

## NOȚIUNI GENERALE

Călăuzit de relevările spirituale și practice, omul a depus și depune încontinuu eforturi de a pătrunde sensul vieții. La diferite etape de dezvoltare a gândirii el a desprins cele mai fine legități ale existenței materiei vii. Anticii nu încetau să se minuneze de frumusețea și misterele naturii ființelor vii, remarcând noi și noi fenomene, exprimări ale perfecțiunii ei, dar nu erau în stare să explice esența și armonia lumii înconjurătoare. Marele adevăr era interpretat că Mîntuitorul a creat această lume.

Calea de acumulare a cunoștințelor a fost lungă și complicată. Aspectul științific își croia drumul prin scolastica și metafizica materialiştilor din epoca timpurie. Descoperirea lui C. Darwin a contribuit la descătușarea spiritului uman. În baza unor date modeste și a analizei profunde în domeniul paleontologiei, el formulează cea mai vastă și universală concepție în biologie - evoluția biologică continuă.

Studiile savanților din jumătatea a doua a secolului XIX sunt inspirate de această concepție. Dezvoltarea impetuoasă a chimiei organice, anorganice și fizice a permis și cercetarea unor sisteme vii - crește și numărul compușilor extrași din organismele vii.

Complexitatea obiectelor materiale a condus la diferențierea cercetărilor științifice. Emil Fisher a determinat structura multor glucide, a elaborat metode de extragere a aminoacizilor din hidrolizate proteice, a stabilit configurațiile optice ale aminoacizilor și glucidelor, a demonstrat specificitatea acțiunii enzimelor. Aceste studii au stat la baza biochimiei.

Termenul **biochimie** a fost aplicat pentru prima dată în 1903 de către Carl Neiberg. Astfel, pornind de la pilonii chimiei organice și fiziologiei noua știință s-a structurat în mai multe aspecte: enzimologie, imunologie, genetică, etc - încît astăzi optica cercetărilor eclipsează oportunități din cele mai strigente ale problemelor actuale.

*Ce reprezintă azi biochimia modernă?*

1. Savanții, în calitate de criteriu, în investigațiile lor iau în considerare mărimea particulelor studiate. Biochimiei îi corespunde aranjamentul atomilor în moleculă, adică la nivel molecular. **Bios** în limba greacă înseamnă *viață*. Prin urmare, **biochimia este știința care studiază bazele moleculare ale vieții**.

2. Compușii organici simpli, constituențele organismelor aparțin doar lumii vii și sunt produse ale activității biologice. Acești compuși sunt numiți **biomolecule** și au rol funcțional de a servi drept blocuri de construcții în formarea structurilor biologice. Ele au fost selectate evolutiv datorită capacității de a îndeplini funcții strict determinate în celulele vii. În toate organismele vii acești compuși sunt similari, interdependenți, care interacționează, participă la procesele de transfer al energiei și ale transformărilor de substanțe. Prin urmare, aceste biomolecule pot fi caracterizate din două puncte de vedere: chimic și biologic, ceea ce denotă că **biochimia este o superchimie a materiei organizat perfect, fapt ce oferă largi posibilități în studiul tainelor organismelor vii, o chimie a celei mai perfect organizate materii**.

Biochimia este una dintre sferele științifice cele mai atrăgătoare în aplicarea rațiunii umane, a talentului și forțelor creatoare ale tineretului. Ea înregistrează succese



remarcabile și o evoluție continuă.

*În ce rezidă succesul acestei științe?*

1. Biochimia a reușit să elucideze bazele chimice ale unui șir de probleme referitoare la structurile biomoleculelor și proceselor metabolice ca: dublul helix al DNA, codul genetic, structura tridimensională a unor proteine, căile generale ale metabolismului.

2. Datorită biochimiei au fost determinate căile generale de transformare a moleculelor și a principiilor ce stau la baza diferitelor forme de exprimare a vieții. Omul și bacteriile au mult în comun la nivel molecular - aceleași blocuri de construcții pentru formarea macromoleculelor, identitatea transmiterii informației genetice de la DNA → RNA → proteină, iar ATP, valuta energetică, este folosită în ambele cazuri.

3. Biochimia are o influență tot mai surprinzătoare asupra medicinei, mai ales în stabilirea diagnosticului clinic în baza activității enzimelor. Conținutul (prezența) unor enzime în serul sanguin poate servi drept criteriu determinant al diagnosticului infarctului miocardic, hepatitelor etc. Anume biochimia este suportul medicației. O importanță deosebită o are elucidarea mecanismelor moleculare ce stau la baza unor afecțiuni ereditare, a anomaliilor metabolismului.

