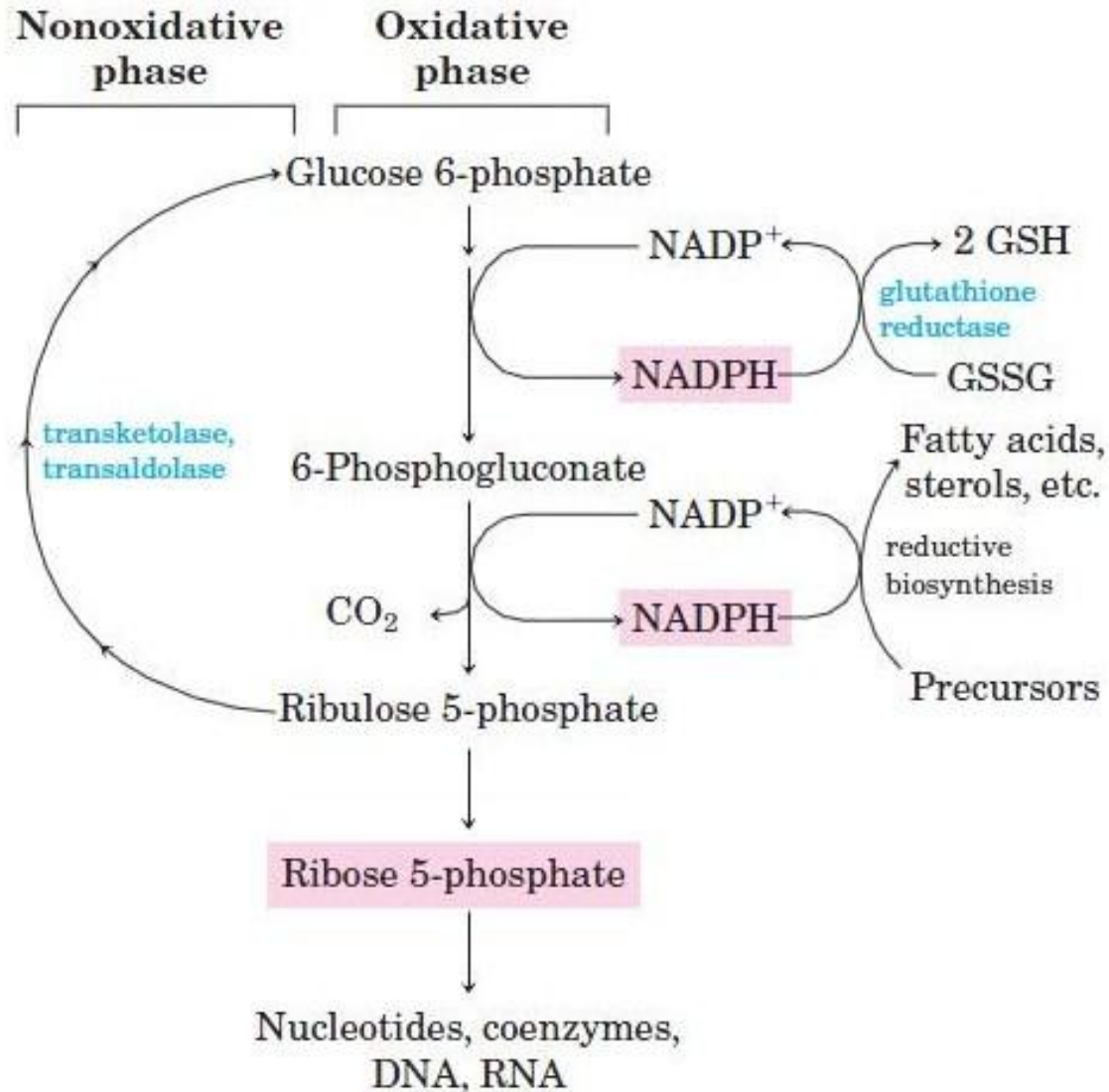
«Відкат» гліколізу

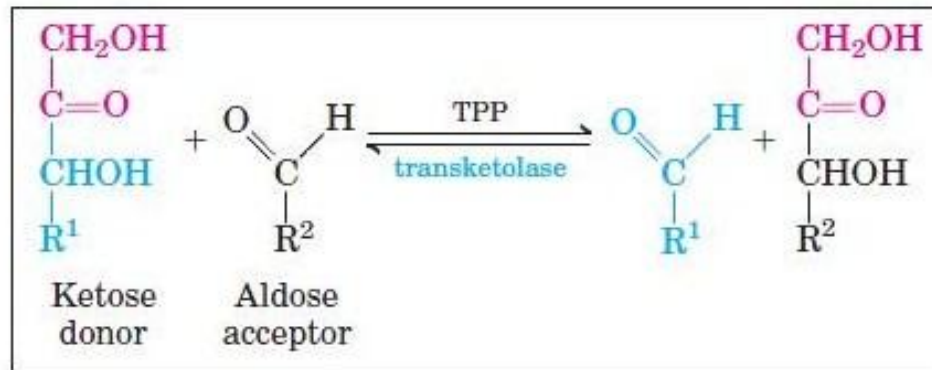
Синонім:
Глюконеогенез



