



Структура протеїнів

Володимир ШВАДЧАК

ПНУ

12-09-2022

Зміст лекції

- 1. Типи хімічних зв'язків і взаємодій*
- 2. Індивідуальні молекули та біополімери*
- 3. Первинна, вторинна, третинна структура білків*

Цілі лекції

Потрібно знати:

- 1. Що таке водневі, ковалентні та іонні зв'язки*
- 2. Структуру й властивості амінокислот*

Потрібно вміти:

- 1. Оцінити розмір білка по послідовності*
- 2. Оцінити типову конформацію та водорозчинність пептиду*

Типи взаємодій і зв'язків

Ковалентні

Водневі

Іонні

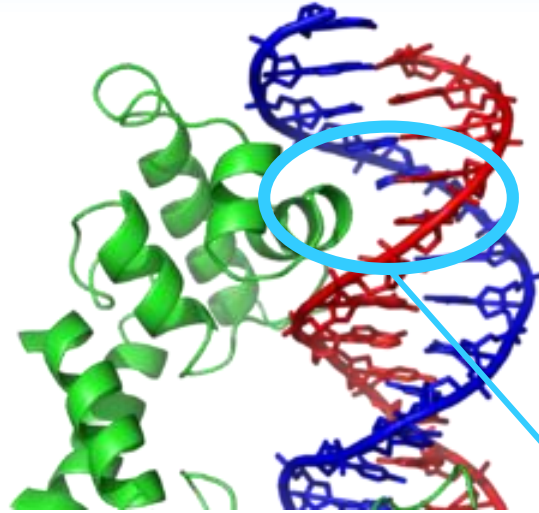
Гідрофобні

Координаційні

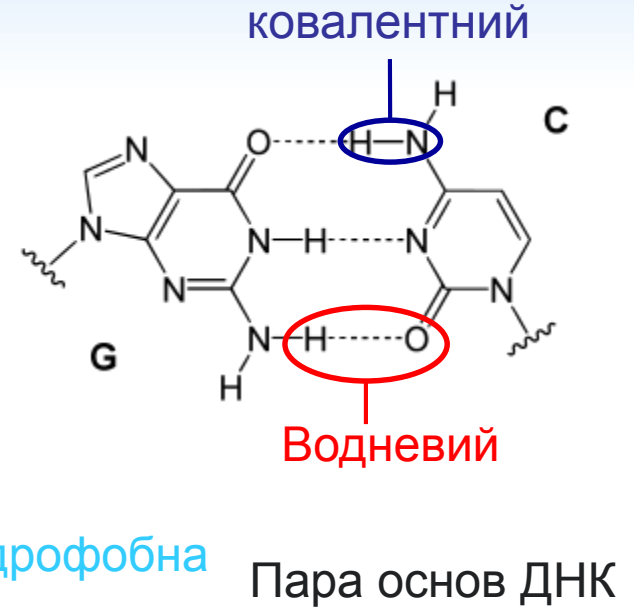
Металічні

Кристалічні

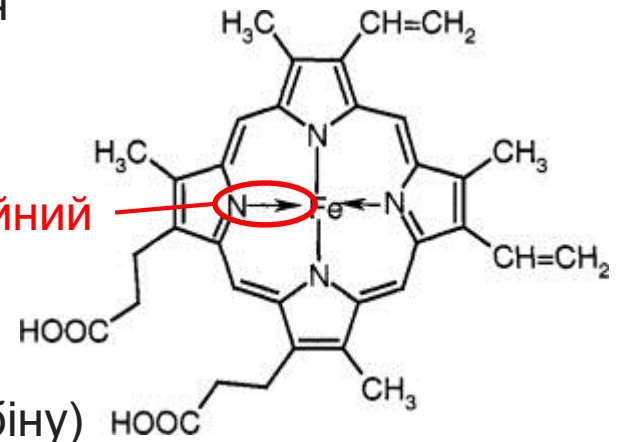
Багатоцентрові



ДНК-Протеїн взаємодія



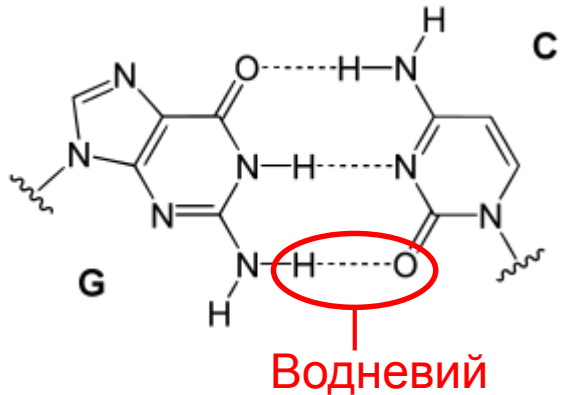
координаційний



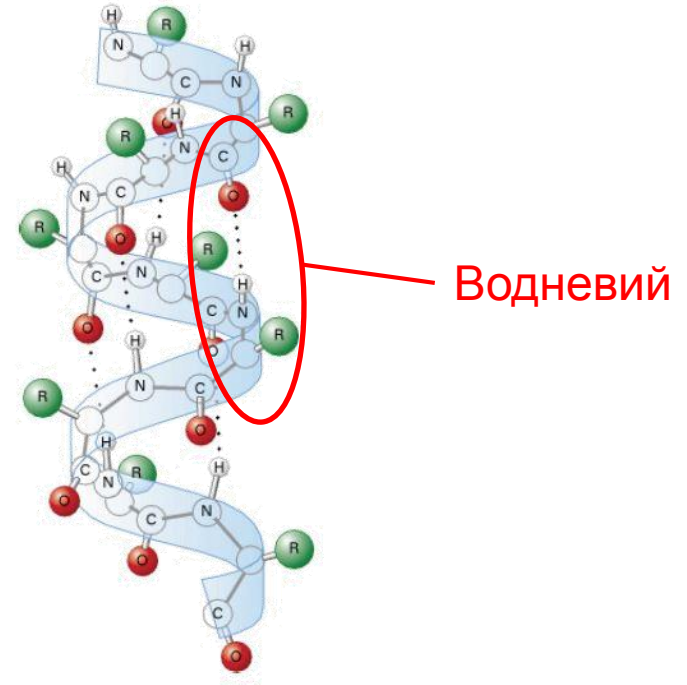
Гем (з Гемоглобіну)

Водневі зв'язки

- Визначають вторинну структуру білків
- Утримують разом дві спіралі ДНК
- Специфічні взаємодії. Найчастіше виникають між групами NH, OH з одного боку і групами C=O чи атомами нітрогену в ароматичному циклі – з іншого



