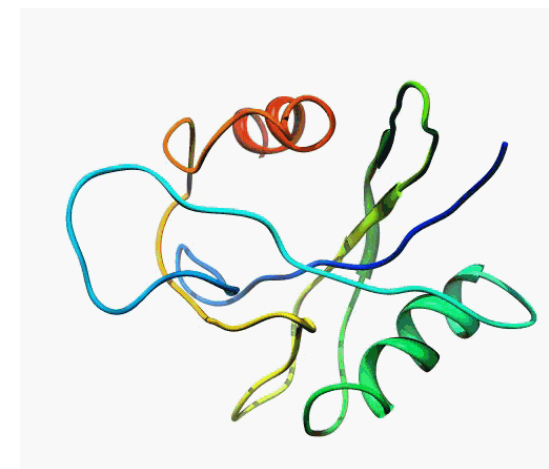
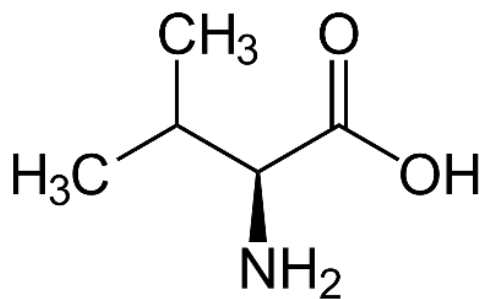
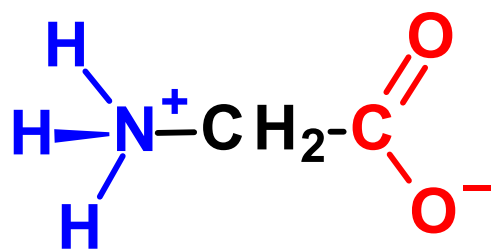




# Вступ до Органічної Хімії

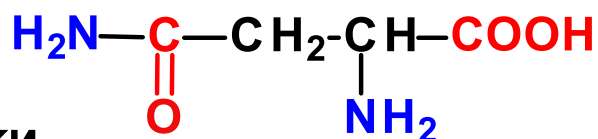
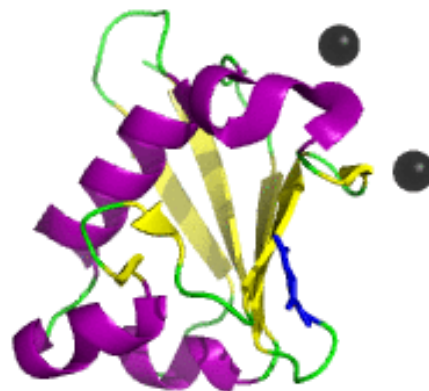
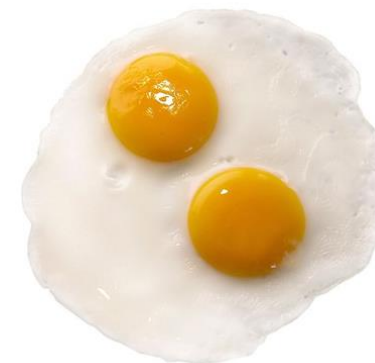
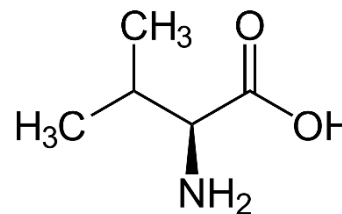


## Лекція № 12. Амінокислоти. Пептиди. Уявлення про структуру білків.



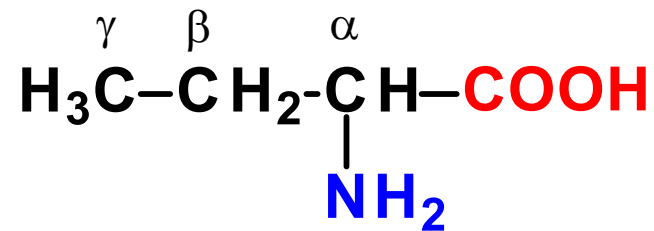
## План лекції № 12

- Природні та синтетичні амінокислоти.
- Класифікація амінокислот.
- Будова амінокислот. Оптична ізомерія.
- Методи одержання амінокислот.
- Хімічні властивості амінокислот.
- Пептиди та білки.
- Структурна організація білків.
- Якісні реакції на пептиди та білки.

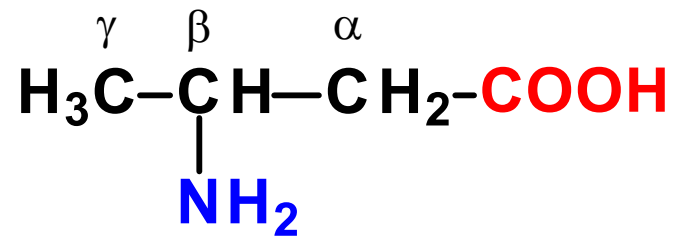


# Амінокислоти

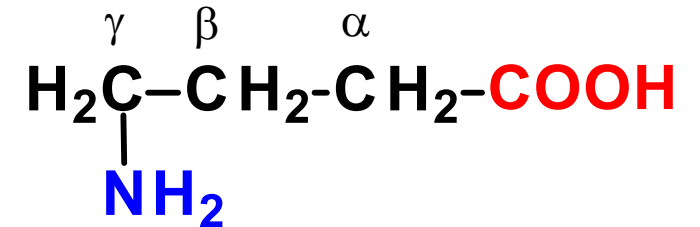
**Амінокислота** – це хімічна речовина, молекула якої одночасно містить аміногрупу  $-NH_2$  та карбоксильну групу  $-COOH$ . За тим, до якого атому вуглецю приєднана аміногрупа, амінокислоти поділяються на  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  і т.д. При цьому  $\alpha$ -амінокислотами називаються такі, в яких карбоксильна та аміногрупа приєднані до одного і того ж атому вуглецю;  $\beta$ -амінокислотами – такі, де аміногрупа приєднана до атому вуглецю, сусіднього з тим, до якого приєднана карбоксильна;  $\gamma$ -амінокислотами – такі, де аміногрупа приєднана через один атом вуглецю від карбоксильної, і так далі.



2-амінобутанова кислота  
( $\alpha$ -аміномасляна кислота)



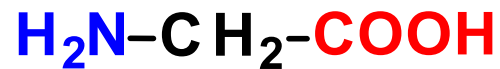
3-амінобутанова кислота  
( $\beta$ -аміномасляна кислота)



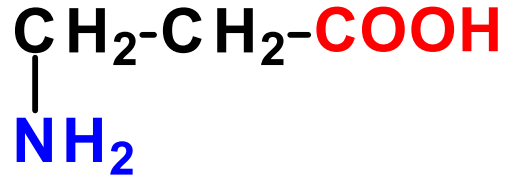
4-амінобутанова кислота  
( $\gamma$ -аміномасляна кислота)

# Номенклатура амінокислот

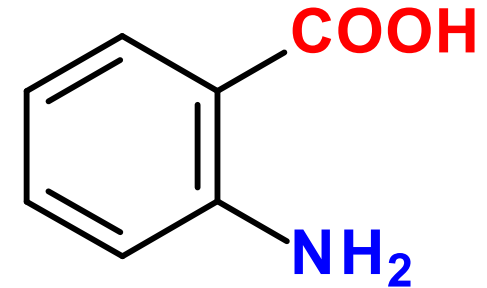
Назви **амінокислот** будуються так, як і оксикислот, тобто із назви відповідної кислоти з префіксом **аміно-** та вказівкою місця аміногрупи по відношенню до карбоксилу. Наступні приклади ілюструють основні способи побудови назв амінокарбонових кислот.



2-аміноетанова кислота  
(амінооцтова кислота)



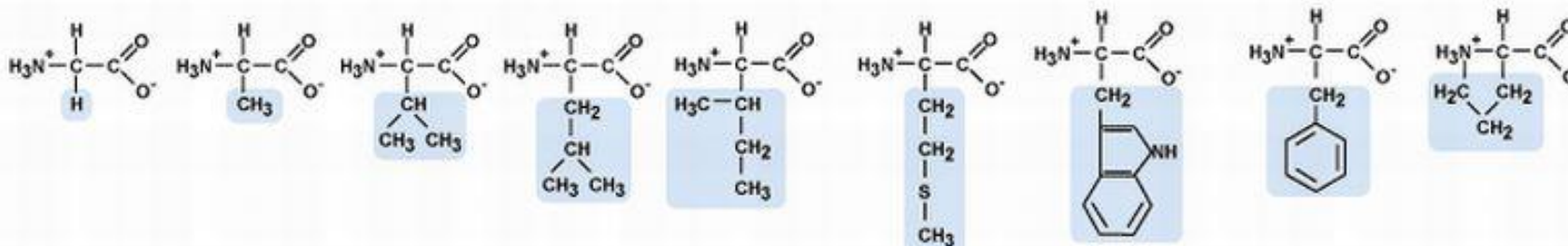
3-амінопропіонова кислота  
(β-амінопропіонова кислота  
β-аланін)



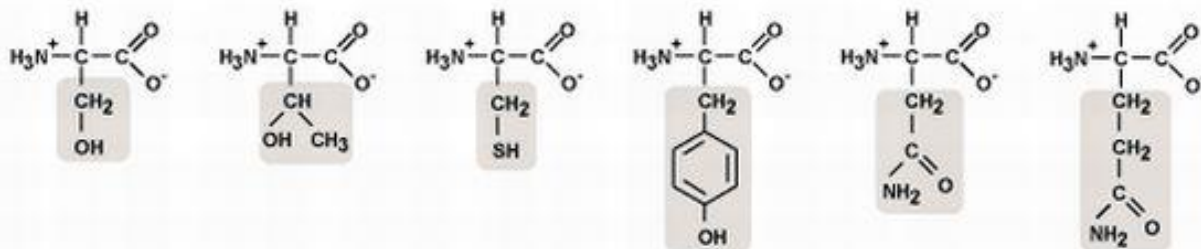
2-амінобензойна кислота  
(o-амінобензойна кислота  
антранілова кислота)

В побут міцно ввійшли емпіричні (тривіальні) назви амінокислот, якими широко користуються в хімії, в біологічних науках.

