

CDL CHIMICA

Corso di Biochimica (6 CFU) 48 ore

Prof.ssa **Alessandra Olianas**

Lezioni : Martedì- Venerdì 9-11

Aula 2 Blocco H - D1





Prof.ssa Alessandra Olianas

Dip. Scienze della Vita e dell'Ambiente
Sezione Biomedica (laboratorio di Biochimica)
Tel. 0706754507 (studio)

Ricevimento studenti: **si riceve per appuntamento**

olianas@unica.it

CONTENUTI del corso di Biochimica

Aminoacidi: classificazione e nomenclatura degli α -aminoacidi standard; proprietà acido-base e curve di titolazione; il legame peptidico; conformazioni di un polipeptide; ionizzazione di un polipeptide;

i livelli di struttura delle proteine; elementi di struttura secondaria; le proteine fibrose: alfa-cheratina, collagene, fibroina; proteine globulari; glicoproteine; denaturazione delle proteine.

Mioglobina ed Emoglobina: trasporto dell'ossigeno; il legame cooperativo dell'emoglobina; Il modello di Hill ed il modello di Adair; effetto Bohr; modulazione emoglobina da CO₂, H⁺ e 2,3-BPG; basi molecolari dell'anemia falciforme.

Meccanismi della catalisi enzimatica; vitamine, cofattori, coenzimi; regolazione attività enzimatica e modulazione allosterica; Cenni sull'inibizione enzimatica: competitiva, incompetitiva e mista.

Carboidrati: classificazione e nomenclatura dei monosaccaridi; formazione di emiacetali ed emichetali ciclici, anomeri ed epimeri; formazione di acetali e chetali; il legame glicosidico; disaccaridi; polisaccaridi: cellulosa, amilosio, amilopectina, glicogeno.

4

Lipidi: nomenclatura e classificazione di acidi grassi e lipidi; triacilgliceroli, glicerofosfolipidi, glicolipidi, sfingolipidi e cere; steroli; proprietà fisiche e stati di aggregazione; le membrane biologiche.

Metabolismo: inquadramento generale; ATP e trasferimento del fosforile; i principali coenzimi redox;

Glicolisi e gluconeogenesi. Fermentazione omolattica e alcolica.

Glicogenolisi e glicogenosintesi, Decarbossilazione ossidativa del piruvato; Ciclo dell'acido citrico; Catena respiratoria; Fosforilazione Ossidativa;

Digestione e assorbimento lipidi; β -ossidazione acidi grassi;

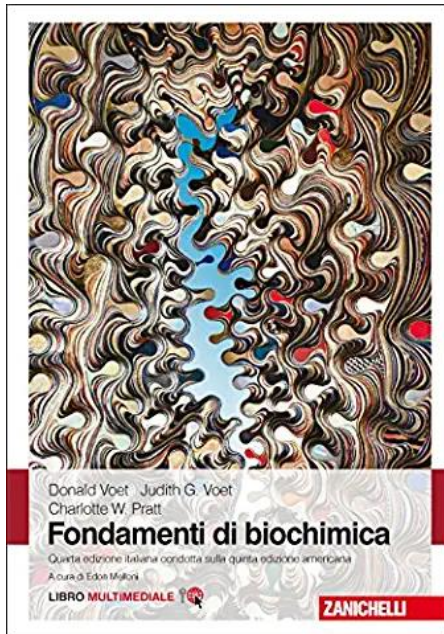
Transaminazione aminoacidi; Deaminazione ossidativa; Ciclo dell'Urea.



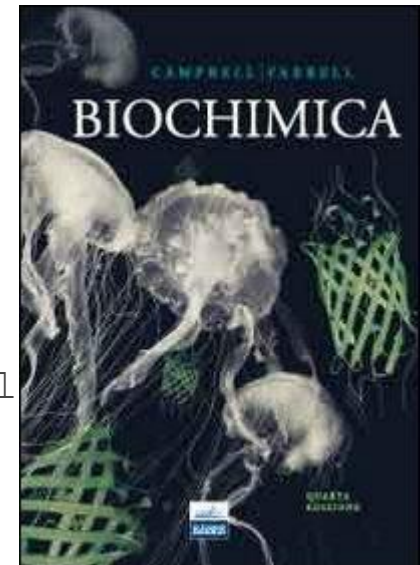
Nelson, Cox.
I **Principi di Biochimica di
Lehninger**. Zanichelli



Berg, Tymoczko, Stryer.
Biochimica.
Zanichelli

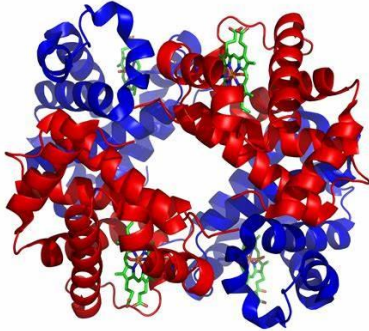


Voet, Voet. Pratt.
**Fondamenti di
Biochimica**.
Zanichelli

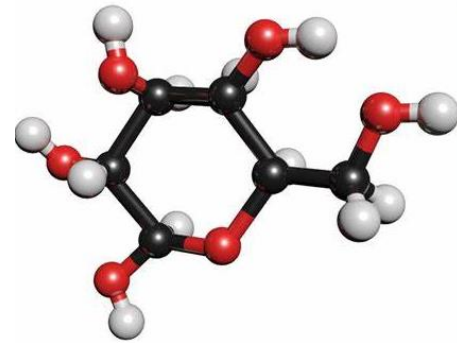


Campbell, Farrel
Biochimica.
EdiSES

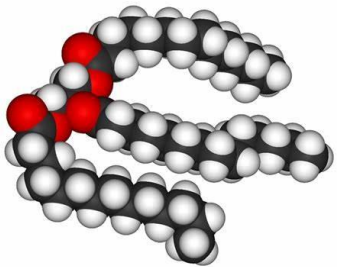
Macromolecole biologiche nella cellula



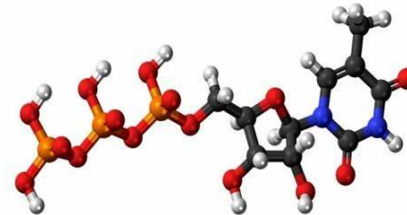
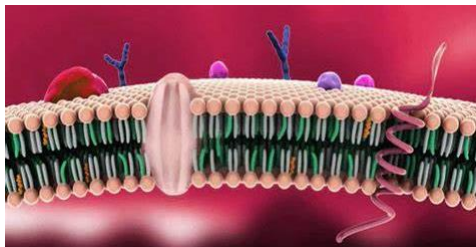
Proteine



Carboidrati



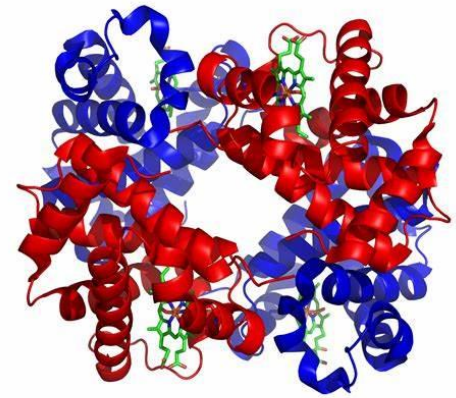
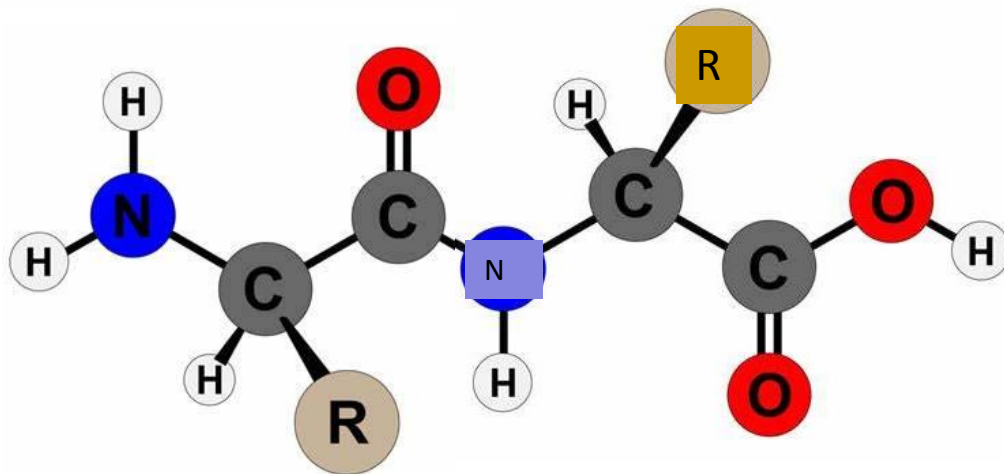
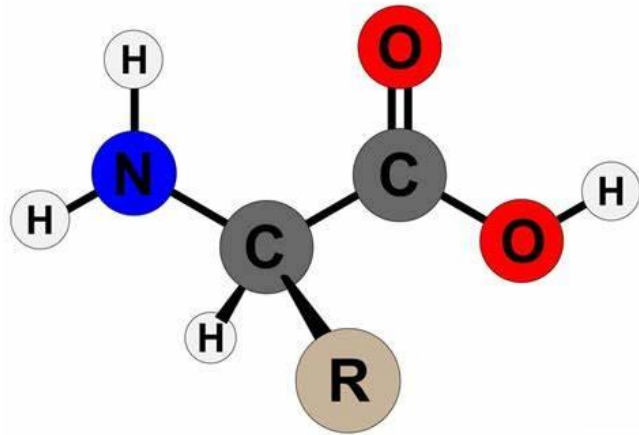
Lipidi



Nucleotidi



Amminoacidi-Peptidi-Proteine

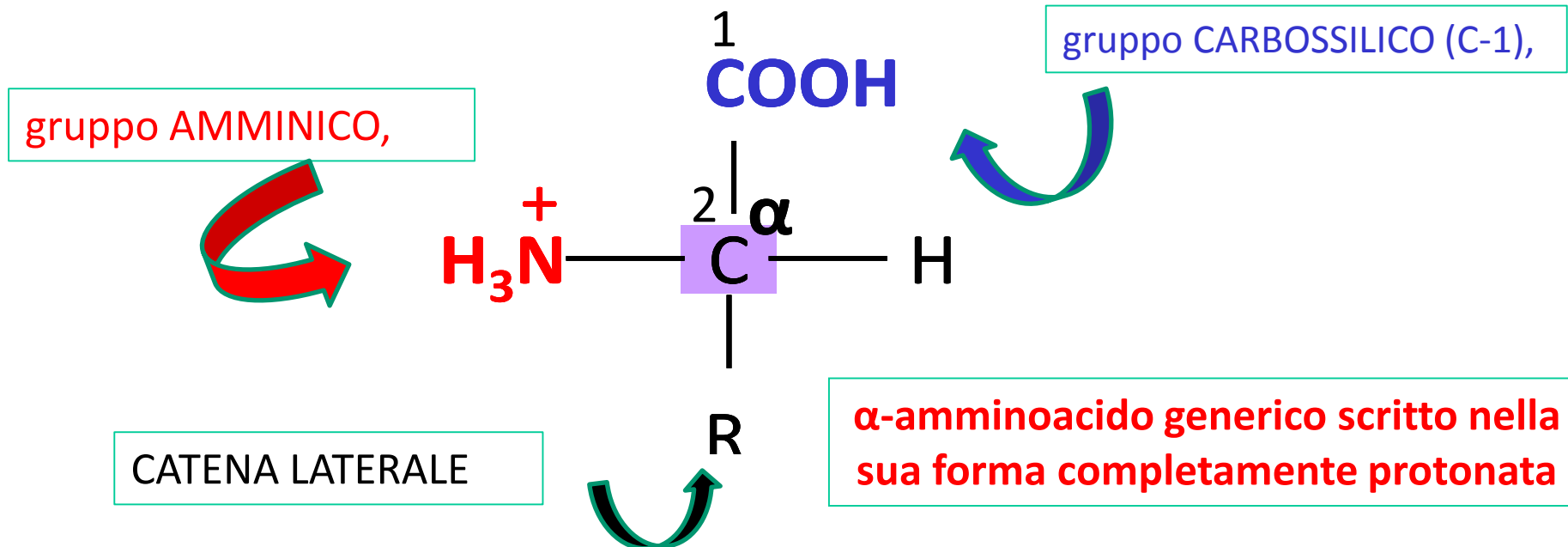


AMMINOACIDI

Gli amminoacidi *comuni* o *standard* che tutti gli organismi viventi utilizzano per l'assemblaggio delle PROTEINE sono **20** e sono codificati dal codice genetico.

