

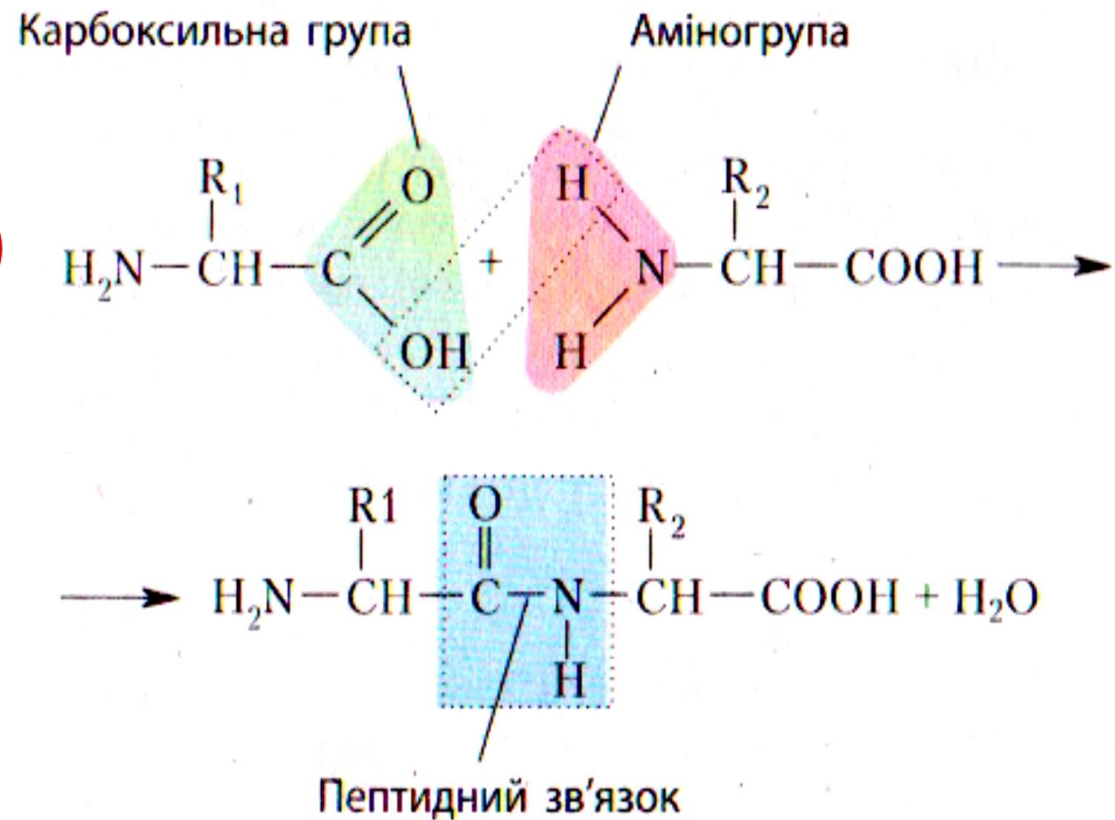
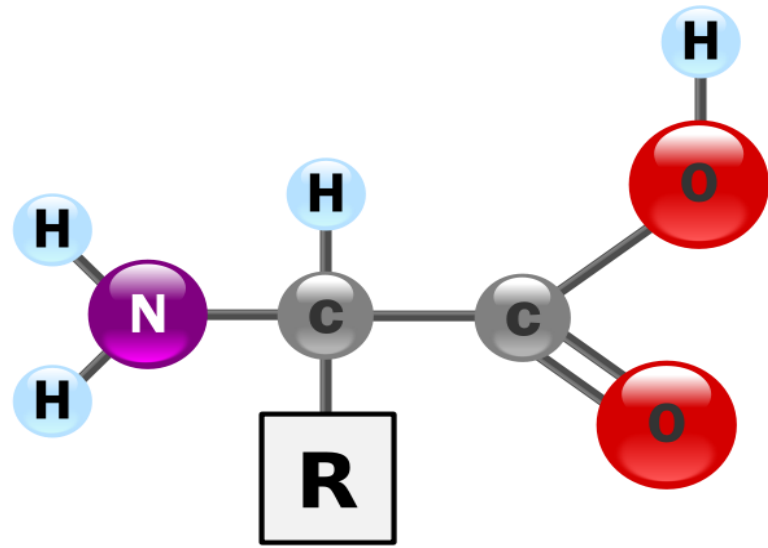


# Лекція 4. Амінокислоти. Пептиди. Білки

к.х.н., ст. викл. кафедри  
загальної хімії

Яновська Ганна Олександрівна

**Амінокислоти** – гетерофункціональні сполуки, похідні карбонових кислот, у яких один атом гідрогену заміщений на аміногрупу

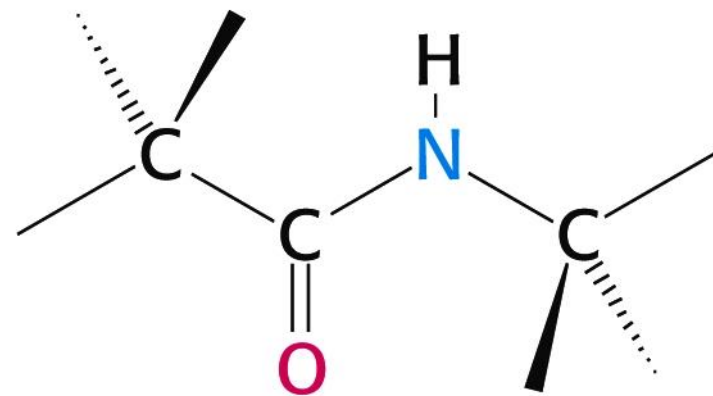


**NH<sub>2</sub>** – аміногрупа  
**R** – радикал  
**COOH** – карбоксильна група

# Структурні особливості амінокислот

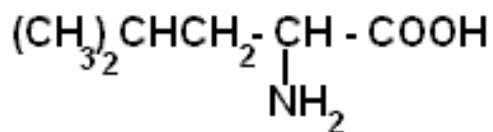
- Всі 20 амінокислот мають спільні структурні особливості.
- Всі амінокислоти мають **аміногрупу** ( $-\text{NH}_2$ ), та **карбоксильну групу** ( $-\text{COOH}$ ) зв'язані водневим зв'язком з одним і тим самим атомом карбону ( $\alpha$ -карбон)
- Вони відрізняються одна від одної бічним ланцюгом, що називається радикалом **R**.
- R різні за структурою, розміром, електричним зарядом, що впливає на рН води.

Пептидні зв'язки утворені між карбоксильною групою однієї амінокислоти та аміногрупи іншої.

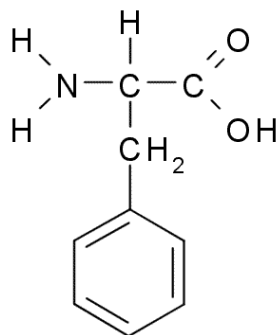


# За хімічною природою радикалу:

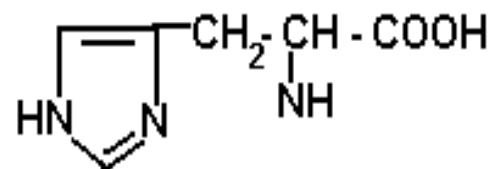
аліфатичні



ароматичні



гетероциклічні



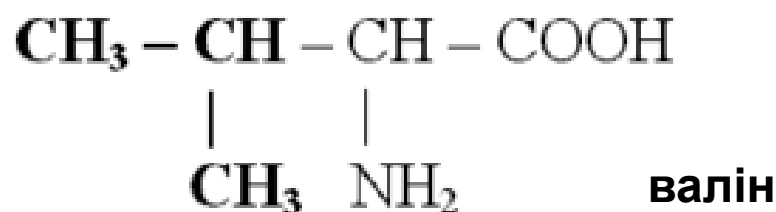
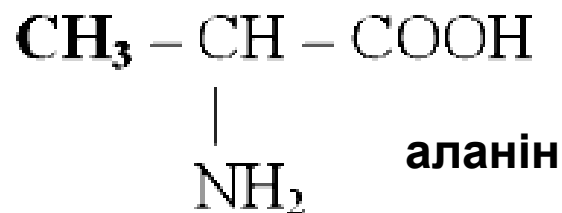
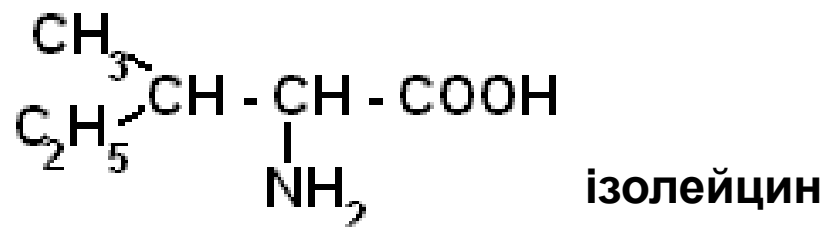
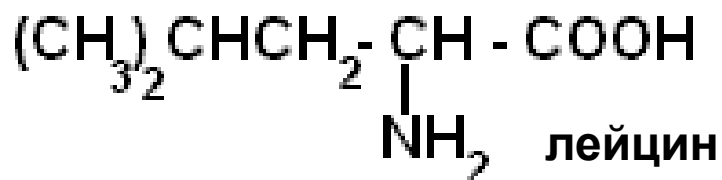
**Замінні** – синтезуються в організмі людини

**Незамінні:** валін, лейцин, ізолейцин, лізин, треонін, метіонін, фенілаланін, триптофан – поступають ззовні.

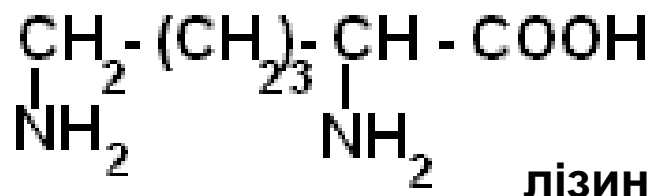
Назва амінокислоти	Скорочена назва	Замінні (з) та незамінні (н)
Аланін	Ала	(з)
Аргінін	Арг	(з) - для дітей (н)
Аспарагін	Асп	(з)
Аспарагінова кислота	Асп	(з)
Валін	Вал	(н)
Гістидин	Гіс	(з) - для дітей (н)
Гліцин	Глі	(з)
Глутамін	Глн	(з)
Глутамінова кислота	Глу	(з)
Ізолейцин	Іле	(н)
Лейцин	Лей	(н)
Лізин	Ліз	(н)
Метіонін	Мет	(н)
Пролін	Про	(з)
Серин	Сер	(з)
Тирозин	Тир	(з)
Треонін	Тре	(н)
Триптофан	Три	(н)
Фенілаланін	Фен	(н)
Цистеїн	Цис	(з)

## За кількістю карбоксильних та аміногруп:

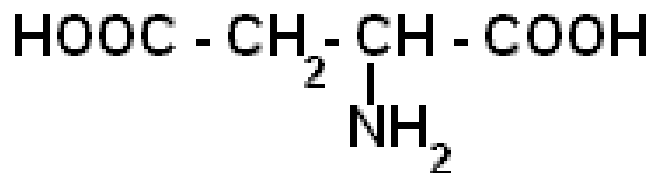
Нейтральні (моноаміномонокарбонові)



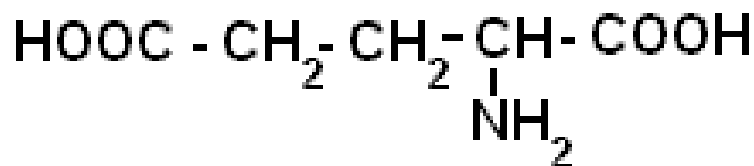
Основні (діаміномонокарбонові)



Кислі (моноаміодикарбонові)