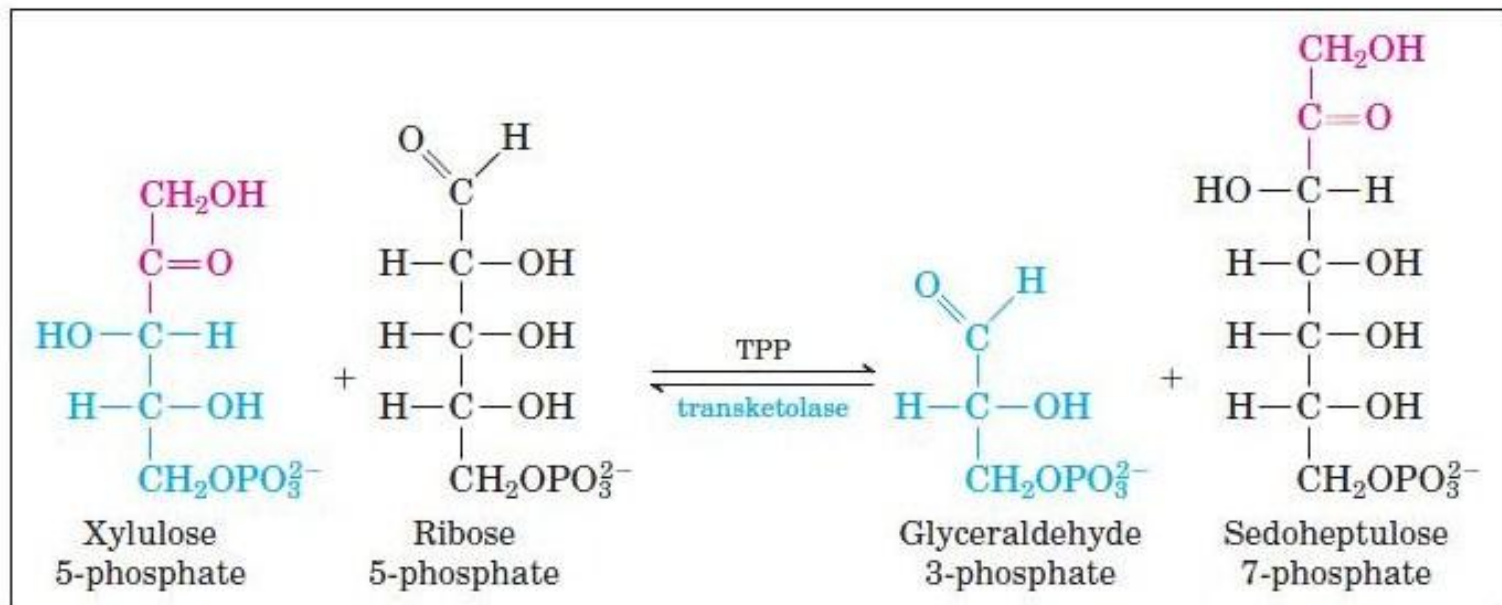


Пентозо-фосафтный цикл

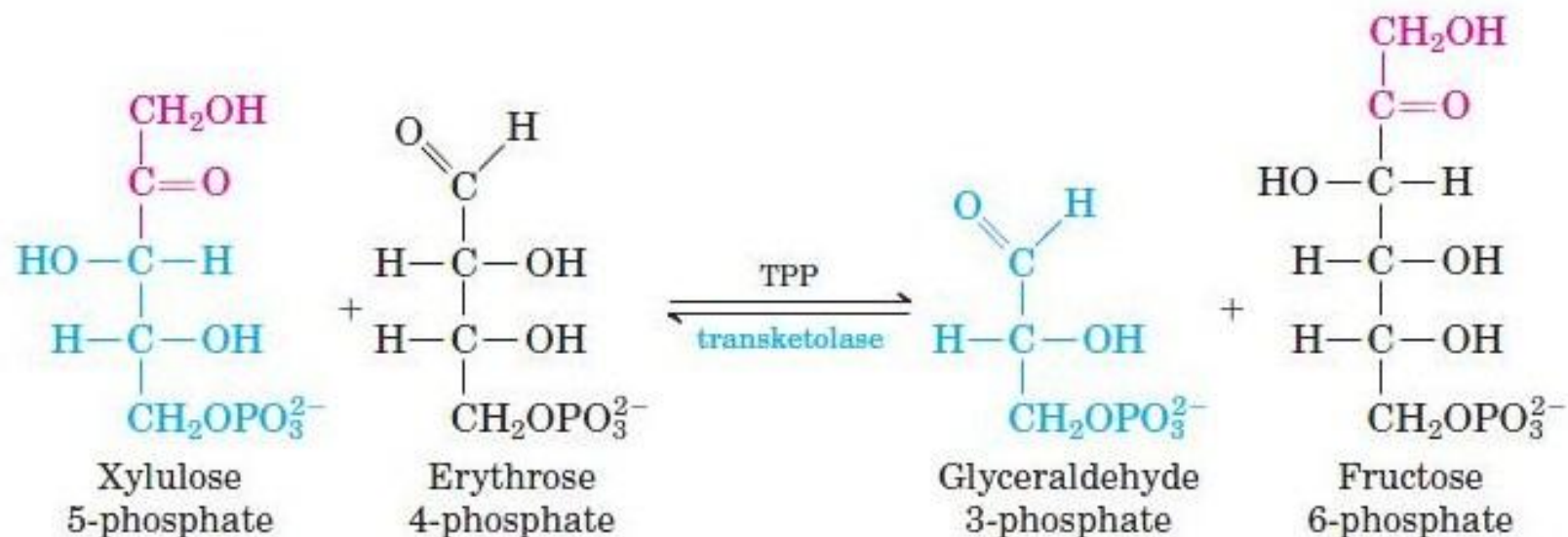
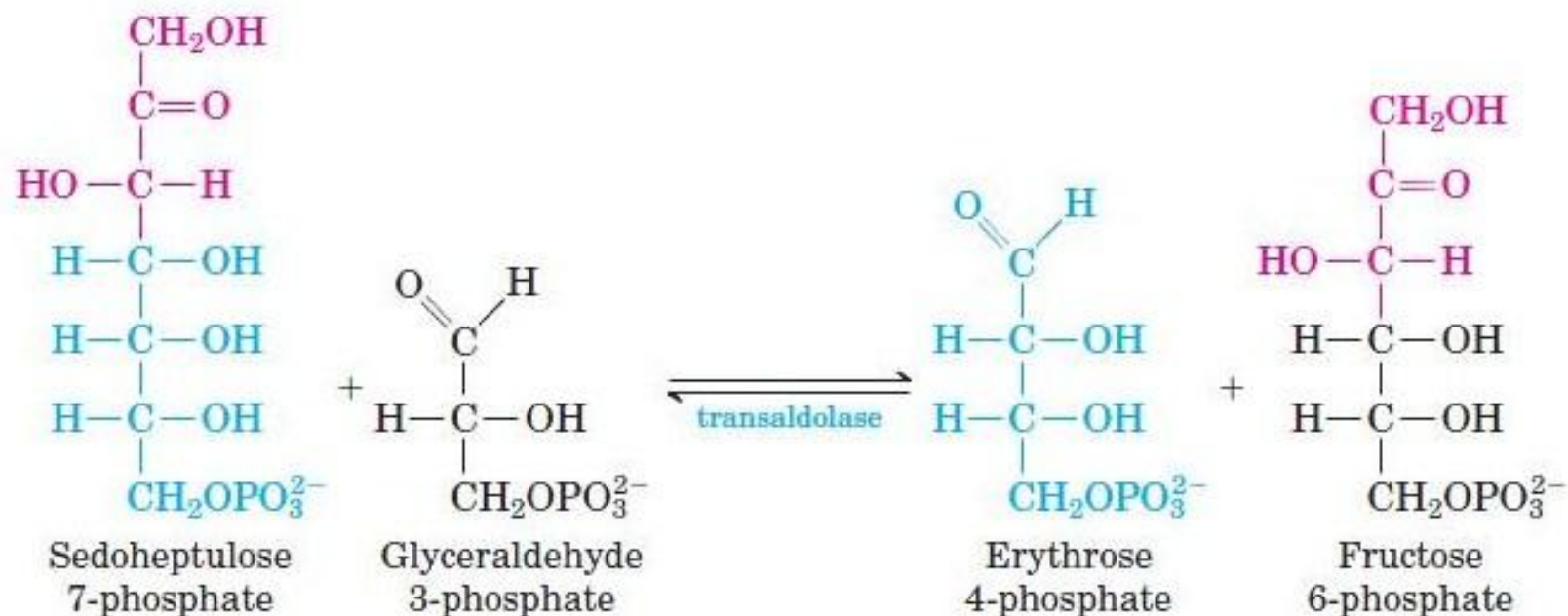