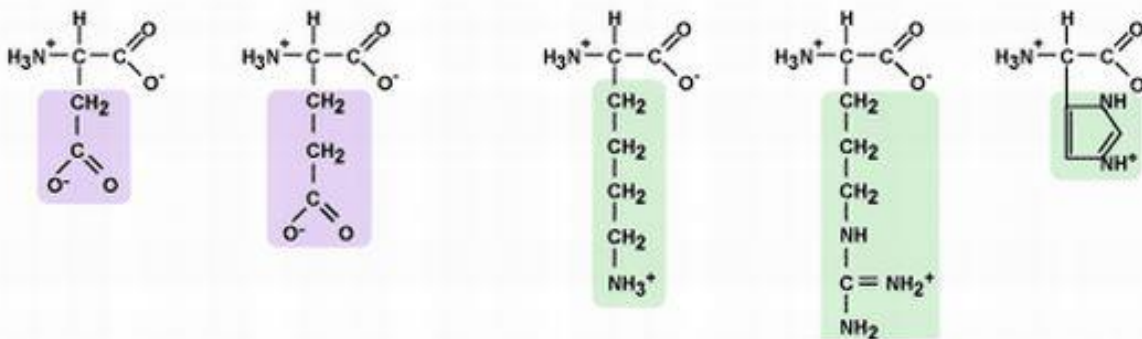
# Протеїногенні амінокислоти



Гліцин    Аланін    Валін    Лейцин    Ізолейцин    Метіонін    Триптофан    Фенілаланін    Пролін

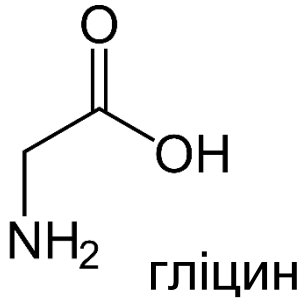


Серин    Треонін    Цистеїн    Тирозин    Аспарагін    Глутамін

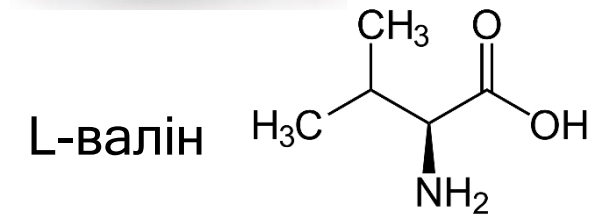
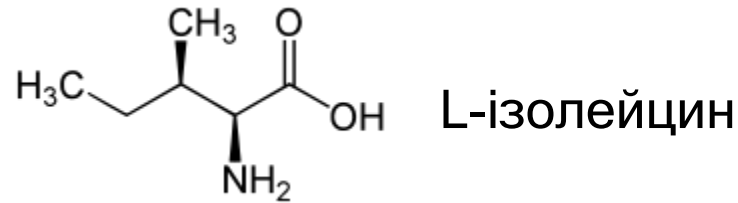
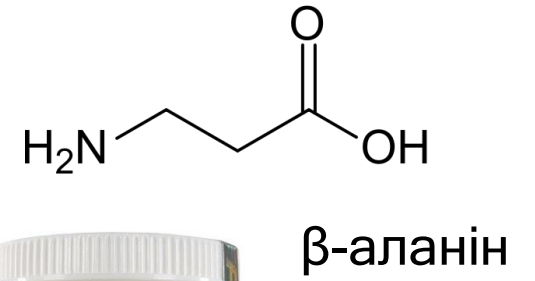
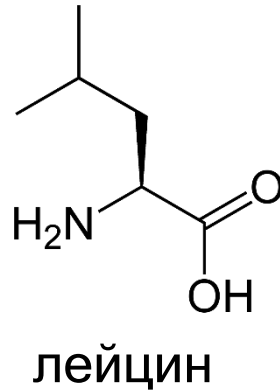


Аспартова кислота    Глутамінова кислота    Лізін    Аргинін    Гістидин

До складу протеїнів входять 20 α-амінокислот, які кодуються генетичним кодом і називаються протеїногенними або стандартними амінокислотами. Окрім них в організмі продукуються і інші амінокислоти, що називаються непротеїногенними або нестандартними.



# Важливі незамінні амінокислоти

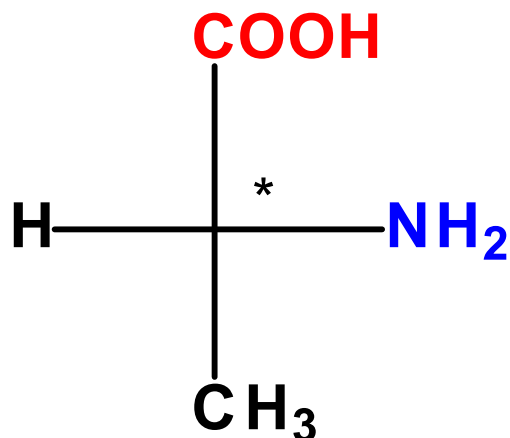


Амінокислоти з розгалуженими боковими ланцюгами (*branched-chain amino acids, BCAA*) у спорті і у важкій атлетиці використовуються як біологічно активні добавки (БАДи)

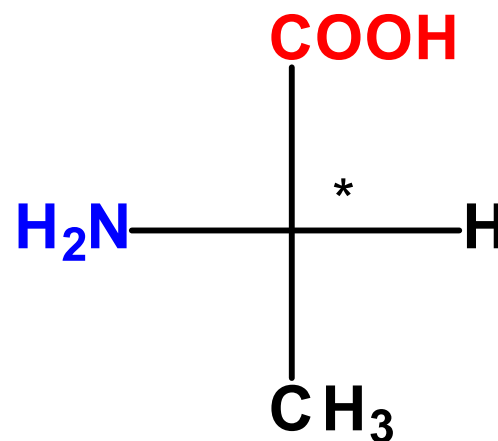


## Стереοізомерія амінокислот

Всі природні амінокислоти, крім амінооцтової, містять асиметричні атоми Карбону, тому вони мають оптичні ізомери (стереοізомери або антиподи). Розрізняють *D*- і *L*-ряди амінокислот:



D(-)-α-аланін  
(D-α-амінопропіонова кислота)

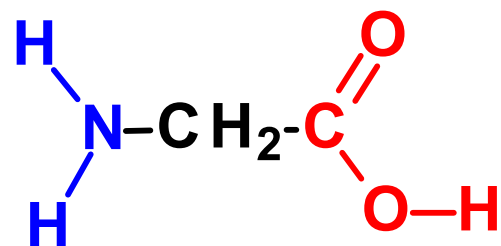


L(+)-α-аланін  
(L-α-амінопропіонова кислота)

## Будова амінокислот

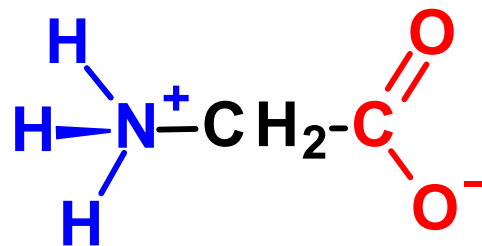
**Амінокислоти** являють собою кристалічні речовини. Під час плавлення вони руйнуються. **Амінокислоти** добре розчинні у воді й нерозчинні в органічних розчинниках, чим схожі на неорганічні сполуки. Цим властивостям більшою мірою відповідає структура амінокислот як “внутрішніх солей”, тому формули амінокислот прийнято записувати у вигляді **біполярного іона (цвітер-іон)**

нейтральна форма



гліцин

цвітер-іонна форма



амоніоацетат

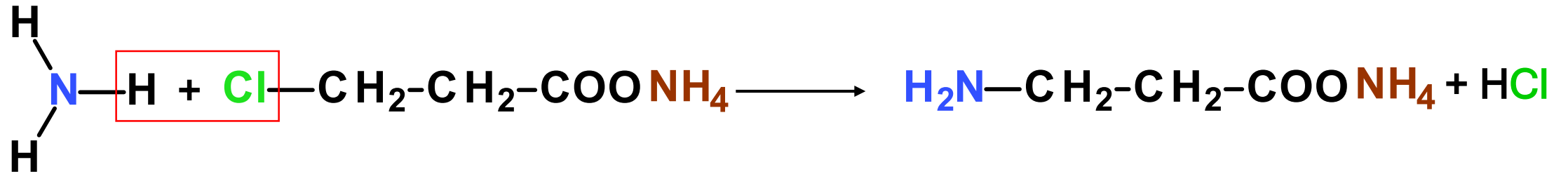
**Ізоелектрична точка (pI)** – характерне для певної амінокислоти значення рН, при якому максимальна частка іонів в розчині набуває нульового електричного заряду.