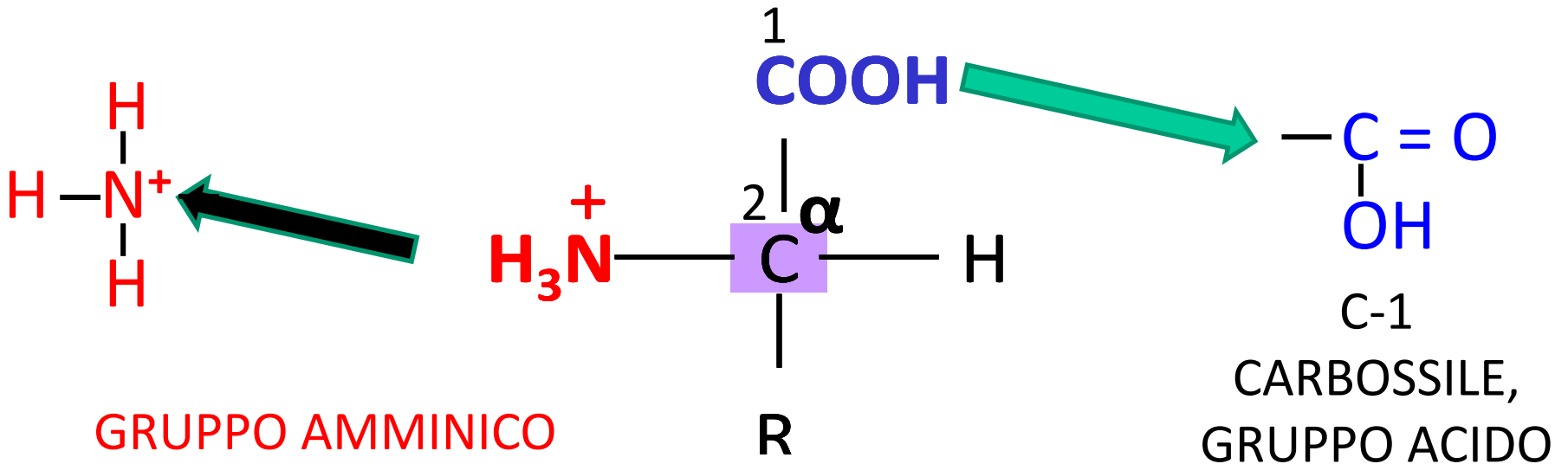
Sono tutti α -amminoacidi

Che contengono un carbonio α (C-2) è un carbonio con orbitali di legame tetraedrici 1 IDROGENO, 1 CATENA LATERALE.



AMMINOACIDI

α -amminoacido generico scritto nella sua forma completamente protonata

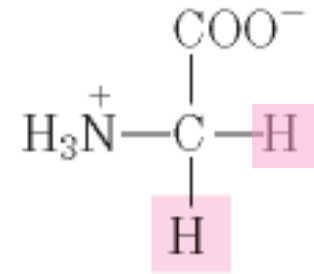
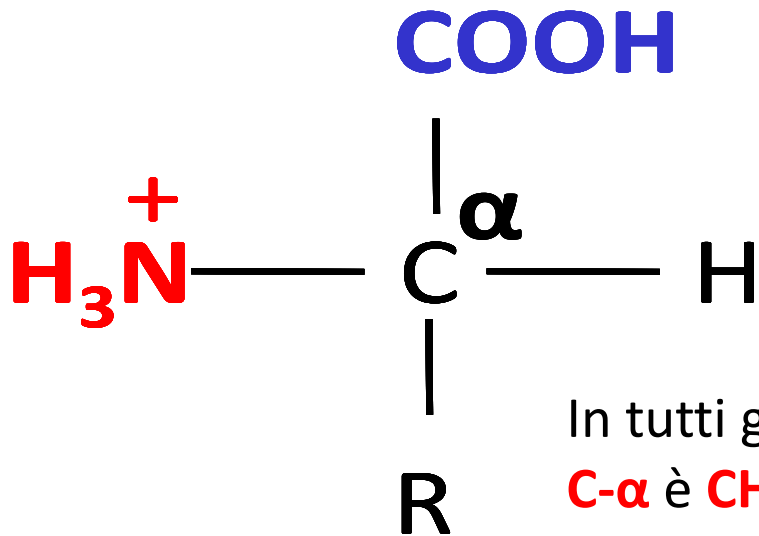


GRUPPO AMMINICO

Protonato (gruppo acido)

(il doppietto elettronico libero dell'N è impegnato in un 4° legame con un protone H^+ e ha carica positiva

Stereoisomeria degli amminoacidi

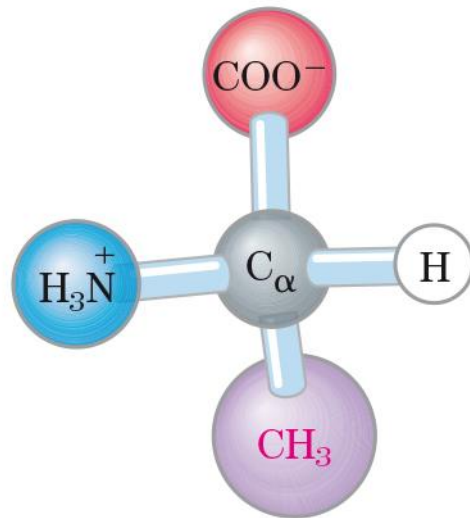


Glicina (Gly) unico AA non chirale

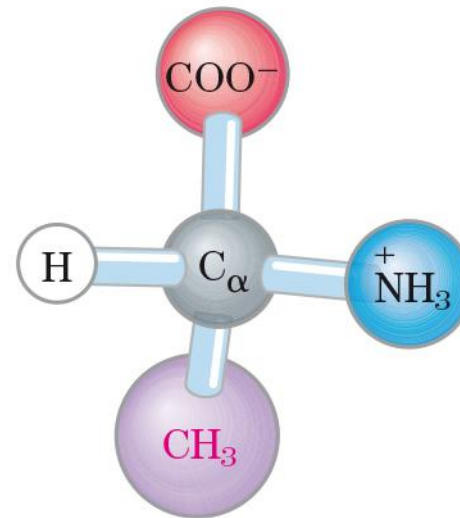
In tutti gli AA standard (ad eccezione della Glicina) il **C- α** è **CHIRALE o ASIMMETRICO**

Per ogni centro chirale sono possibili due diverse disposizioni spaziali dei gruppi ad esso legati: 2 STEREOISOMERI, che sono ENANTIOMERI e sono anche otticamente attivi: l'isomero D e quello L (convenzione di Fisher)

TUTTI GLI AMMINOACIDI CHE FORMANO LE PROTEINE SI TROVANO NELLA CONFIGURAZIONE L (TUTTAVIA gli isomeri D degli amminoacidi sono presenti in alcuni antibiotici e nella parete cellulare di alcuni microrganismi ma non sono utilizzati per sintetizzare le proteine dei mammiferi)



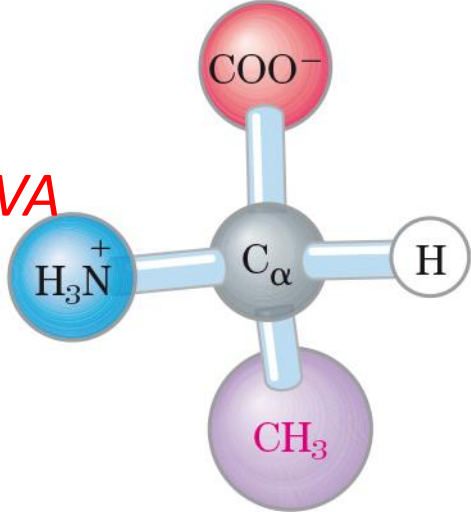
(a) L-Alanina



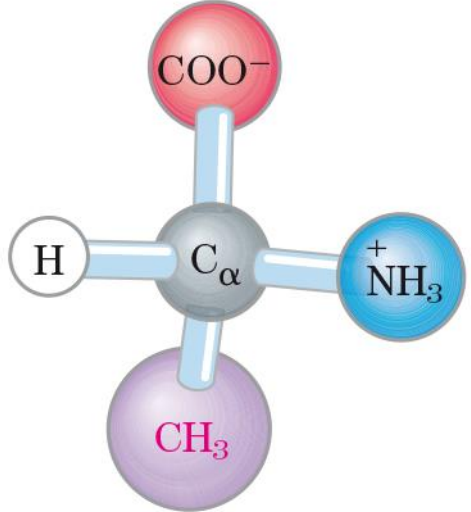
D-Alanina

Stessa
CONFIGURAZIONE RELATIVA
 Della L-GLICERALDEIDE

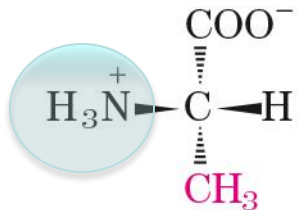
D (latino *dexter*)
 L (latino *laevus*)



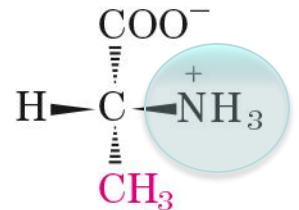
(a) L-Alanina



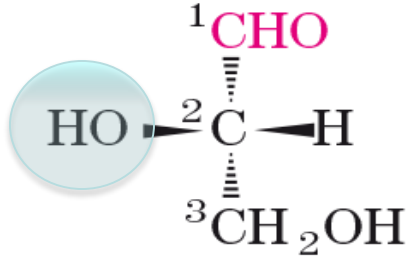
D-Alanina



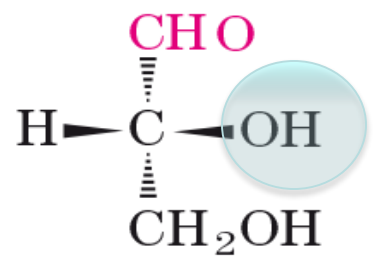
(b) L-Alanina



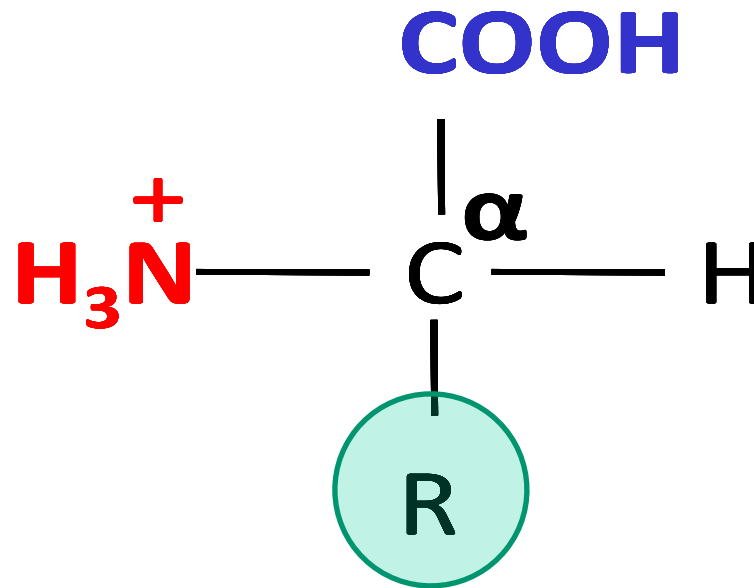
D-Alanina



L-Gliceraldeide



D-Gliceraldeide



Gli amminoacidi differiscono tra loro per il tipo di catena laterale R legata all'atomo di $\text{C}\alpha$.

Dalla natura della catena laterale R dipendono: carica, idrofobicità, dimensioni, reattività, capacità di formare legami idrogeno.