(a)



(b)



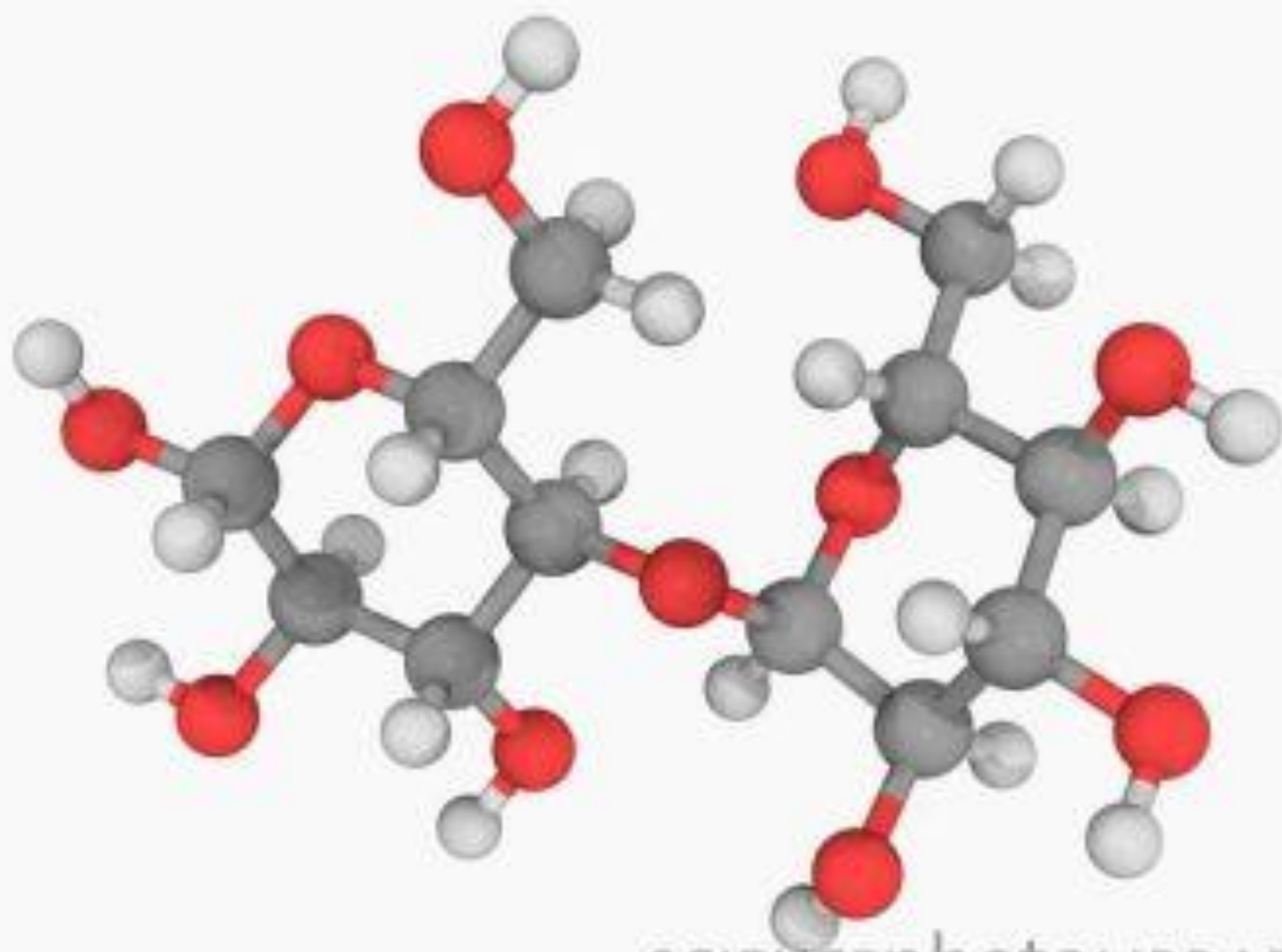
Полімери вуглеводів

Полімери вуглеводів – це речовини, що містять за свою основу один чи декілька мономерних вуглеводів, що можуть повторюватися в певній послідовності у межах молекули.

Полімери, які містять у ланцюгу не більше 10 вуглеводів, часто іменують **олігополімерами**. В