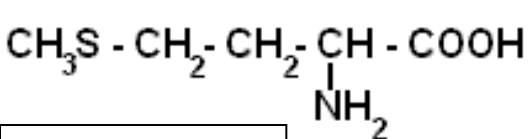
Аспарагінова кислота



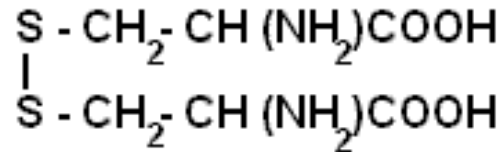
Глутамінова кислота

# Найважливіші амінокислоти організму

## Сірковмісні амінокислоти

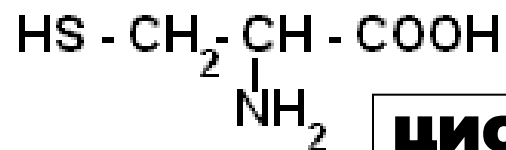


метіонін



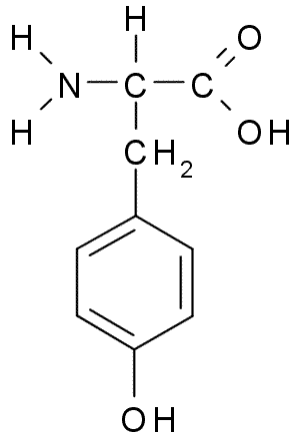
цисти

н

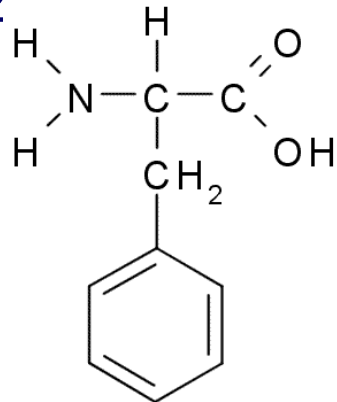


цистеїн

## Ароматичні амінокислоти



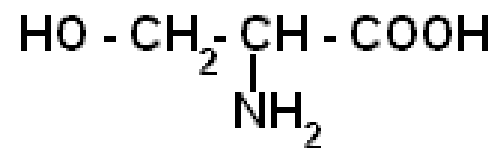
тирозин



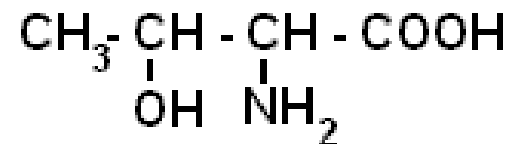
фенілаланін

## Гідроксиамінокислоти

и



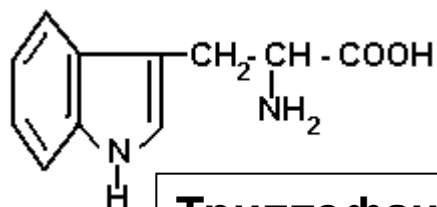
серин



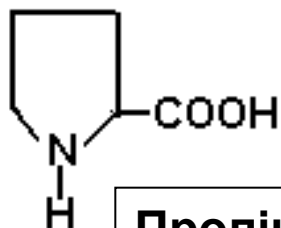
треонін

# Найважливіші амінокислоти організму

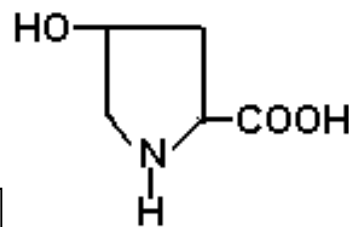
## Гетероциклічні амінокислоти



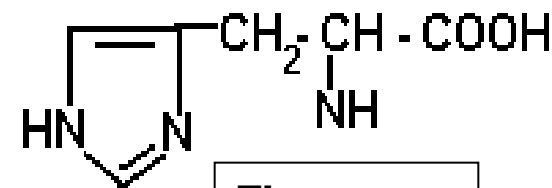
Триптофан



Пролін

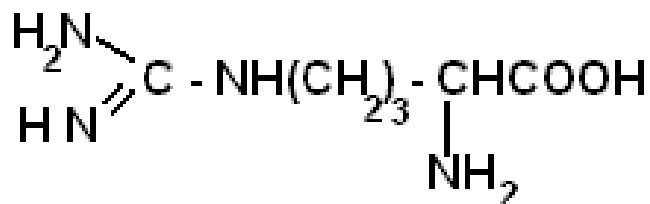


Оксихролін



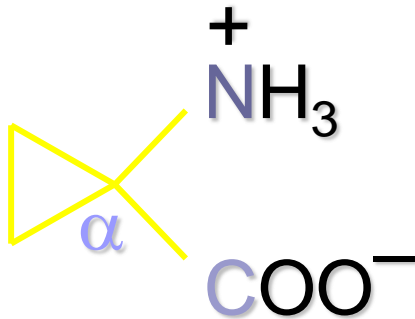
Гістидин

## Амінокислоти з амідною групою

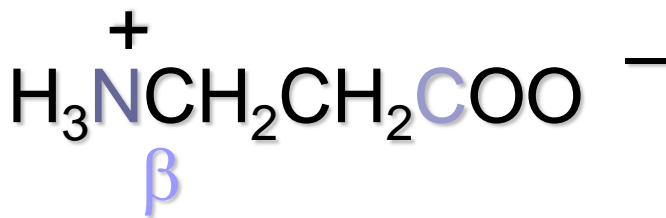


Аргінін

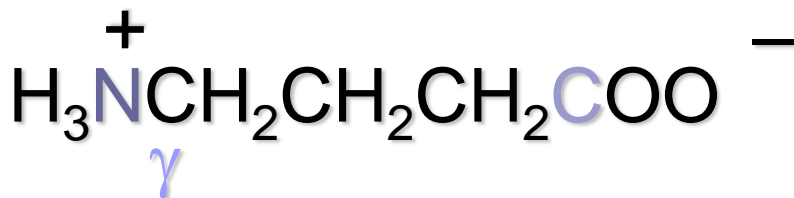
# Амінокислоти



$\alpha$ -амінокислоти є проміжними сполуками в біосинтезі етилену



$\beta$ -амінокислоти є одними зі структурних компонентів, що присутні в коenzимі А



$\gamma$ -амінокислот включені в перенесення нервових імпульсів



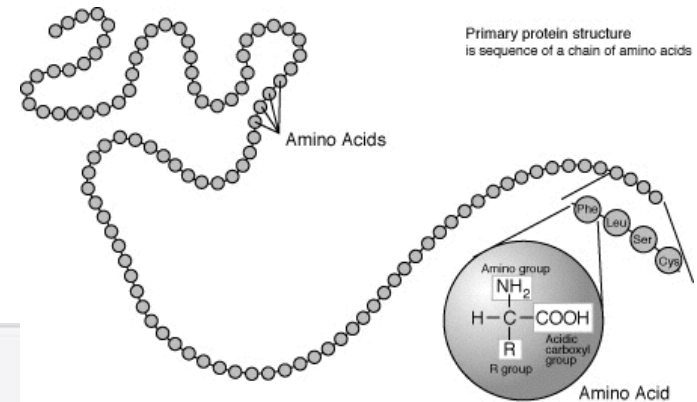
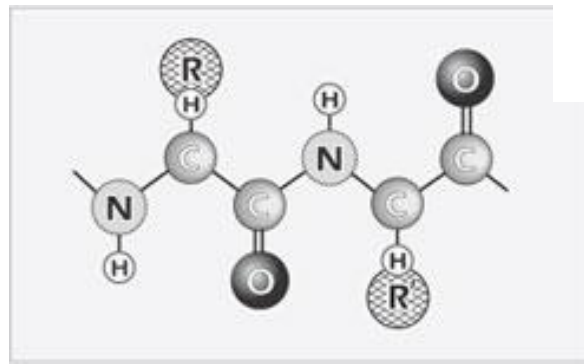
# Первинна структура білка – це послідовність амінокислот в поліпептидному ланцюгу

Пептиди поділяють на:

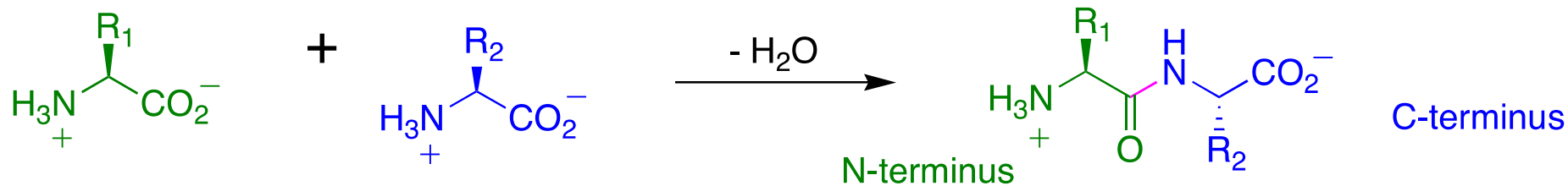
Олігопептиди – містять не більше 10 амінокислотних залишків

Поліпептиди – містять до 100 амінокислотних залишків

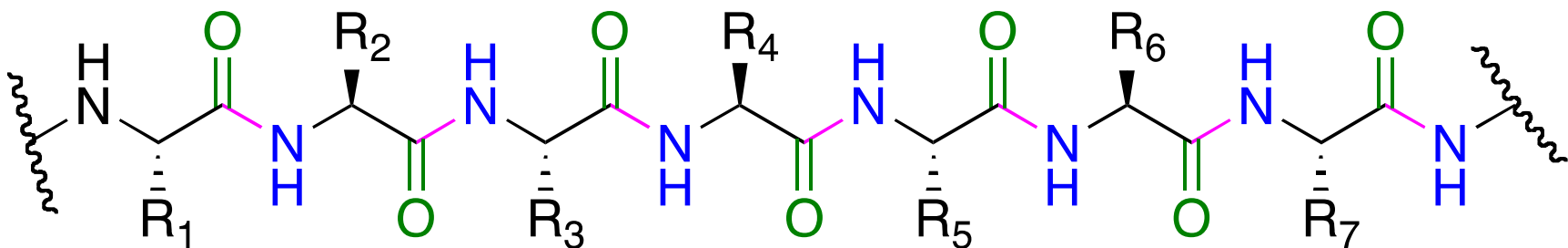
Пептидна молекула – це продукт поліконденсації  $\alpha$ -амінокислот, що проходить з утворенням пептидного зв'язку



Пептиди є біополімерами, мономерами в яких є амінокислоти пов'язані пептидним зв'язком, який утворений між карбоксильною групою однієї амінокислоти та  $\alpha$ -аміногрупою іншої амінокислоти.



Пептид або протеїн (поліпептид)



пептид (< 50 амінокислот)    протеїн (> 50 амінокислот)

# Класифікація амінокислот

```
graph TD; A[Класифікація амінокислот] --> B[За значенням]; A --> C[За природою R]; B --> B1[Замінні]; B --> B2[Незамінні]; C --> C1[неполярний аліфатичний R]; C --> C2[полярний незаряджений R]; C --> C3[Ароматичний R]; C --> C4[Позитивно заряджений R]; C --> C5[Негативно заряджений R];
```

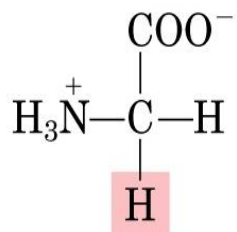
## ■ За значенням

- Замінні
- Незамінні

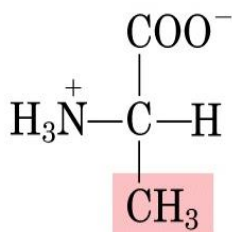
## За природою R

- неполярний аліфатичний R
- полярний незаряджений R
- Ароматичний R
- Позитивно заряджений R
- Негативно заряджений R