Biochimia are o vastă aplicare, fiind destinată atât studenților, medicilor, biologilor, chimiștilor, cât și oricărui om inteligent. Puțini conștientizează că un termen, azi simplu pînă la banalitate, conține un revers - munca titanică a multor savanți, unii dintre care au fost distinși cu premiul Nobel.

4. Evoluția rapidă a biochimiei le-a permis savanților să cerceteze probleme cruciale în biologie, medicină, cum ar fi: diferențierea celulelor și reglarea creșterii lor, determinarea rolului celulelor la formarea organismului, la dezvoltarea mecanismului memoriei, în determinarea cauzelor cancerului și schizofreniei etc. Deocamdată răspunsuri complete la multe întrebări nu avem, dar un lucru e cert - toate aceste probleme sunt determinate de factorii moleculari ce se modifică continuu.



**Charles Darwin**  
1809 - 1882



**Emil Fisher**  
1852 - 1919



## PARTICULARITĂȚILE MATERIEI VII

Constituenții materiei vii sunt compuși din moleculele materiei moarte. Ele în parte, se supun legilor ce caracterizează comportarea obiectelor inanimate, cu toate că întrunesc calități neordinare. Cea mai concludentă particularitate este complexitatea și *gradul înalt de organizare* ce se caracterizează prin structura internă compusă și diversitatea de molecule. Organismele vii sunt reprezentate prin milioane de specii. O altă particularitate constă în faptul că *orice parte componentă își are sensul său specific și îndeplinește o funcție strict determinată*. Aceasta se referă nu numai la structurile macroscopice, dar și la structurile intracelulare microscopice, cum ar fi nucleul. Structurile acestea sunt înzestrate cu funcții speciale și compuși ce se conțin în celulă - proteine, lipide. A treia particularitate care ne apropie de sensul proceselor vitale constă în faptul că *organismele vii sunt capabile să extragă, să transforme și să utilizeze energia mediului ambiant fie sub forma compușilor organici nutritivi, fie sub forma energiei solare*. Ultima particularitate permite organismelor să-și genereze sursa lor proprie de energie și să-și asigure integritatea. Pe contul acestei energii se efectuează lucrul mecanic, se realizează transferul membranelor al substanțelor. Organismele vii niciodată nu se află în stare de echilibru în ceea ce privește procesele declanșate de organismul propriu-zis, precum și în interacțiunea cu mediul ambiant. Dar cea mai surprinzătoare particularitate a organismului este *capacitatea de a se reproduce, a se înmulți, a se procrea, însușire ce poate fi considerată drept chintesența lui*.

Este evident că organismele vii sunt compuse din aceleași molecule, dar care ar fi totuși cauza că materia vie se deosebește radical de cea moartă?

*De ce organismul viu este ceva mai mult decât totalitatea componentelor avitali?* Anume aceasta este problema principală ce relevă sensul biochimiei. **Scopul final al științei biochimia rezidă în perceperea enigmelor vieții sub toate formele ei.** Și, ca rezultat, avem nevoie de un student, viitor medic specialist care să nu fie doar un "dicționar" al termenilor biochimiei, dar și apt să aprecieze critic și constructiv datele experimentale pe care se bazează cunoștințele noastre despre procesele vitale.

În studiul disciplinei deosebim trei compartimente:

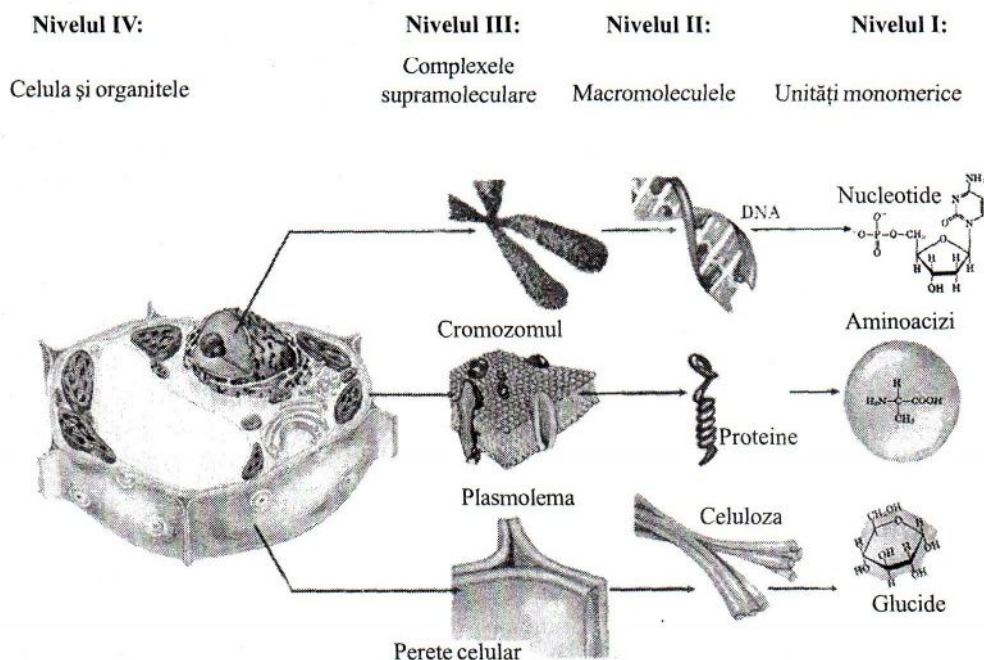
1. Biochimia statică - studiază în exclusivitate analiza, componența chimică a organismelor.
2. Biochimia dinamică - elucidează complexitatea modificărilor de substanțe în organism.
3. Biochimia funcțională - cercetează procesele chimice ce stau la baza diferitelor manifestări ale vitalității.