більшості випадків послідовність мономерів в них не повторюється.

Мальтоза

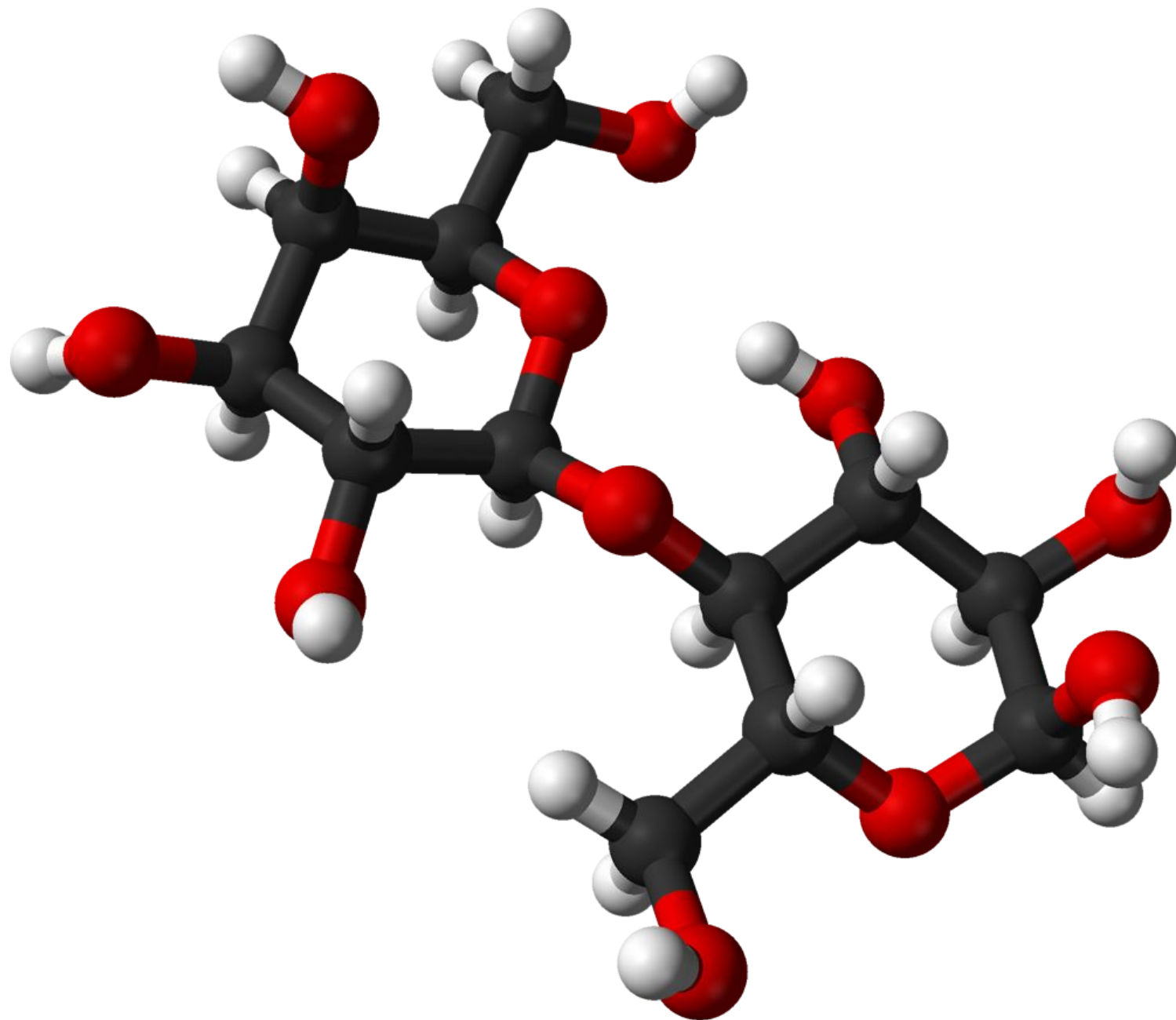
- Скорочена формула: $C_{12}H_{22}O_{11}$
- Молекулярна маса: 342 г/моль
- Оптичний ізомер у людини: D
- Тип полімеру: димер
- Задіяні мономери: Глюкоза+Глюкоза
- Полімерний тип зв'язку: альфа-1-6, бета-1-6