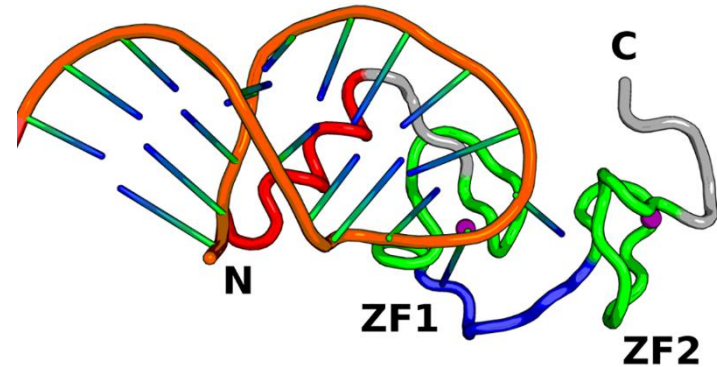
Не надто стабільні, руйнуються при додаванні високої концентрації гуанідину



Іонні зв'язки (електростатичні взаємодії)

- Неспецифічні взаємодії між позитивно та негативно зарядженими молекулами
- Часто виникають між ДНК та позитивно зарядженим протеїнами
- В чистому вигляді майже не зустрічаються. Практично завжди взаємодія визначається наявністю й іонних і гідрофобних взаємодій

Не надто стабільні, руйнуються при додаванні високої концентрації солі в розчин (катиони солі конкурують за катіонами білка при зв'язуванні)



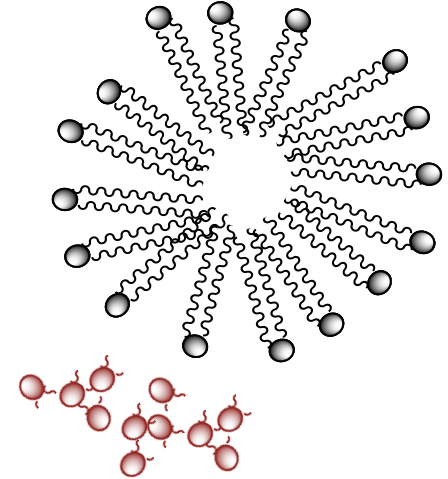
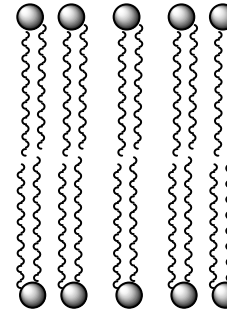
Приклад: зв'язування катіонного пептиду з РНК

Основна зв'язуюча сила – електростатичні взаємодії, але наявні й специфічні взаємодії стакингу Trp-Аденін₆

Типові амінокислоти
Asp, Glu, Lys, Arg

Гідрофобні взаємодії

- Неспецифічні взаємодії між аполярними молекулами чи групами
- Є ключовими для мембран і мембранних протеїнів
- Потрібні для структури більшості комплексів білків

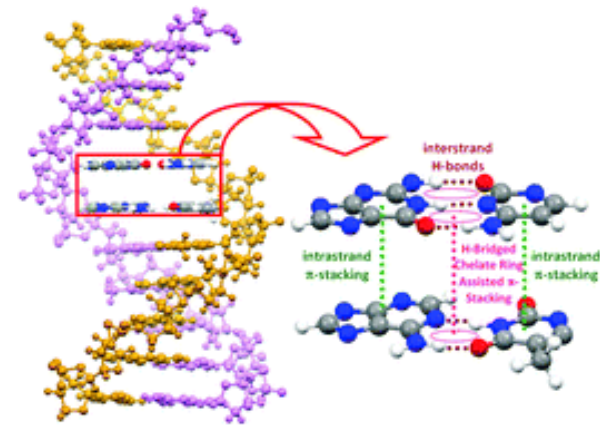
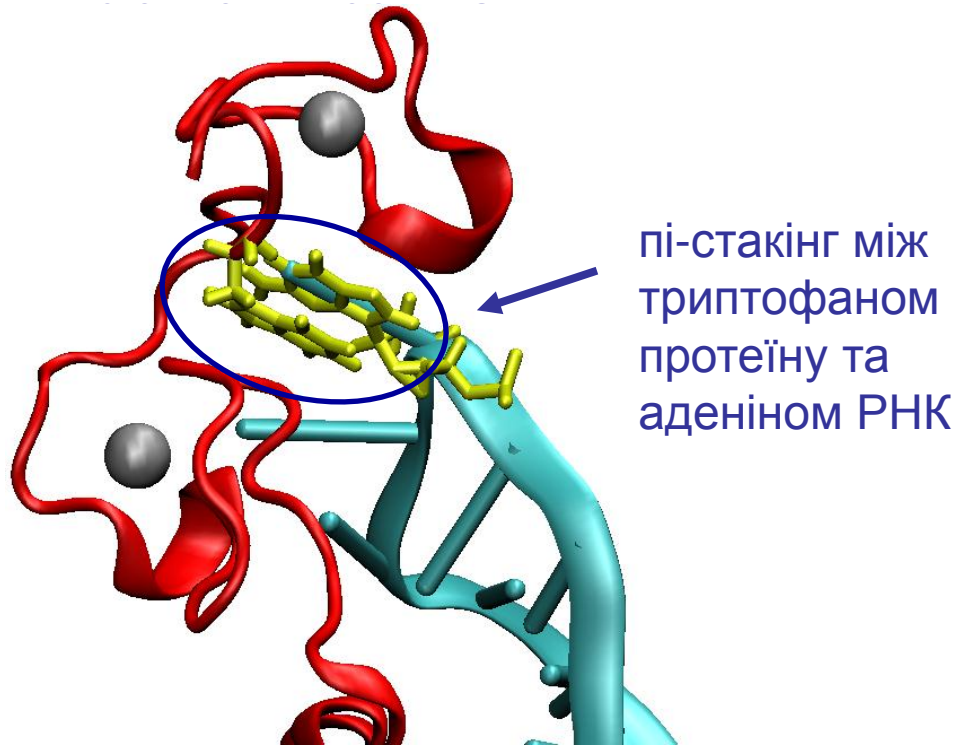


Типові амінокислоти
Leu, Met, Val, Ile, ...

π-стакінг

- Взаємодія між двома ароматичними молекулами при якій їх кільця лежать в одній площині, а π -орбіталі перекриваються
- Відповідає за специфічну взаємодію протеїнів

Типові амінокислоти
Trp, **Tyr**, **Phe**, **His**



π -стакінг в ДНК

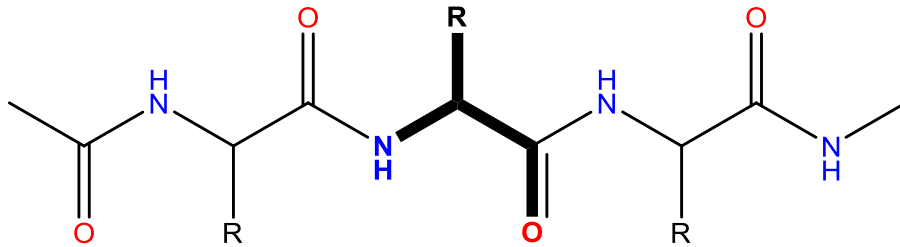
- **Ковалентні** зв'язки є основою біологічних систем. Направлені (чітко визначено між якими атомами). Нединамічні (розривання таких зв'язків необоротне)
- **Водневі** зв'язки відповідають за міцні, але потенційно рухомі структури (яскравий приклад – зв'язок між двома нитками в спіралі ДНК). Направлені. Динамічні (розривання оборотне)
- **Гідрофобні** взаємодії – найбільш динамічні, тобто легко руйнуються і утворюються. Ненаправлені (гідрофобні взаємодії між ліпідами в мембрані відбуваються одночасно з усіма сусідніми ліпідами, а не з якимось конкретним)
- **Іонні** – сильні неспецифічні взаємодії між зарядженими частинами молекули. Ненаправлені. Дуже динамічні.