*Biochimia este o știință experimentală*, succesul căreia e legat indispensabil de capacitatea de a experimenta, bazată pe cunoștințele moderne, utilizând o tehnică avansată de laborator, precum și de sinteza datelor înregistrate, o interpretare și analiză veridică a explorărilor efectuate.

În ierarhia structurală a milioanele de proteine diferite, de exemplu, deosebim, mai multe niveluri de organizare: atomic, molecular, celular. Pentru activitatea organului respectiv e caracteristic nivelul corespunzător, iar pentru organismul integru - forma superioară de organizare a materiei vii.



Cea mai importantă direcție în dezvoltarea biochimiei contemporane e studierea proceselor biochimice la nivelul molecular. Viteza acestor procese e determinată de diverși factori ca: concentrația ingredientilor, pH, bariera energetică, activitatea fermenților respectivi, prezența activatorilor și inhibitorilor. Interacțiunea dintre acești factori se efectuează în mod diferit, cu o reflecție indispensabilă în procesele reglatoare la diferite niveluri.



*Ierarhia structurală în organizația moleculară a celulelor*

Un alt important nivel de studiu este cel multienzimatic, vizînd proteinele specifice reglatoare, ce intră în componența endo- și exomembranelor.

Compartimentele intracelulare se caracterizează prin prezența unor procese biochimice dominante. Aceste structuri se deosebesc nu numai morfologic și citochimic, dar și biochimic. Anume la acest nivel are loc compartimentalizarea și specificarea proceselor biochimice. Ca obiect pentru studiul metabolismului energetic servesc mitocondriile, iar procesele biosintetice sunt concentrate în ribozomi și fracțiunile citoplasmice.

La nivelul celular are loc o interacțiune între procesele biochimice în diferite structuri intracelulare, cu integrarea lor. La același nivel, datorită prezenței în celule a diferitelor mecanisme reglatoare, se evidențiază o acțiune specifică evidentă a substanțelor biologice active: hormoni, mediatori, oligopeptide, stimulenți și inhibitori. Acționînd asupra sistemelor polienzimatice, apariția mecanismelor reglatorii condiționează un echilibru dinamic al proceselor biochimice și de aceea celula intactă e în stare de *homeostazie*. W. Canon propune acest termen în 1929 pentru determinarea constantei mediului intern - condiție indispensabilă pentru existența organismelor vii. Acest echilibru e circumstanța primordială a proceselor de autoasamblare, autoorganizare și autoreglare, ce determină funcțiile



biologice cardinale: creșterea, înmulțirea, mitoza și diferențierea celulelor. Starea de homeostazie se păstrează nu numai în condiții normale, dar și la acțiunea diferitor factori nocivi asupra organismului și, de asemenea, în stări de stres. În aceste condiții homeostazia e determinată de prezența în organism a sistemelor complexe reglatoare coordonate de mecanisme adaptive.

Studierea profundă și vastă a proceselor biochimice ce determină menținerea homeostaziei, grație mecanismelor de adaptație, e o problemă actuală a biochimiei funcționale. Aceste investigații determină esența proceselor chimice ce stau la baza funcțiilor fiziologice și pot preciza mecanismele reglatorii ce delimitează homeostazia în stări extremale. Aceasta e o problemă ce prezintă atât interes teoretic, cât și practic.

În ultimii 30-40 de ani în studiile biochimice au apărut modificări radicale datorită utilizării *metodelor moderne de cercetare*. A crescut considerabil sensibilitatea și exactitatea aprecierilor cantitative ale diferitor metaboliți în structurile biologice.

