

LEBRIS

We know  
books

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII

# CHIMIE

FILIERA TEORETICĂ, PROFIL REAL, SPECIALIZAREA  
MATEMATICĂ-INFORMATICĂ ȘI ȘTIINȚE ALE NATURII

Manual  
pentru  
clasa  
a XI-a

**C1**



### Capitolul I. Compuși organici și reacțiile lor chimice

I.1. Clasificarea compușilor organici .....	7
I.2. Izomeria compușilor organici .....	12
I.3. Tipuri de reacții în chimia organică.....	20
I.4. Aspecte cantitative în desfășurarea reacțiilor chimice organice.....	30
Test de evaluare.....	36

### Capitolul II. Compuși organici cu funcțiuni simple

II.1. Compuși halogenați.....	39
Test de evaluare.....	46
II.2. Compuși hidroxilici.....	47
II.2.1. Alcoolii.....	47
II.2.2. Fenoli .....	51
Test de evaluare .....	58
II.3. *Amine.....	59
Test de evaluare .....	68
II.4. *Compuși carbonilici .....	69
II.5. Compuși carboxilici .....	81
Test de evaluare .....	86

### Capitolul III. Compuși organici cu funcțiuni mixte

III.1. Aminoacizi .....	89
III.2. Proteine .....	94
III.3. Zaharide .....	101
III.3.1. Monozaharide.....	101
III.3.2. Oligozaharide.....	107
III.3.3. Polizaharide.....	109
III.4. Acizi nucleici.....	114
III.5. Procese metabolice și obținerea de energie .....	117
Test de evaluare.....	122
Exerciții și probleme recapitulative.....	123
Anexe.....	125
Răspunsurile exercițiilor și problemelor .....	127

Textele marcate cu asterisc (\*) reprezintă elemente de conținut ale curriculum-ului diferențiat (CD)