$$pI = \frac{pK_{COOH} + pK_{NH_3^+}}{2}$$

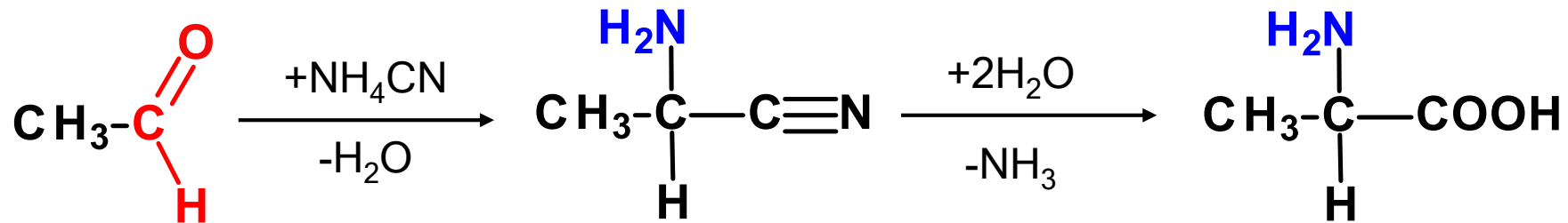


# Синтетичні методи одержання амінокислот

1) Дією аміаку на  $\alpha$ -галогенкислоти або їх солі. Сьогодні цей метод є основним промисловим методом синтезу  $\alpha$ -амінокислот. Цю реакцію проводять з надлишком аміаку, бо спочатку утворюється амонієва сіль галогенопохідної кислоти:

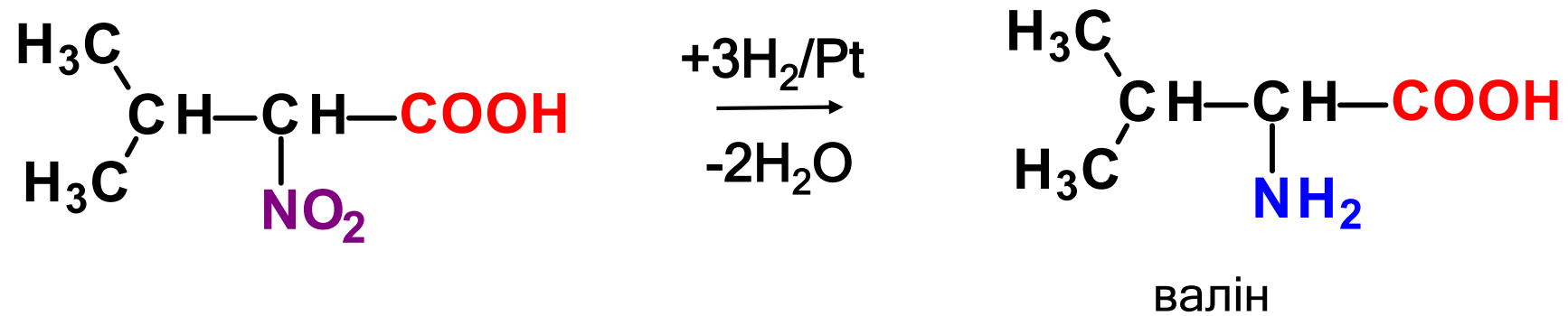


2) Взаємодія альдегідів або кетонів з синильною кислотою або її солями (ціангідринний або амініонітрильний синтез). А. Штреккер, М.Д. Зеленський і Г.Д. Стадников запропонували для цієї мети обробляти альдегіди або кетони сумішшю солей  $\text{NH}_4\text{Cl}$  і  $\text{KCN}$ , із яких утворюється  $\text{NH}_4\text{CN}$ :

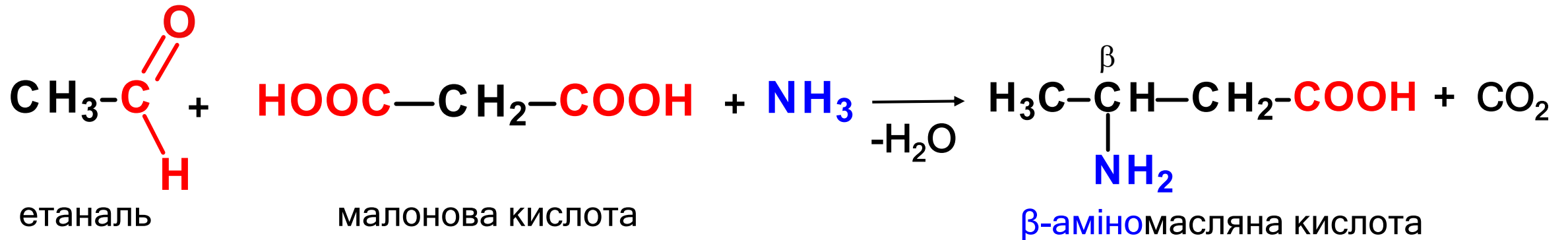


# Синтетичні методи одержання амінокислот

3) Відновлення  $\alpha$ -нітрокислот сильними відновниками.

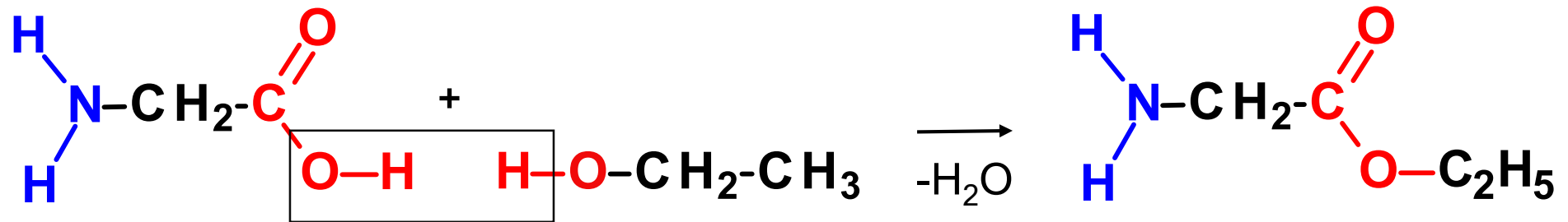


4) Синтез  $\beta$ -амінокислот. Метод В.М. Родіонова.  $\beta$ -амінокислоти можна отримувати конденсацією альдегідів з малоновою кислотою і спиртовим розчином аміаку:



# Хімічні властивості амінокислот

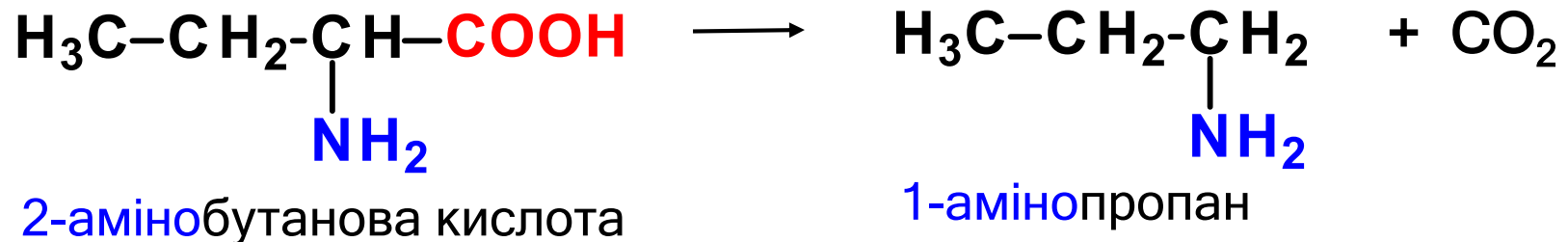
1) **Утворення складних ефірів.** Ефіри амінокислот отримують (звичайно у вигляді солей), діючи на амінокислоти спиртом в присутності хлористого водню.



амінооцтова кислота

етиловий естер амінооцтової кислоти

2) **Декарбоксілювання амінокислот.** У природі, в рослинних і тваринних організмах поширений ферментативний процес декарбоксілювання амінокислот. При цьому виділяється  $\text{CO}_2$  і утворюється амін, що містить на 1 атом вуглецю менше:

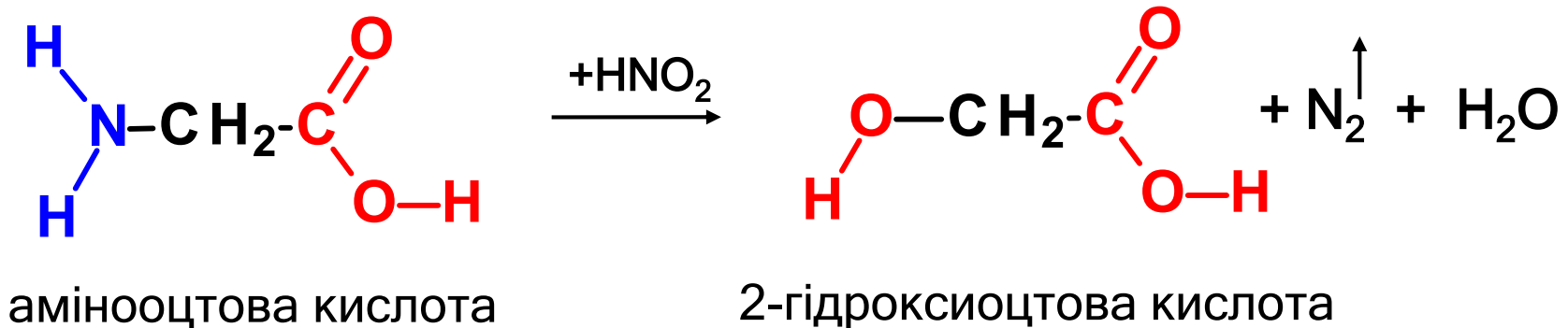


2-амінобутанова кислота

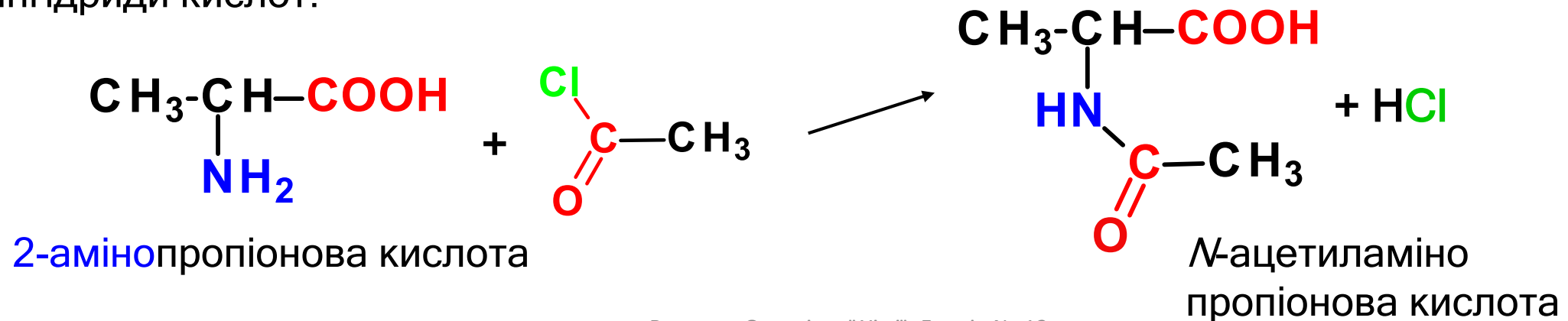
1-амінопропан

# Хімічні властивості амінокислот

3) **Дія азотистої кислоти (утворення оксикислот).** При дії азотистої кислоти утворюються оксикислота і виділяються азот і вода.

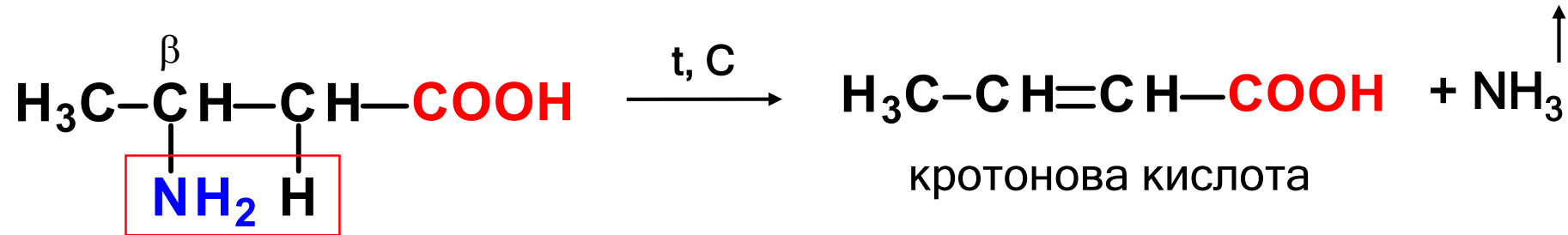


4) **Отримання ацильних похідних.** Як ацилюючі агенти застосовують галогенангідриди і ангідриди кислот:



# Хімічні властивості амінокислот

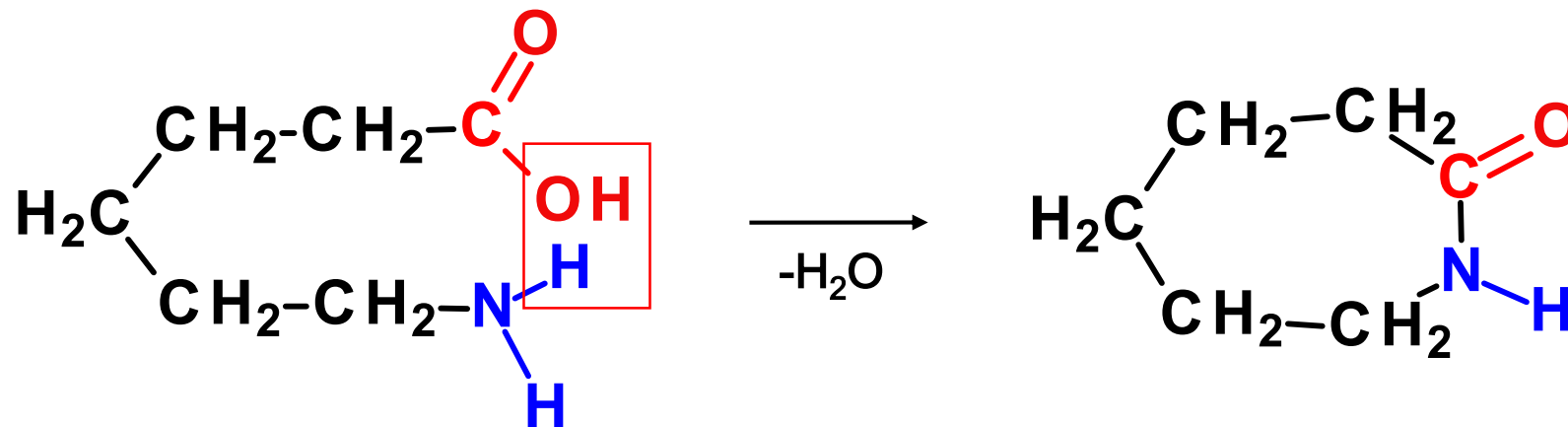
5) **Дезамінування.**  $\beta$ -Амінокислоти при нагріванні виділяють аміак і перетворюються в ненасичені кислоти.



кротонова кислота

$\beta$ -аміномасляна кислота

6) **Внутрішньомолекулярна конденсація.**  $\gamma$ ,  $\delta$  і  $\epsilon$ -Амінокислоти легко відщеплюють воду і циклізуються, утворюючи внутрішні аміді - лактами:

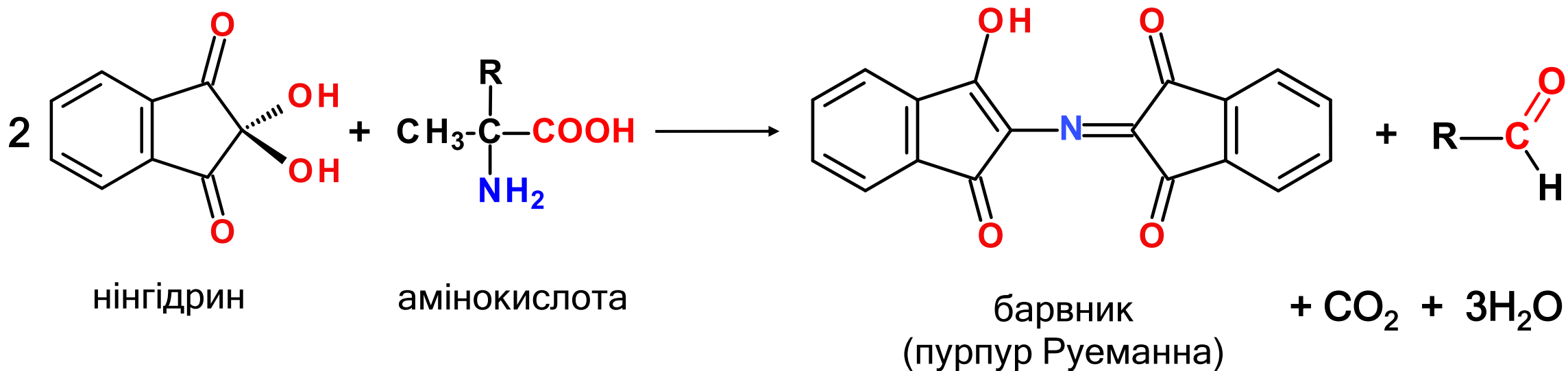


капролактam

$\epsilon$ -амінокапронова кислота

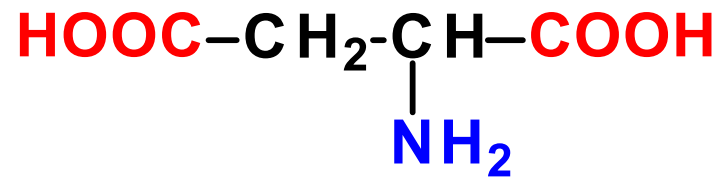
## Нінгідринова проба на амінокислоти

7) Якісна реакція на амінокислоти.  $\alpha$ -аміногрупи в амінокислотах, пептидах і протеїнах при нагріванні вступають у реакцію з нінгідрином, утворюючи барвник синьо-фіолетового кольору.