Classificazione degli amminoacidi:

5 gruppi raggruppati in base alla polarità della loro catena laterale

table 5-1

Properties and Conventions Associated with the Standard Amino Acids

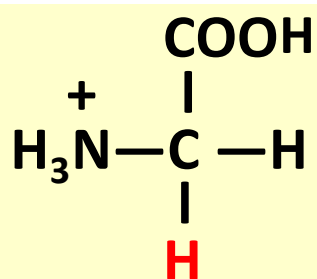
Amino acid	Abbreviated names		M_r	pK_a values			pI	Hydrophathy index*	Occurrence in proteins (%)
				pK_1 (—COOH)	pK_2 (—NH ₃ ⁺)	pK_R (R group)			
Nonpolar, aliphatic R groups									
Glycine	Gly	G	75	2.34	9.60		5.97	-0.4	7.2
Alanine	Ala	A	89	2.34	9.69		6.01	1.8	7.8
Valine	Val	V	117	2.32	9.62		5.97	4.2	6.6
Leucine	Leu	L	131	2.36	9.60		5.98	3.8	9.1
Isoleucine	Ile	I	131	2.36	9.68		6.02	4.5	5.3
Methionine	Met	M	149	2.28	9.21		5.74	1.9	2.3
Aromatic R groups									
Phenylalanine	Phe	F	165	1.83	9.13		5.48	2.8	3.9
Tyrosine	Tyr	Y	181	2.20	9.11	10.07	5.66	-1.3	3.2
Tryptophan	Trp	W	204	2.38	9.39		5.89	-0.9	1.4
Polar, uncharged R groups									
Serine	Ser	S	105	2.21	9.15		5.68	-0.8	6.8
Proline	Pro	P	115	1.99	10.96		6.48	1.6	5.2
Threonine	Thr	T	119	2.11	9.62		5.87	-0.7	5.9
Cysteine	Cys	C	121	1.96	10.28	8.18	5.07	2.5	1.9
Asparagine	Asn	N	132	2.02	8.80		5.41	-3.5	4.3
Glutamine	Gln	Q	146	2.17	9.13		5.65	-3.5	4.2
Positively charged R groups									
Lysine	Lys	K	146	2.18	8.95	10.53	9.74	-3.9	5.9
Histidine	His	H	155	1.82	9.17	6.00	7.59	-3.2	2.3
Arginine	Arg	R	174	2.17	9.04	12.48	10.76	-4.5	5.1
Negatively charged R groups									
Aspartate	Asp	D	133	1.88	9.60	3.65	2.77	-3.5	5.3
Glutamate	Glu	E	147	2.19	9.67	4.25	3.22	-3.5	6.3

*A scale combining hydrophobicity and hydrophilicity of R groups; it can be used to measure the tendency of an amino acid to seek an aqueous environment (– values) or a hydrophobic environment (+ values). See Chapter 12. From Kyte, J. & Doolittle, R.F. (1982) *J. Mol. Biol.* **157**, 105–132.

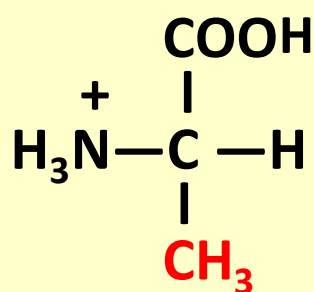
†Average occurrence in over 1150 proteins. From Doolittle, R.F. (1989) Redundancies in protein sequences. In *Prediction of Protein Structure and the Principles of Protein Conformation* (Fasman, G.D., ed) Plenum Press, NY, pp. 599–623.

1) AMMINOACIDI CON CATENA LATERALE IDROFOBICA-NON POLARE

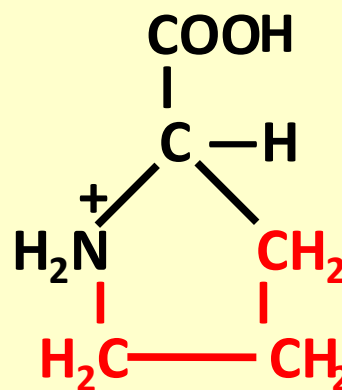
Amminoacidi con catena laterale R alifatica



GLICINA
Gly (G)



ALANINA
Ala (A)

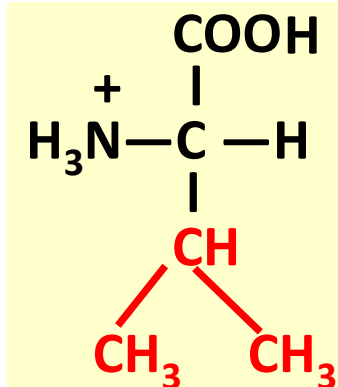


Gruppo PIRROLIDINICO

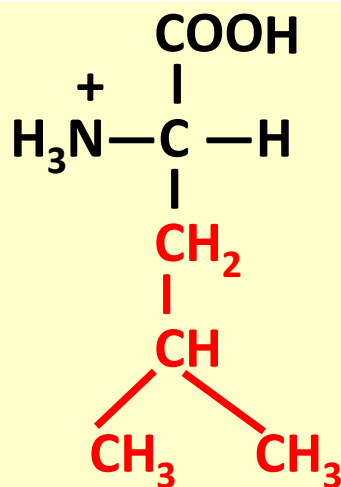
PROLINA
Pro (P)

Ammina secondaria

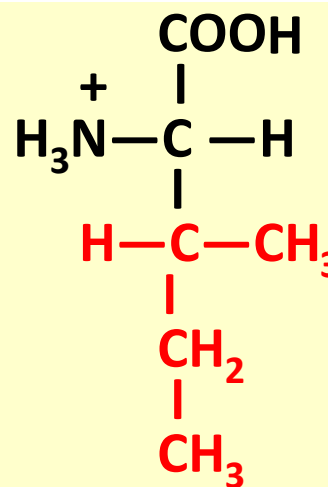
imminoacido



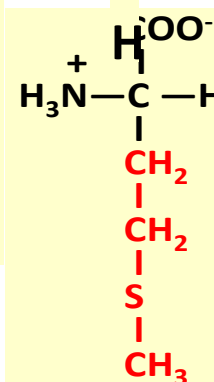
VALINA
Val (V)



LEUCINA
Leu (L)

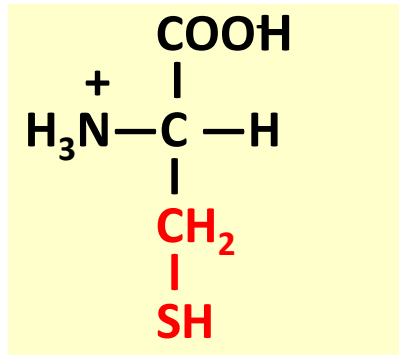


ISOLEUCINA
Iso (I)

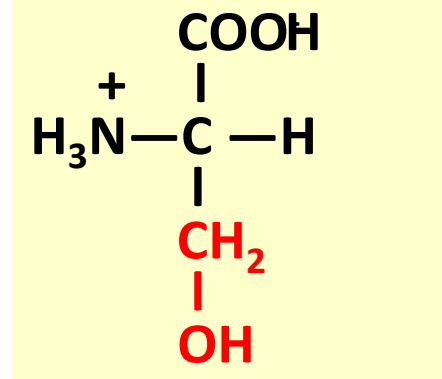


METIONINA **Met (M)**

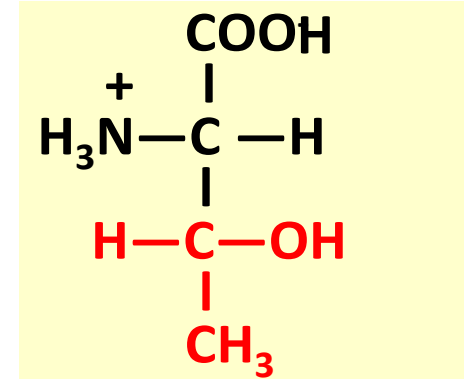
2) AMMINIACIDI CON CATENA LATERALE POLARE NON CARICA (a pH neutro)