SCIENCEphotOLIBRARY

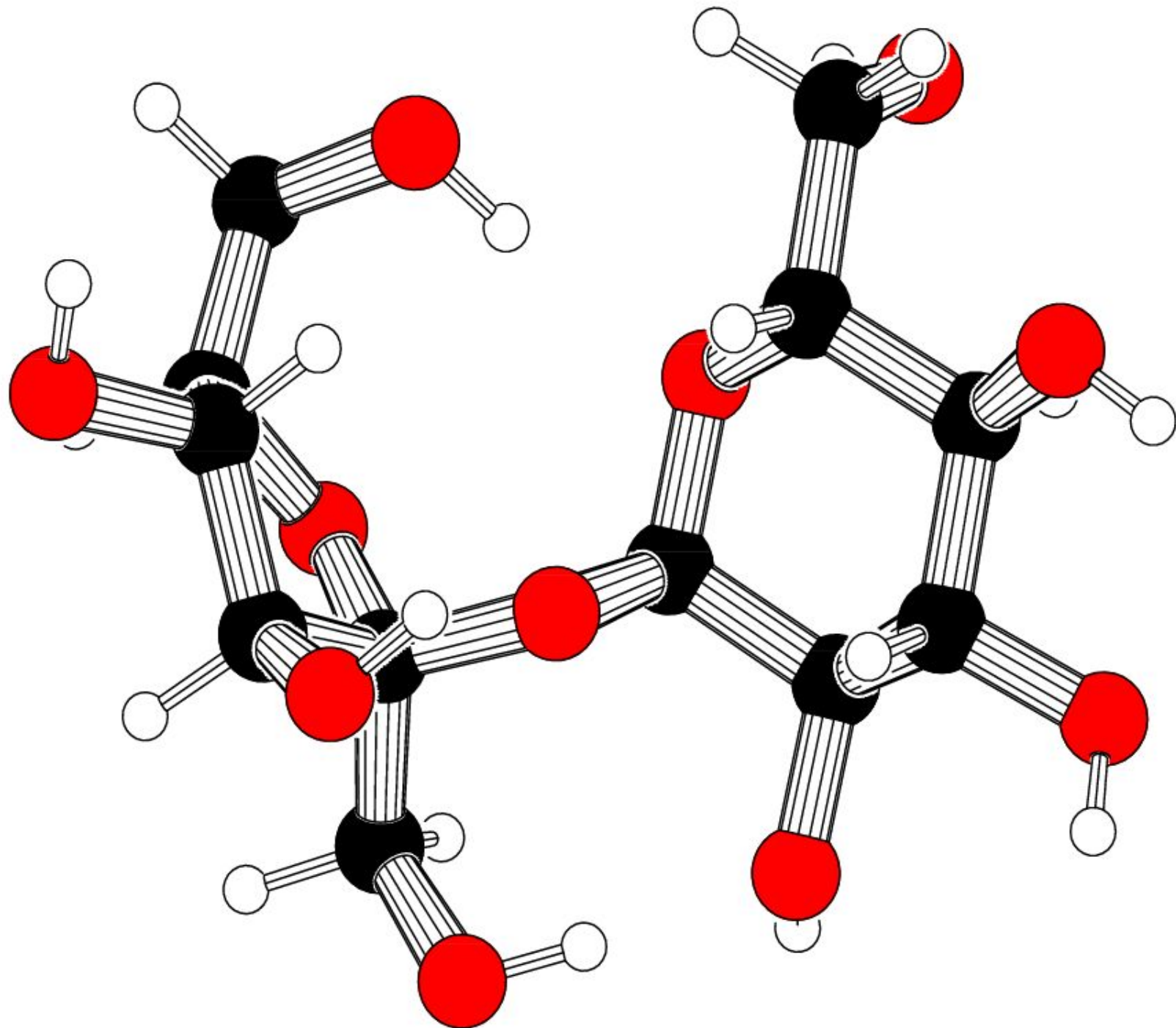
Лактоза

- Скорочена формула: $C_{12}H_{22}O_{11}$
- Молекулярна маса: 342 г/моль
- Оптичний ізомер у людини: D
- Тип полімеру: димер
- Задіяні мономери: Глюкоза+Галактоза
- Полімерний тип зв'язку: альфа-1-6, бета-1-6



Сахароза

- Скорочена формула: $C_{12}H_{22}O_{11}$
- Молекулярна маса: 342 г/моль
- Оптичний ізомер у людини: D
- Тип полімеру: димер
- Задіяні мономері: Глюкоза+Фруктоза
- Полімерний тип зв'язку: альфа-1-5, бета-1-5