Структура білків

- Первинна структура (амінокислотна послідовність)
- Вторинна структура (просторова організація амінокислот в сегменті що підтримується водневими зв'язками між CO і NH групами основного ланцюга)
- Третинна структура (всі типи зв'язків в межах одного поліпептиду)
- Четвертинна структура (комплекс де є кілька поліпептидних ланцюгів)

Структура білків

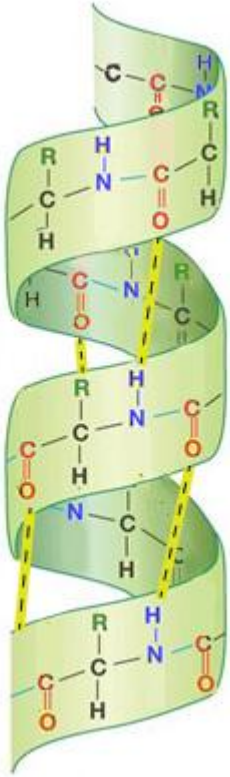
- Первинна структура (амінокислотна послідовність)



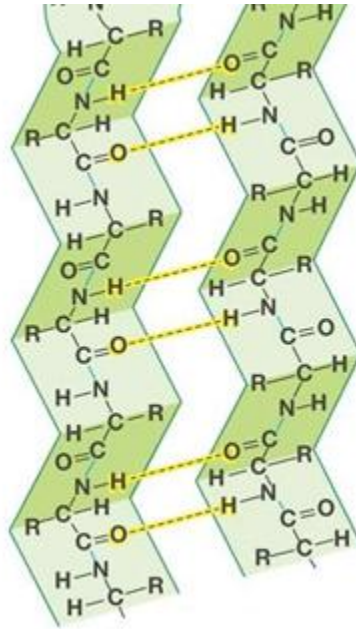
Gly-Ala-Ile-Pro

GAIP

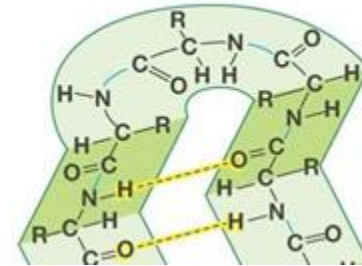
Вторинна структура білків



α -спіраль



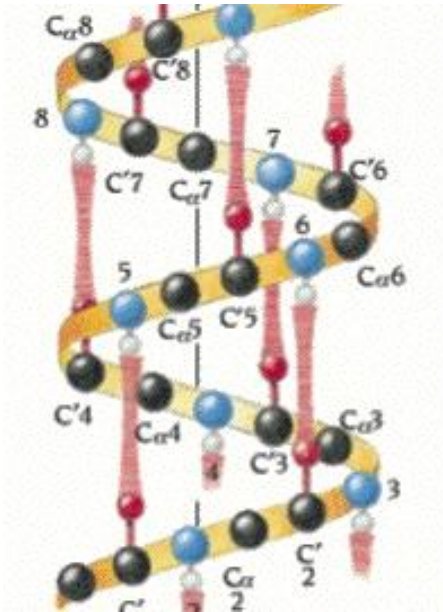
β -складчатий шар



повороти

α -Спіраль

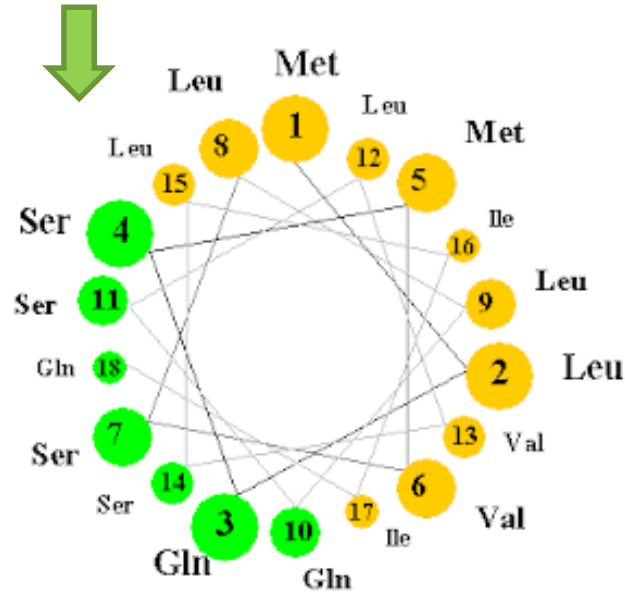
C



N

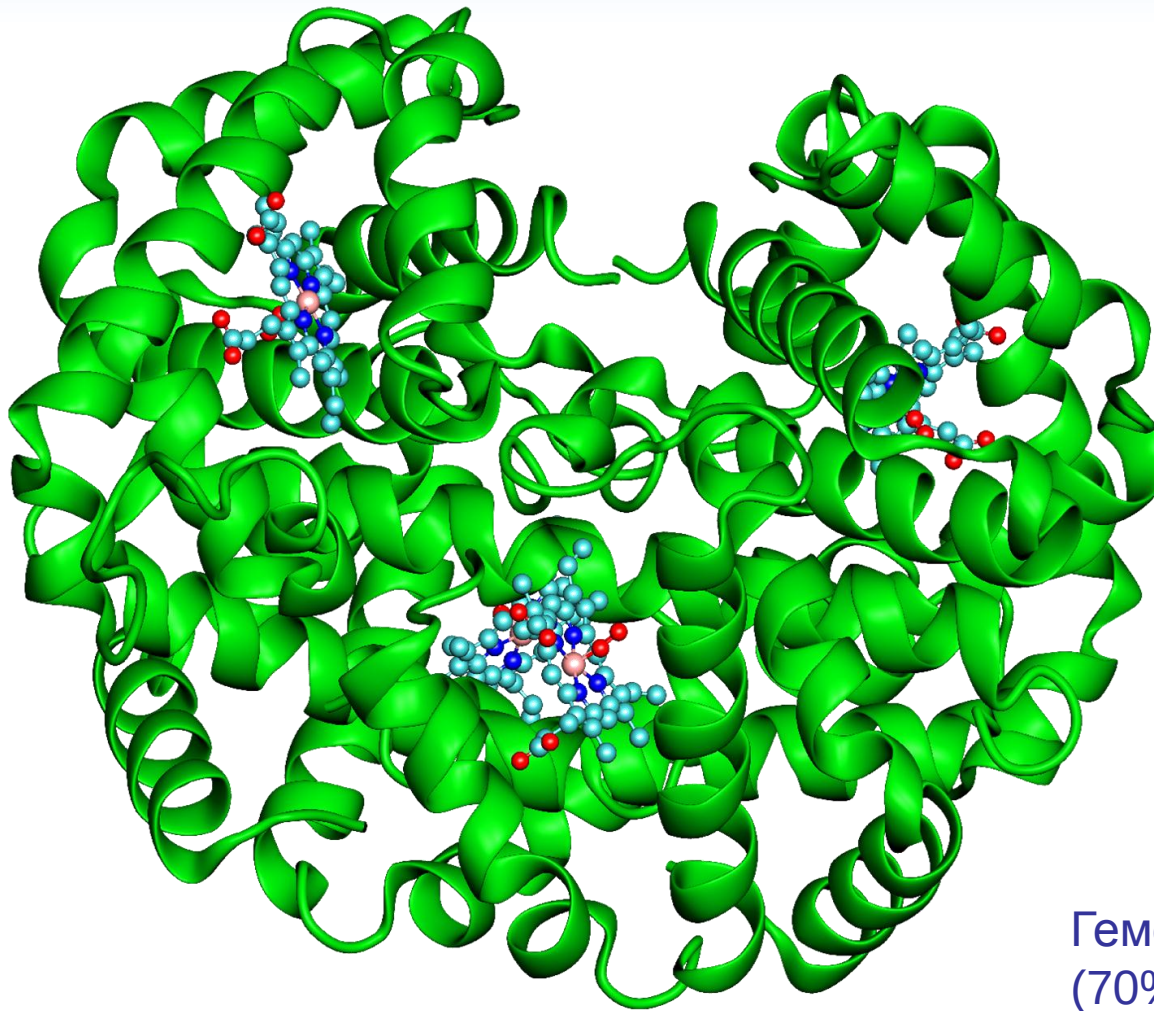
5 обертів на 18 амінокислот