Datorită **spectroscopiei infraroșii** se poate studia caracterul structural al moleculei, e posibilă determinarea diferitor compuși străini în microcantități. Perfecționarea *metodei cromatografice* - în straturi subțiri - a permis extragerea metaboliților individuali din țesut chiar și atunci, când ei sunt în cantități minime. O caracteristică deosebită o au *metodele imunochimice* care au favorizat și au justificat identificarea proteinelor individuale, secvența aminoacizilor în lanț.

Un rol deosebit aparține metodei de *depistare radioactivă*, metodă care facilitează studiarea metabolismului plastic și energetic în condiții adecvate organismului intact.

O răspîndire largă o are metoda de înregistrare a izotopilor (*scintigrafia*) ce ne permite examinarea perfectă a proceselor metabolice la toate nivelurile sistemelor vii. La baza ei se află procesul de transformare a energiei particulelor primare radioactive în energia radiației electromagnetice cu lungimea de undă 430 nm. Transformarea energiei este efectuată de scintilator (lichid - pentru  $\beta$ -particule și cristal - pentru  $\gamma$ -particule). Absorbînd energia particulelor radioactive, scintilatorul elimină fotoni ce se înregistrează pe amplificatorul fotoelectronic.

Incontestabil că succesul biochimiei depinde de realizările vădite în științele înrudite precum sunt: bioorganica, anorganica, chimia analitică, fizică și coloidală, biologia, fizica și chiar matematica.

Rolul biochimiei pentru medicină e de netăgăduit, ca argument servesc doar cuvintele lui M.V. Lomonosov: "Medicul - fără cunoștințe suficiente în chimie - nu poate fi competent în materie".

Foarte accelerat se dezvoltă **biochimia clinică**, care studiază modificările proceselor biochimice în organismul uman în diferite patologii și, concomitent, elaborîndu-se metodele depistării anumitelor devieri cu scopul de a diagnostica și a pronostica evoluția stărilor morbide. În ultimii 10 ani, numărul analizelor chimice la un bolnav a crescut în medie de 4 ori. E necesar de menționat că descrierea datelor de laborator este direct dependentă de gradul și nivelul de instruire a medicului.

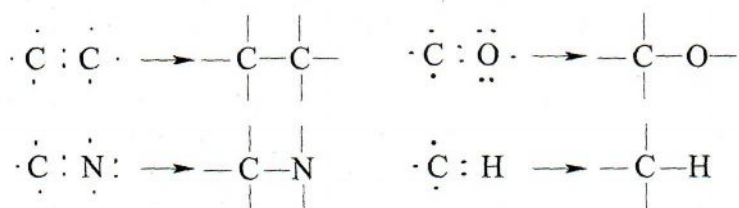
**Compușii chimici** în organisme vii sunt complecși și variați după structura lor și sunt supuși modificărilor permanente. Masa unor molecule e de milioane de Da (daltoni). Modificările conformaționale ale macromoleculelor biologice au loc foarte repede.



Pentru despletirea unei spirale de DNA, utilă pentru replicare și expresie, e necesară numai o milisecundă. Modificarea pozițională a unui domen de proteină față de altul e de o nanosekundă, iar fenomenul de senzație optică - modificări structurale ale grupelor luminoabsorbante - are loc în câteva picosecunde.

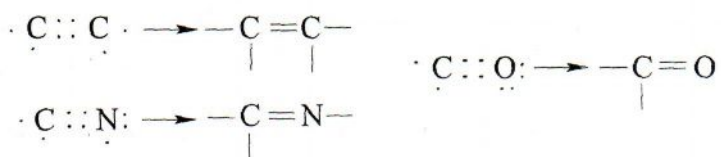
Pentru a percepe mai profund structura și funcțiile proteinelor, e necesar să ne amintim de unele *proprietăți ale biomoleculilor*. Organismele vii conțin în cantități mai mari 4 elemente: H, O, C și N. Dacă excludem H<sub>2</sub>O, căreia îi revine 75% din greutate, apoi 90% din masa reziduală le revine acestor patru elemente. Din masa totală uscată carbonului îi revin 50-60%, oxigenului - 25-30%, azotului - 8-10% și hidrogenului - 3-4 %.

1. Particularitățile chimice deosebite ale organismelor vii constau în prezența **carbonului**. El, la fel ca și oxigenul, hidrogenul, azotul, poate forma **legături covalente**, adică legături determinate de perechi de electroni aparținând ambilor atomi.



Atomii participanți la formarea acestor *legături covalente* pretind să-și asigure complexitatea cercurilor externe de electroni. Fiecare pereche de electroni corespunde unei legături ordinare.