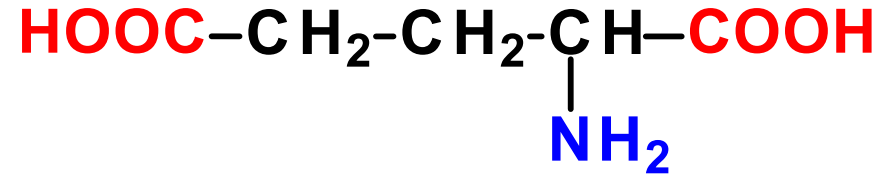


## Двоосновні моноамінокислоти

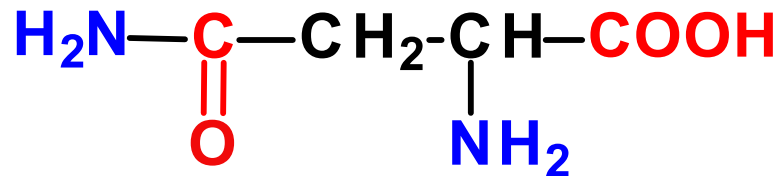
До молекул L(-)-аспарагінової ( $\alpha$ -аміноянтарної) кислоти, виділеної із ростків спаржі (від грец. "аспарагус" - спаржа) і L(+)-глутамінової ( $\alpha$ -аміноглутарової) кислоти входять два карбоксили і одна аміногрупа; на відміну від одноосновних моноамінокислот вони мають яскраво виражену кислотну реакцію. Неповними амідами цих кислот є L(-)-аспарагін (аспн- або асп-NH<sub>2</sub>); L(+)-глутамін (глу-NH<sub>2</sub>), які зустрічаються в рослинах.



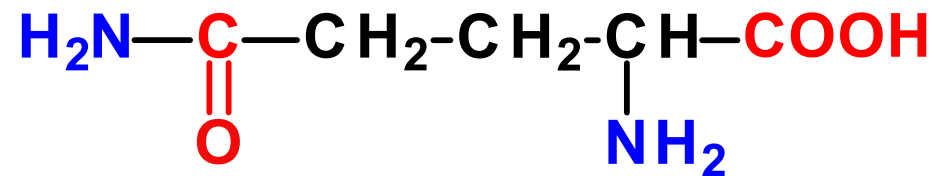
аспарагінова кислота



глутамінова кислота



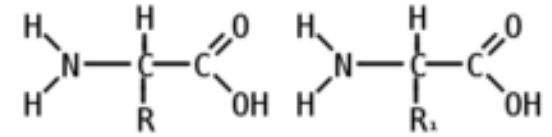
аспарагін



глутамін

# Пептиди, поліпептиди і білки

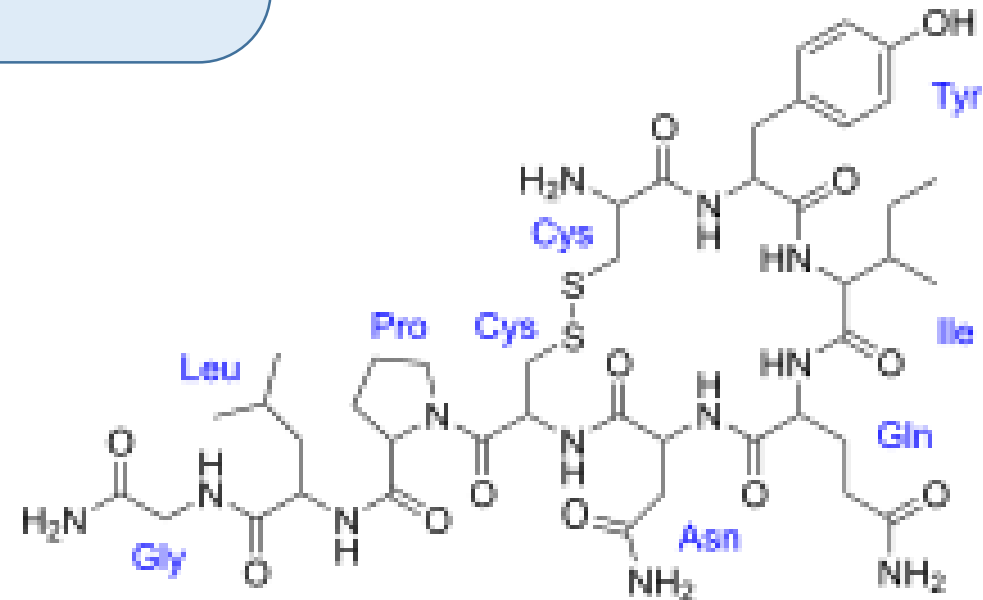
**Пептиди** (Грець. πέπτος – поживний) – родина природних чи синтетичних хімічних сполук, молекули яких складаються із двох і більше залишків  $\alpha$ -амінокислот, з'єднаних між собою у нерозгалужений ланцюг ковалентними пептидними зв'язками  $-C(O)-NH-$



**Пептиди** (або олігопептиди) - 10-20 амінокислотних одиниць.

**Поліпептиди** – 20-50 амінокислотних одиниць.

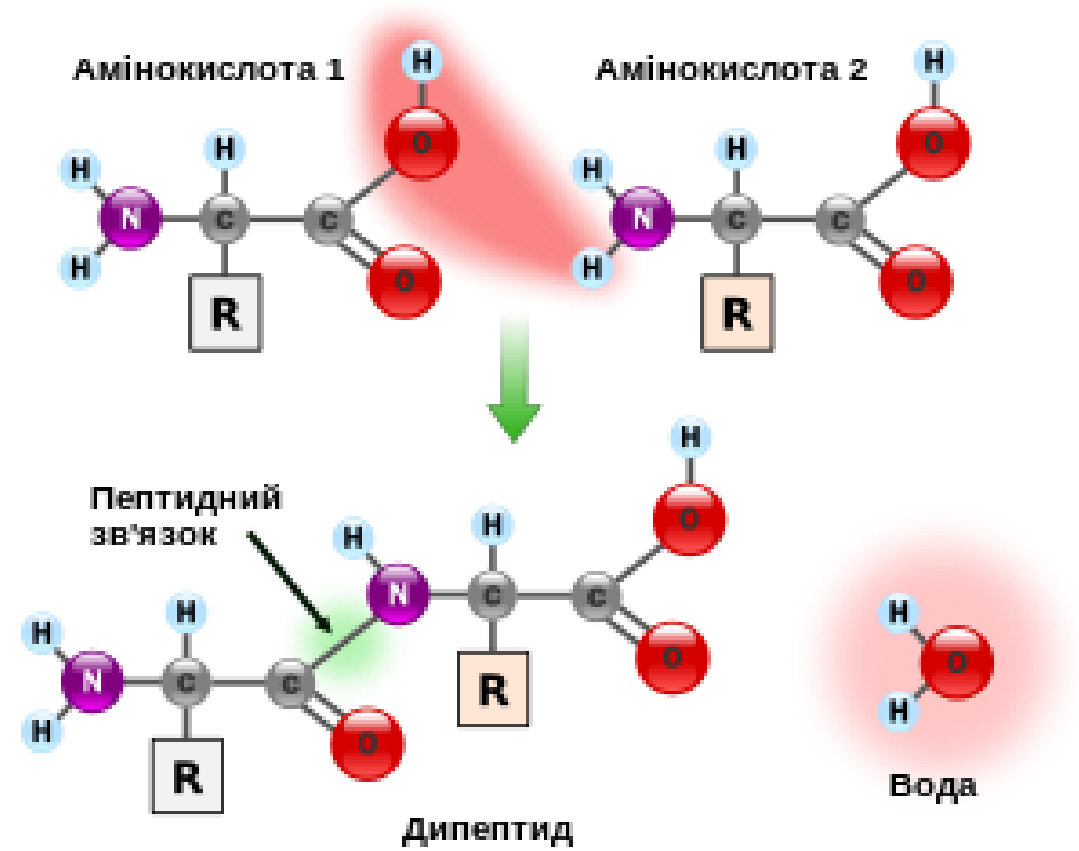
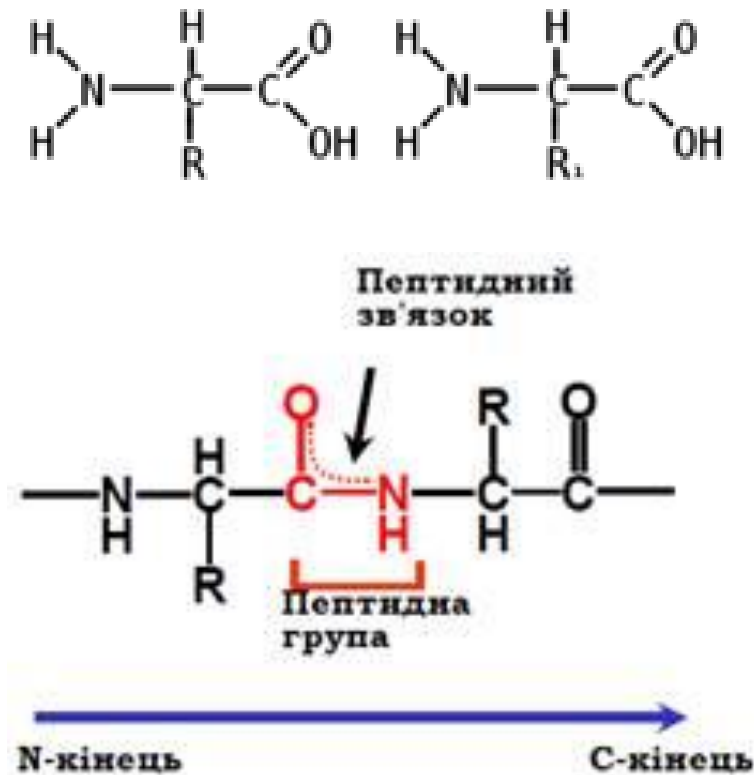
**Білки** – 50 та більше амінокислотних одиниць