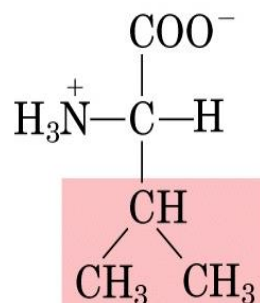
## Неполярний аліфатичний R



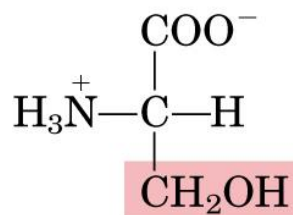
Glycine



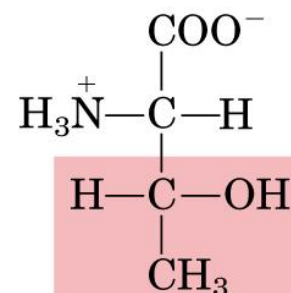
Alanine



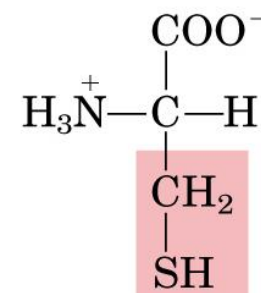
Valine



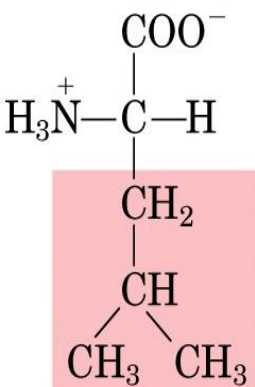
Serine



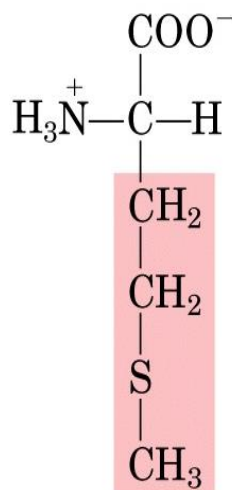
Threonine



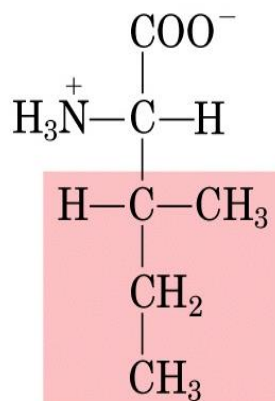
Cysteine



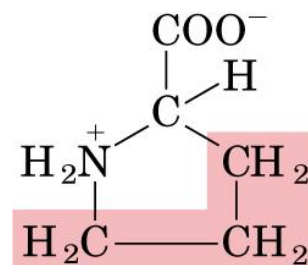
Leucine



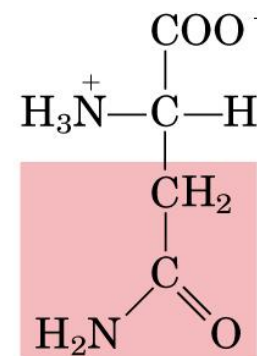
Methionine



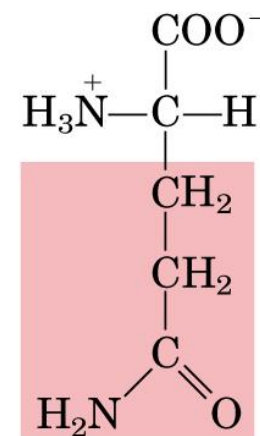
Isoleucine



Proline



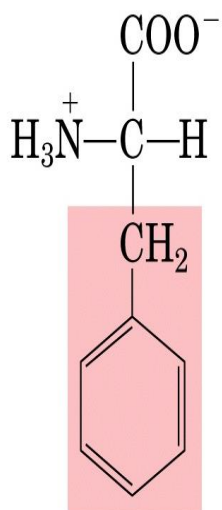
Asparagine



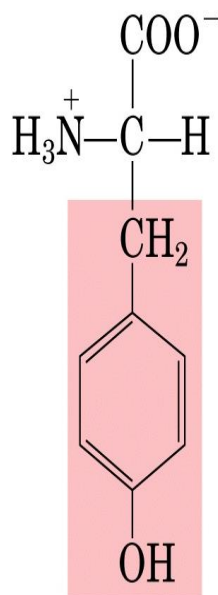
Glutamine

## Полярний незаряджений R

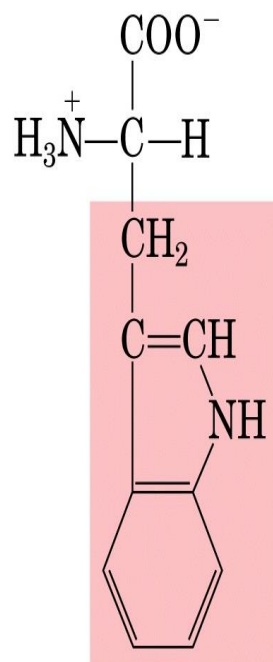
## Ароматичний R



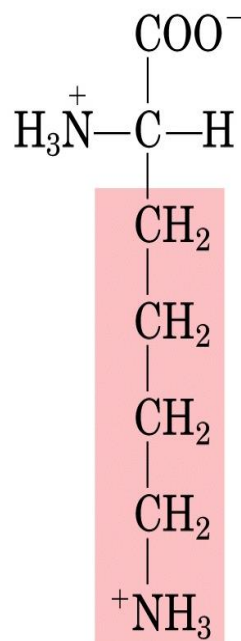
Phenylalanine



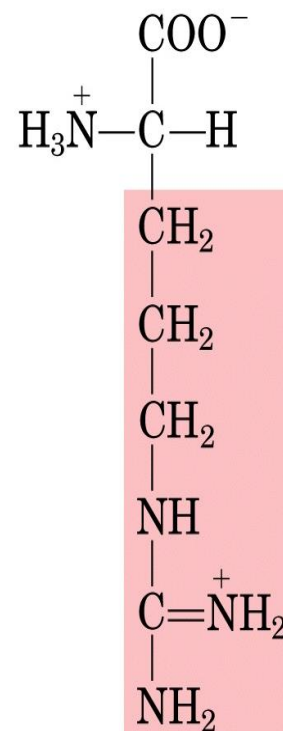
Tyrosine



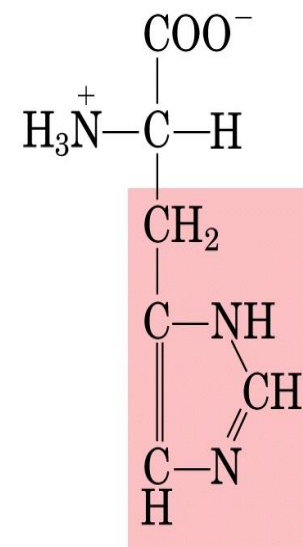
Tryptophan



Lysine



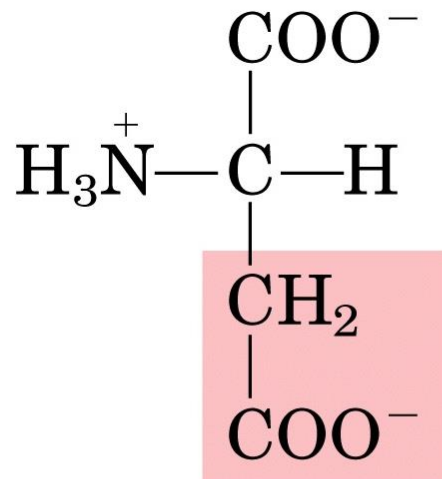
Arginine



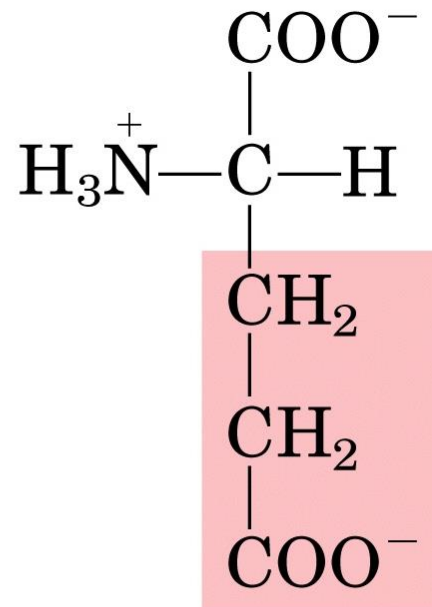
Histidine

## Позитивно заряджені R

## Негативно заряджені R



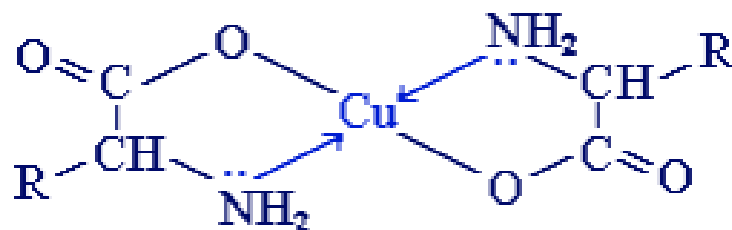
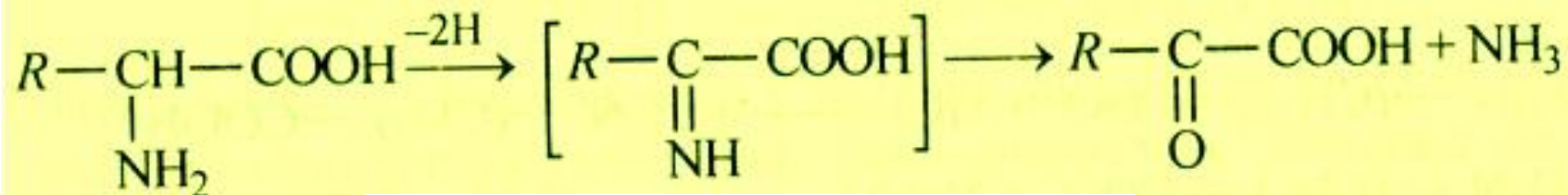
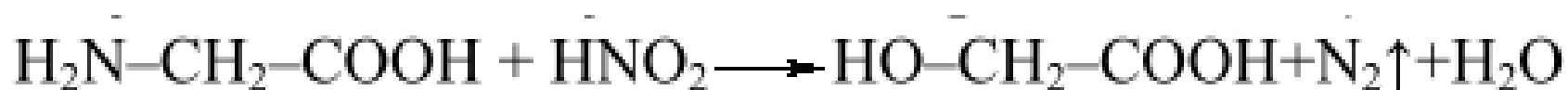
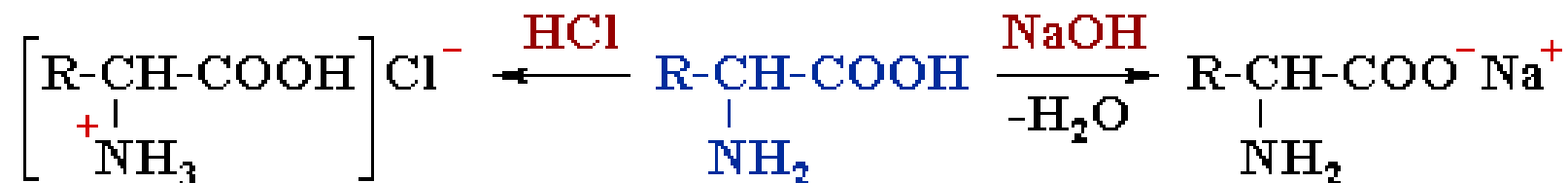
Aspartate



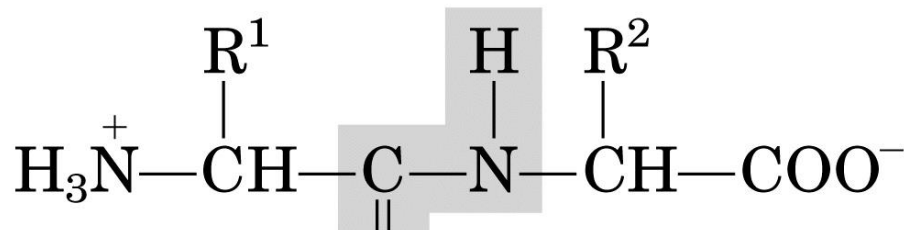
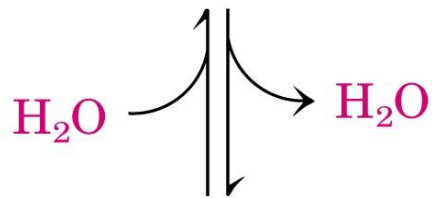
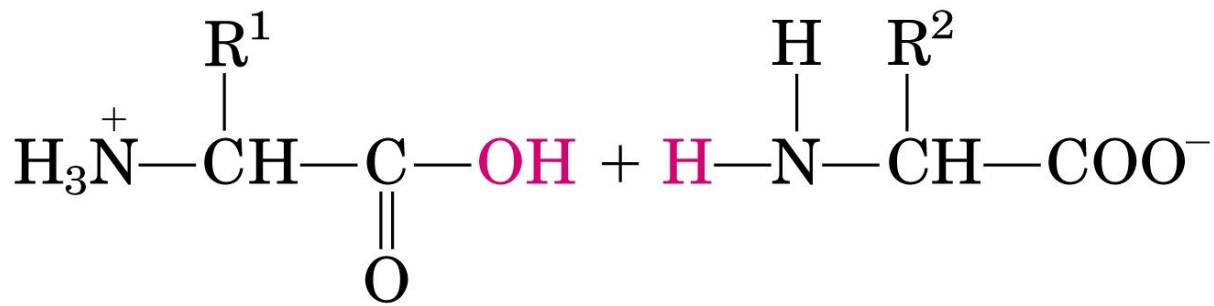
Glutamate

---

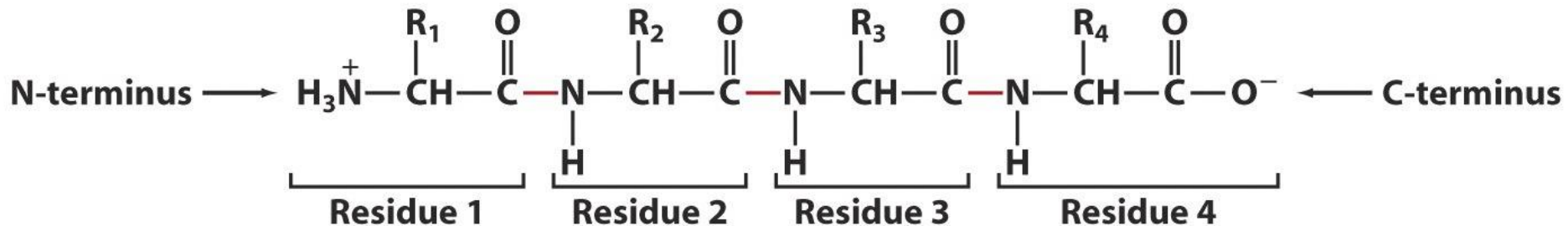
# Хімічні властивості амінокислот



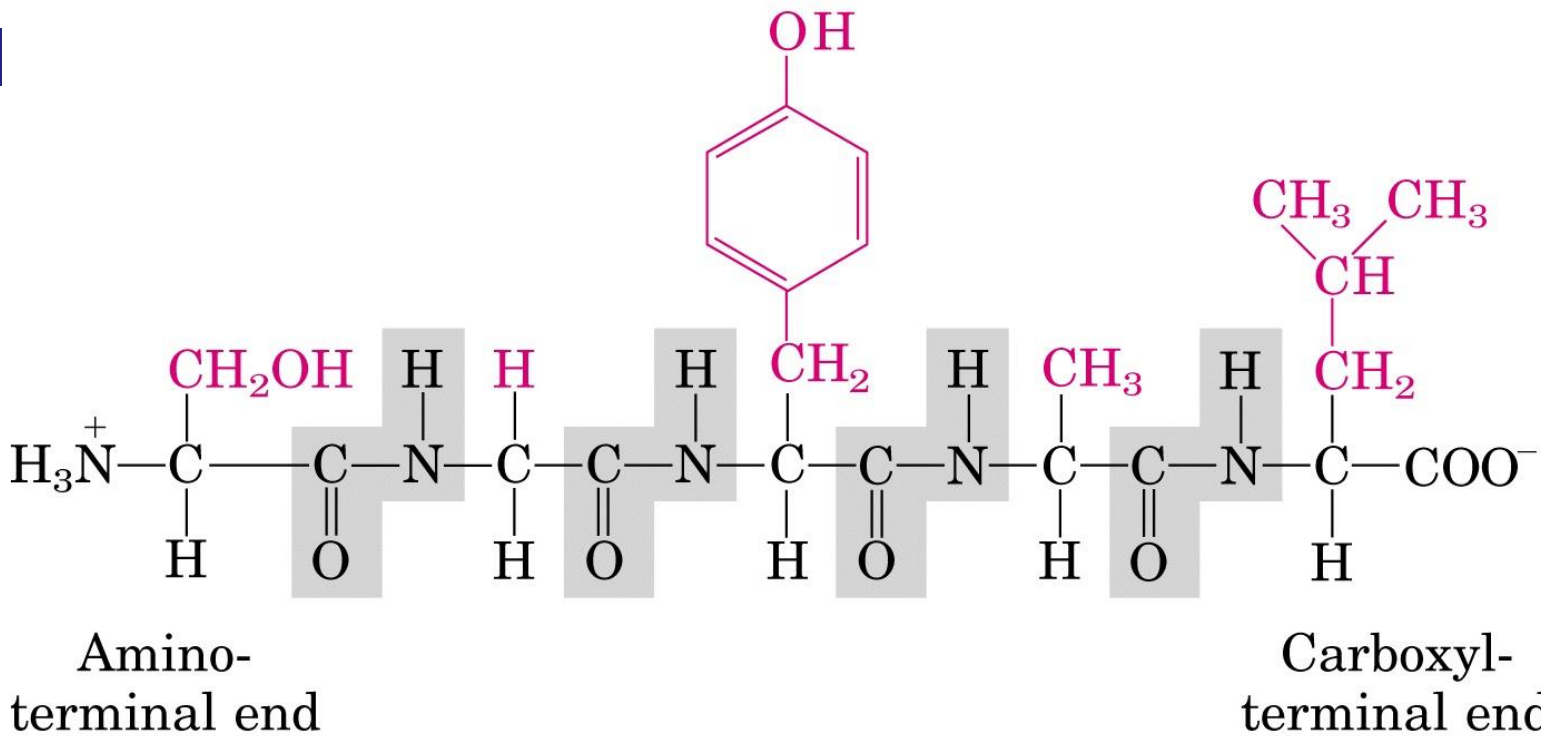
# Утворення пептидного зв'язку



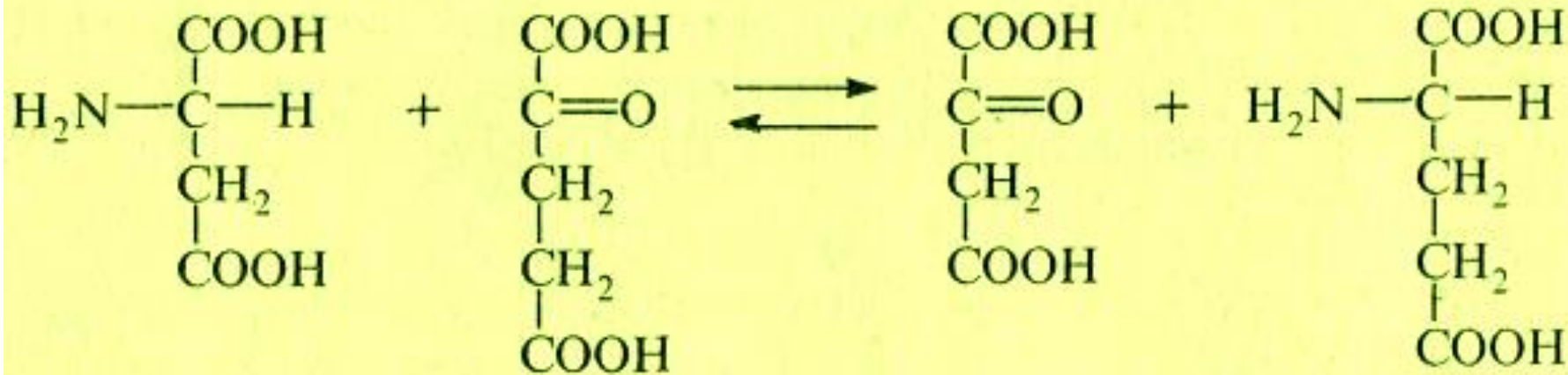
Амінокислотні  
залишки







## Реакція трансамінування



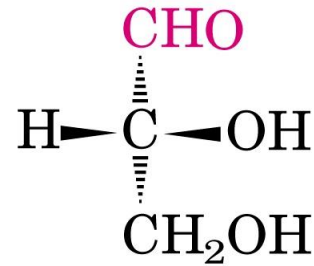
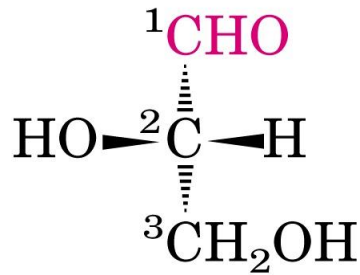
Аспарагінова кислота