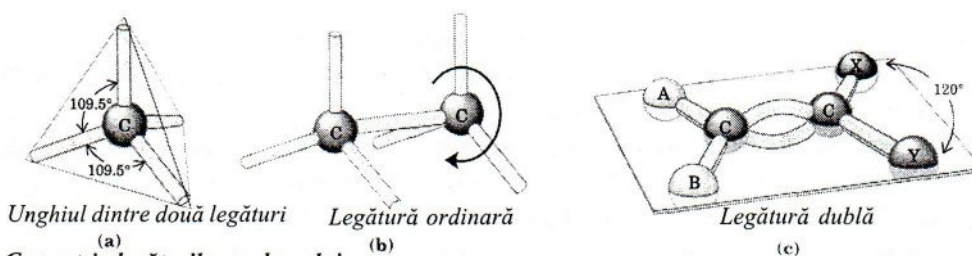
În biologie o importanță primordială o are capacitatea carbonului (C) de a diviza perechile electronice, acestea aderând la alți atomi de C, fapt ce duce la formarea unor **legături ordinare** foarte stabile. În plus, 2 atomi de C se pot îmbina între ei, conjugând 2 perechi de electroni. Astfel se formează o **legătură dublă**.



Varietatea substanțelor are ca schelet atomi de carbon, ce formează legături covalente, practic infinite: liniare, ciclice, ramurale, structuri combinate etc.

Cele 4 legături covalente ordinare ale carbonului în spațiu se configurează în tetraedru, iar mărimea unghiului dintre 2 legături indiferente e de 109,5°. În moleculele unor substanțe acest unghi poate să se modifice puțin. Datorită acestei proprietăți, **compușii carbonului formează diferite structuri tridimensionale**. Nici un alt element chimic nu poate forma molecule atât de diferite după mărime și formă, după complexitatea lanțului periferic și a grupelor funcționale.

2. A doua proprietate de bază a compușilor organici constă în faptul că particulele moleculare sunt capabile, absolut liber, să se rotească în jurul legăturilor C-C ordinare,



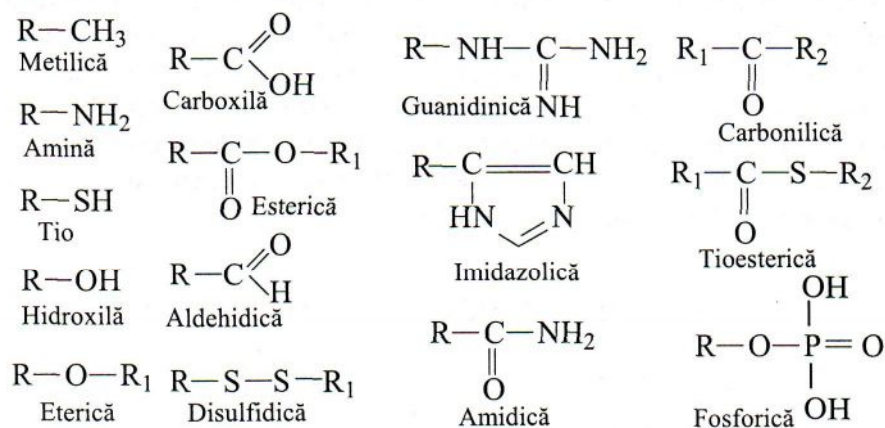
### Geometria legăturilor carbonului

numai dacă la atomii de carbon, care iau parte la formarea acestei legături, nu sunt atașate grupe foarte mari sau au o sarcină electrică mare. În ultimele cazuri rotația poate fi limitată. Așadar, moleculele organice cu un număr mare de legături ordinare pot avea diferite forme numite **conformații**, ce depind de unghiul de rotație al acestei legături.

3. A treia proprietate a legăturilor covalente formate de carbon constă în faptul că ele au o **anumită lungime**. În medie, lungimea legăturilor ordinare e de 0,154 nm; cele duble sunt mai scurte și, respectiv, egale cu 0,124 nm. Ultimele au o duritate mai mare și nu permit rotația liberă. Datorită acestei legături din moleculă unghiurile între moleculele ordinare se măresc.

**Structura tridimensională (conformația)** a biomoleculelor organice joacă un rol important în multe procese biochimice, dar mai ales în interacțiunea centrului catalitic al enzimelor cu substraturile. Pentru efectuarea funcțiilor biologice normale molecula enzimelor și a substraturilor trebuie să fie complementară, adică trebuie neapărat să coincidă. Astfel de complementare strictă e necesară pentru fixarea moleculei de hormon la receptorul său pe suprafața celulei, pentru procesul de replicare a DNA ș.a.