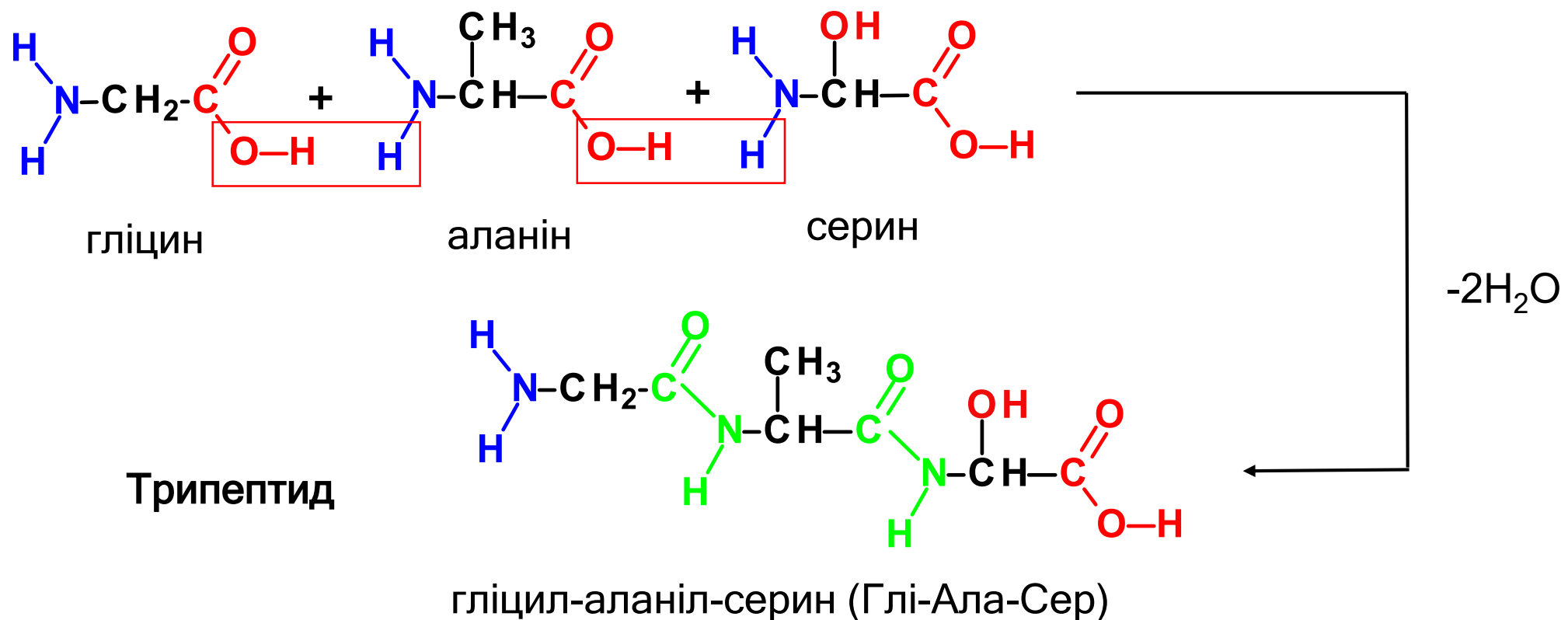
# Пептидний зв'язок

**Пептидний зв'язок** – хімічний зв'язок, що виникає між двома амінокислотами внаслідок реакції конденсації між карбоксильною групою (-COOH) однієї молекули і аміногрупою (-NH<sub>2</sub>) іншої, при цьому виділяється одна молекула води (H<sub>2</sub>O)



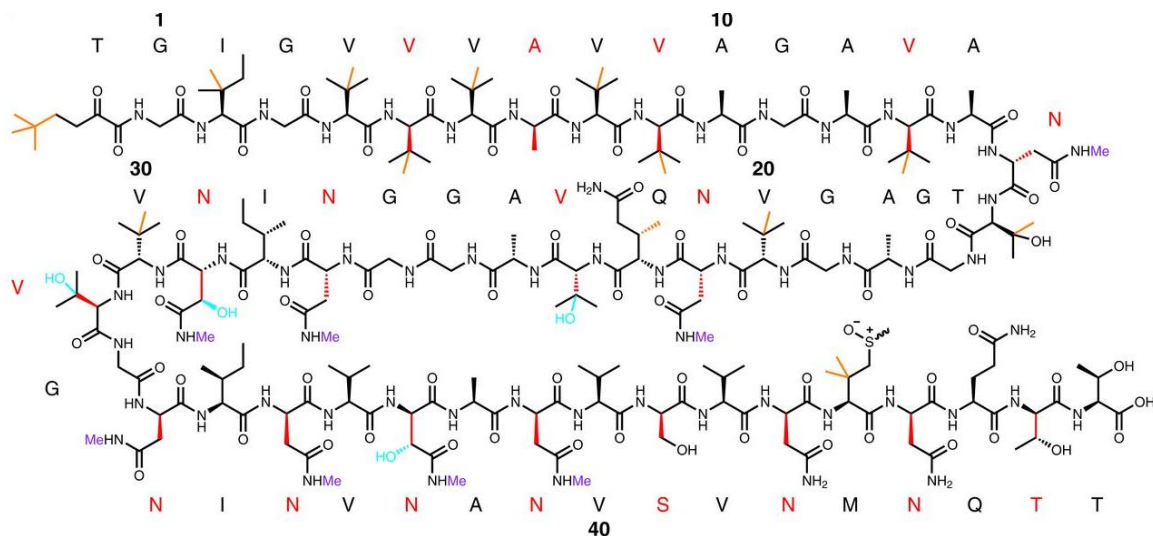
## Номенклатура пептидів

Пептидний зв'язок утворюється внаслідок взаємодії карбоксильної групи однієї амінокислоти з аміногрупою іншої амінокислоти. Пептиди, які при цьому утворюються, називаються шляхом перерахування всіх амінокислот.



# Пептидна послідовність

Пептидна або амінокислотна послідовність – порядок, в якому амінокислотні залишки, сполучені пептидними зв'язками, лежать в поліпептидному ланцюгу білка або пептиду. Відповідно до загальних правил, пептидна послідовність пишеться з **N-кінця**, тобто кінця, що містить вільну аміногрупу, до **C-кінця**, який містить вільну карбоксильну групу. Пептидна послідовність часто називається білковою послідовністю, якщо вона представляє первинну структуру білка білка.