$\alpha$ -кетоглутарова кислота

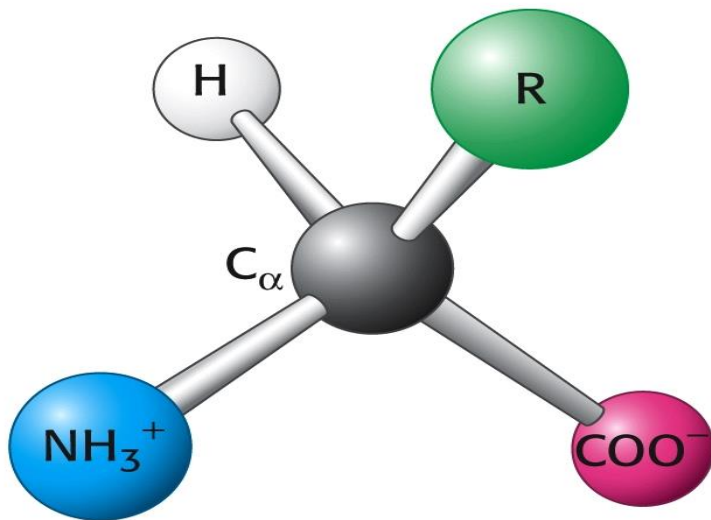
щавелевооцтова  
кислота

глутамінова  
кислота

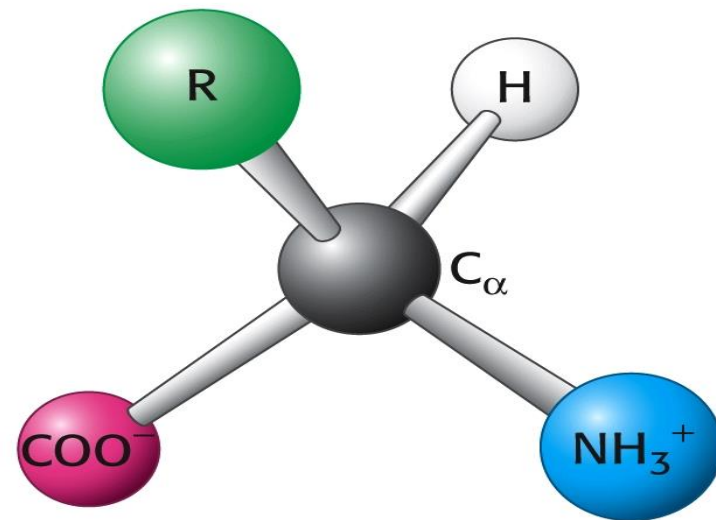
# Ізомерія



Коли R відмінний від H, альфа атом карбону є асиметричним, що утворює ізомери D і L ряду.



**L isomer**

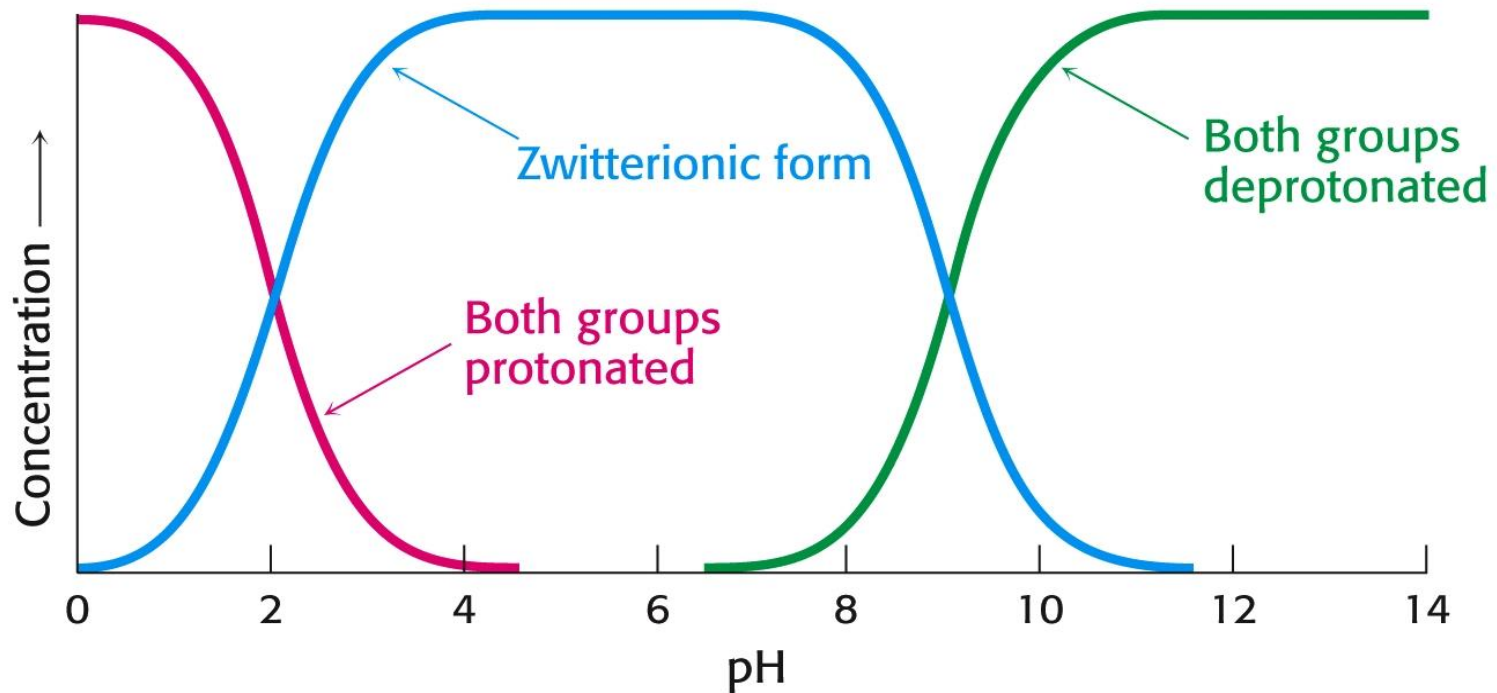
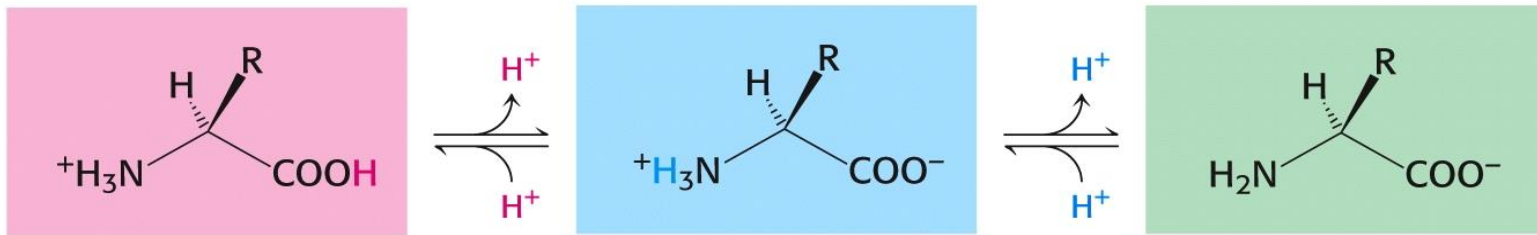


**D isomer**

Тільки L-амінокислоти є складовими протеїнів.  
acids are constituents of proteins.

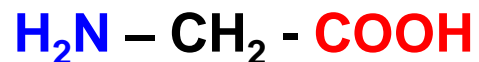
# Кислотно-основні властивості амінокислот

Амінокислоти проявляють амфотерні властивості, оскільки мають аміногрупи і карбоксильні групи. В ізоелектричній точці амінокислота існує у вигляді цвіттерйона

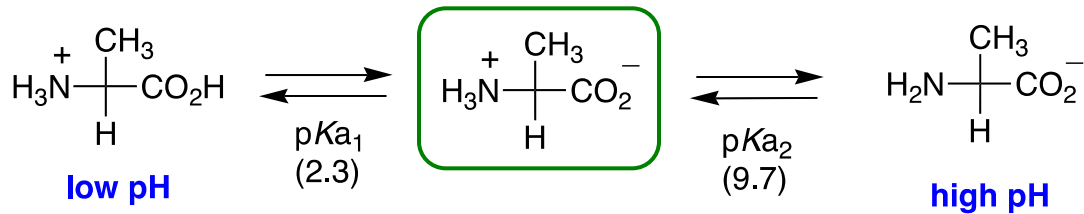


# Кислотно-основні властивості амінокислот

Хімічні формули гліцину при різному рН:

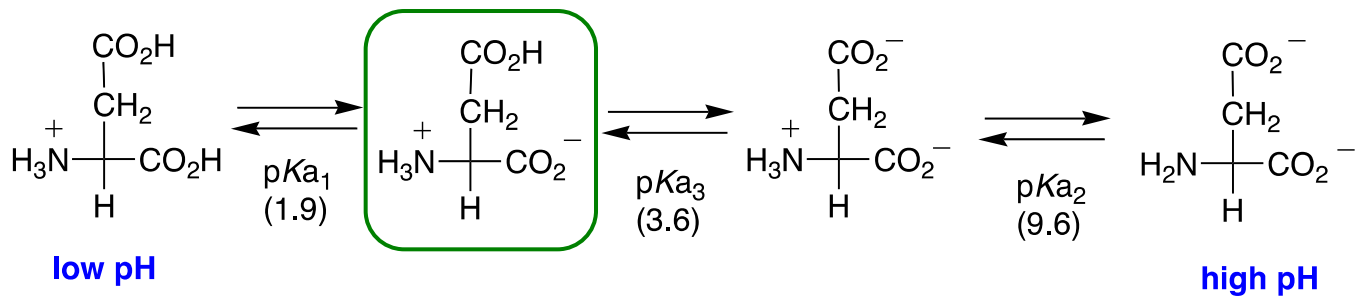


$$pI = \frac{pK_{a_x} + pK_{a_y}}{2}$$



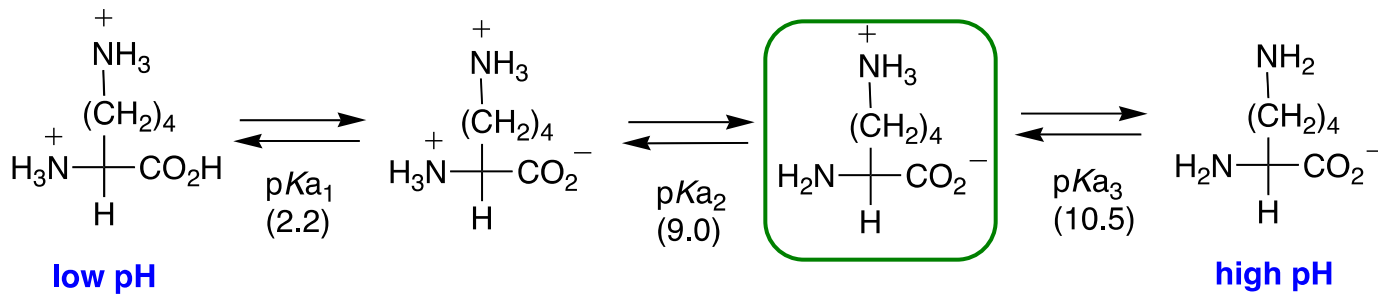
$$pI = \frac{pK_{a_1} + pK_{a_2}}{2}$$

$$pI = 6.0$$



$$pI = \frac{pK_{a_1} + pK_{a_3}}{2}$$

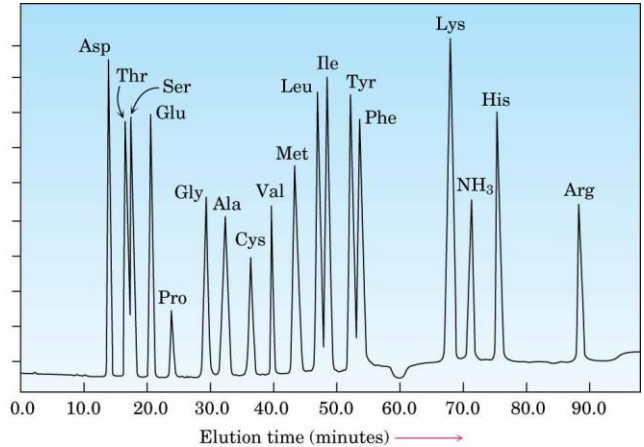
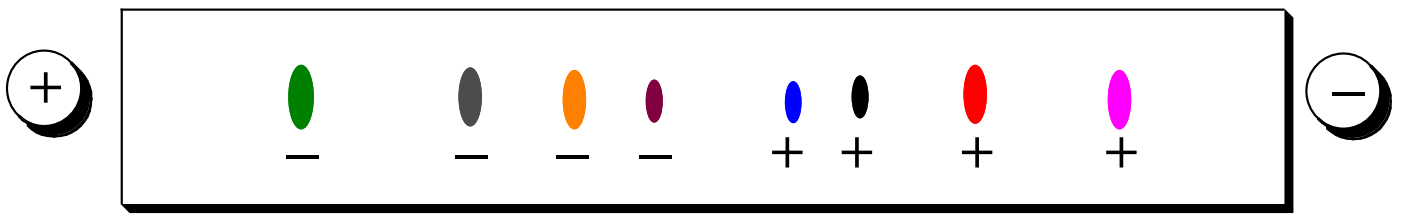
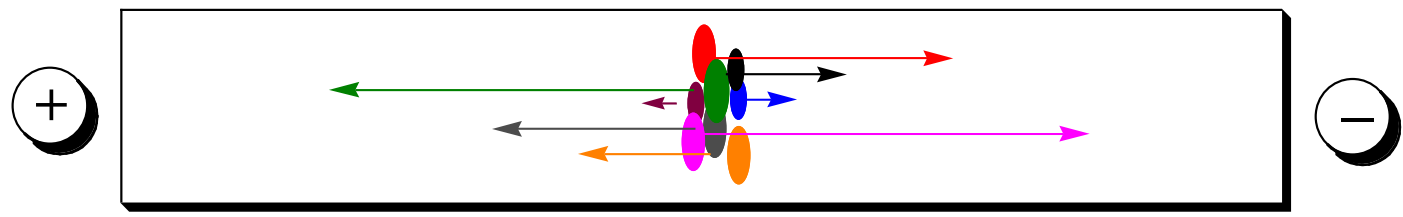
$$pI = 2.7$$