CISTEINA **Cys (C)**
Gruppo **SULFIDRILICO**

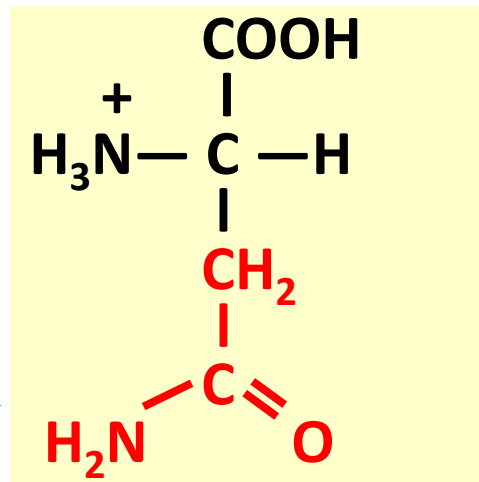


SERINA **Ser (S)**

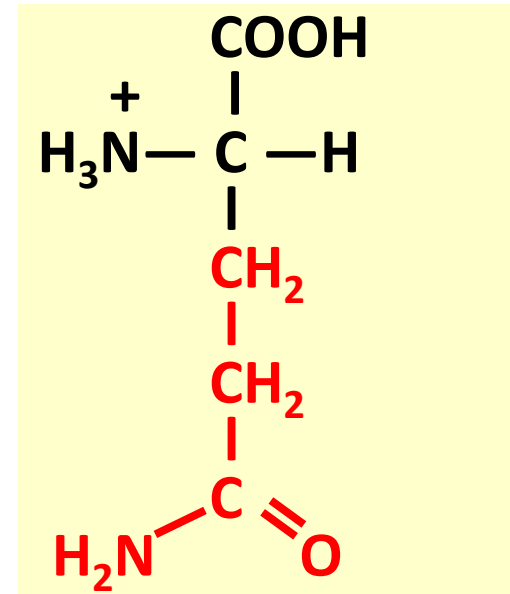


TREONINA **Thr (T)**

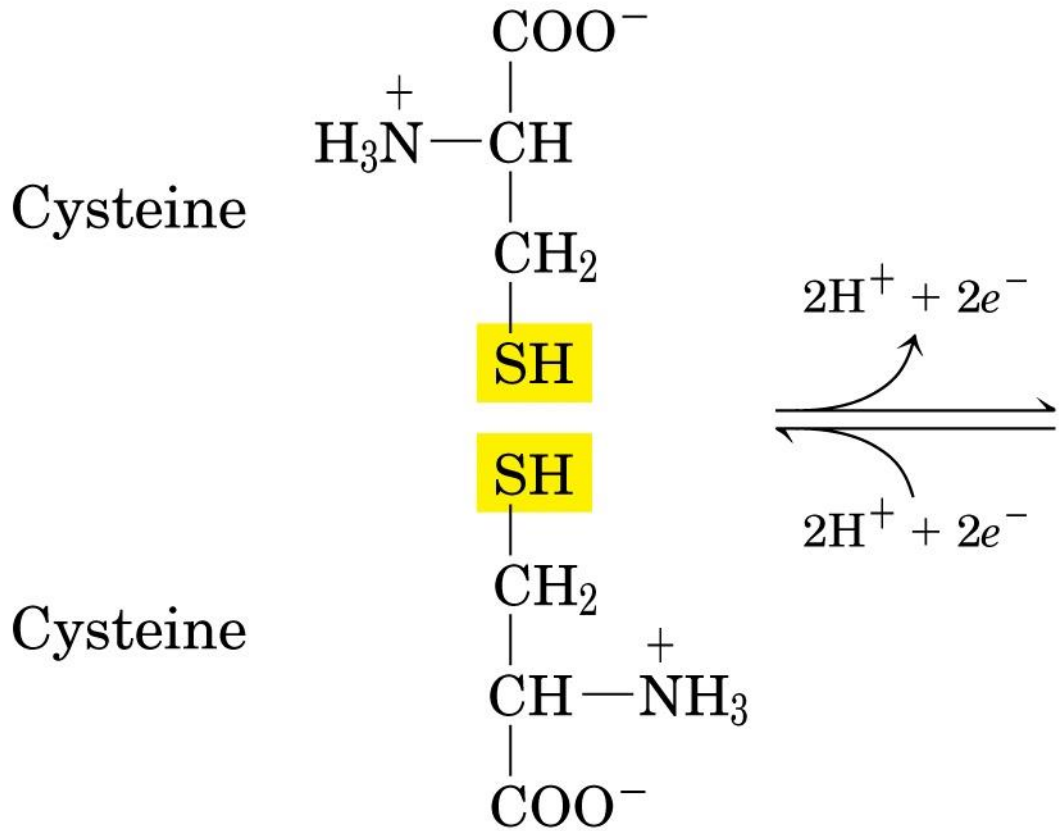
Gruppo
ammidico →



ASPARAGINA **Asn (N)**



GLUTAMMINA **Gln (Q)**



Gruppo SULFIDRILICO

Insulina

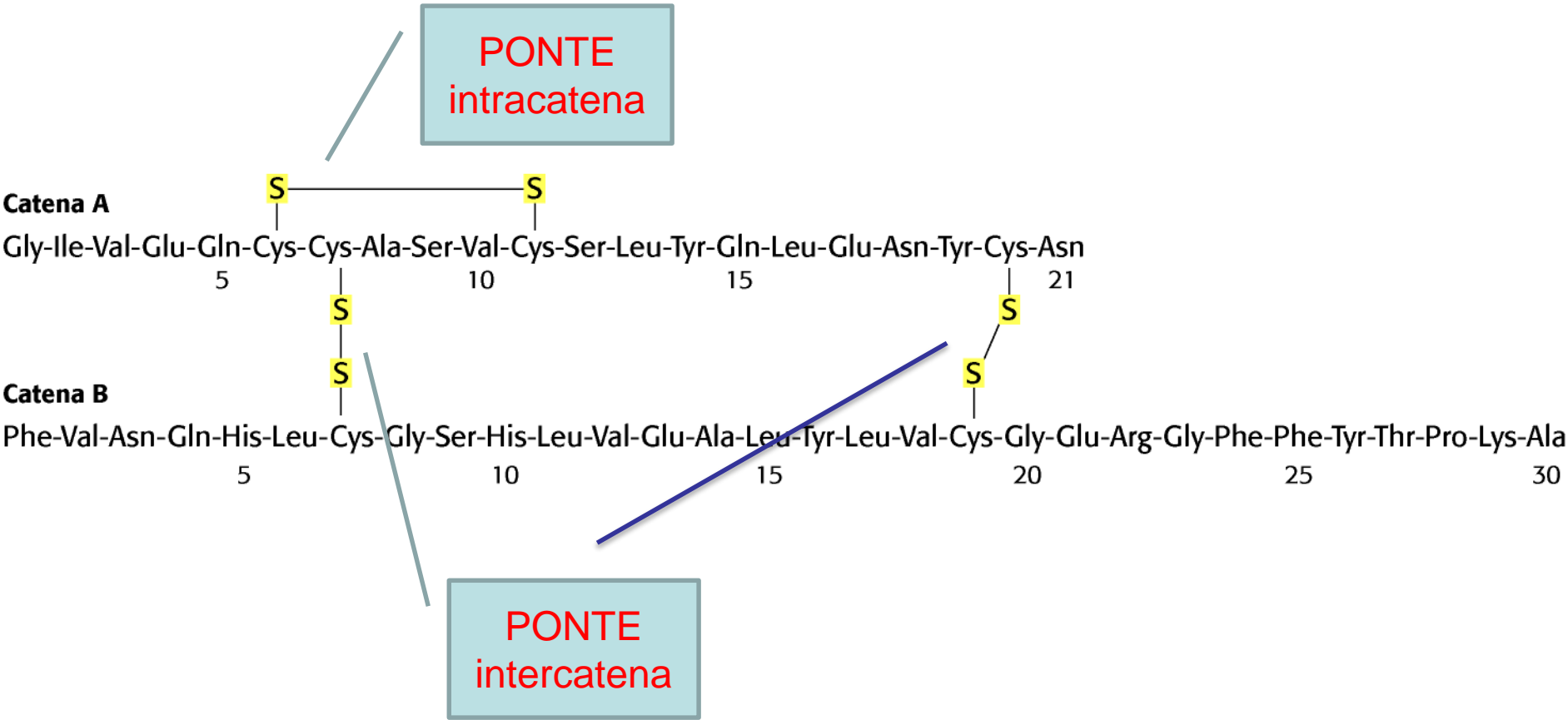
catena A di 21 amminoacidi
catena B di 30 amminoacidi.

PONTE
intracatena

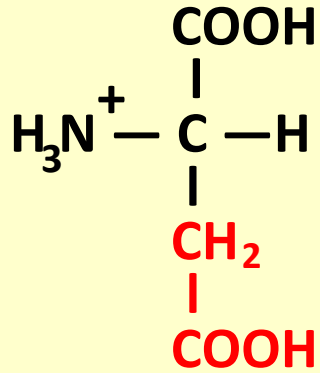
Catena A
Gly-Ile-Val-Glu-Gln-Cys-Cys-Ala-Ser-Val-Cys-Ser-Leu-Tyr-Gln-Leu-Glu-Asn-Tyr-Cys-Asn
5 10 15 21

Catena B
Phe-Val-Asn-Gln-His-Leu-Cys-Gly-Ser-His-Leu-Val-Glu-Ala-Leu-Tyr-Leu-Val-Cys-Gly-Glu-Arg-Gly-Phe-Phe-Tyr-Thr-Pro-Lys-Ala
5 10 15 20 25 30

PONTE
intercatena



3) AMMINOACIDI CON CATENA LATERALE IONIZZABILE NEGATIVAMENTE

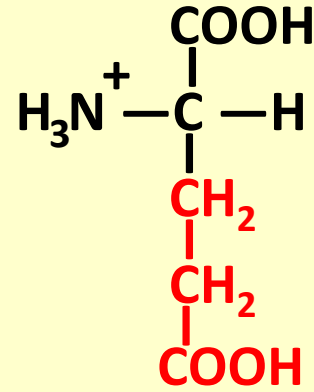


AC. ASPARTICO

Asp (D)



-COO⁻



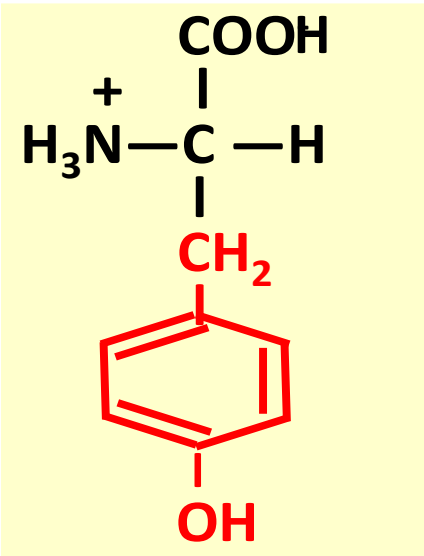
AC. GLUTAMMICO

Glu (E)

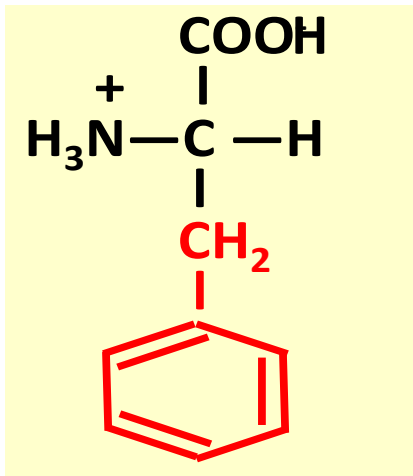


-COO⁻

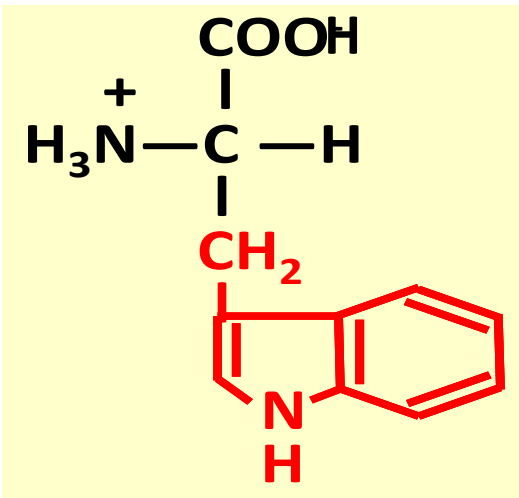
3) TIROSINA, FENILALANINA E TRIPTOFANO SONO AMMINOACIDI AROMATICI



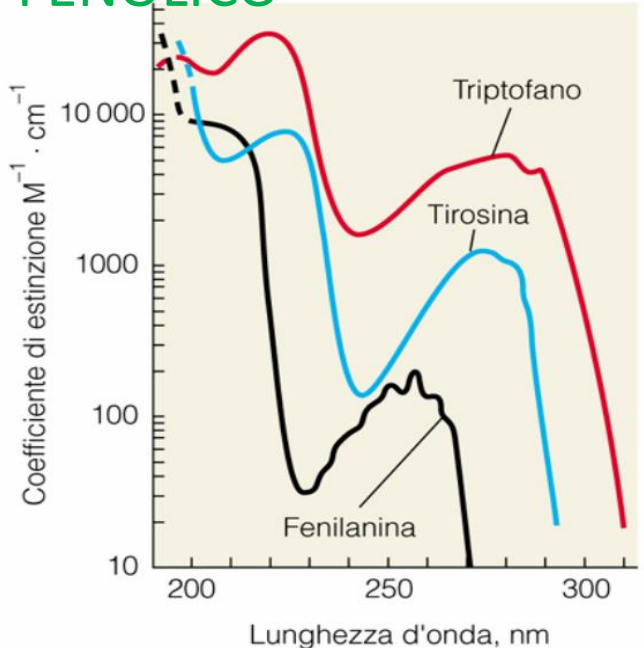
TIROSINA **Tyr (Y)**
Gruppo FENOLICO



FENILALANINA **Phe (F)**
Gruppo FENILICO



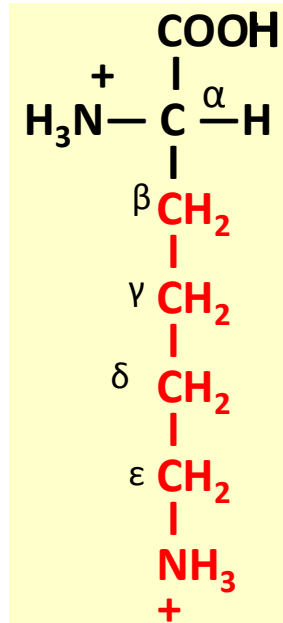
TRIPTOFANO **Trp (W)**
Gruppo INDOLICO



Contengono elettroni π delocalizzati a causa dei doppi legami coniugati

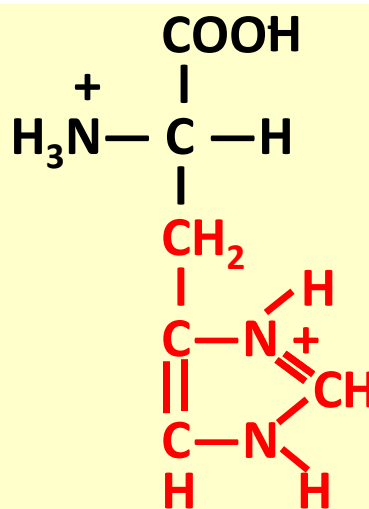
Hanno un massimo di assorbimento a 280 nm nell'UV, che è utile per rilevare la presenza di proteine in soluzione e per determinare la loro concentrazione.