Poziția legăturilor ordinare în tetraedru atribuie unor compuși organici încă o proprietate deosebită, cu o repercusiune primordială în biologie. Să ne amintim că unul sau mai mulți atomi de hidrogen pot fi înlocuiți cu diferite **grupe funcționale**, care sunt reactibile și pot modifica repartizarea electronilor și poziția electronilor învecinați, modificând astfel și reactibilitatea întregii molecule. Majoritatea biomoleculelor conțin grupe funcționale de diferite tipuri și de aceea posedă diferite însușiri polifuncționale, determinând și activitatea biologică.



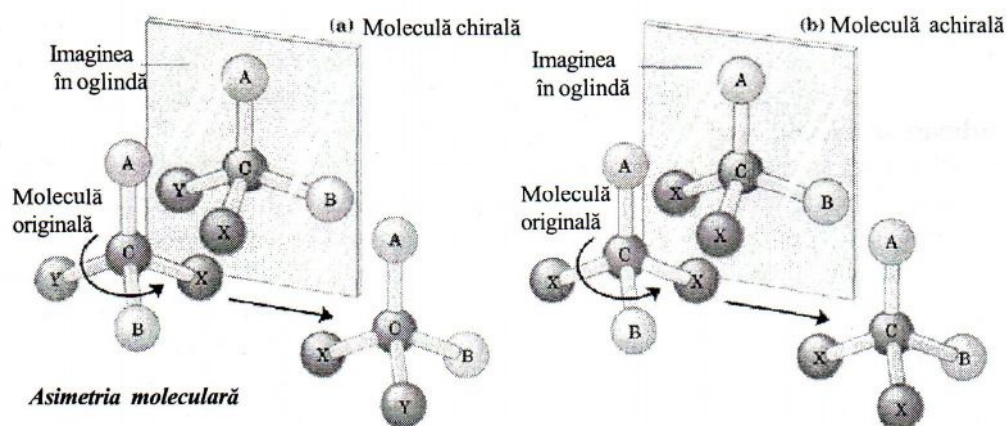
Unele grupe funcționale în biomolecule



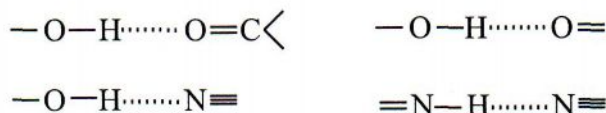
Întotdeauna, cînd în molecula compușilor organici atomul de carbon e legat cu 4 atomi sau grupe funcționale diferite, se spune că acest atom e **asimetric**, deoarece el poate funcționa în două forme izomere, deosebindu-se printr-o configurație spațială proprie - **enantiomerii (stereoizomeri sau izomeri optici)**. În reacțiile chimice izomerii se comportă în același mod, dar se deosebesc după o proprietate fizică, și anume - după capacitatea de a roti planul luminii polarizate în stînga sau în dreapta.

Deoarece astfel de compuși cu atomi de carbon se atestă în două forme, au fost numiți **compuși chiralici** (*chiros*-din greacă - *mînă*).

Atomul central asimetric din acești compuși e numit **atom chiralic** sau **centru chiralic**. În organismele vii moleculele chiralice se află numai în una din cele două forme posibile, cauza fiind structura hiralică a moleculelor enzimelor.



În sistemele biologice e foarte răspîndit și un alt tip de legătură - cea *de hidrogen*, care ușor se formează între atomul electronegativ (O și N) și atomul de hidrogen (H) legat covalent cu un alt atom electronegativ în aceeași sau altă moleculă. Atomii de hidrogen în asemenea condiții comportă încărcături parțial pozitive, apropiindu-se de interacțiunea electrostatică. Legăturile acestea sunt mai slabe decît cele covalente. Una din particularitățile lor este duritatea maximă în condițiile în care orientarea reciprocă a moleculelor legate determină o energie maximă a interacțiunii electrostatice. Legătura dată este determinată de o anumită direcție și datorită ei e aptă să rețină ambele molecule sau grupe într-o orientare reciprocă, determinînd complementaritatea suprafețelor moleculelor activate. Aceste legături servesc drept orientare, ce creează un contact perfect dintre suprafețele moleculare.