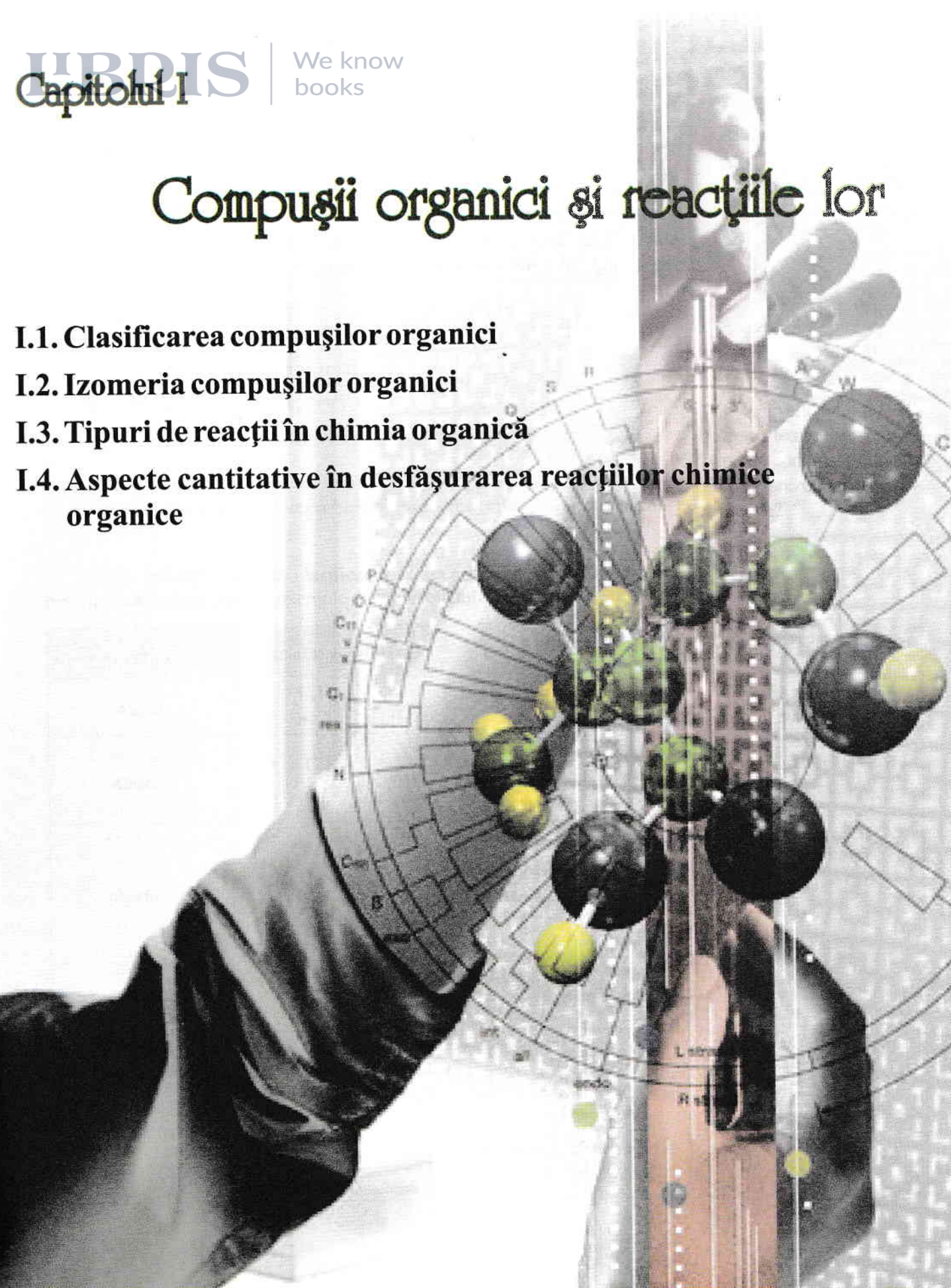
# Compușii organici și reacțiile lor

**I.1. Clasificarea compușilor organici**

**I.2. Izomeria compușilor organici**

**I.3. Tipuri de reacții în chimia organică**

**I.4. Aspecte cantitative în desfășurarea reacțiilor chimice organice**



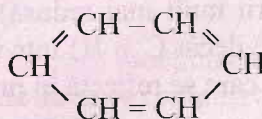
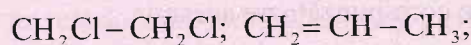
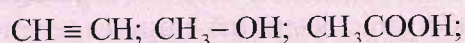
Deși compușii organici conțin un număr redus de elemente chimice numite elemente organogene, numărul acestora în natură este foarte mare.

Din punct de vedere al compoziției chimice, anul trecut ați studiat că substanțele organice se clasifică în hidrocarburi și derivați ai hidrocarburilor.

Fiecare dintre categoriile de compuși organici amintite se clasifică în alte clase de compuși, chiar dacă acestea conțin uneori aceleași elemente organogene.

### Activitate independentă

Pentru substanțele organice următoare:



a) Scrie denumirea.

b) Precizează care este hidrocarbura și care este derivat de hidrocarbura.

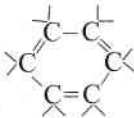
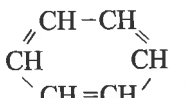
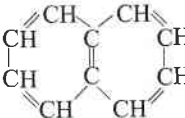
### Să ne amintim!

• Elemente organogene: C, H, O, N, S, X (F, Cl, Br, I), P etc., adică nemetale.

### Știați că...

– la nivelul anului 1990 se cunoșteau peste 5 milioane de compuși organici, iar în prezent peste 10 milioane?

Tabelul următor prezintă clasificarea hidrocarburilor, formula generală pentru fiecare clasă în parte, exemple de reprezentanți și denumirile acestora.

Clasa de hidrocarburi	Formulă generală	Legături chimice conținute; N.E.	Exemple de reprezentanți. Denumire
Alcani	$\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ $n \geq 1$	legături covalente simple N.E. = 0	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ butan
Alchene	$\text{C}_n\text{H}_{2n}$ $n \geq 2$	legătură covalentă dublă , C = C, și legături simple N.E. = 1	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ 2-pentenă
Alcadiene	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ $n \geq 3$	2 legături covalente duble și legături simple N.E. = 2	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$ 1,3-butadienă $\text{CH}_2 = \underset{\text{CH}_3}{\text{C}} - \text{CH} = \text{CH}_2$ 2-metil-1,3-butadienă
Alchine	$\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ $n \geq 2$	legătură covalentă triplă -C ≡ C- și legături simple N.E. = 2	$\text{HC} \equiv \text{CH}$ etină
Hidrocarburi aromatice (arene)	$\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$ $n \geq 6$ mononucleare	 un nucleu benzenic N.E. ∈ [4,7)	 benzen
	$\text{C}_n\text{H}_{2n-12}$ $n \geq 10$ dinucleare, polinucleare	2 sau mai multe nuclee benzenice N.E. ≥ 7	 naftalen

**Nota:** În tabelul prezentat, N.E. reprezintă nesaturarea echivalentă (gradul de nesaturare) a unui compus organic;  $NE \geq 0$  (număr întreg).

$$N.E = \frac{\sum n_i (v_i - 2)}{2}, \text{ unde:}$$

$n_i$  – nr. atomi element organogen;

$v_i$  – valența corespunzătoare.