2,67 амінокислоти на оберт

1 18
ML Q S M V S L L Q S L V S L I I Q



Часто зображають вигляд з торця

α -Спіраль



Гемоглобін
(70% α -спіраль)

α -Спіраль

Динеїн



Сплітання двох спіралей в суперспіраль (coiled-coil) дозволяє утворювати доволі жорсткі фрагменти, наприклад “ніжки” моторних протеїнів.

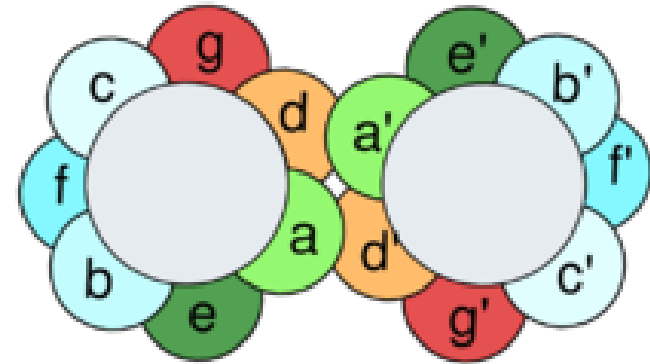
α -Спіраль: Leucine zipper

Лейцинова застібка (Leucine zipper) –
типова послідовність яка індукує
сплетіння двох α -спіралей (**суперспіраль**)

Гептаамінокислотні повтори типу

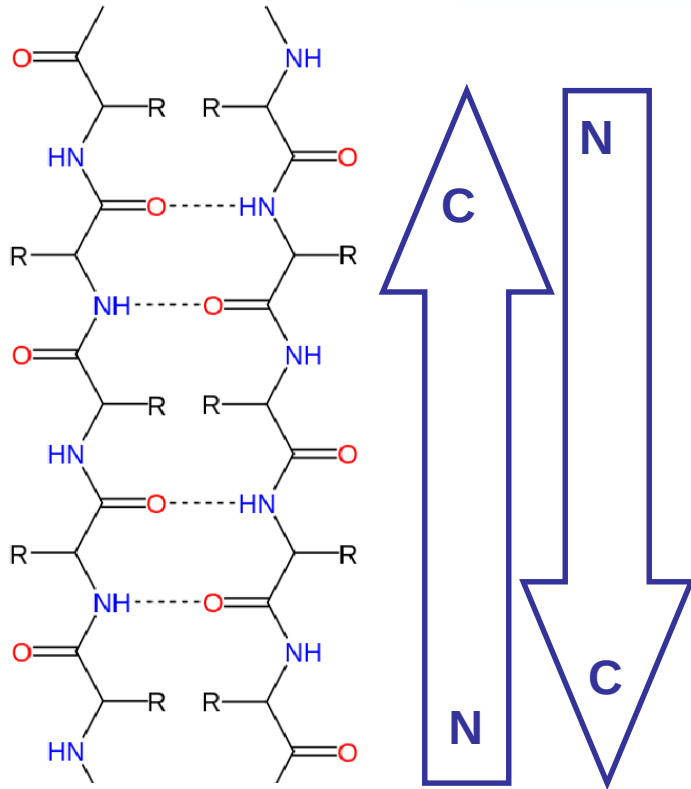
Г	П	П	Г	З	П	З
a	b	c	d	e	f	g

Г – гідрофобна
П – полярна
З - заряджена



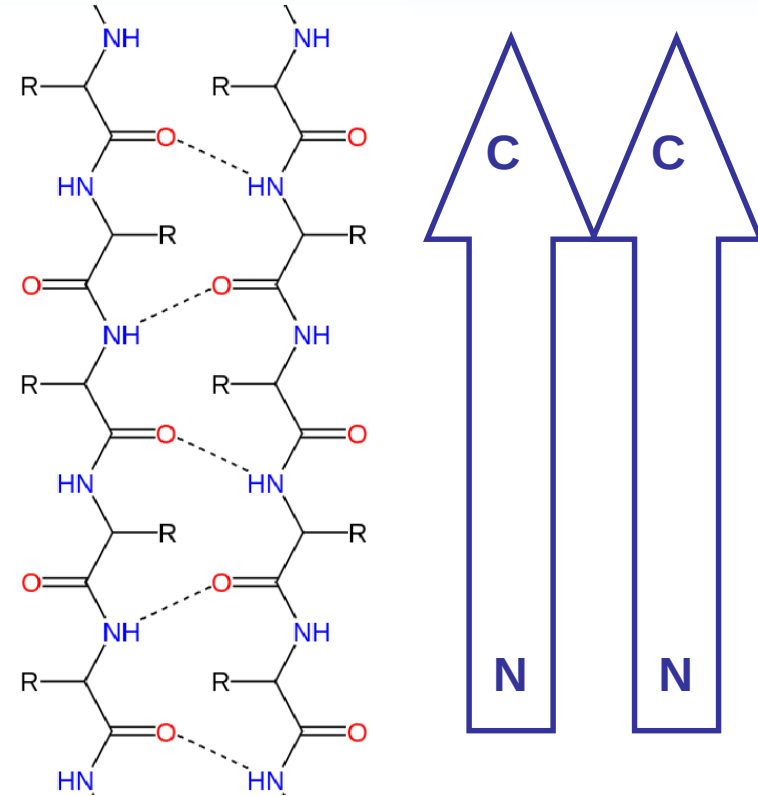
Контакт відбувається між гідрофобними амінокислотами в позиціях **a** та **d**. Зовнішня частина суупеоспіралі (**b, c, f**) – гідрофільна.