4) AMMINOACIDI CON CATENA LATERALE IONIZZABILE POSITIVAMENTE



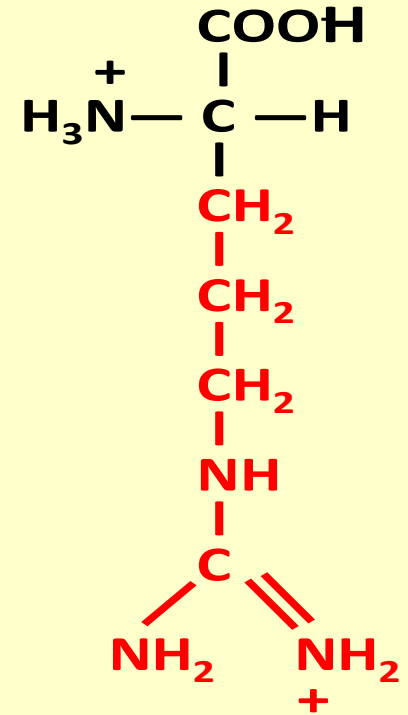
LISINA **Lys (L)**

ε ammino gruppo



ISTIDINA **His (H)**

anello imidazolico



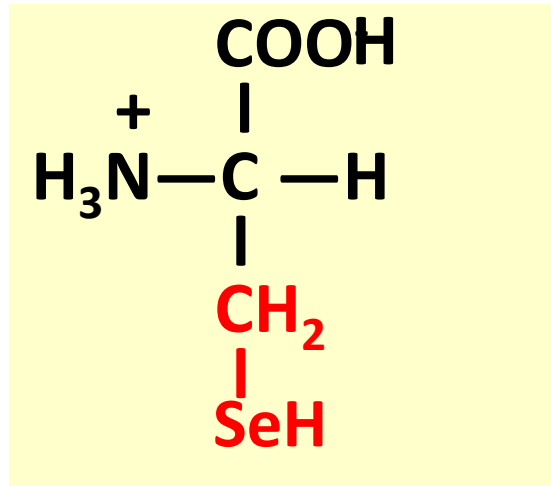
ARGININA **Arg (R)**

gruppo guanidinico

AMMINOACIDI NON COMUNI

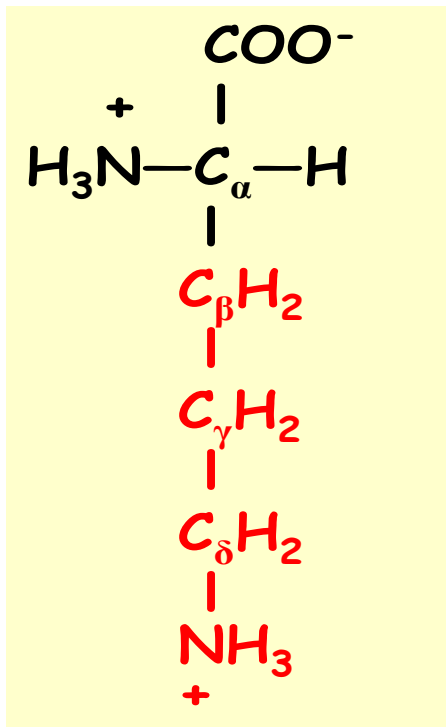
selenocisteina (SEC).

Incorporato in alcune proteine di varie specie e codificato da un codone di stop in particolari condizioni



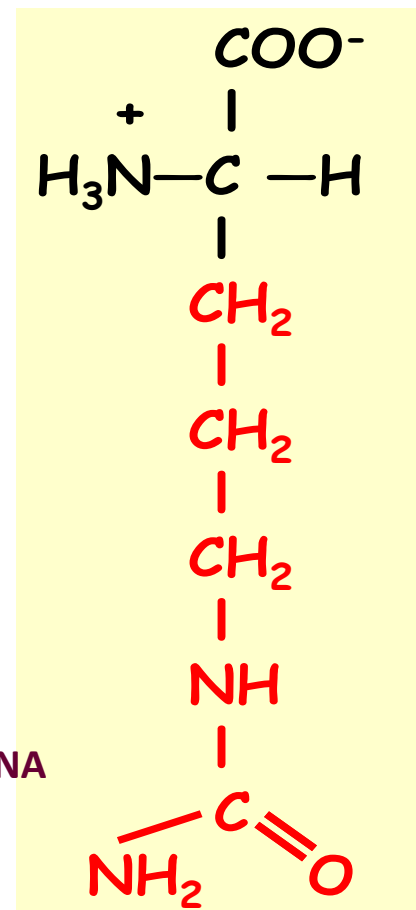
AMMINOACIDI NON COMUNI

Tutte le specie viventi contengono, oltre agli amminoacidi standard, diversi altri amminoacidi in configurazione L che sono intermedi nelle vie metaboliche o precursori degli AA standard.

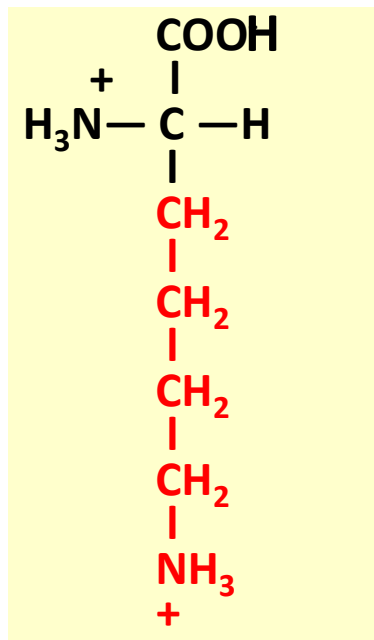


ORNITINA (omologo inferiore della Lisina)

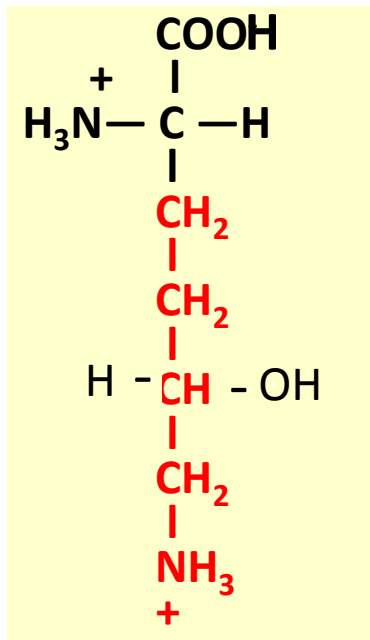
CITRULLINA



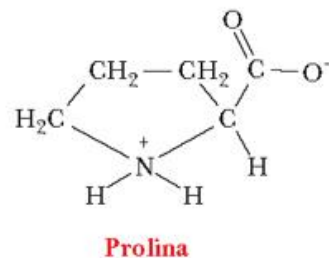
AMMINOACIDI NON COMUNI



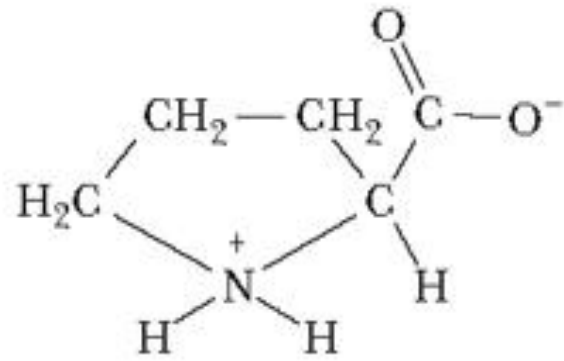
Lisina



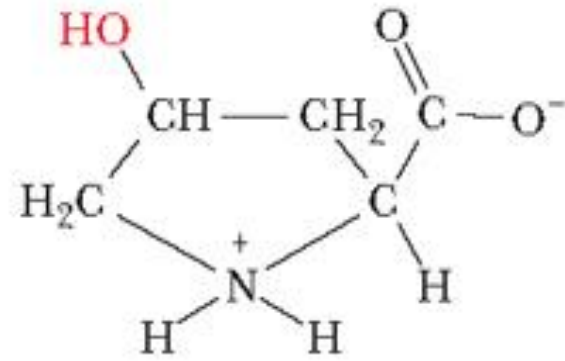
Idrossilisina



Idrossilisina e idrossiprolina si trovano solo in alcune proteine del tessuto connettivo, come il collagene



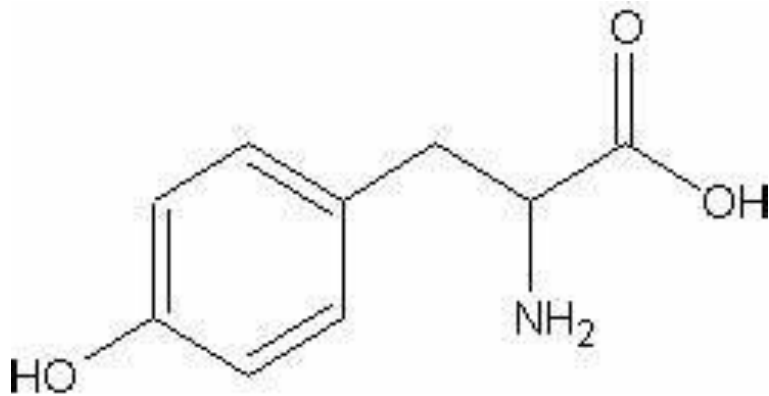
Prolina



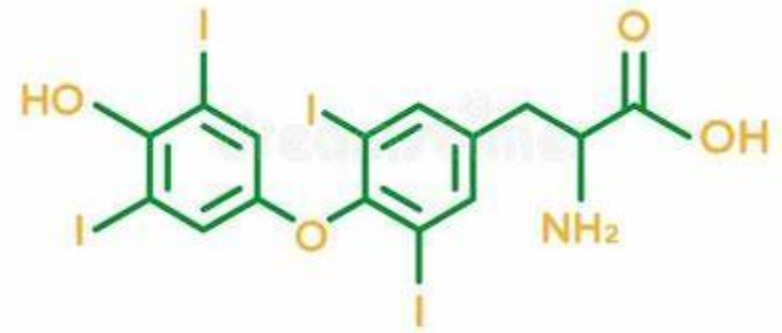
Idrossiprolina

AMMINOACIDI NON COMUNI

.



Tirosina

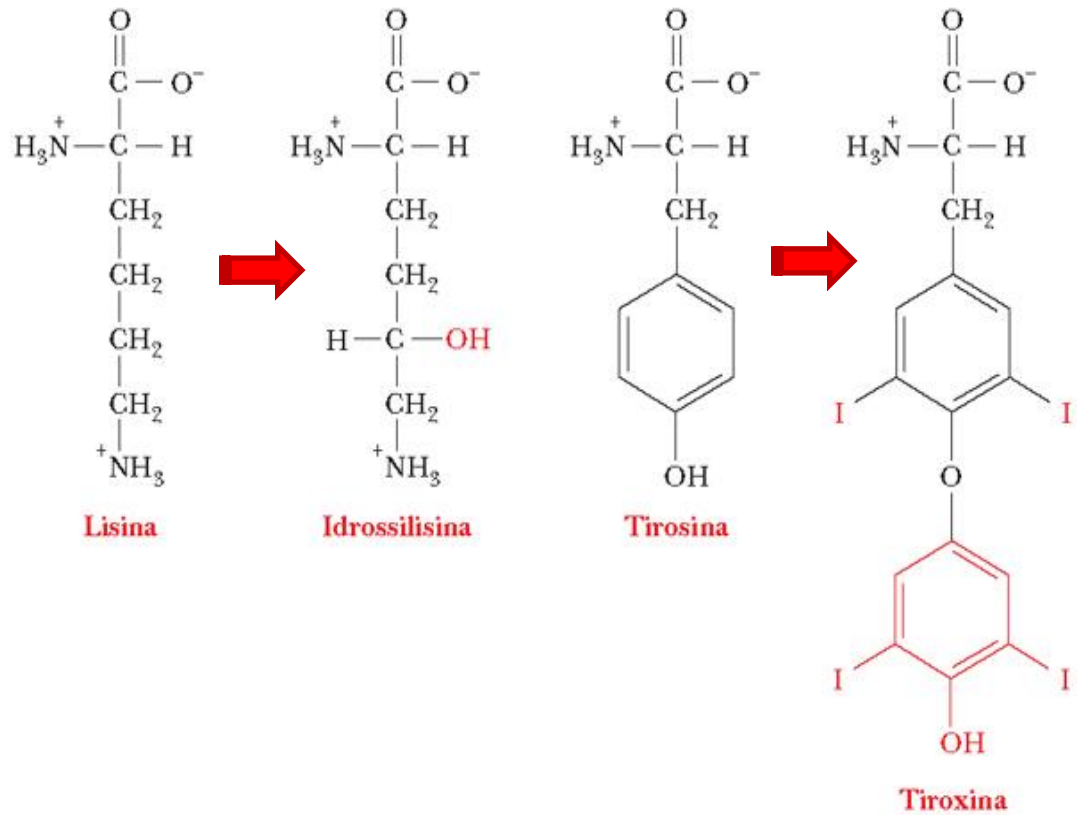
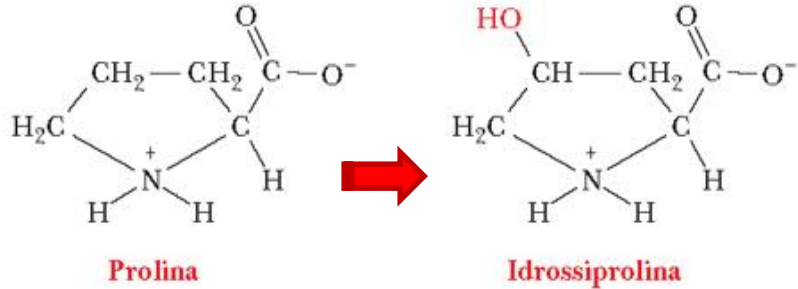