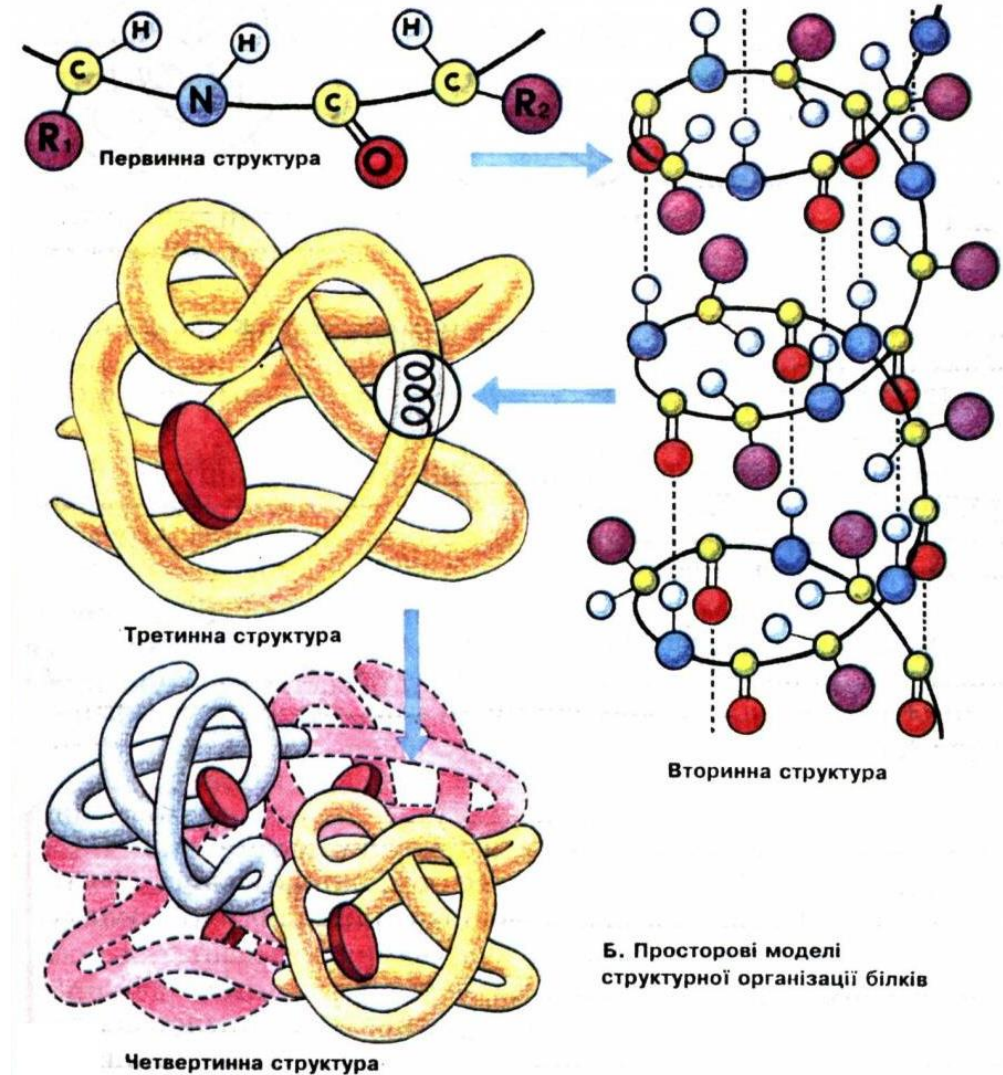
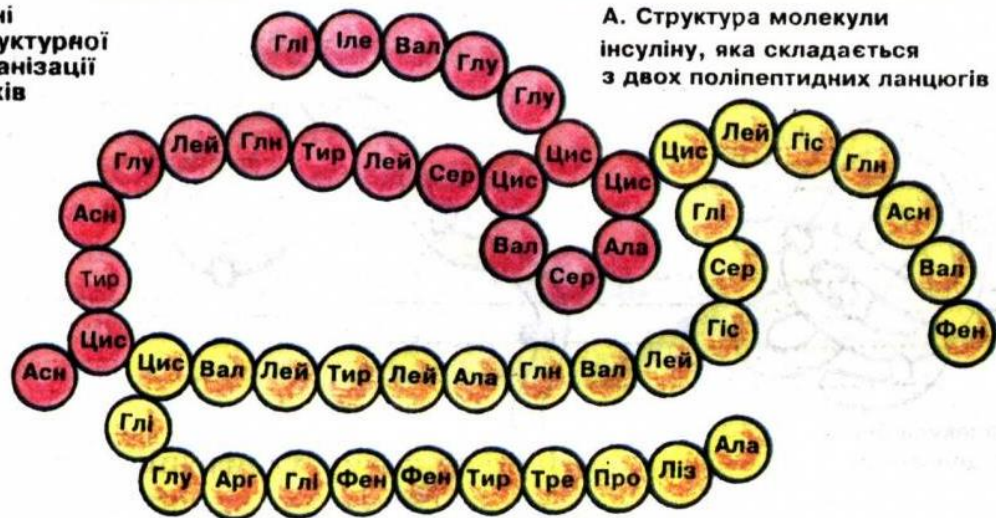


```
MTRFAVLPLSVLLLVLLFLCTESLAKSEESEYDVAVPSCCGFSSPLLIKQWKPIFET  
KFGQISTVQIGNGCGMGPKIHSITLEPNTILLPLLHSDMVFFVDSGSGILNWVDEEA  
KSTEIRLGDVYRLRPGSVFYLQSKPDPFCGAYSSITDLMFGFDETILQSAFGVPEGI IEL  
MRNRTKPPLIVSETLCTPGVANTWQLQPRLLKLFAGSADLVDNKKKKEKKEKVKKAK  
TFNVFESEPDFESPYGRTITINRKDLKVLKGSVMGVSMVNLQTQGSMMGPHWNPWACEISI  
VLKGAGMVRVLRSSISSNTSSECKNVRFKVEEGDIFAVPRLHPMAQMSFNNDSLVFGFT  
TSAKNNPQFLAGEDSALRMLDRQVLAASLVSSVTIDGLLGAQKEAVILECHSCAEGEI  
EKLKVEIERKKIDDERKRRHDERKKEEEEAKREEEERRKREEEEEKRWPPQPPQEEL  
RERQLPMEKEWEMEGEEES
```

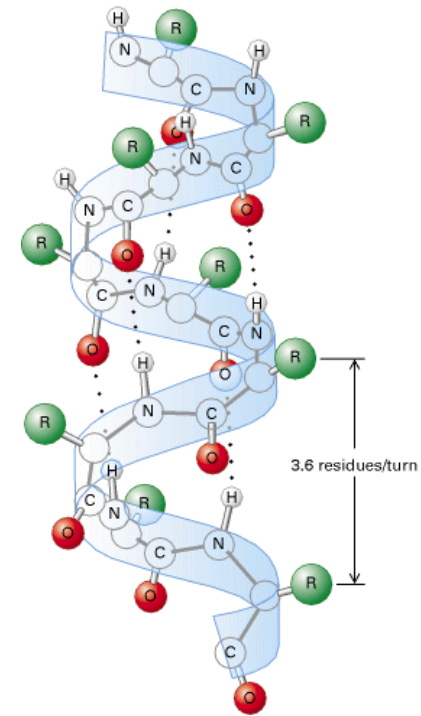
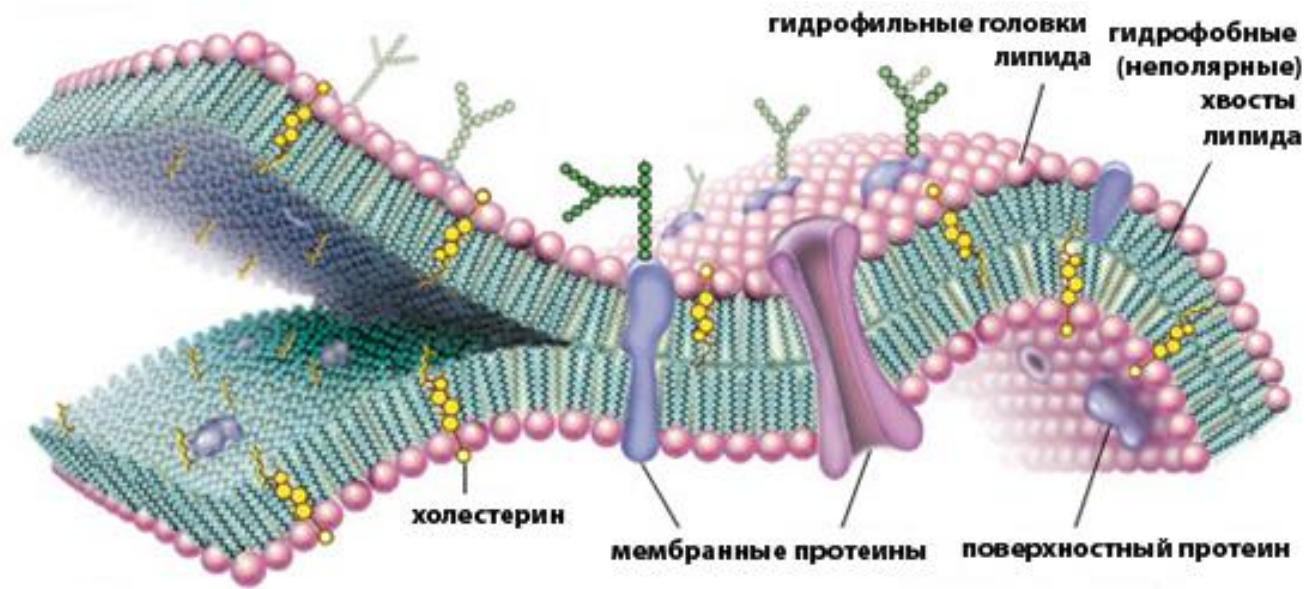
# Рівні структурної організації білкової молекули

Відомо чотири рівні структурної організації білків:  
первинний, вторинний, третинний і четвертинний.

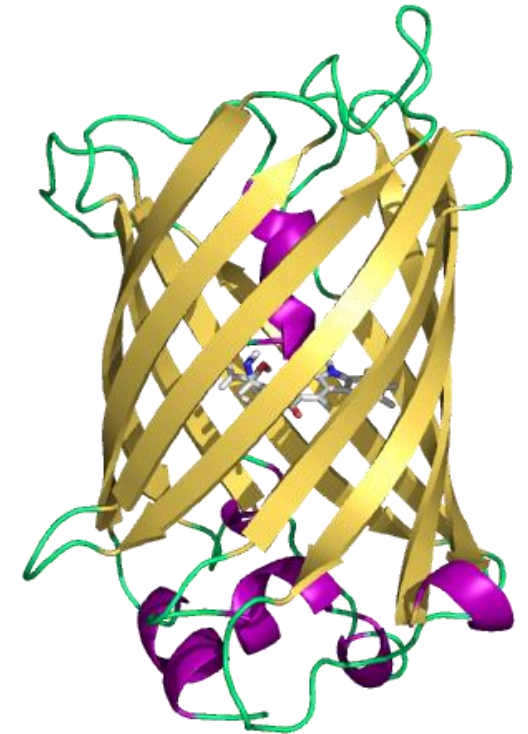
Рівні  
структурної  
організації  
білків



# Рівні структурної організації білкової молекули



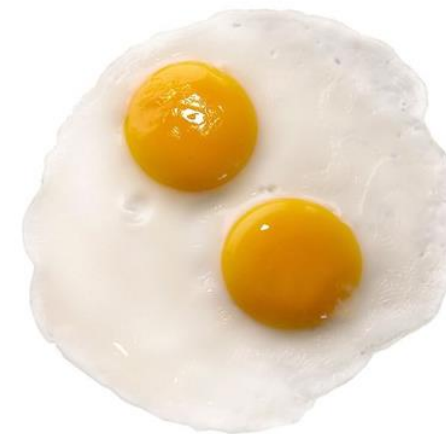
**альфа-спіраль**  
**( $\alpha$ -helix)**