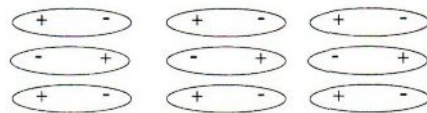


*Legături de hidrogen*



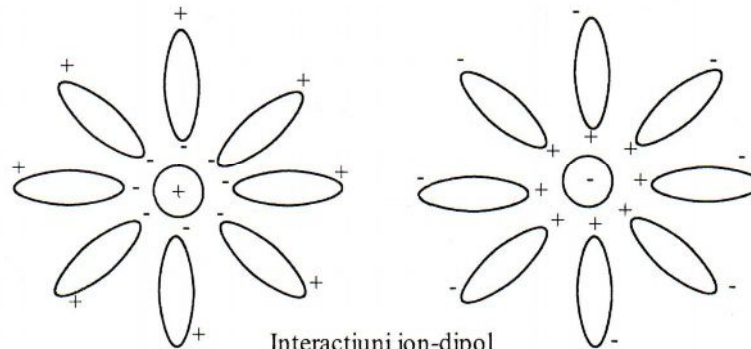
La distanțe reduse acționează *forțele lui Van der Waals* ce sunt determinate de atracția electrostatică a electronilor cu sarcină negativă de către un atom de nucleu încărcat pozitiv al altui atom.

Atracția între grupele electrizate determină *forțele electrostatice* și apare între sarcinile de forță mare care se află în apropiere, modificând conformația moleculelor ( $\text{COO}^-$  și  $\text{NH}_3^+$ ), ( $\text{COO}^-$  și  $\text{Ca}^{++}$ ). Acest tip de *legătură dipol-dipol* este caracteristic moleculelor polare care, ajunse în contact, se influențează reciproc datorită efectelor electrostatice. Moleculele polare sub raport structural pot fi identice sau diferite. Dispunerea acestor molecule în spațiu se face ordonat cu polii de semn contrar proximitate reciprocă.



Interacțiuni dipol-dipol

Datorită forțelor de atracție electrostatice la substanțele cu molecule polare temperaturile de topire și fierbere sunt mai ridicate comparativ cu substanțele cu molecule analoage, dar nepolare. Hidratarea ionilor influențează simțitor interacțiunea electrostatică, fiindcă fiecare ion în apă e înconjurat cu un strat de molecule de apă, orientat într-un fel anumit și determinat de atracția dipolilor de apă la ionul încărcat. *Legăturile ion-dipol* se află în sistemele în care mediul este format din molecule polare. În aceste sisteme se produce orientarea dipolilor moleculelor polare în jurul ionilor.



Interacțiuni ion-dipol

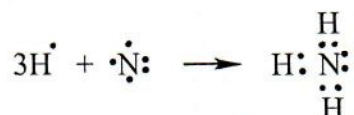
Fenomenul acesta este denumit *solvatare*, iar în cazul în care moleculele polare aparțin apei este numit *hidratare*.

Distingem și *forțe (legături) hidrofobe*, ceea ce denotă agregarea grupelor nepolare. Procesul poate fi explicat ca un transfer al particulelor nepolare ale moleculei de apă în porțiunea hidrofobă. Un rol deosebit îl joacă în acest proces capacitatea pronunțată a moleculelor de apă de a se lega între ele. Un efect incontestabil al acțiunii acestor forțe se manifestă prin creșterea vădită a structurii apei - limitarea fluidității moleculelor de apă. De interacțiunea hidrofobă depinde și așa-numita *interacțiune Stacking* (forțe de instivuire), care apare între perechile de baze azotate aranjate în stive la distanța razelor Van der Waals. Aceste forțe stabilizează dublul helix de DNA.



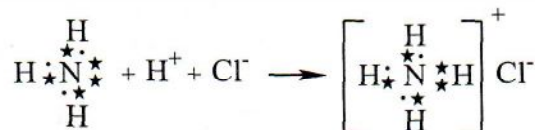
Un caz particular al legăturii covalente este *legătura coordinativă*. În cazul acestei legături dubletul de electroni puși în comun aparține doar unuia din atomi, denumit donator sau atom nucleofil, iar celălalt atom (legat prin acest dublet) se numește acceptor sau atom electrofil.

Astfel de legături pot da atomii donatori de azot, oxigen, fosfor și sulf. În cazul azotului, acesta participă la formarea amoniacului cu trei din cei cinci electroni de valență:

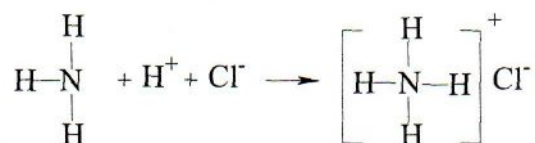


rămânând o pereche de electroni care nu participă la formarea legăturii, pereche denumită **dublet neparticipant**.