Tiroxina

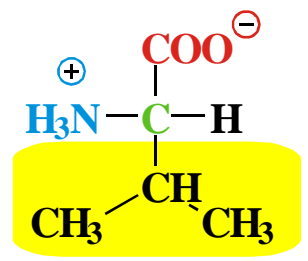
La tiroxina è prodotta solo nella ghiandola tiroidea
Si trova nella proteina Tiroglobulina e viene rilasciata
come ormone.

aminoacidi con modificazioni

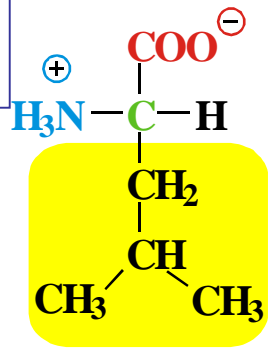
postraduzionali



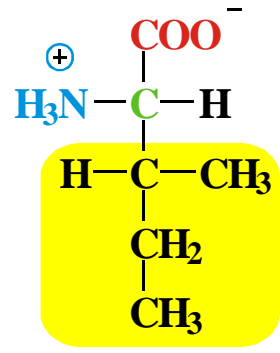
Amminoacidi essenziali
non sintetizzabili da altri
precursori



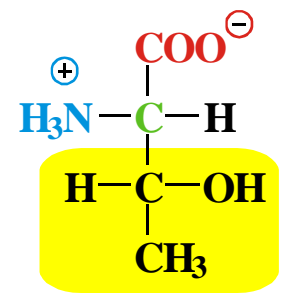
Valina
(Val ; V)



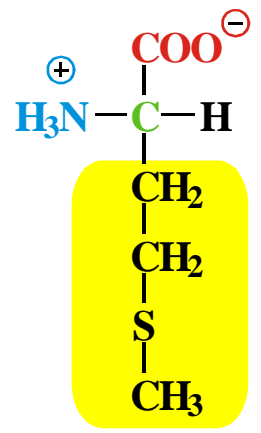
Leucina
(Leu ; L)



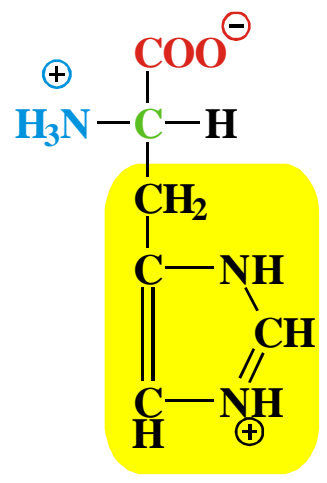
Isoleucina
(Ile ; I)



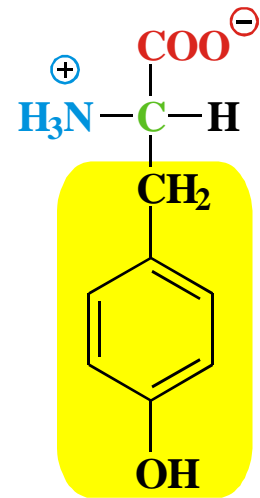
Treonina
(Thr ; T)



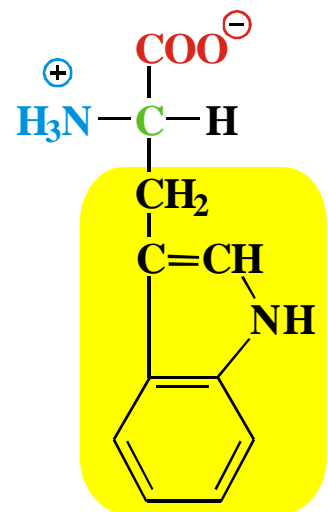
Metionina
(Met ; M)



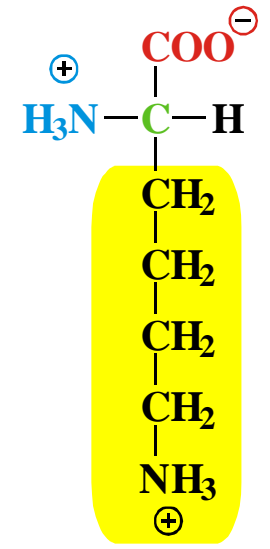
Istidina
(His ; H)



Tirosina
(Tyr ; T)



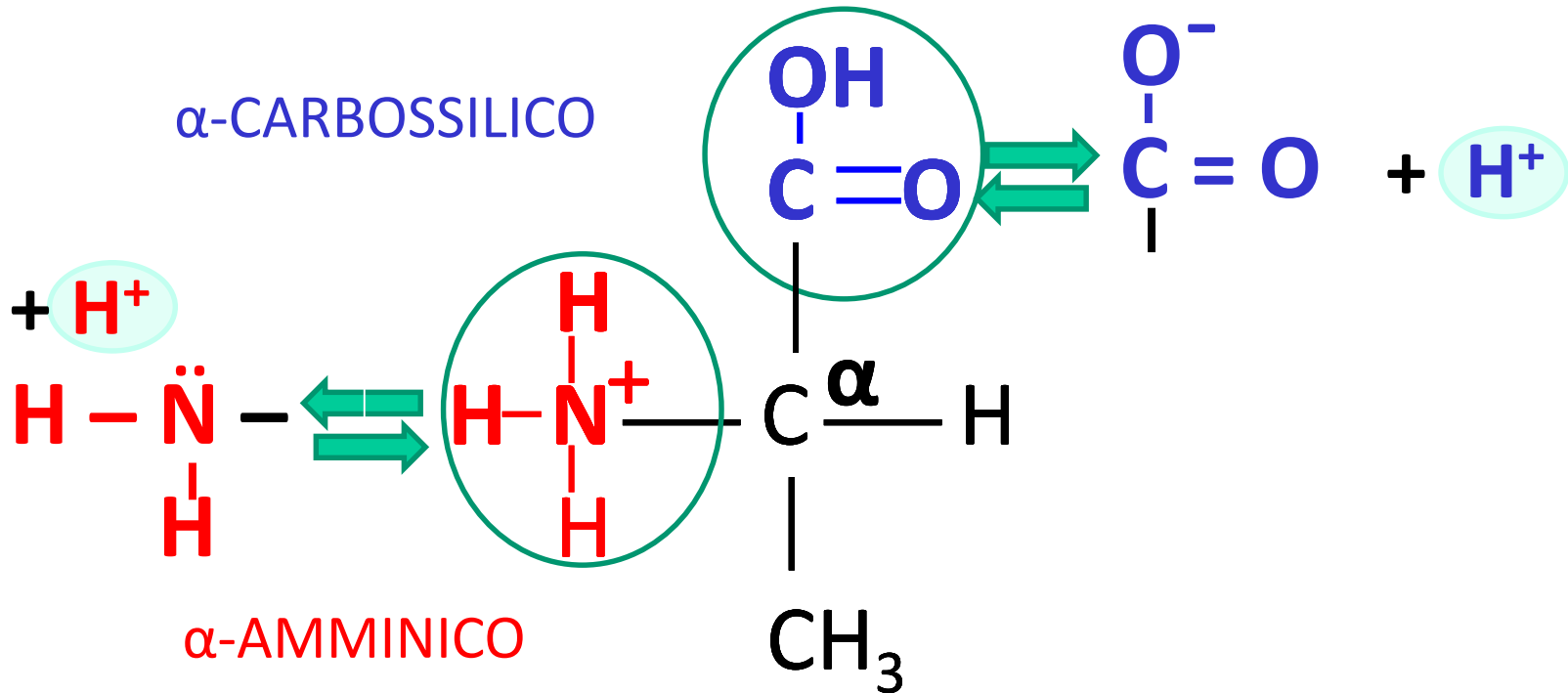
Triptofano
(Trp ; W)



Lisina
(Lys ; K)

GLI AMMINOACIDI SONO composti **ANFOTERI**: IN SOLUZIONE
POSSONO COMPORTARSI **SIA DA ACIDI SIA DA BASI DEBOLI**

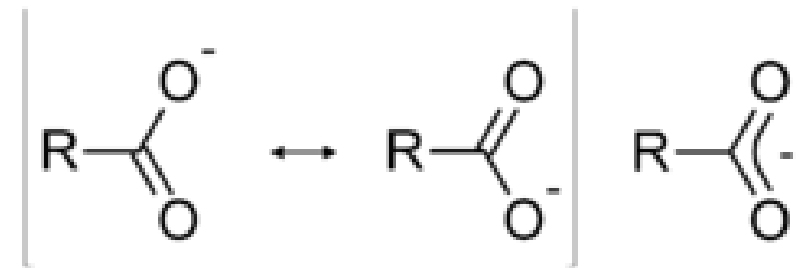
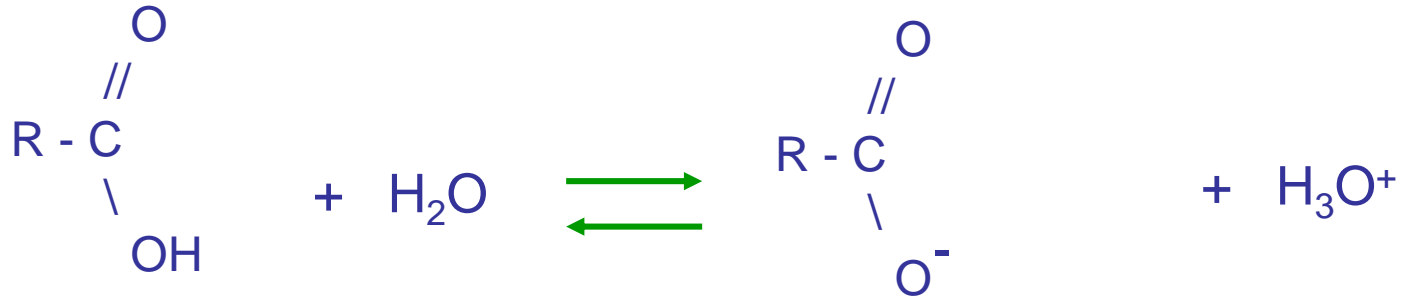
HANNO GRUPPI IONIZZABILI CAPACI DI SCAMBIARE PROTONI CON LA SOLUZIONE
ACQUOSA:



Da cosa dipende lo stato di ionizzazione dei due gruppi?

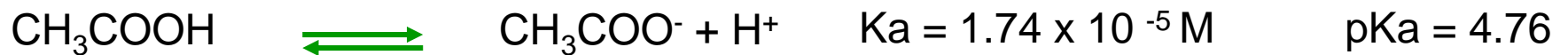
Dalla K_a

IL GRUPPO CARBOSSILICO è UN ACIDO DEBOLE

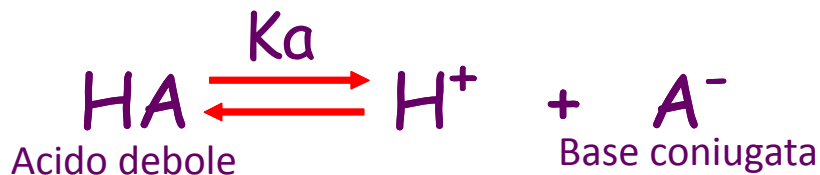


Anione carbossilato

acidi deboli



DISSOCIAZIONE DI UN ACIDO DEBOLE

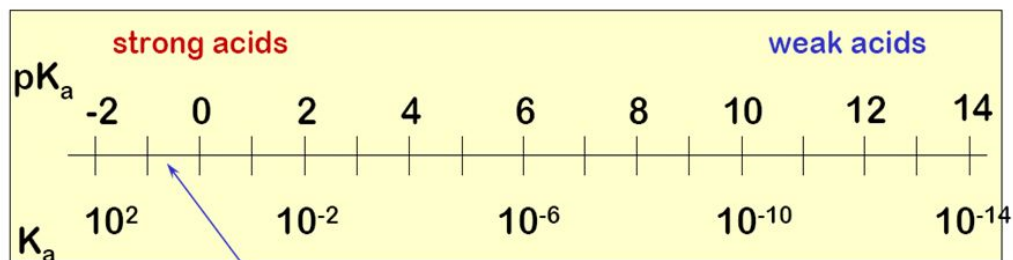


$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = K \text{ eq}$$

Può essere espressa in forma
logaritmica: pK_a ($-\log K_a$)
Quanto più è piccolo il pK_a ,
tanto più l'acido è forte

K_a = costante di dissociazione dell'acido.
Più è grande, maggiore è la dissociazione
dell'acido.

$$\text{pK}_a = -\log K_a$$



Valori più piccoli di pK_a
indicano acidi più forti

Si usa il pK_a per descrivere la forza degli acidi perché è un numero senza esponente e quindi di più facile lettura; permette un confronto immediato tra acidi.