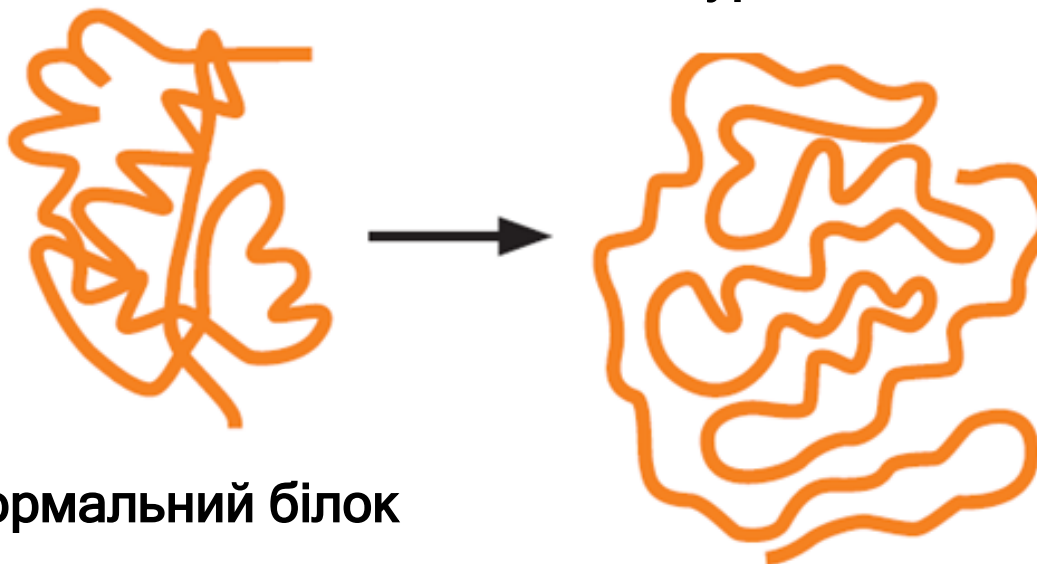
**бета-баррель**  
**( $\beta$ -barrel)**

# Денатурація білка

Процес порушення природної структури білків, який супроводжується розгортанням поліпептидного ланцюга без зміни його первинної структури, називають **денатурацією** (від лат. *de* – префікс, який означає втрату, і *натура* – природні властивості). Як правило, денатурація має необоротний характер.



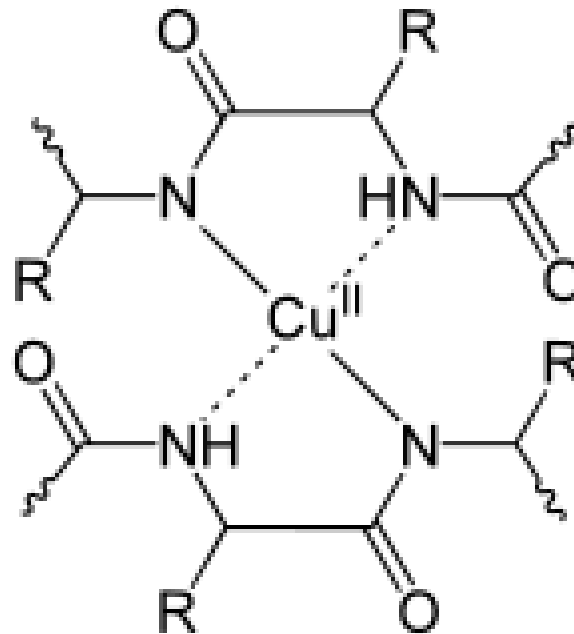
денатурований білок



нормальний білок

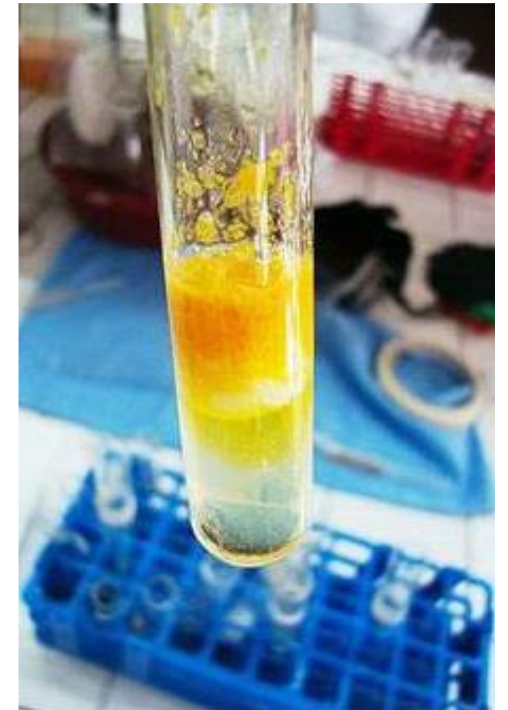
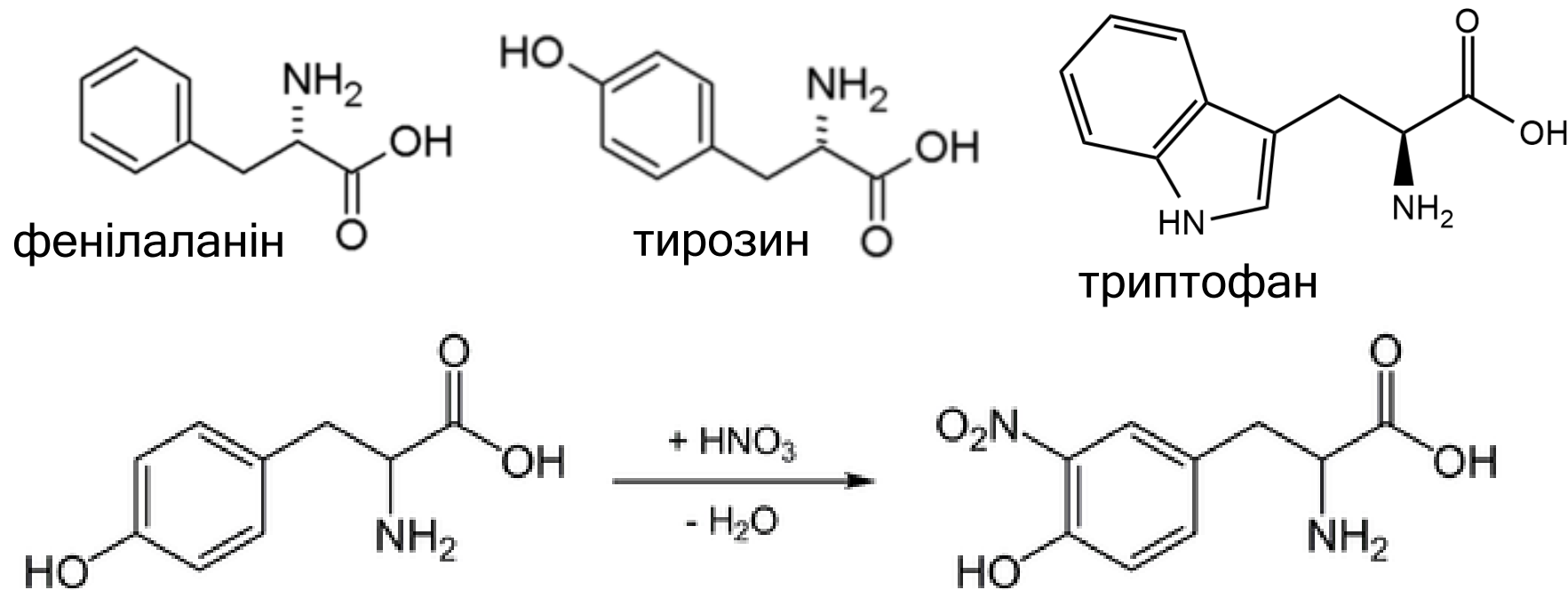
# Біуретова реакція

**Біуретова реакція** (реакція Піотровського) – **якісна реакція** на виявлення пептидів та білків і продуктів їхнього гідролізу (амінокислот). Реакція полягає в утворенні забарвленого комплексу при додаванні до досліджуваного розчину їдкого лугу і, по краплях, незначної кількості **сульфату міді (II)**. При наявності у розчині пептидів (щонайменше трипептидів) та білків  $\text{Cu}^{2+}$  утворює хелатний комплекс **фіолетового кольору**: координація та зв'язування відбуваються за аміногрупами пептидних зв'язків.



# Ксантопротеїнова реакція

**Ксантопротеїнова реакція** (від грец. *ξανθος* – жовтий і *πρωτεύω* – «на першому місці») – якісна реакція, яка застосовується для визначення наявності ароматичних амінокислот: фенілаланіну, тирозину і триптофану. Визначення полягає в обробці амінокислот концентрованою нітратною кислотою із подальшим нагріванням, в результаті чого утворюються ароматичні нітропохідні, що мають жовте забарвлення, наприклад, похідна тирозину.





**Наступна Лекція № 13. Вуглеводи. Моносахариди: рибоза, глюкоза, фруктоза. Дисахариди. Полісахариди.**