$$pI = \frac{pK_{a_2} + pK_{a_3}}{2}$$

$$pI = 9.7$$

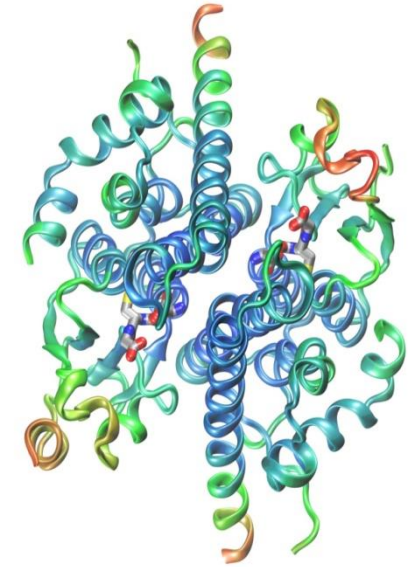
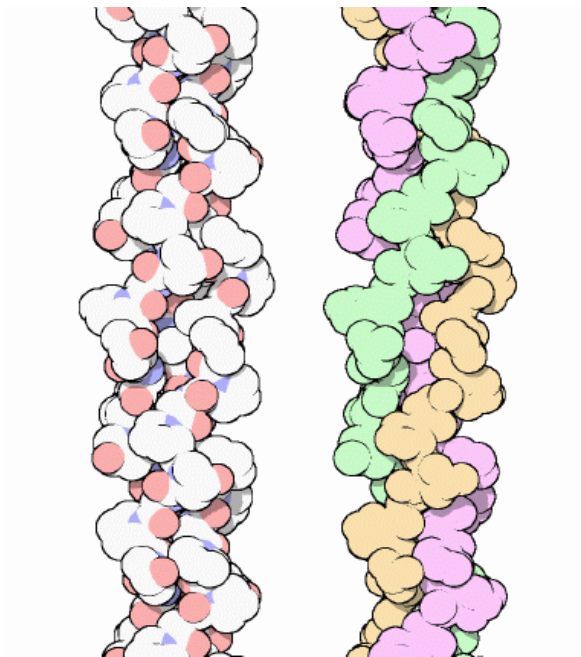
# Електрофорез: розділення полярних сполук на основі різниці зарядів та молекулярних мас.



Різні амінокислоти мають різну хроматографічну мобільність (різний розподіл мас).

# Структурна організація білків

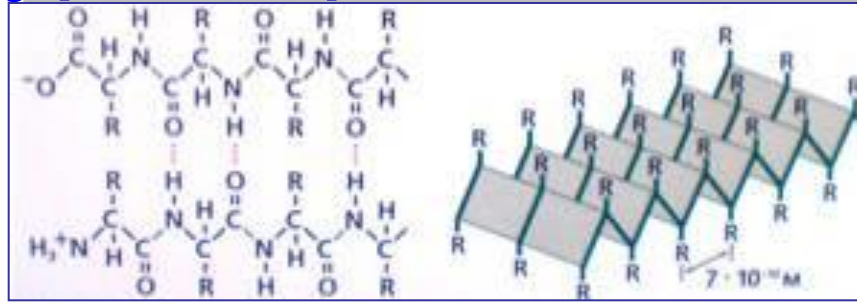
*Фібрилярні* – ниткоподібні, мають лише виражену вторинну структуру, нерозчинні у воді, виконують структурну, скоротливу функції (колаген, кератин – білки волосся, вовни, м'язової тканини).



*Глобулярні* – мають молекулу у вигляді кульки (глобули), добре виражену третинну структуру, розчинні у воді, виконують складні функції – каталітичну, регуляторну, захисну та інші (ферменти, гормони, гемоглобін).



# Структурна організація білків

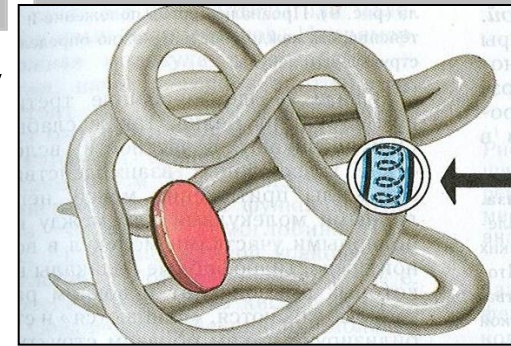


- **Первинна (1°) структура протеїну**

Лінійна послідовність амінокислот.

- **Вторинна (2°) структура протеїну**

Локалізація амінокислотного ланцюгу у вигляді  $\alpha$ -спіралі та  $\beta$ -листа

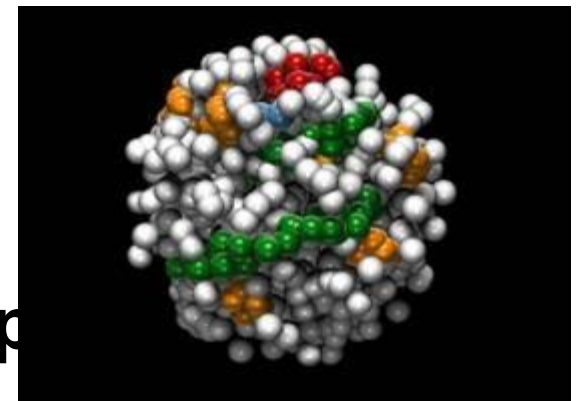


- **Третинна (3°) структура**

Визначає будову протеїнів

- **Четвертинна (4°) структура пр**

Взаємодії між протеїнами

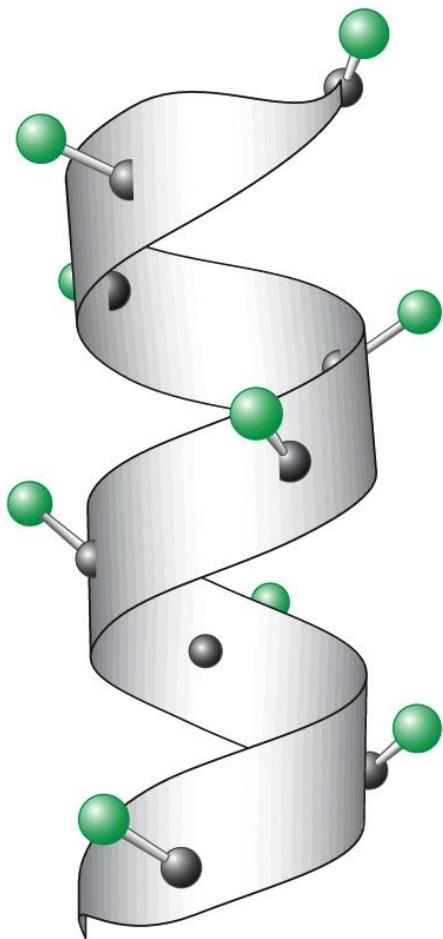




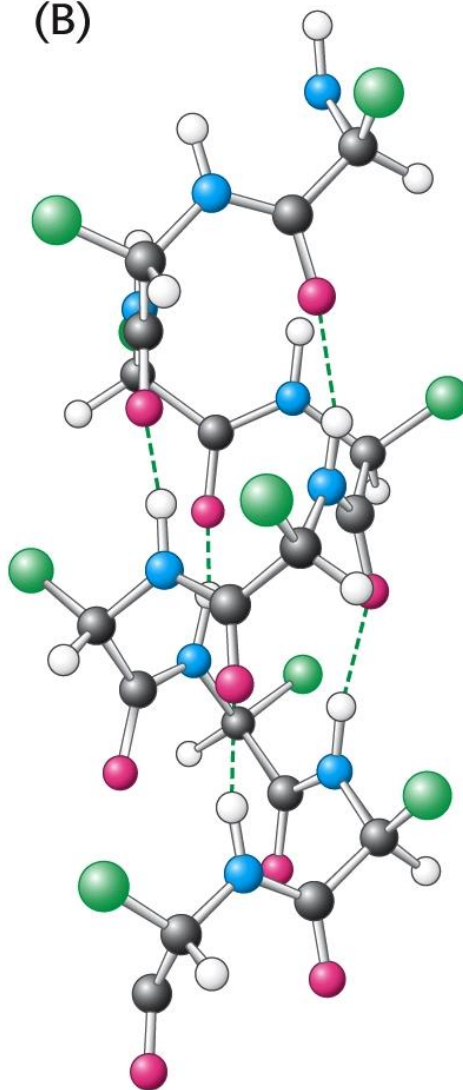
Структура молекули білка	Має вигляд	Тип зв'язку
первинна	ланцюг	пептидний
вторинна	спіраль	водневий
третинна	глобула	Гідрофобні, гідрофільні, водневі, іонні
четвертинна	<b>Глобула і небілкова частина</b>	Гідрофобні, гідрофільні, водневі, іонні, електростатичні

# ■ ( $\alpha$ ) – спіраль:

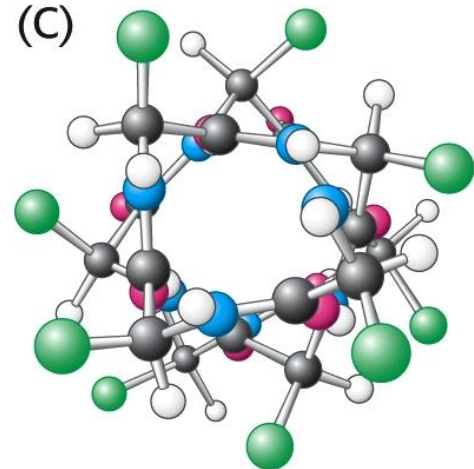
(A)



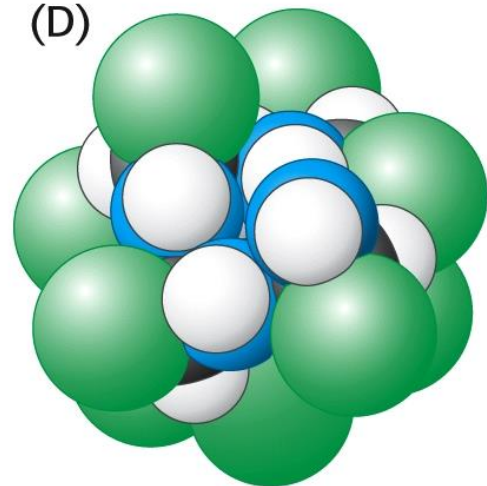
(B)



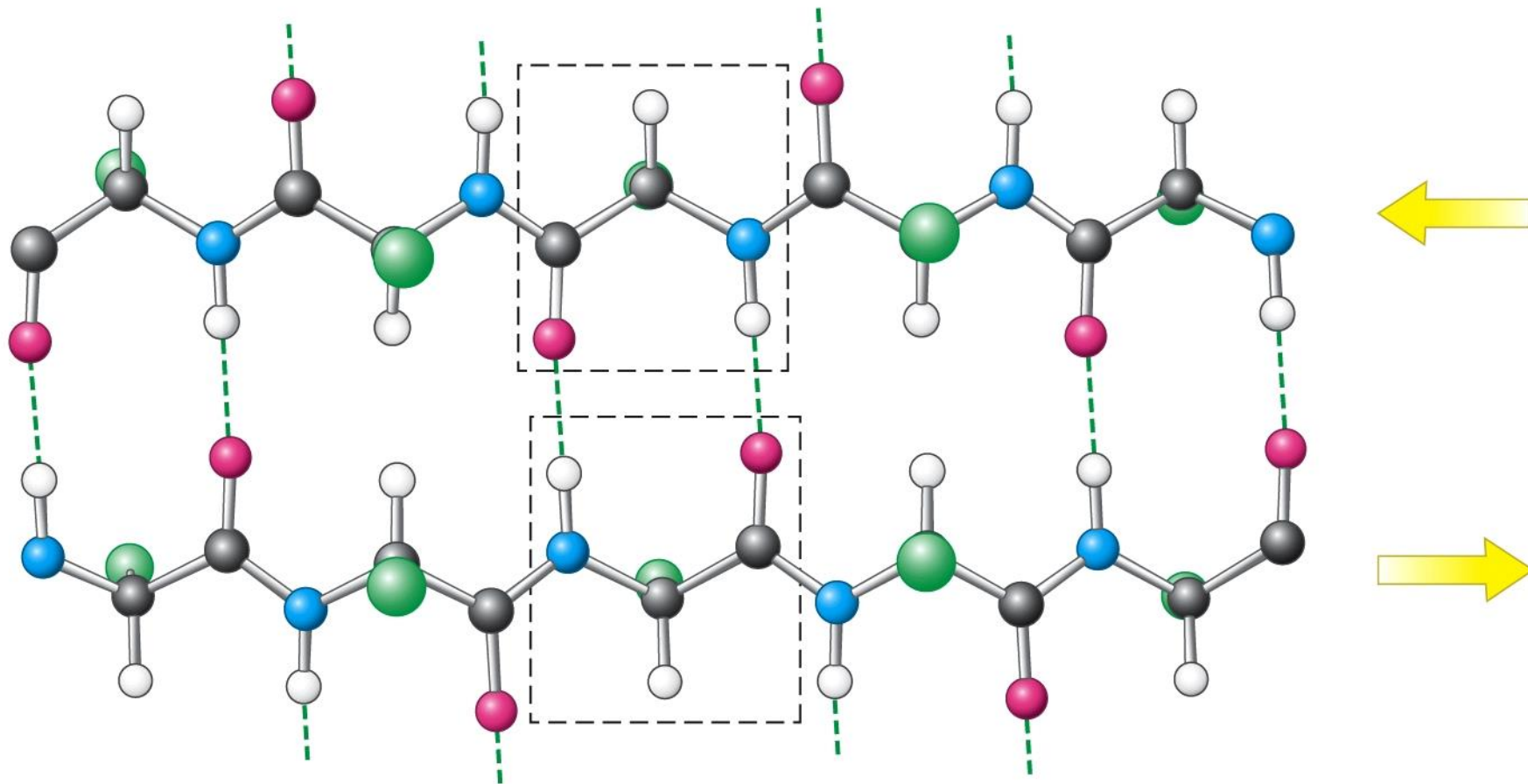
(C)