β -складчатий шар



Антипаралельний

Стабільніший

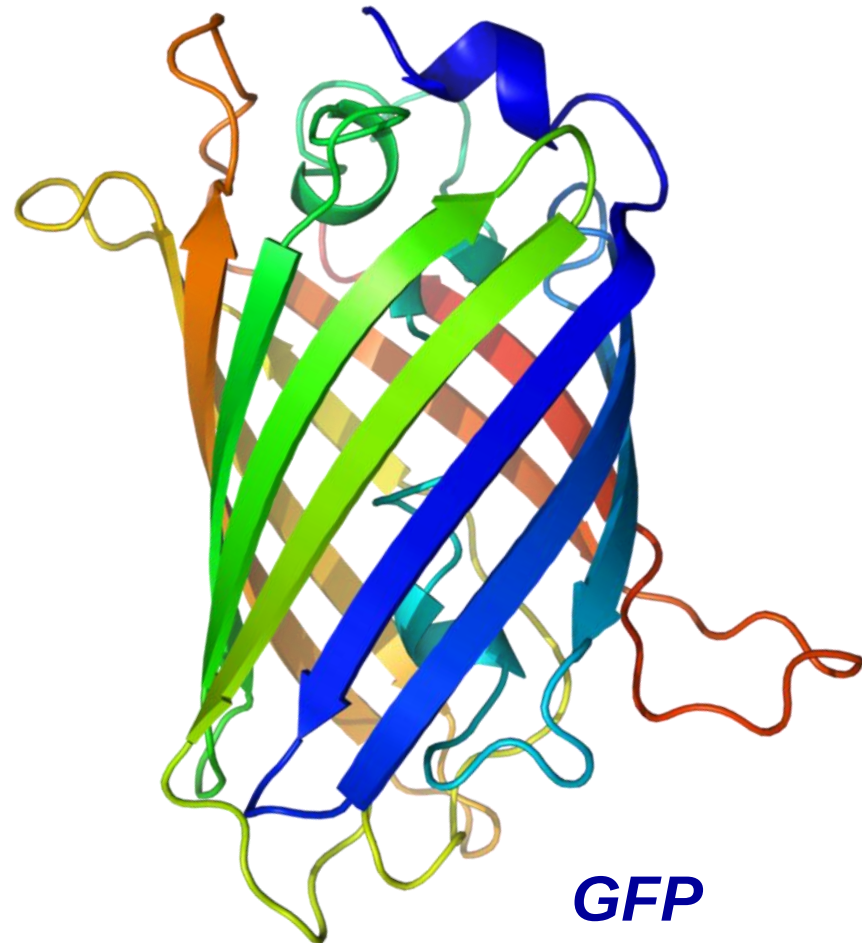


Паралельний

Менш стабільніший,
зустрічається дуже рідко

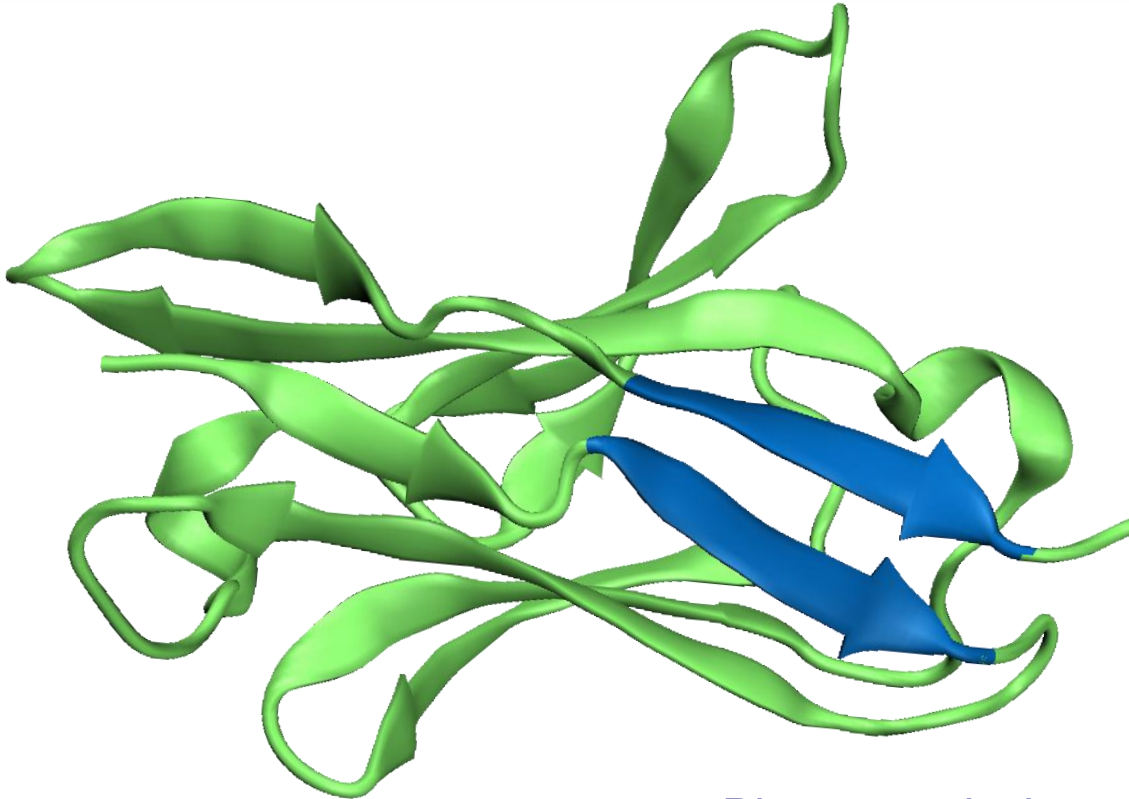
β -складчатий шар

Протеїн GFP практично повністю в конформації *антипаралельного* β -складчатого шару