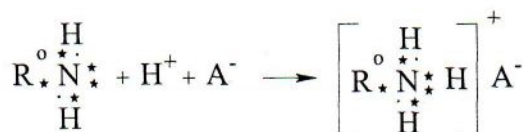
În cazul tratării unei soluții de acid clorhidric (care este disociat în  $\text{H}^+$  și  $\text{Cl}^-$ ) cu amoniac, ionul de  $\text{H}^+$ , neavând o configurație stabilă, se atașează dubletului neparticipant, formând ionul de amoniu. Sarcina acestuia se echilibrează prin anionul  $\text{Cl}^-$ :



sau



Similar, în cazul interacțiunii dintre o amină ( $\text{R}-\text{NH}_2$ ) și un acid oarecare ( $\text{AH}$ ):



sau, în redare curentă:



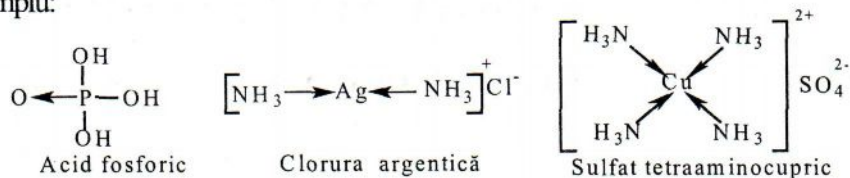
În astfel de compuși întâlniți și ca **biomolecule** există: legături covalente (în radicalul R, între acesta și atomul de azot, între atomul de azot și doi atomi de hidrogen); o legătură coordinativă (între atomul de azot și atomul de hidrogen); o legătură ionică (între cationul aminic și anionul acid  $\text{A}^-$ ).

Legătura coordinativă astfel formată se mai numește *legătura donator-acceptor*. Ionul format se numește ion complex, iar combinația astfel rezultată se numește *combinație coordinativă*.

La notarea curentă legătura coordinativă se simbolizează printr-o săgeată orientată cu vârful înspre atomul acceptor.



Exemplu:



Dintre aceștia, ultimii doi compuși sunt **combinații complexe**.

În accepția teoriei combinațiilor complexe în acești compuși, se distinge un ion complex înscris între paranteze și unul sau mai mulți ioni externi înscrisi în afara parantezei. **Ionul complex** este format dintr-un atom sau ion central, în jurul căruia se grupează mai mulți atomi, molecule neutre sau ioni (de sarcină contrară ionului central). Numărul acestora este denumit **număr de coordinație**.

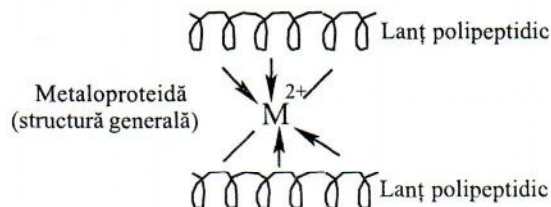
Numărul de coordinație este independent de valența atomului sau ionului central. Mai frecvent se întâlnesc numerele de coordinație 6 (Fe, Co, Cr) și 4 (Cu, Ni), iar mai rar numerele 2 (Ag) și 8. Combinațiile complexe sunt întâlnite și în natură în cazul unor bioconstituenți care conțin O, P sau S.

În cazul compușilor organometalici prezenți în sistemele biologice este întâlnită **legătura chelatică**. În astfel de legături ionii metalici ( $M^{n+}$ ) stabilesc legături cu diverși atomi din biomolecule, legătura fiind caracteristică îndeosebi proteidelor. Dintre ionii metalici, în legăturile chelatice se întâlnesc mai des ionii divalenți ( $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  ș.a)

Ionul metalic formează o legătură chelatică (gr. *chela*-clește) în formă de «complex intern», spre exemplu, cu un aminoacid sau o catenă polipeptidică (considerați liganzi).

**Legătura chelatică se stabilește de fapt între ionul metalic și atomi de N și O ai**

**ligandului, fiind o legătură coordinativă**. Ionul metalic poate stabili legături coordinative și cu liganzi (L) formați din molecule mici. Alături de legăturile coordinative (menționate mai sus), în chelați apar legături covalente. Astfel de chelați se întâlnesc



în cazul metaloproteidelor, a căror structură generală evidențiază prezența acestor legături.

Un compus chelatic, mai simplu, se formează prin legarea unui aminoacid de ionul cupric  $\text{Cu}^{2+}$ , ca rezultat al interacțiunii dintre aminoacid și hidroxidul sau fosfatul cupric. În compusul astfel format apar legături covalente și coordinative (reprezentate prin săgeți).

Se poate conchide că în materia vie pot să apară **legături de natură chimică** (covalente, ionice, de hidrogen) și **legături de natură fizică** (legături dipol-dipol, ion-dipol, Van der Waals etc.), precum și unele **interacțiuni complexe**, care cuprind mai multe tipuri de legături. În acest mod se formează asociațiile moleculare numite **cenapse**, vizînd grupe de substanțe cum ar fi: proteide-lipide, proteide-glucide, glucide-lipide sau chiar proteide-glucide-lipide.