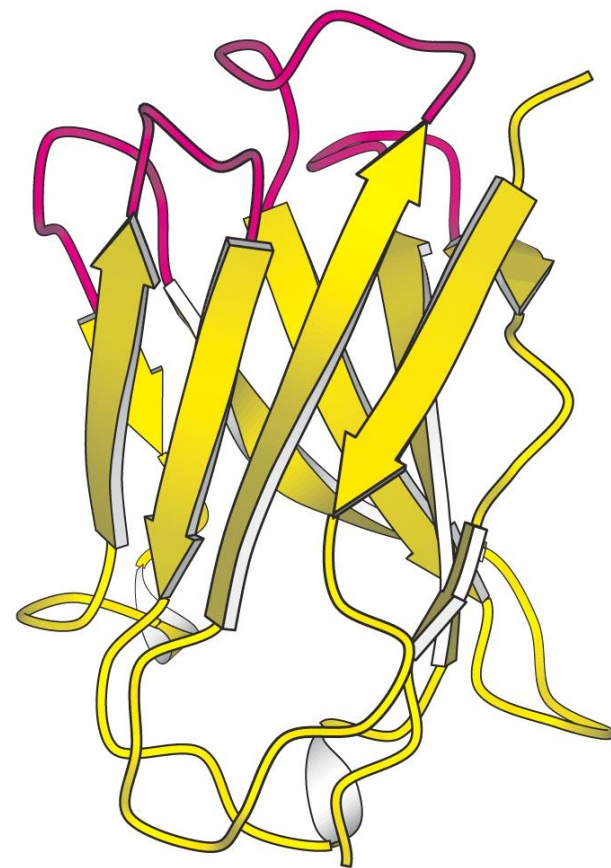
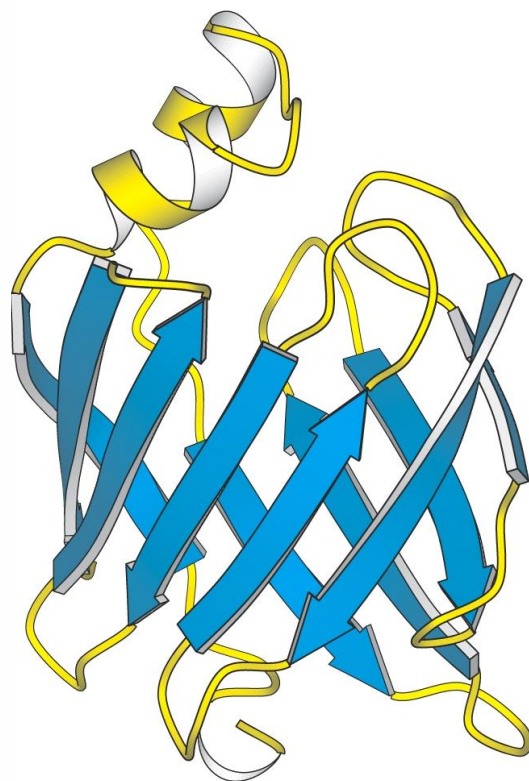
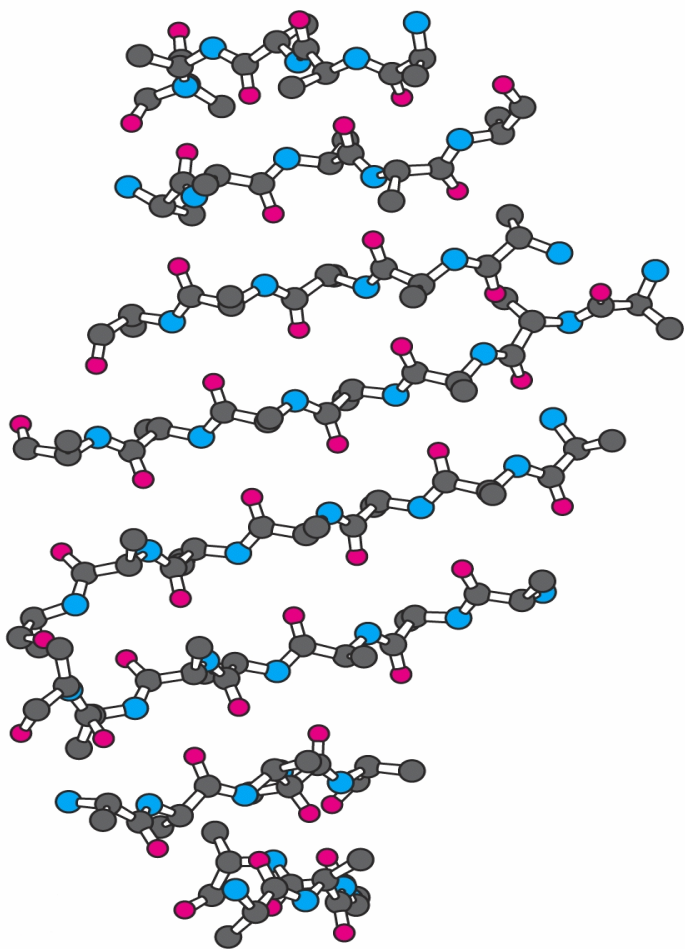
(D)



# ***В-лист (антіпаралельний):***



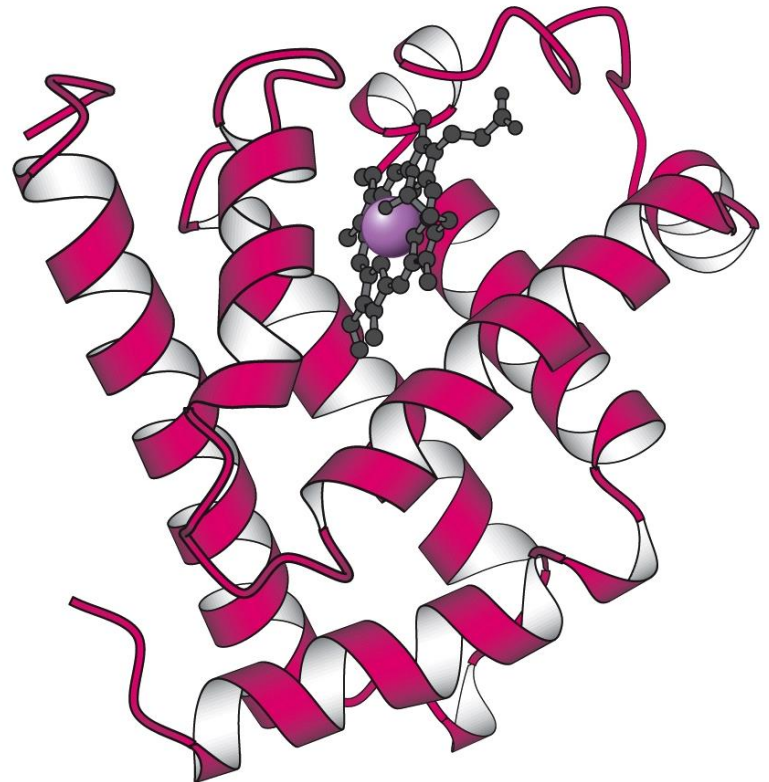
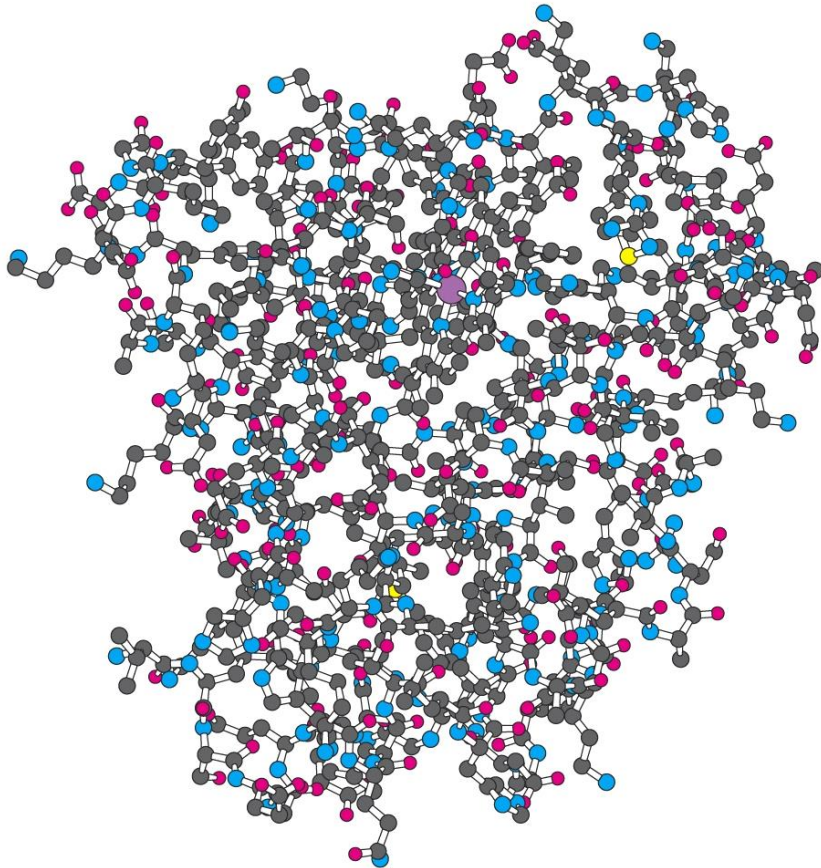
# Приклади організації $\beta$ -листа в протеїнах:



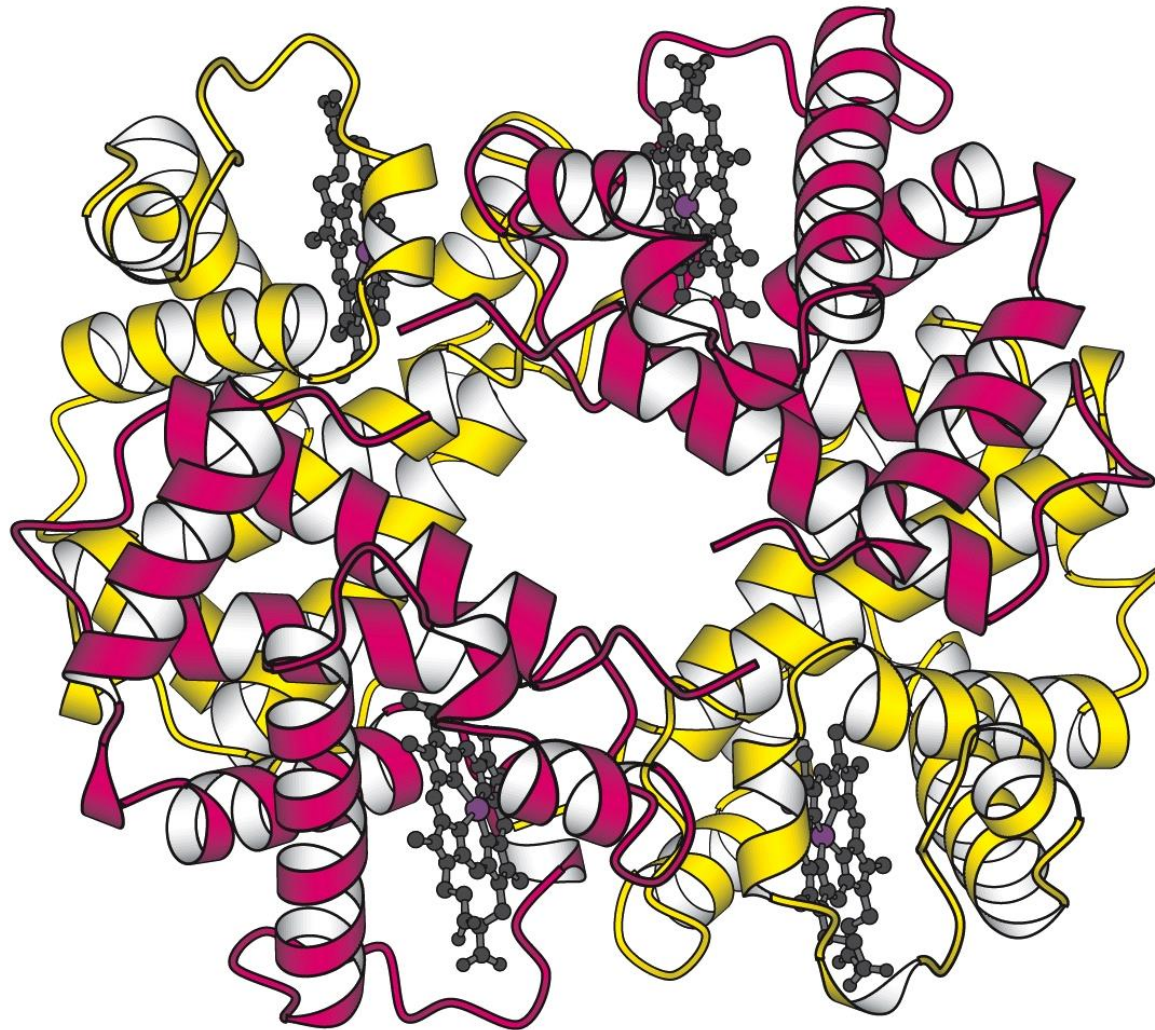


# Третинна (3°) структура міоглобіну

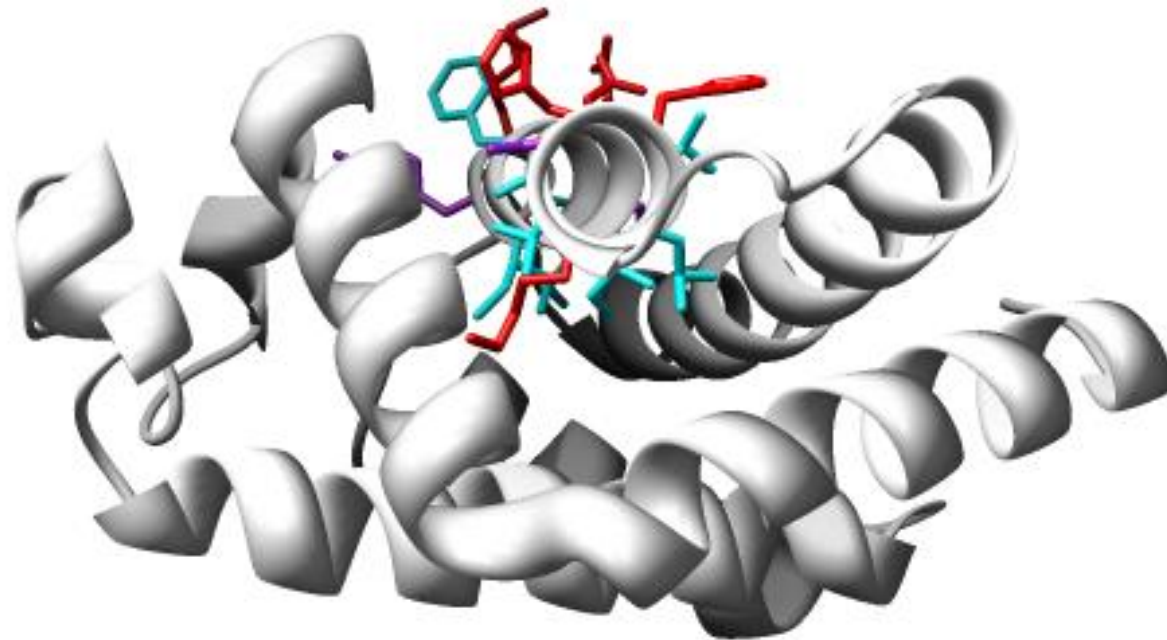
Водорозчинні протеїни збираються в компактні структури з неполярними оболонками.