Крохмаль

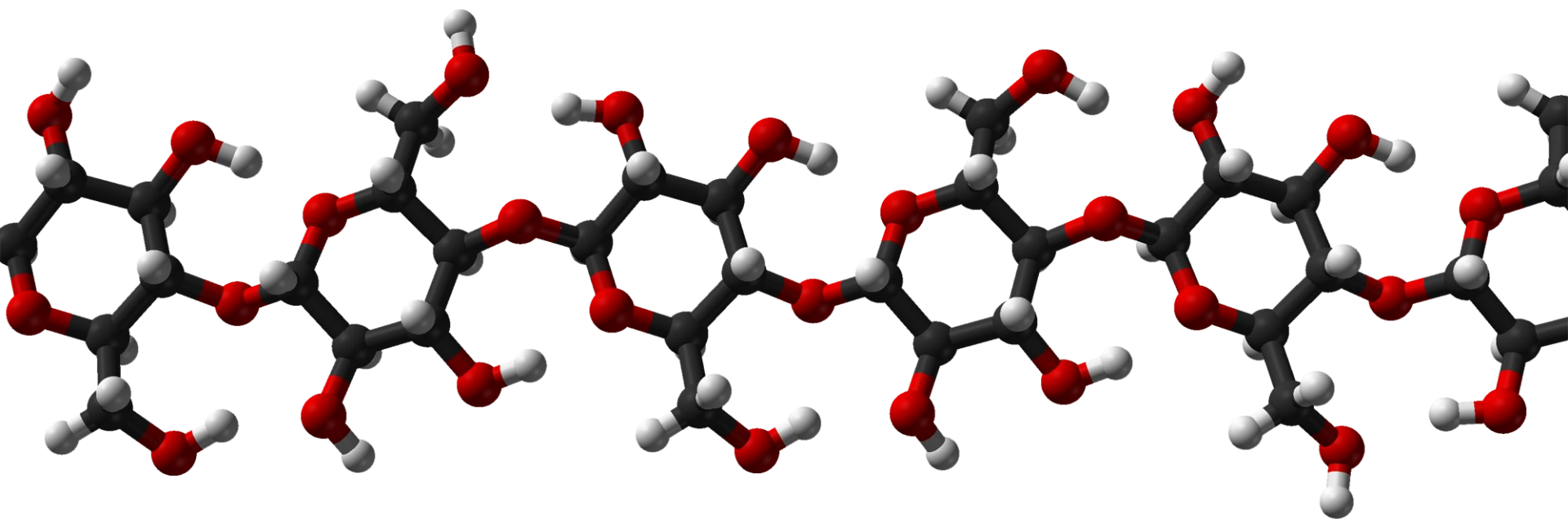
- Скорочена формула: $[\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5]_n$
- Молекулярна маса: $162n$ г/моль
- Оптичний ізомер у людини: D
- Задіяні мономері: Глюкоза
- Тип зв'язку в основному ланцюгу: альфа-1-6
- Тип зв'язку у розгалуженні: альфа-1-4
- Частота розгалужень: кожні 12 мономерів

Глікоген

- Скорочена формула: $[C_6H_{10}O_5]_n$
- Молекулярна маса: $162n$ г/моль
- Оптичний ізомер у людини: D
- Задіяні мономери: Глюкоза
- Тип зв'язку в основному ланцюгу: альфа-1-6
- Тип зв'язку у розгалуженні: альфа-1-4
- Частота розгалужень: кожні 24 мономери

Целюлоза

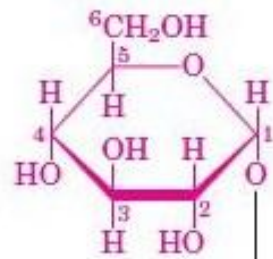
- Скорочена формула: $[C_6H_{10}O_5]_n$
- Молекулярна маса: $162n$ г/моль
- Оптичний ізомер у людини: D
- Задіяні мономері: Глюкоза
- Тип зв'язку в основному ланцюгу: альфа-1-6
- Тип зв'язку у розгалуженні: бета-1-4
- Частота розгалужень: кожні 18 мономерів



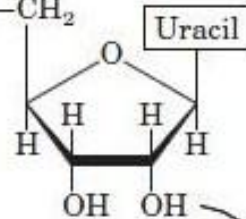
Глікогенез

Глікогенез – процес утворення полімерного вуглеводу глікогену з мономерних вуглеводів.

Процес відбувається в усіх клітинах, але найінтенсивніше протікає у гепатоцитах (клітинах печінки), скелетних м'язах та атипових клітинах серцевого м'яза