β -діжка

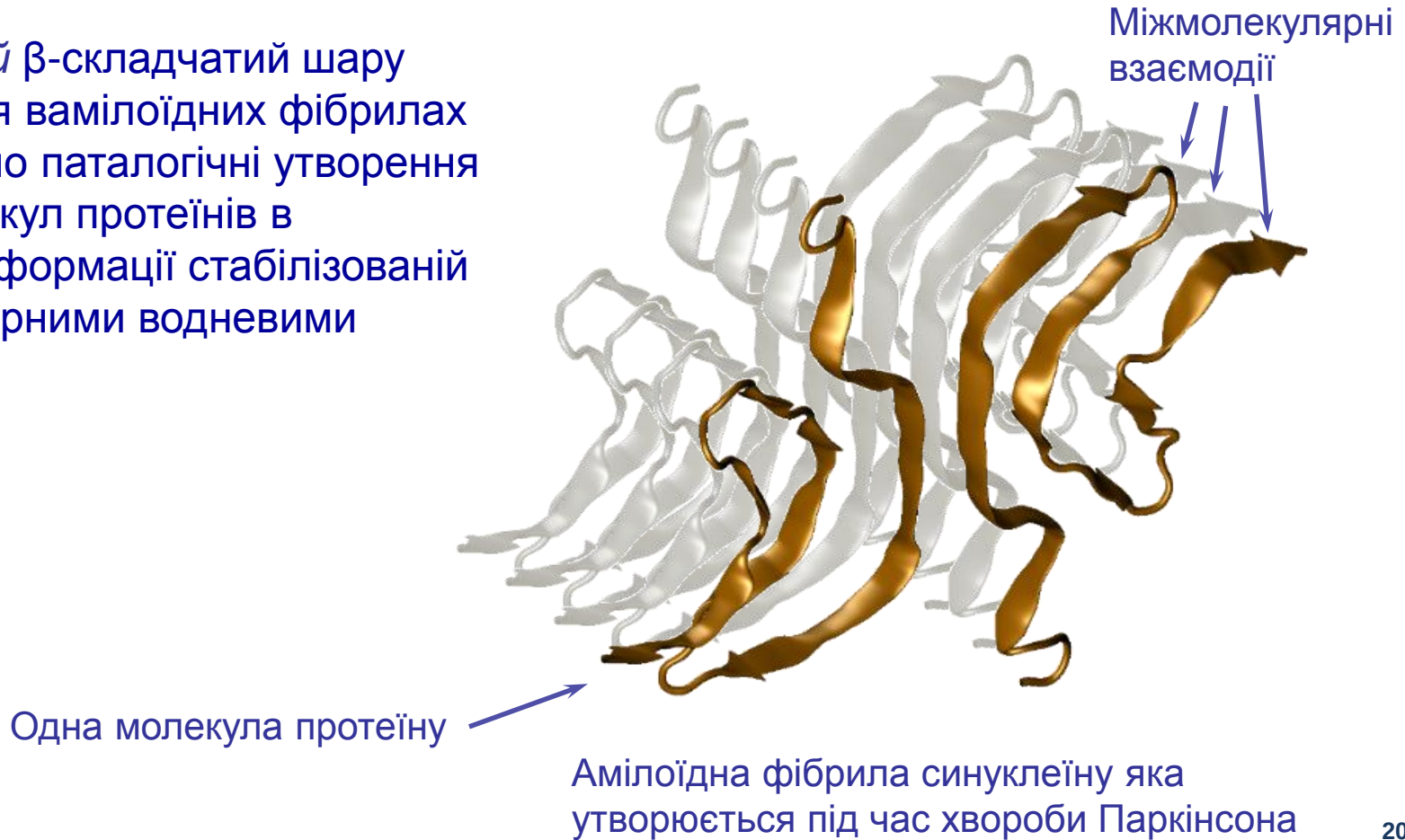
β -складчатий шар



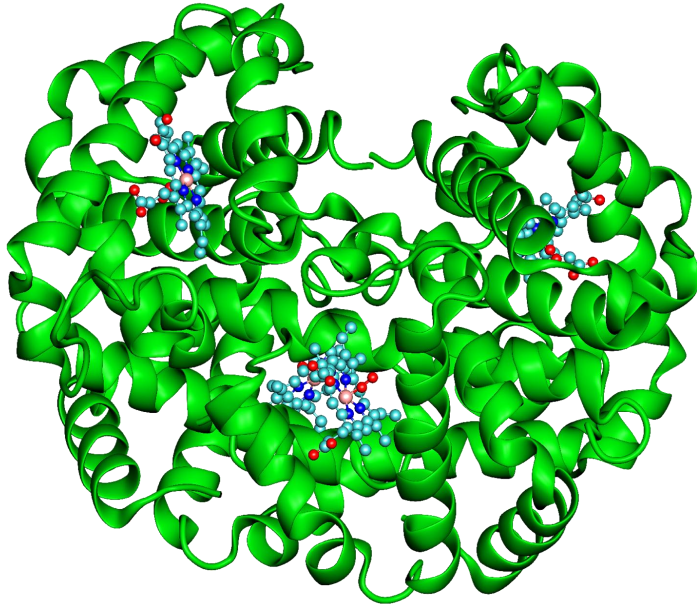
*Відносно рідкісний випадок
паралельного β -складчатого шару*

β -складчатий шар

Паралельний β -складчатий шару зустрічається в амілоїдних фібрилах. Це переважно патологічні утворення з тисяч молекул протеїнів в однаковій конформації, стабілізованій міжмолекулярними водневими зв'язками.



Третинна структура



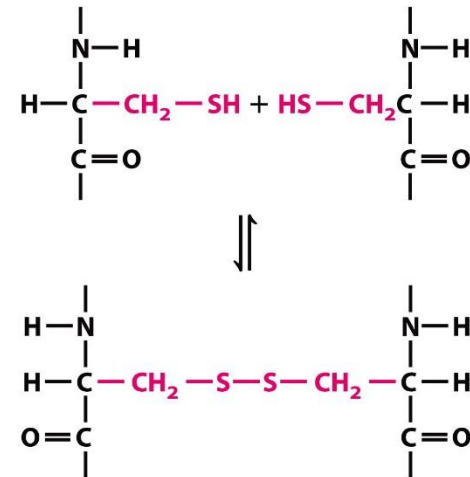
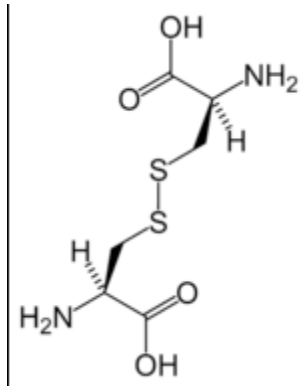
Дисульфідні зв'язки