$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$[\text{H}^+] = K_a \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

La relazione che lega pH, pKa e le concentrazioni di un acido debole e della sua base coniugata in soluzione.

Equazione di Henderson-Hasselbalch



$$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$K_a = 1.74 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\text{pKa} = 4.76$$

PER VALORI DI $\text{pH} < \text{pKa}$ PREVALE LA FORMA $[\text{HA}]$

PER VALORI DI $\text{pH} > \text{pKa}$ PREVALE LA FORMA $[\text{A}^-]$

table 5-1

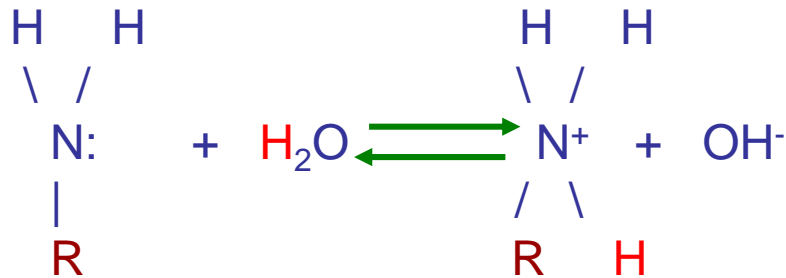
Properties and Conventions Associated with the Standard Amino Acids

Amino acid	Abbreviated names		M_r	pK_a values	
				pK_1 (-COOH)	pK_2 (-NH ₃ ⁺)
Nonpolar, aliphatic R groups					
Glycine	Gly	G	75	2.34	9.60
Alanine	Ala	A	89	2.34	9.69
Valine	Val	V	117	2.32	9.62
Leucine	Leu	L	131	2.36	9.60
Isoleucine	Ile	I	131	2.36	9.68
Methionine	Met	M	149	2.28	9.21
Aromatic R groups					
Phenylalanine	Phe	F	165	1.83	9.13
Tyrosine	Tyr	Y	181	2.20	9.11
Tryptophan	Trp	W	204	2.38	9.39
Polar, uncharged R groups					
Serine	Ser	S	105	2.21	9.15
Proline	Pro	P	115	1.99	10.96
Threonine	Thr	T	119	2.11	9.62
Cysteine	Cys	C	121	1.96	10.28
Asparagine	Asn	N	132	2.02	8.80
Glutamine	Gln	Q	146	2.17	9.13
Positively charged R groups					
Lysine	Lys	K	146	2.18	8.95
Histidine	His	H	155	1.82	9.17
Arginine	Arg	R	174	2.17	9.04
Negatively charged R groups					
Aspartate	Asp	D	133	1.88	9.60
Glutamate	Glu	E	147	2.19	9.67

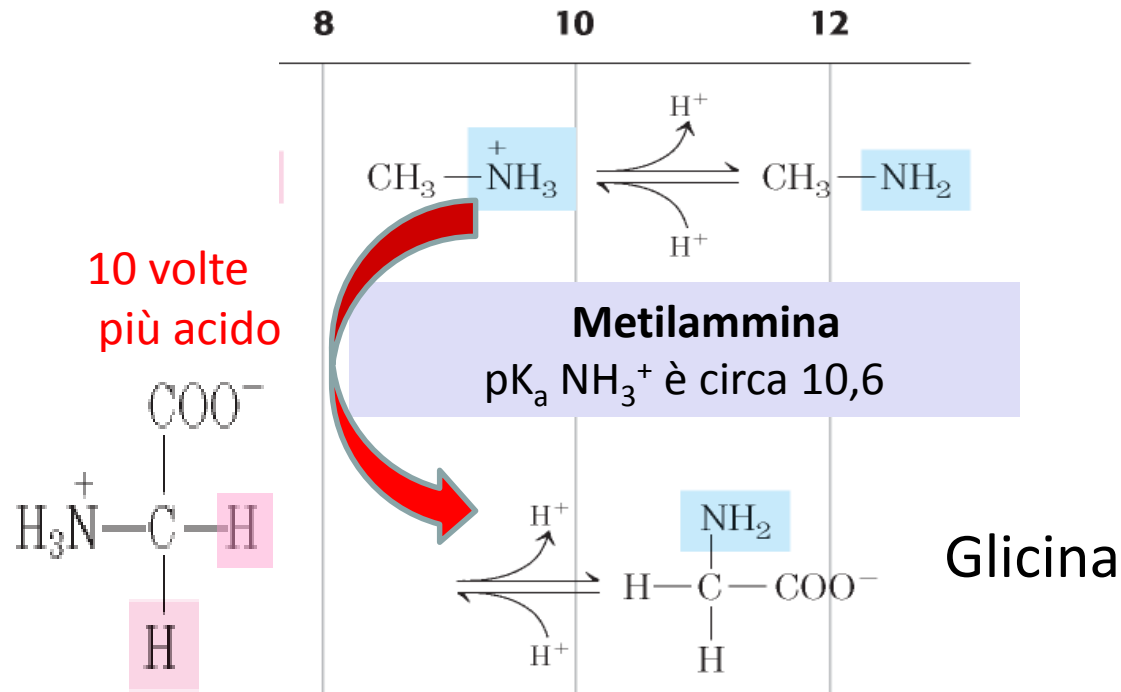
pK_1 -COOH \sim 2

pK_2 -NH₃⁺ \sim 9.5

Il gruppo amminico è una base debole (il doppietto può accettare protoni)



I valori dei pKa1 e pKa2 degli aminoacidi diprotici sono molto simili tra loro



La presenza del gruppo –COO–
favorisce il rilascio del protone del
gruppo aminico e il pKa
diminuisce:

pKa= 9.6

table 5-1

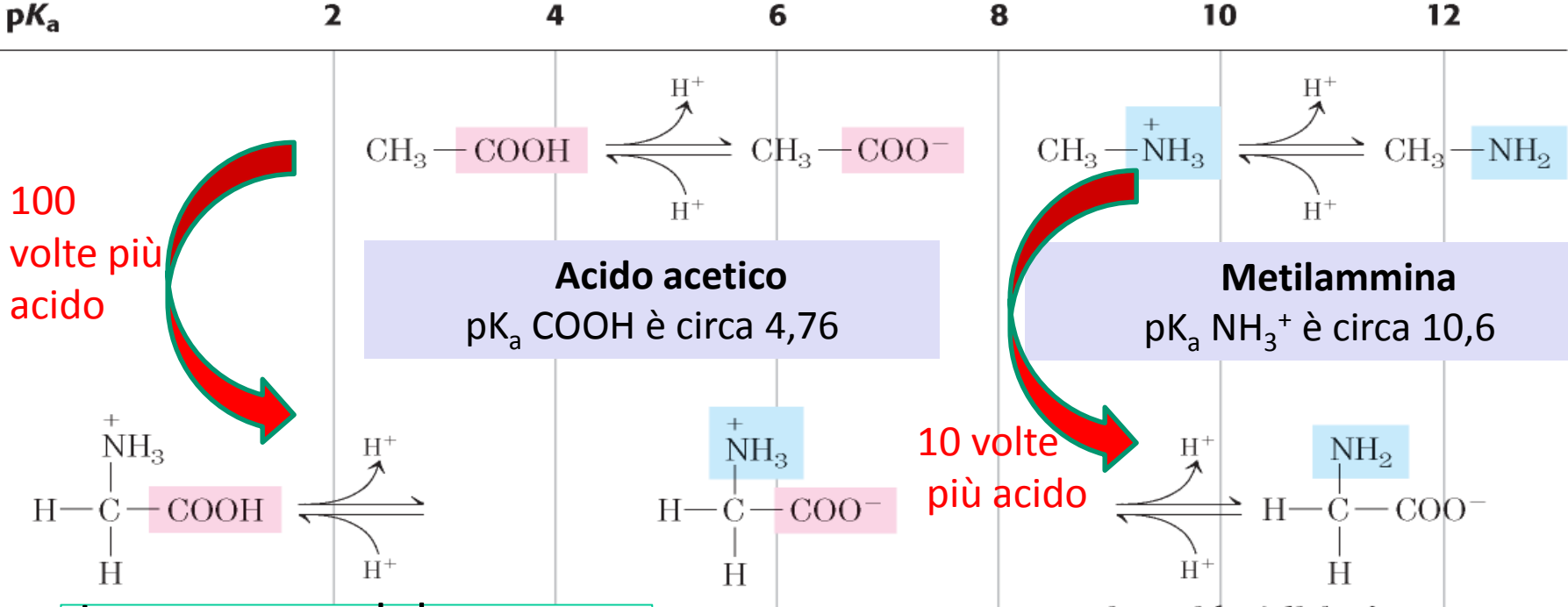
Properties and Conventions Associated with the Standard Amino Acids

Amino acid	Abbreviated names		M_r	pK_a values	
				pK_1 (-COOH)	pK_2 (-NH ₃ ⁺)
Nonpolar, aliphatic R groups					
Glycine	Gly	G	75	2.34	9.60
Alanine	Ala	A	89	2.34	9.69
Valine	Val	V	117	2.32	9.62
Leucine	Leu	L	131	2.36	9.60
Isoleucine	Ile	I	131	2.36	9.68
Methionine	Met	M	149	2.28	9.21
Aromatic R groups					
Phenylalanine	Phe	F	165	1.83	9.13
Tyrosine	Tyr	Y	181	2.20	9.11
Tryptophan	Trp	W	204	2.38	9.39
Polar, uncharged R groups					
Serine	Ser	S	105	2.21	9.15
Proline	Pro	P	115	1.99	10.96
Threonine	Thr	T	119	2.11	9.62
Cysteine	Cys	C	121	1.96	10.28
Asparagine	Asn	N	132	2.02	8.80
Glutamine	Gln	Q	146	2.17	9.13
Positively charged R groups					
Lysine	Lys	K	146	2.18	8.95
Histidine	His	H	155	1.82	9.17
Arginine	Arg	R	174	2.17	9.04
Negatively charged R groups					
Aspartate	Asp	D	133	1.88	9.60
Glutamate	Glu	E	147	2.19	9.67

pK_1 -COOH \sim 2

pK_2 -NH₃⁺ \sim 9.5

I valori dei pKa1 e pKa2 degli amminoacidi diprotici sono molto simili tra loro



La presenza del gruppo amminico riduce il valore del pKa

pKa = 2,34

La presenza del gruppo -COO- favorisce il rilascio del protone del gruppo aminico e il pKa diminuisce:

pKa= 9.6

Amminoacido diprotico

(CON 2 GRUPPI CAPACI DI perdere IL PROTONE):

-2 gruppi dissociabili: α -amminico e α -carbossilico

-2 costanti di dissociazione acida $\left\{ \begin{array}{l} \text{Ka1} \\ \text{Ka2} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} \text{pKa1} \sim 2.2 \\ \text{pKa2} \sim 9.8 \end{array} \right.$

-in soluzione saranno presenti **3 forme** ionizzate in equilibrio tra loro.