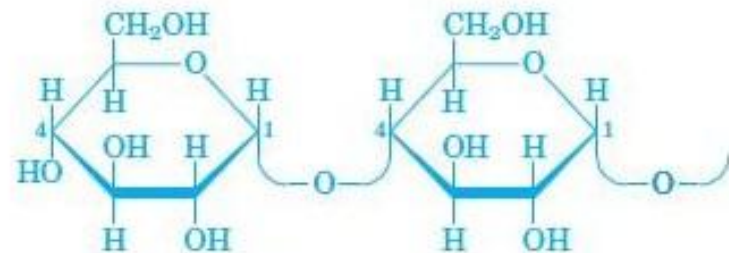


UDP-glucose



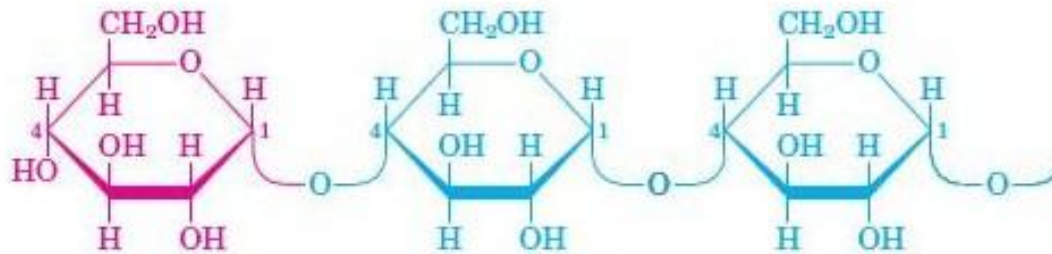
glycogen
synthase

UDP

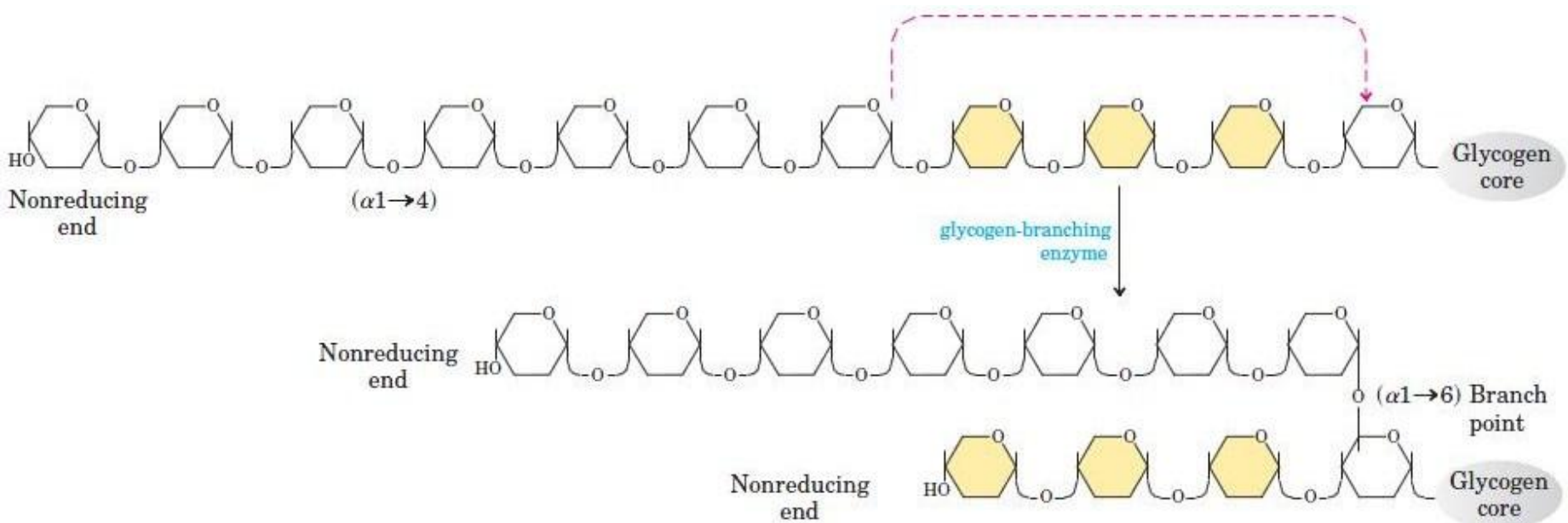


Nonreducing end of
a glycogen chain
with n residues
($n > 4$)

New nonreducing
end



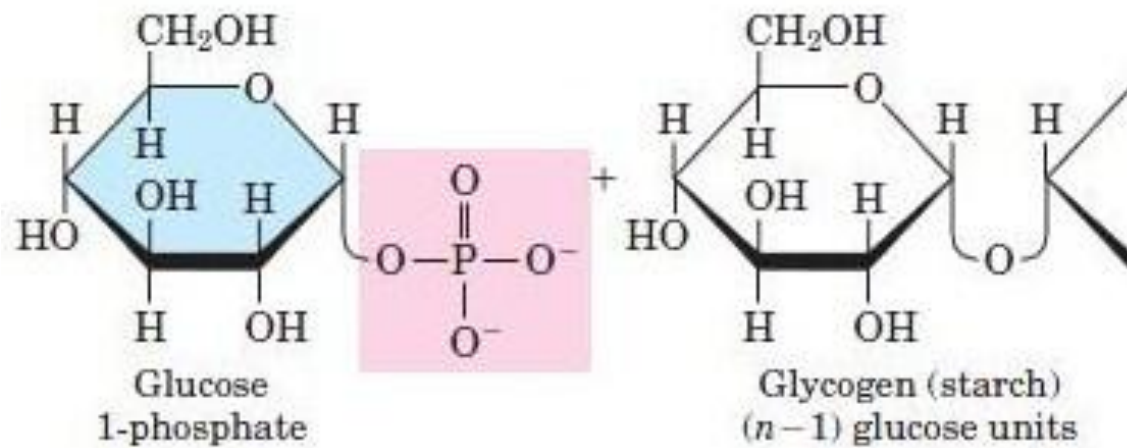
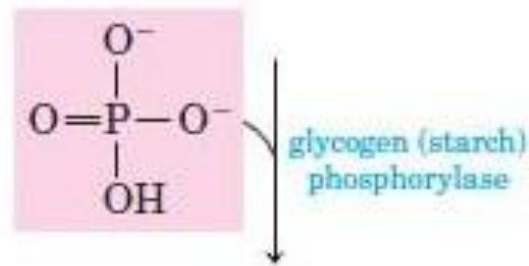
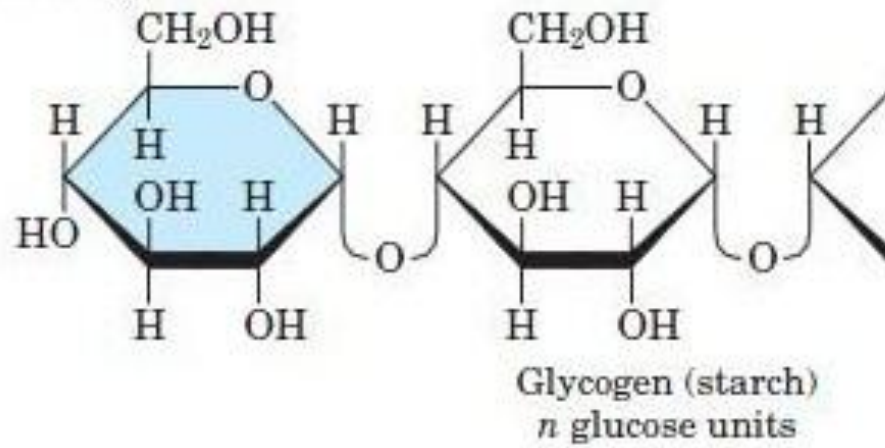
Elongated glycogen
with $n + 1$ residues