Гідробні взаємодії

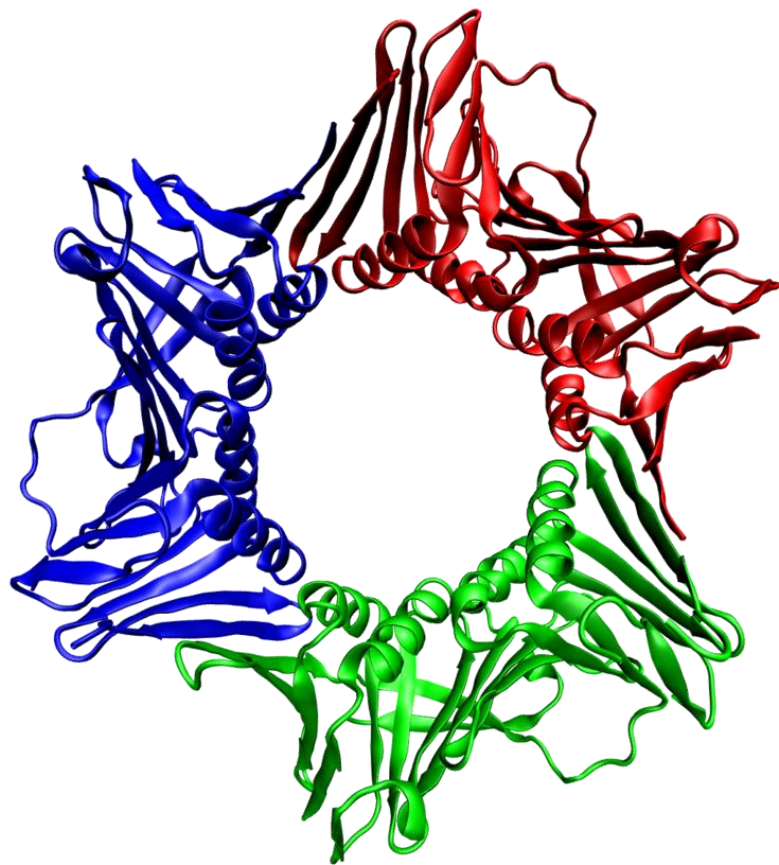
Іонні взаємодії

Водневі зв'язки

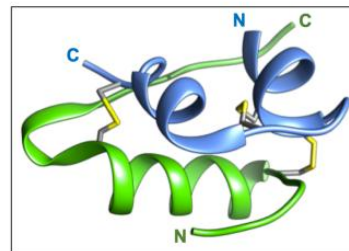
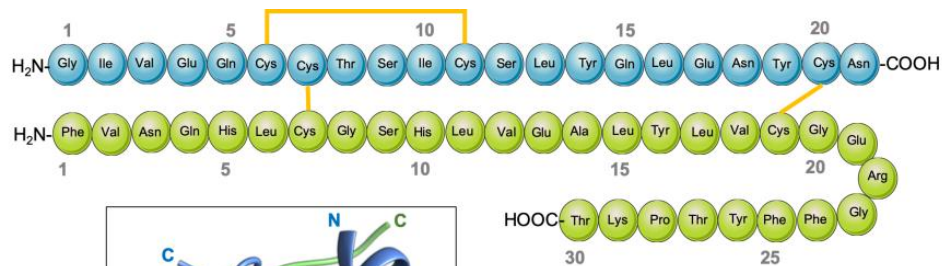
Дисульфідні зв'язки



Четвертинна структура



Взаємодія між різними
поліпептидними ланцюгами

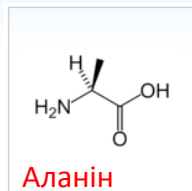


інсулін

Структура білків

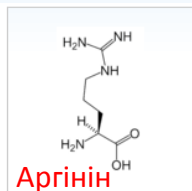
- Первинна структура (амінокислотна послідовність)
- Вторинна структура (просторова організація амінокислот в сегменті що підтримується водневими зв'язками між CO і NH групами основного ланцюга)
- Третинна структура (всі типи зв'язків в межах одного поліпептиду)
- Четвертинна структура (комплекс де є кілька поліпептидних ланцюгів)

Амінокислоти



Аланін

L-Alanine
(Ala / A)



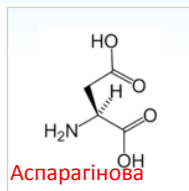
Аргінін

L-Arginine
(Arg / R)



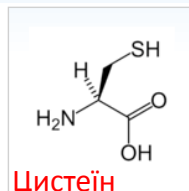
Аспарагін

L-Asparagine
(Asn / N)



Аспарагінова
кислота

L-Aspartic acid
(Asp / D)



Цистеїн

L-Cysteine
(Cys / C)



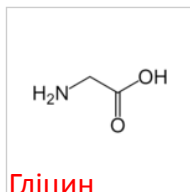
Глутамінова

кислота
L-Glutamic acid
(Glu / E)



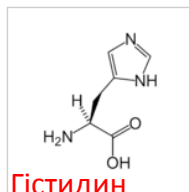
Глутамін

L-Glutamine
(Gln / Q)



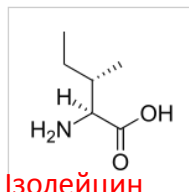
Гліцин

Glycine
(Gly / G)



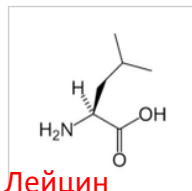
Гістидин

L-Histidine
(His / H)



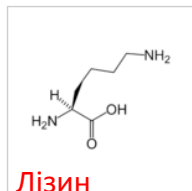
Ізолейцин

L-Isoleucine
(Ile / I)



Лейцин

L-Leucine
(Leu / L)



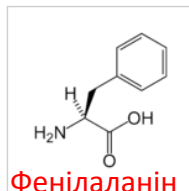
Лізін

L-Lysine
(Lys / K)



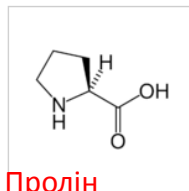
Метіонін

L-Methionine
(Met / M)



Фенілаланін

L-Phenylalanine
(Phe / F)



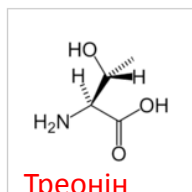
Пролін

L-Proline
(Pro / P)



Серин

L-Serine
(Ser / S)



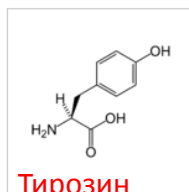
Треонін

L-Threonine
(Thr / T)



Триптофан

L-Tryptophan
(Trp / W)



Тирозин

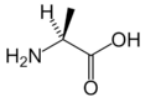
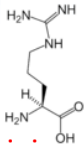
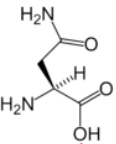
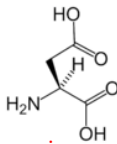
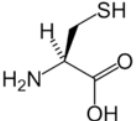
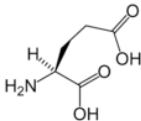
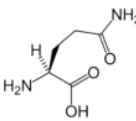
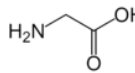
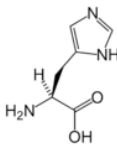
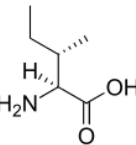
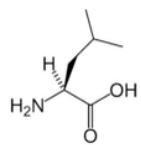
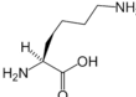
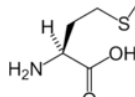
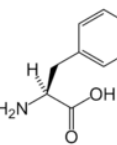
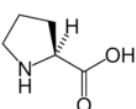
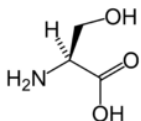
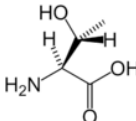
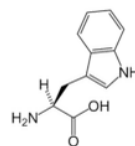
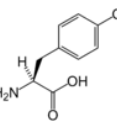
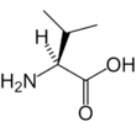
L-Tyrosine
(Tyr / Y)