- Четвертинна структура гемоглобіну, що містить дві ідентичні пари субодиниць



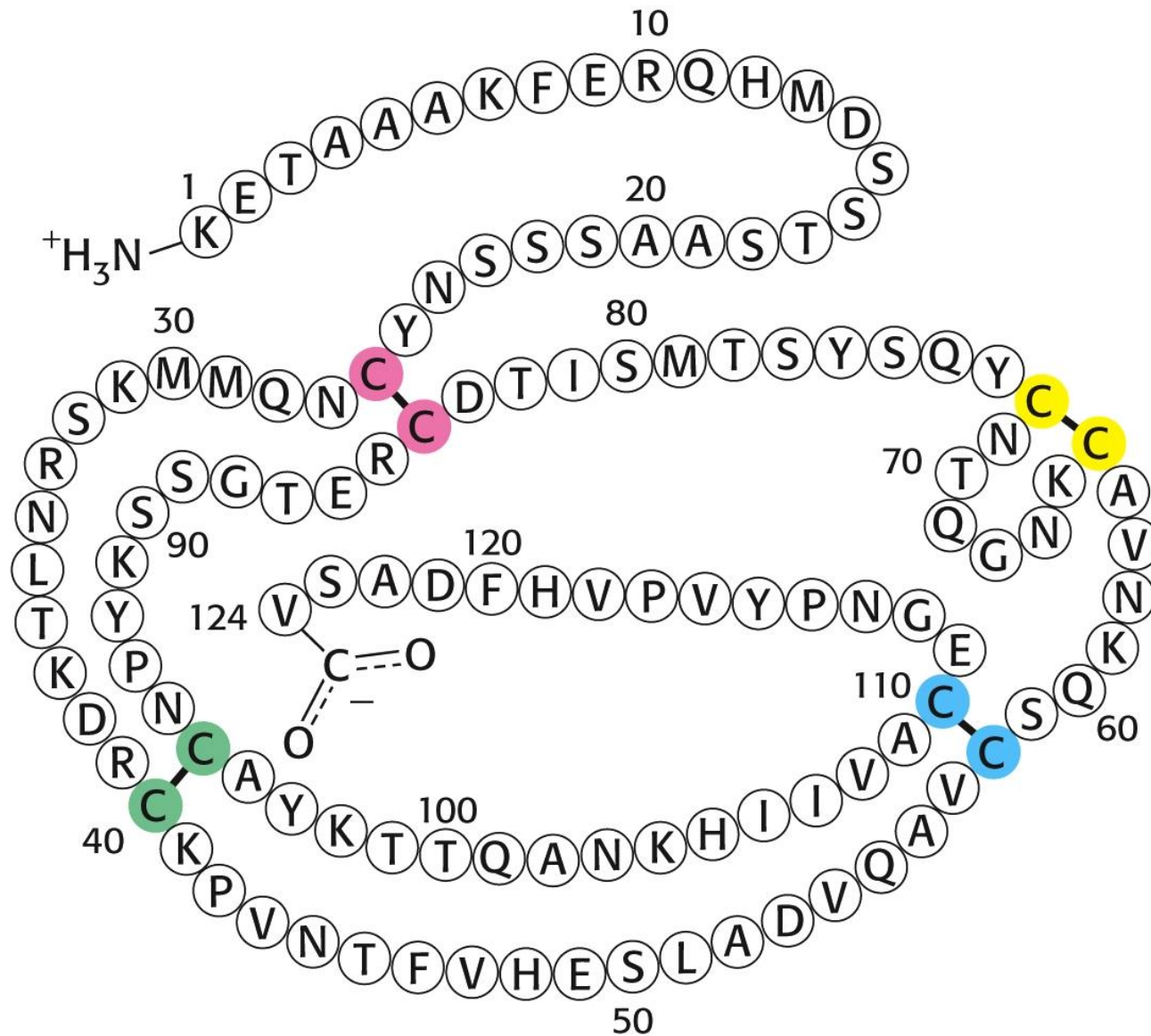
**Четвертинна структура поліпептидів і протеїнів**  
*Фібрилярні.* Поліпептиди утворюють довгі фібрили, нерозчинні  
*Глобулярні.* Протеїни збираються у “сферичну” конформацію.  
*Гідрофобні амінокислоти розташовуються всередині, гідрофільні – назовні.*



Pro • Ile • Lys • Tyr • Leu • Glu • Phe • Ile • Ser • Asp • Ala • Ile •  
Ile • His • Val • His • Ser • Lys

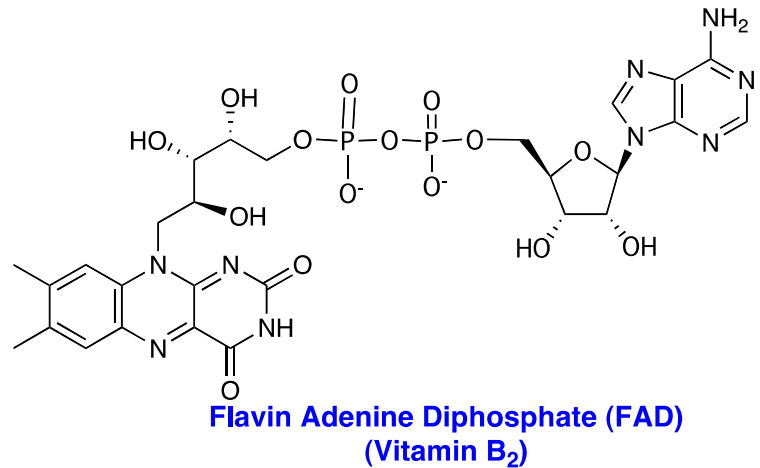
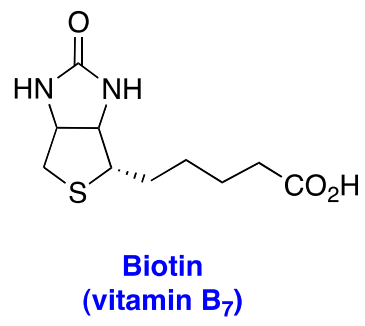
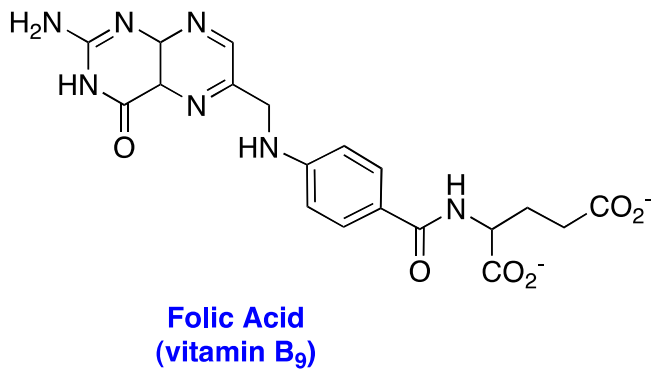
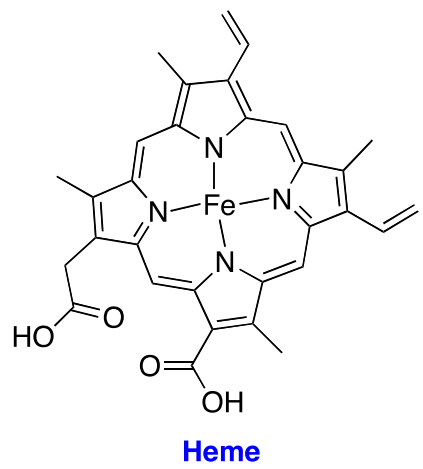
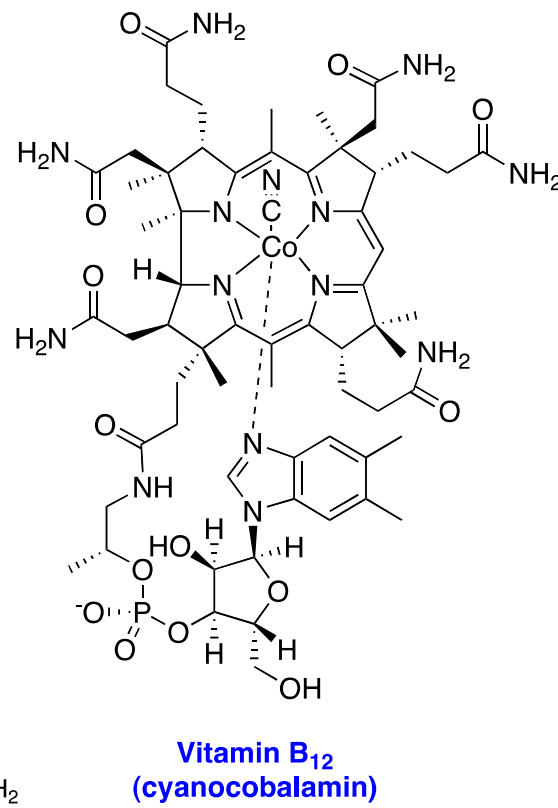
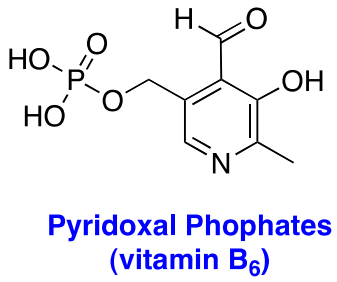
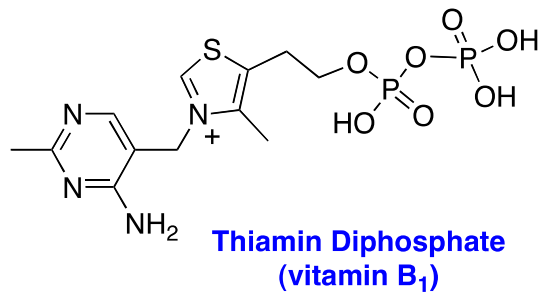


# Амінокислотна послідовність риб



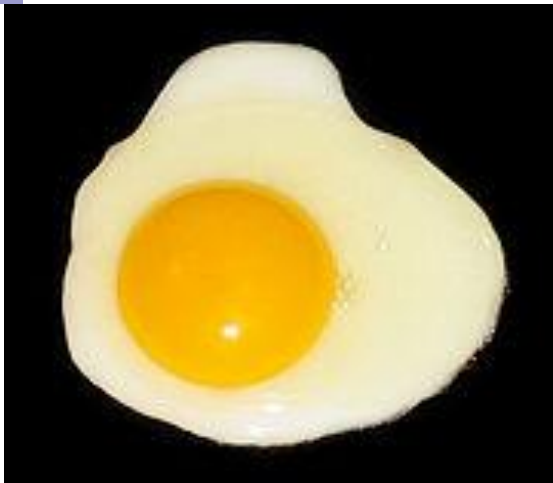


# Коензими. Деякі амінокислоти входять до складу коензимів.



# Фізико-хімічні властивості амінокислот

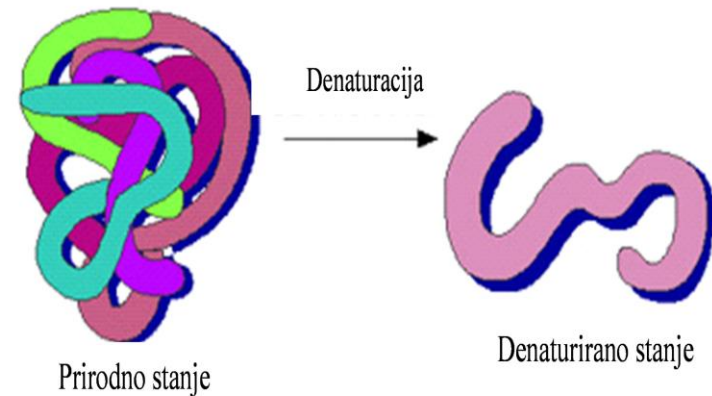
Ізоелектрична точка значення рН, при якому білок набуває нульового заряду і випадає в осад



**Денатурація** – незворотнє осадження білків

під впливом:

1. Високої температури
2. Високого тиску
3. Концентрованих мінеральних кислот
4. Алкалоїдних реактивів



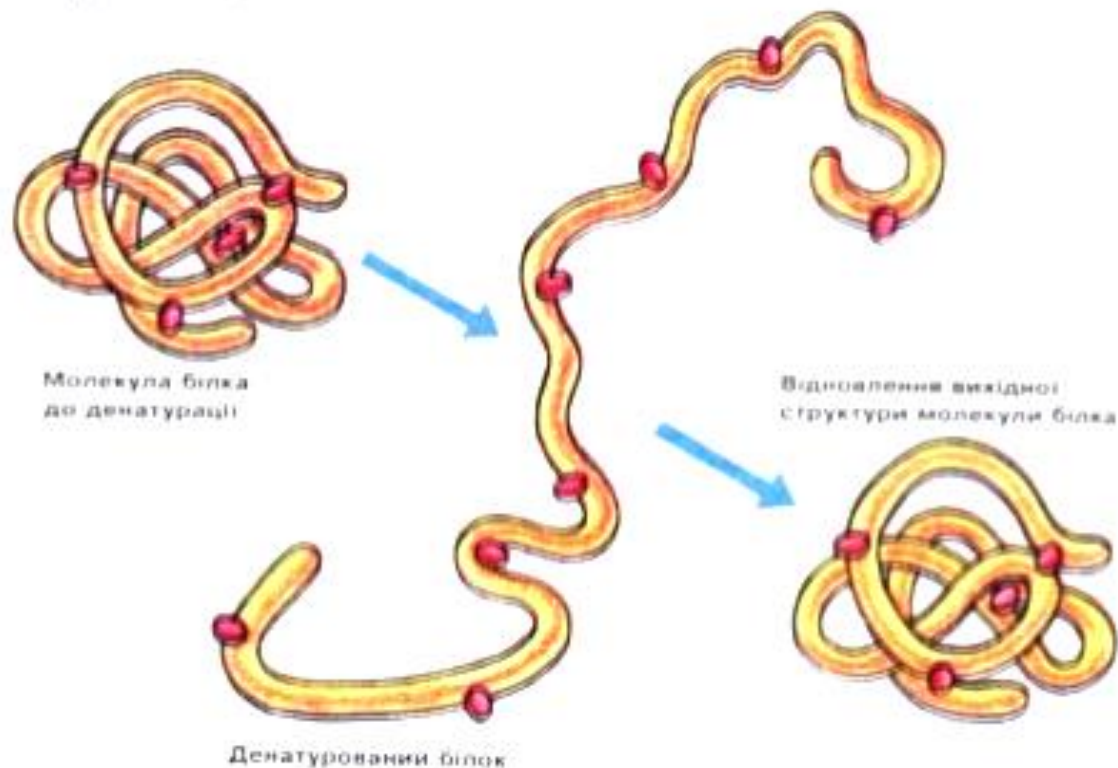
**Висолювання** – зворотнє осадження білків, яке відбувається під впливом солей лужних та лужно-земельних металів

# Властивості білкової молекули

## Денатурація білка

**Денатурація** – порушення природної структури білка.

**Ренатурація** – відновлення структури білка (можлива при збереженні первинної структури).



**Деструкція** – необоротний процес руйнування первинної структури білків.

# **Якісні реакції на амінокислоти**

- 1. Нінгідринова – реакція на  $\alpha$ -амінокислоти (синьо-фіолетове забарвлення)**
- 2. Ксантопротеїнова – реакція на ароматичні амінокислоти (жовто-оранжове забарвлення)**
- 3. Реакція Адамкевича – на триптофан (червоно-фіолетове забарвлення)**
- 4. Реакція Фоля – на сірковмісні амінокислоти (утворення чорного осаду)**
- 5. Біуретова реакція – реакція на пептидні зв'язки (синьо-фіолетове забарвлення)**

# Кольорові реакції на білки

1. Ксантопротеїнова – взаємодія з концентрованою азотною кислотою, яка супроводжується появою жовтого забарвлення.