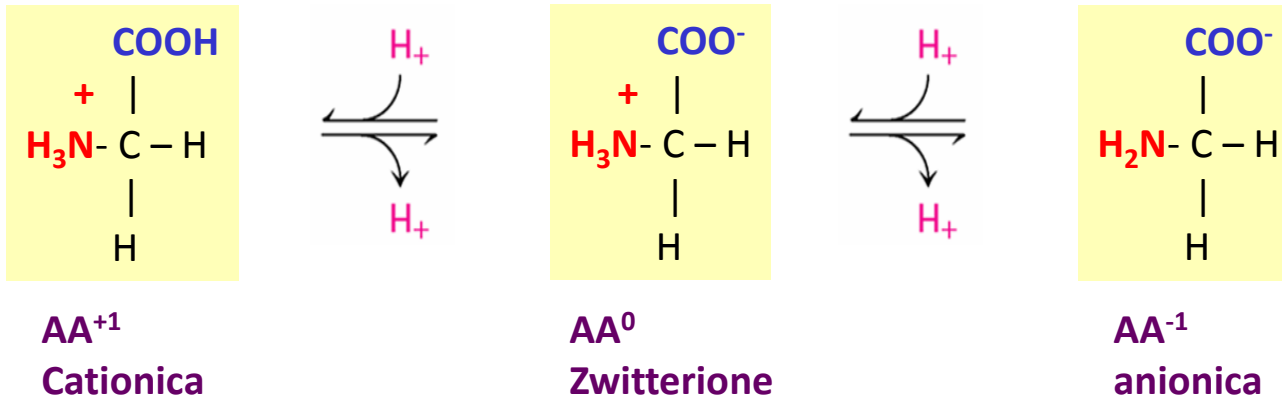
Da cosa dipende la prevalenza in soluzione di una forma sulle altre?

dipende

pH della soluzione

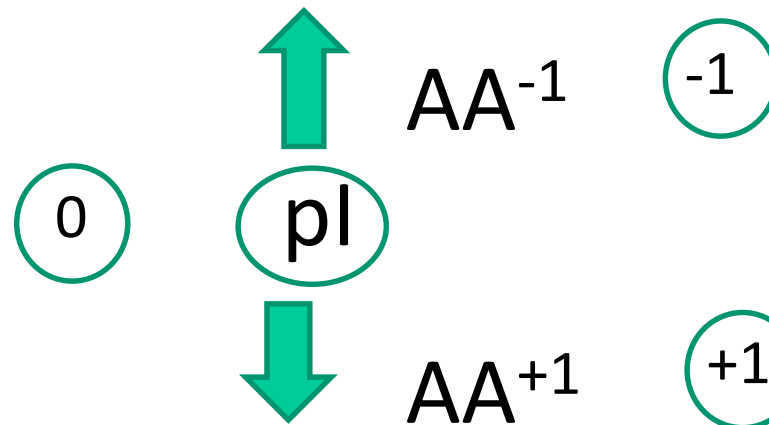
valori dei pKa.

Amminoacido diprotico



A valori di pH superiori al punto isoelettrico è prevalentemente nella forma ionica negativa (completamente deprotonata)

A valori di pH inferiori al p. isoelettrico è prevalente la sua forma ionica positiva (completamente protonata)



Il punto isoelettrico corrisponde ad un punto di equivalenza della curva di titolazione mentre i pKa corrispondono a punti di semiequivalenza

table 5-1

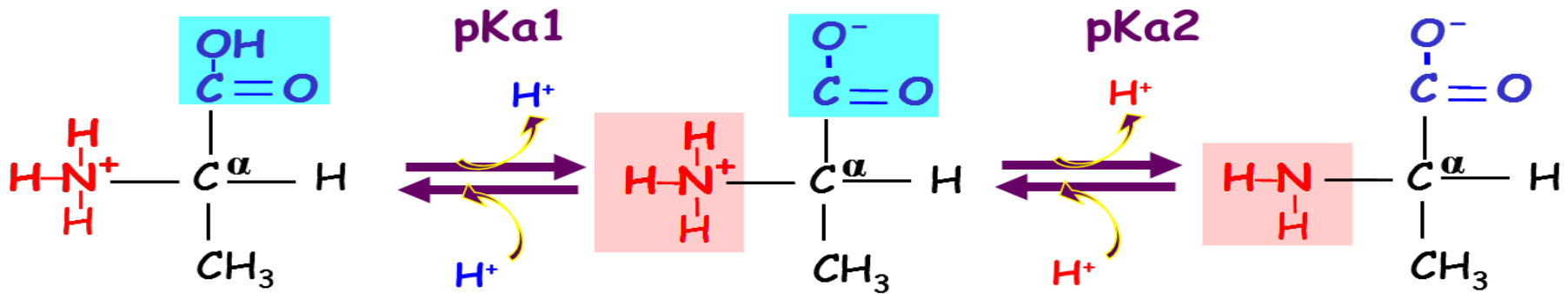
Properties and Conventions Associated with the Standard Amino Acids

Amino acid	Abbreviated names		M_r	pK_a values			pI	Hydrophathy index*	Occurrence in proteins (%)
				pK_1 (-COOH)	pK_2 (-NH ₃ ⁺)	pK_R (R group)			
Nonpolar, aliphatic R groups									
Glycine	Gly	G	75	2.34	9.60		5.97	-0.4	7.2
Alanine	Ala	A	89	2.34	9.69		6.01	1.8	7.8
Valine	Val	V	117	2.32	9.62		5.97	4.2	6.6
Leucine	Leu	L	131	2.36	9.60		5.98	3.8	9.1
Isoleucine	Ile	I	131	2.36	9.68		6.02	4.5	5.3
Methionine	Met	M	149	2.28	9.21		5.74	1.9	2.3
Aromatic R groups									
Phenylalanine	Phe	F	165	1.83	9.13		5.48	2.8	3.9
Tyrosine	Tyr	Y	181	2.20	9.11	10.07	5.66	-1.3	3.2
Tryptophan	Trp	W	204	2.38	9.39		5.89	-0.9	1.4
Polar, uncharged R groups									
Serine	Ser	S	105	2.21	9.15		5.68	-0.8	6.8
Proline	Pro	P	115	1.99	10.96		6.48	1.6	5.2
Threonine	Thr	T	119	2.11	9.62		5.87	-0.7	5.9
Cysteine	Cys	C	121	1.96	10.28	8.18	5.07	2.5	1.9
Asparagine	Asn	N	132	2.02	8.80		5.41	-3.5	4.3
Glutamine	Gln	Q	146	2.17	9.13		5.65	-3.5	4.2
Positively charged R groups									
Lysine	Lys	K	146	2.18	8.95	10.53	9.74	-3.9	5.9
Histidine	His	H	155	1.82	9.17	6.00	7.59	-3.2	2.3
Arginine	Arg	R	174	2.17	9.04	12.48	10.76	-4.5	5.1
Negatively charged R groups									
Aspartate	Asp	D	133	1.88	9.60	3.65	2.77	-3.5	5.3
Glutamate	Glu	E	147	2.19	9.67	4.25	3.22	-3.5	6.3

*A scale combining hydrophobicity and hydrophilicity of R groups; it can be used to measure the tendency of an amino acid to seek an aqueous environment (- values) or a hydrophobic environment (+ values). See Chapter 12. From Kyte, J. & Doolittle, R.F. (1982) *J. Mol. Biol.* **157**, 105 – 132.

†Average occurrence in over 1150 proteins. From Doolittle, R.F. (1989) Redundancies in protein sequences. In *Prediction of Protein Structure and the Principles of Protein Conformation* (Fasman, G.D., ed) Plenum Press, NY, pp. 599–623.

Alanina



PUNTO ISOELETTRICO (pI)

:

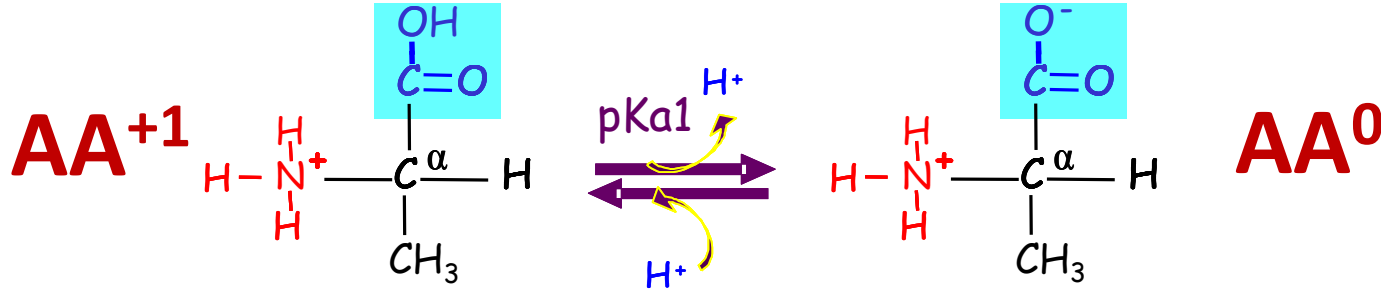
$$\text{pI} = \frac{(\text{pKa1}(\alpha\text{-COOH}) + \text{pKa2}(\alpha\text{-NH}_3^+))}{2}$$

$$\text{pKa1} = 2.34$$

$$\text{pKa2} = 9.69$$

$$\text{pI} = (2.34 + 9.69) / 2 = 6.01$$

Consideriamo la dissociazione del gruppo α -COOH



$$pH = pKa + \log \frac{[A^-]}{[HA]}$$

$$pH = pKa1 + \log \frac{[AA^0]}{[AA^{+1}]} \rightarrow pH = pKa1$$

Se $[AA^{+1}] = [AA^0]$ il gruppo α -COOH sarà dissociato al 50%

La forma cationica AA^{+1} dell'alanina e quella zwitterionica AA^0 sono presenti in soluzione in uguale concentrazione.

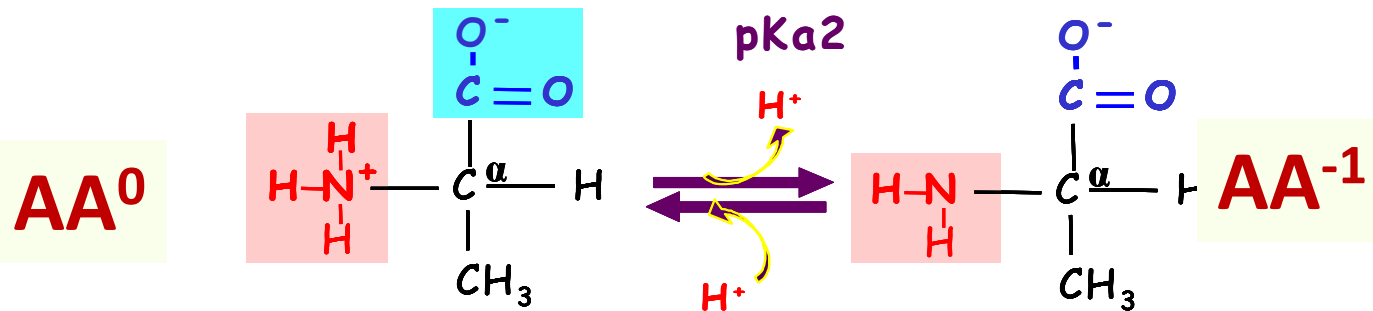
pKa1 2.34 pH 1.34

$$\text{pH} = \text{pKa1} + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]} \rightarrow \text{pH} = 1.34 = 2.34 + \text{Log} [\text{A}^-]/[\text{AH}]$$

$$\rightarrow \text{Log} [\text{A}^-]/[\text{AH}] = -1 \rightarrow [\text{A}^-]/[\text{AH}] = 10^{-1} = 1/10$$

a pH 1.34 avremo il 90% di AH e il 10% di A-

Considerando la dissociazione del gruppo $\alpha\text{-NH}_3^+$



$\text{pH} = \text{pKa} + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$ $\text{pH} = \text{pKa2} + \log \frac{[\text{AA}^{-1}]}{[\text{AA}^0]}$ $\rightarrow \text{pH} = \text{pKa2}$

Quando $[\text{AA}^0] = [\text{AA}^{-1}]$

Il valore del pH è uguale al valore del pKa2

Il valore del **pKa2** è uguale a quel valore di pH in corrispondenza del quale:

Il gruppo $\alpha\text{-NH}_3^+$ è dissociato al 50% e quindi $[\text{AA}^0] = [\text{AA}^{-1}]$