Глікогеноліз

Глікогеноліз – процес, зворотний до глікогенезу. Відбувається для того, щоб поповнити кількість мономерних вуглеводів в організмі при умові їх виснаження

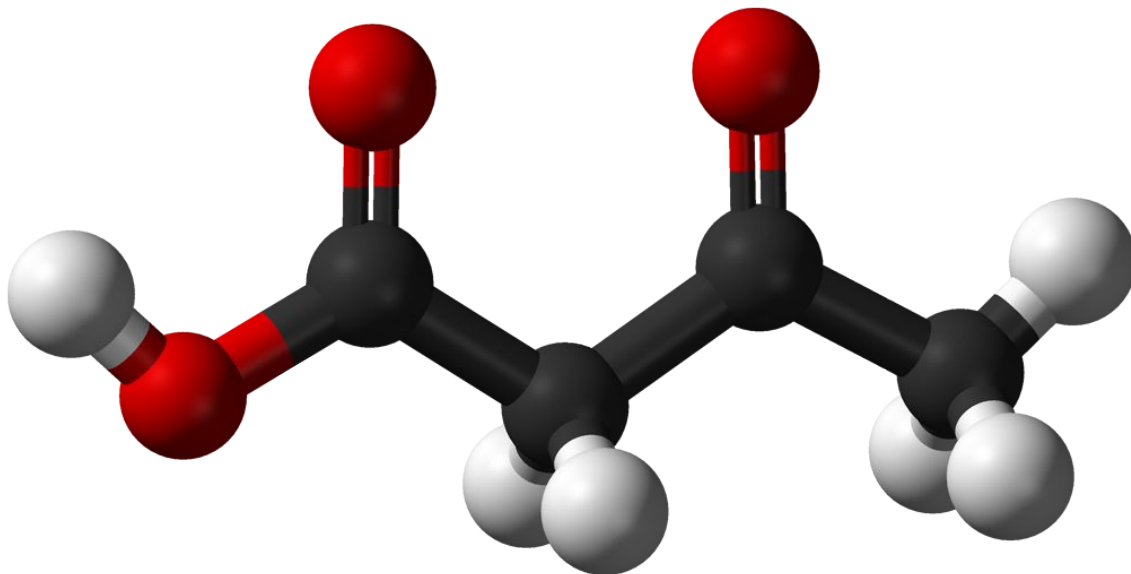
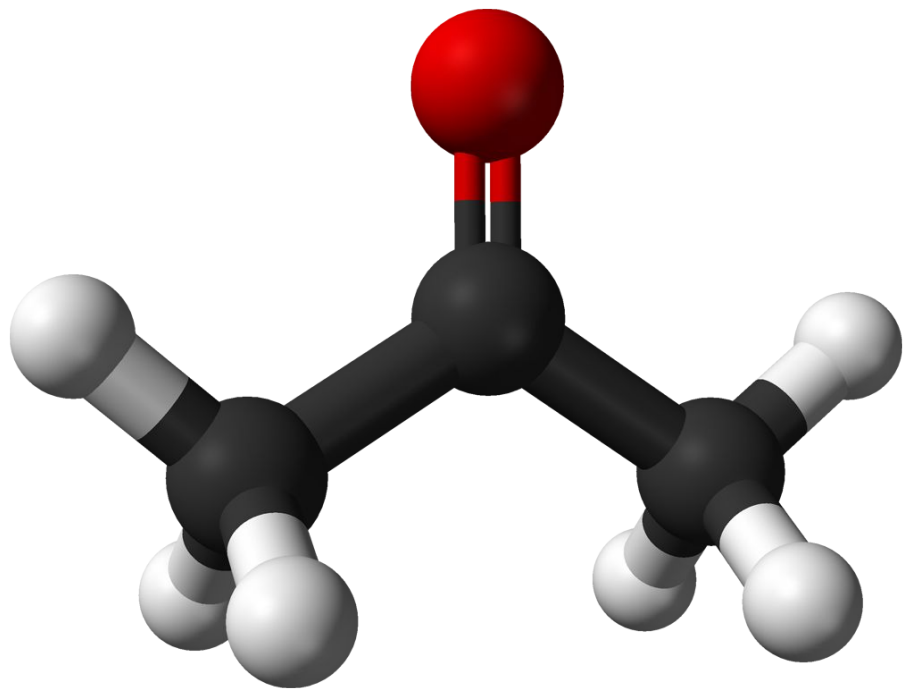
Nonreducing end



Кетогенез

Кетогенез – процес утворення кетонових тіл. Кетонові тіла утворюються в організмі тоді, коли є недостаток мономерних вуглеводів, і наявний надлишок АКоА. В даному випадку його треба “ліквідувати” – і АКоА спонтанно декарбоксилюється, запускаючи кетогенез.

В організмі людини виділяють 3 основних кетонових тіла: ацетон, ацетооцтова кислота, гамма-оксимасляна кислота (γ -оксибутаноат)



Наступна лекція

Тема: «Метаболізм жирів та білків»

Дата проведення: 5 вересня 2014 року

*Пропозиції та побажання, а також
заохочення та підтримку кидайте в урну*