Валін

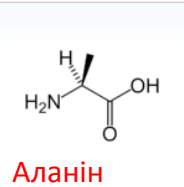
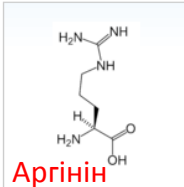
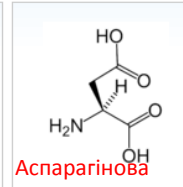
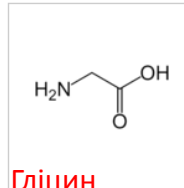
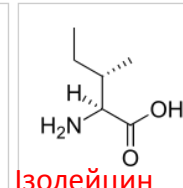
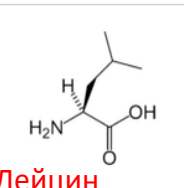
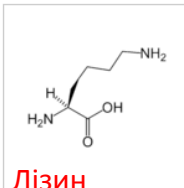
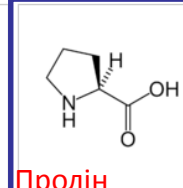
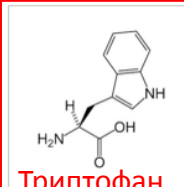
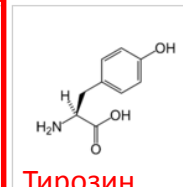
L-Valine
(Val / V)

Амінокислоти

 Аланін L-Alanine (Ala / A)	 Аргінін L-Arginine (Arg / R)	 Аспарагін L-Asparagine (Asn / N)	 Аспарагінова кислота L-Aspartic acid (Asp / D)	 Цистеїн L-Cysteine (Cys / C)
 Глутамінова кислота L-Glutamic acid (Glu / E)	 Глутамін L-Glutamine (Gln / Q)	 Гліцин Glycine (Gly / G)	 Гістидин L-Histidine (His / H)	 Ізолейцин L-Isoleucine (Ile / I)
 Лейцин L-Leucine (Leu / L)	 Лізін L-Lysine (Lys / K)	 Метіонін L-Methionine (Met / M)	 Фенілаланін L-Phenylalanine (Phe / F)	 Пролін L-Proline (Pro / P)
 Серин L-Serine (Ser / S)	 Треонін L-Threonine (Thr / T)	 Триптофан L-Tryptophan (Trp / W)	 Тирозин L-Tyrosine (Tyr / Y)	 Валін L-Valine (Val / V)

Аніонні
Катіонні

Амінокислоти

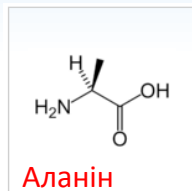
 Аланін L-Alanine (Ala / A)	 Аргінін L-Arginine (Arg / R)	 Аспарагін L-Asparagine (Asn / N)	 Аспарагінова кислота L-Aspartic acid (Asp / D)	 Цистеїн L-Cysteine (Cys / C)
 Глутамінова кислота L-Glutamic acid (Glu / E)	 Глутамін L-Glutamine (Gln / Q)	 Гліцин Glycine (Gly / G)	 Гістидин L-Histidine (His / H)	 Ізолейцин L-Isoleucine (Ile / I)
 Лейцин L-Leucine (Leu / L)	 Лізін L-Lysine (Lys / K)	 Метіонін L-Methionine (Met / M)	 Фенілаланін L-Phenylalanine (Phe / F)	 Пролін L-Proline (Pro / P)
 Серин L-Serine (Ser / S)	 Треонін L-Threonine (Thr / T)	 Триптофан L-Tryptophan (Trp / W)	 Тирозин L-Tyrosine (Tyr / Y)	 Валін L-Valine (Val / V)

Cys – утворює дисульфідні зв'язки (задає форму білків)

Pro – не може давати водневі зв'язки коли в пептидному ланцюгу, ламає послідовності спіралей та бета-складчатих шарів

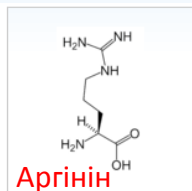
Trp – флуорисентний
Часто вступає в пі-стакінг з нуклеотидами

Амінокислоти



Аланін

L-Alanine
(Ala / A)



Аргінін

L-Arginine
(Arg / R)



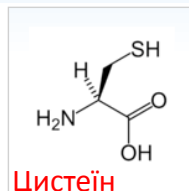
Аспарагін

L-Asparagine
(Asn / N)



Аспарагінова
кислота

L-Aspartic acid
(Asp / D)



Цистеїн

L-Cysteine
(Cys / C)



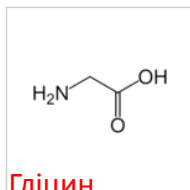
Глутамінова
кислота

L-Glutamic acid
(Glu / E)



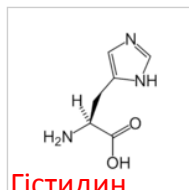
Глутамін

L-Glutamine
(Gln / Q)



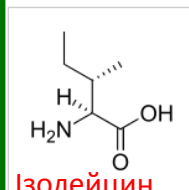
Гліцин

Glycine
(Gly / G)



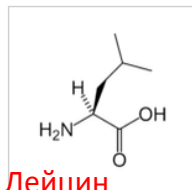
Гістидин

L-Histidine
(His / H)



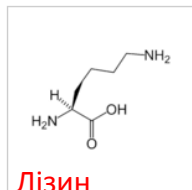
Ізолейцин

L-Isoleucine
(Ile / I)



Лейцин

L-Leucine
(Leu / L)



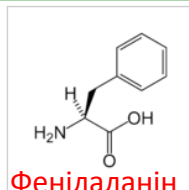
Лізин

L-Lysine
(Lys / K)



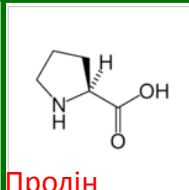
Метіонін

L-Methionine
(Met / M)



Фенілаланін

L-Phenylalanine
(Phe / F)



Пролін

L-Proline
(Pro / P)



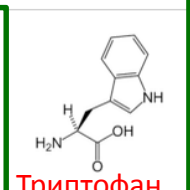
Серин

L-Serine
(Ser / S)



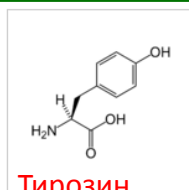
Треонін

L-Threonine
(Thr / T)



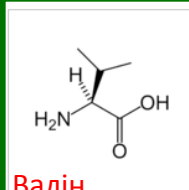
Триптофан

L-Tryptophan
(Trp / W)



Тирозин

L-Tyrosine
(Tyr / Y)



Валін

L-Valine
(Val / V)

Схильні входити в
β-складчатий шар

Найважливіше за сьогодні:

1. *Типи зв'язків*
2. *Властивості амінокислот*