2. Біуретова – взаємодія слаболужних розчинів білків с розчином сульфату міді (II), в результаті якої з'являється фіолетово-синє забарвлення.

**Прості білки – складаються тільки з амінокислот (альбуміни, глобуліни, гістони, протаміни)**

**Складні білки – крім білкової частини містять небілкову (простетична група)**

**Складні білки поділяють:**

глікопротеїни

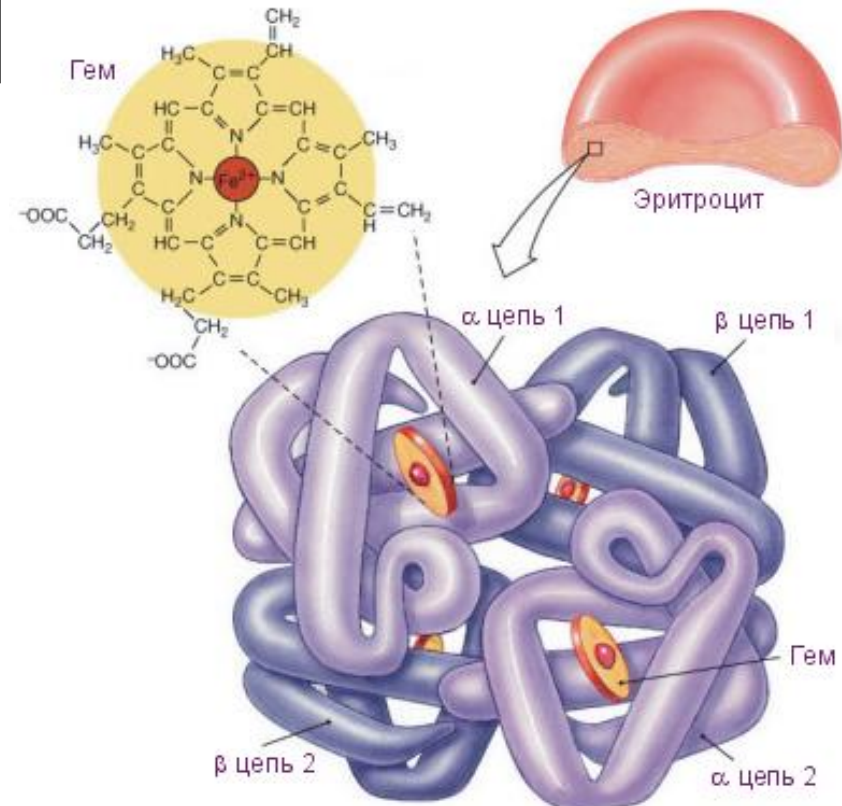
ліпопротеїни

хромопротеїни

нуклеопропротеїни

фосфопротеїни

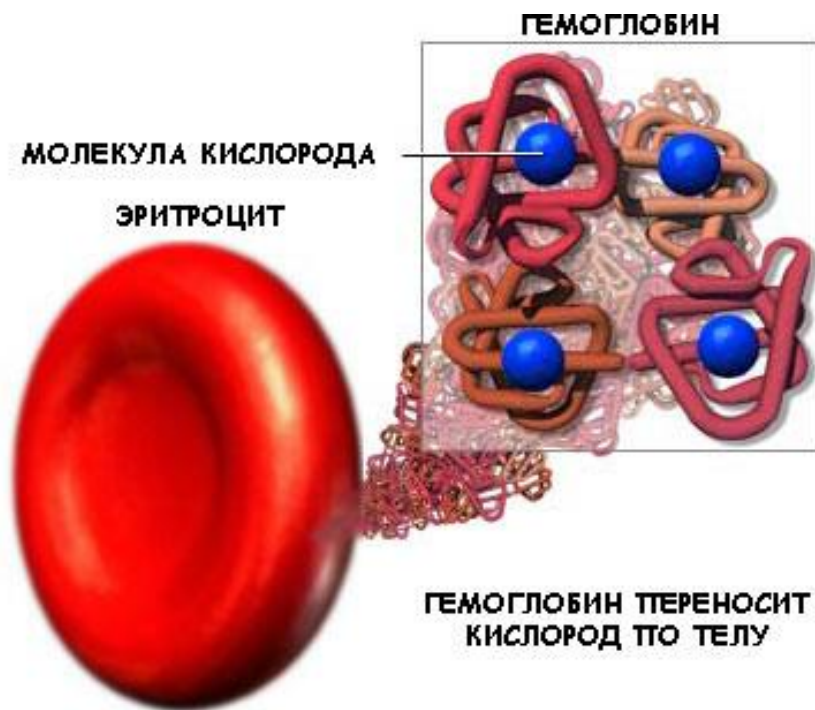
металопротеїни



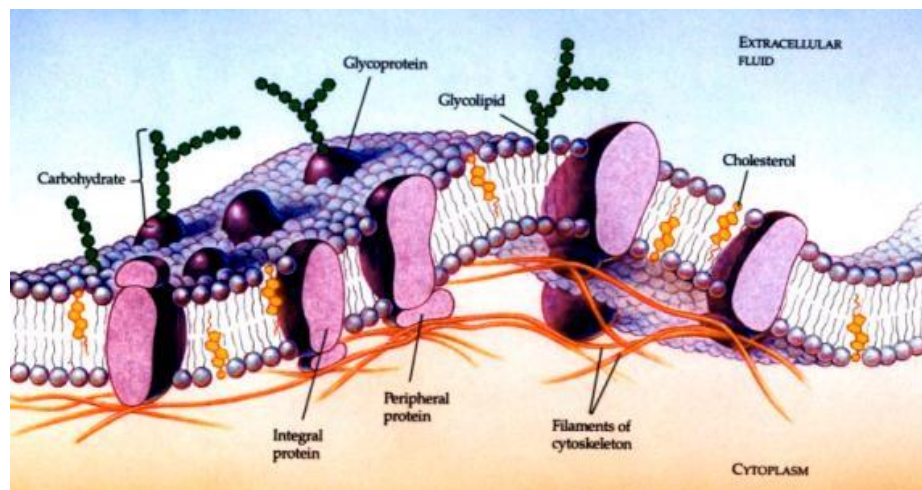
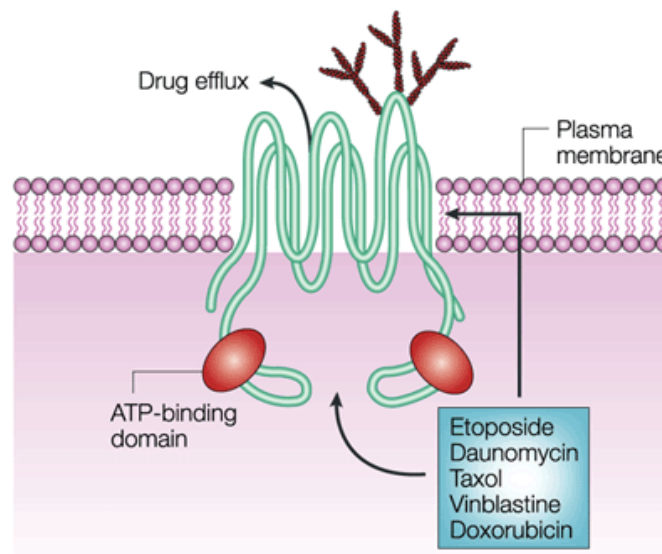
Молекула гемоглобіна



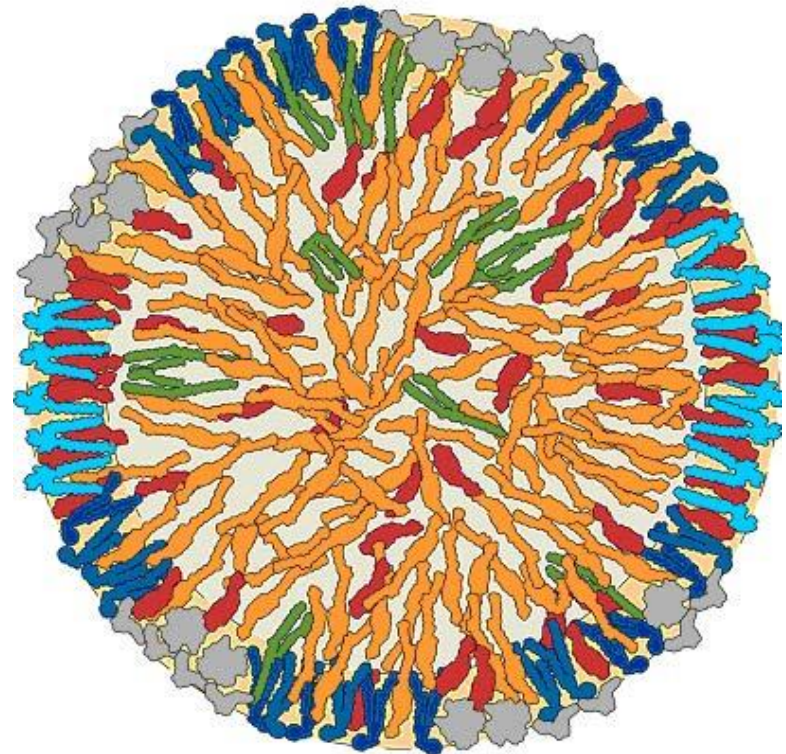
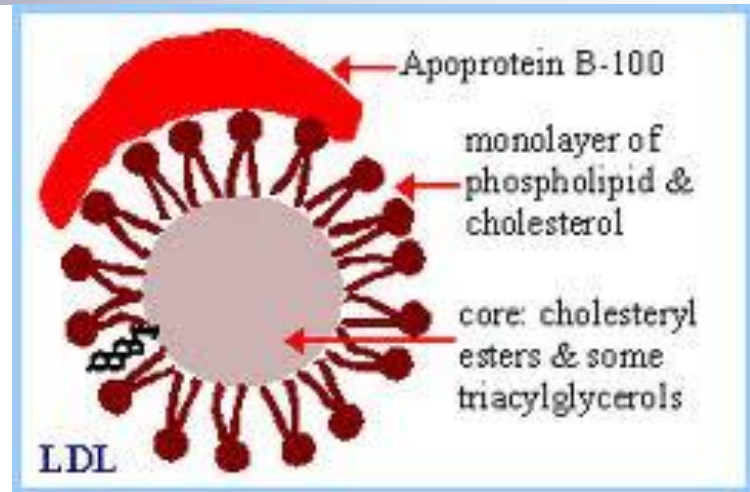
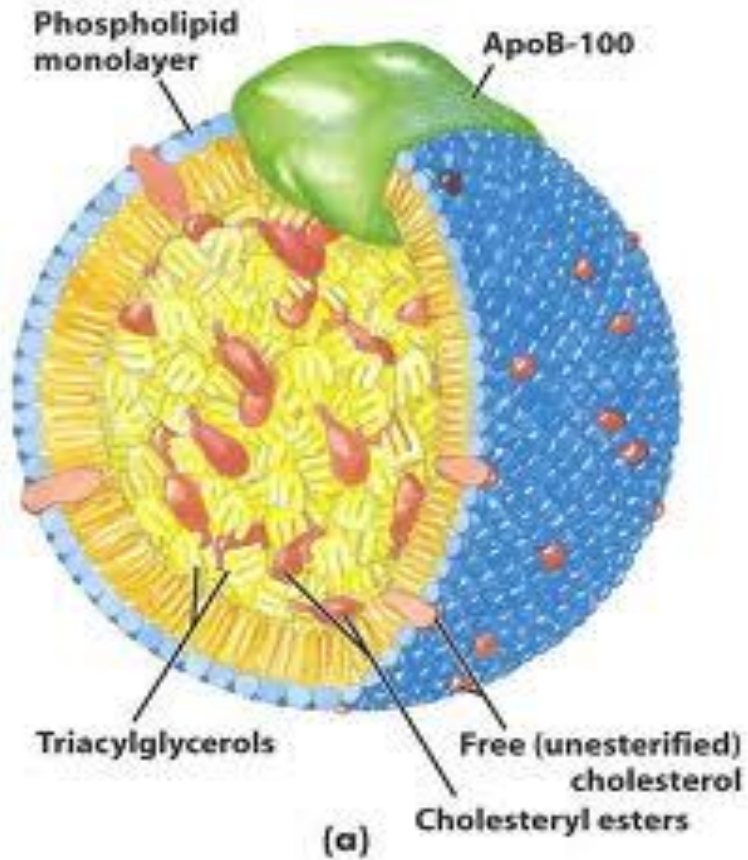
# Хромопротеїни



# Глікопротеїни



# Ліпопротеїни





<b>Функція</b>	<b>Приклад</b>
Структурна	Білки мембрани, мікротрубочки, мікрониточки . Еластин зв'язок, кератин волосся, колаген сухожилля, осеїн кісток.
Захисна	Антитіла, фібрин, тромбопластин, тромбін, інтерферон, антифризи, кріопротектори, муцин, отрута, лізоцим
Сигнальна, рецепторна	Зовнішні білки мембрани, опсин, родопсин, йодопсин, фітохром (хлорофіл), ацетилхолін.
Рухова	Актин міозин у м'язах, тубулін джгутиків і війок
Регуляторна	Гормони - інсулін, трийодтиронін, кальцитонін, глюкагон, адреналін, тироксин, паратгормон. Норадреналін, соматотропін,
запасаюча	Клітковина злакових, білки бобових, альбумін яйця птахів, ендосперм, казеїн молока
Енергетична транспортна	17,6 кДж енергії – розпад 1г білка Гемоглобін, гемоціанін, гемеритрин
каталітична	Пепсин, хемотрипсин, амілаза, мальтаза, ліпаза