În anul anterior ați constatat că alcanii, hidrocarburi saturate aciclice, au reactivitatea cea mai scăzută. În legăturile simple (sigma –  $\sigma$ ) conținute de alcani, distribuția electronilor este uniform echilibrată, astfel că acestea sunt cel mai greu de distrus. Prezența unei legături  $\pi$  (cu energie necesară ruperii mult mai redusă) sau a unor *heteroatomi* (elemente organogene altele decât C și H) într-un compus organic determină creșterea reactivității, care se reflectă în proprietățile corespunzătoare acestuia.

*Grupa funcțională reprezintă atomi sau grupa de atomi care determină o comportare fizico-chimică caracteristică tuturor compuşilor care o conțin.*

Compușii care conțin o grupă funcțională identică, dar diferă între ei printr-o grupare „–  $CH_2$  –“ alcătuiesc o *serie omoloagă* sau *clasă de compuși organici*. Deosebirea dintre componenții unei serii omoloage sunt de ordin cantitativ și nu calitativ. În cadrul unei serii omoloage, termenii diferă puțin între ei din punct de vedere al proprietăților fizice, respectiv al proprietăților chimice. Termenii care au același număr de atomi de C, dar care conțin grupări funcționale diferite, au cu totul alte proprietăți. De exemplu, ați învățat anul trecut că etanolul (care conține grupa funcțională – OH) are punctul de fierbere mai ridicat decât al etanului, cu toate că fiecare conține câte doi atomi de C. Aceasta datorită naturii legăturilor intermoleculare din cele două substanțe.

### Activitate independentă

Trasați săgeți între substanțele organice considerate și tipul legăturilor intermoleculare conținute, respectiv punctul de fierbere corespunzător. Justificați alegerea făcută.

Legături de hidrogen	$CH_3 - CH_3$ etan	– 88,6°C
Forțe (legături van der Waals)	$CH_3 - CH_2 - OH$ etanol	78°C

S-a constatat că, în cadrul unei serii omoloage, restul de hidrocarbură poate influența gradul de manifestare a unei proprietăți chimice, dar nu schimbă proprietatea respectivă. De exemplu, substituenții de ordinul I legați de benzen măresc reactivitatea acestuia în reacțiile de substituție, prin creșterea densității de electroni pe nucleu. Prezența substituenților de ordinul II micșorează reactivitatea nucleului benzenic de care sunt legați, în aceeași reacție de substituție.

Clasă de compuși	Sufix sau prefix
1. Acizi	-oic carboxi-
2. Esteri	-oat alcoxi-
3. Amide	-amidă amido-
4. Nitrili	-nitril ciano-
5. Aldehyde	-al formil-
6. Cetone	-onă oxo-
7. Alcoolii	ol- hidroxi-
8. Fenoli	-ol hidroxi-
9. Amine	-amină amino-
10. Alchene	-enă alchenil-
11. Alchine	-ină alchinil-
12. Alcani	-an alchil-

Fig. 1. Prioritatea în denumirea grupelor funcționale (după IUPAC)

### Să ne amintim!

- Substituenții de ordinul I:  $-CH_3$ ;  $-CH_2 - CH_3$ ;  $-X$ ;  $-OH$ ;  $-NH_2$ ;  $-OR$  etc.
- Substituenții de ordinul II:  $-NO_2$ ;  $-COOH$ ;  $-CHO$ ;  $-CN$  etc.

Serie ecuațiile reacțiilor de clorurare ale benzenului (fenolului) și respectiv nitrobenzenului. Care dintre reacții decurge mai ușor?

În concluzie, *grupa funcțională are rol hotărâtor* în stabilirea proprietăților substanțelor organice, acestea fiind determinate într-o manieră mai mică de restul de hidrocarbură. De aceea se impune *clasificarea compușilor organici după gruparea funcțională conținută*.

Heteroatomii sau grupele de heteroatomi pot substitui unul sau mai mulți atomi de hidrogen în hidrocarbură, luând astfel naștere compuși organici cu funcțiuni organice de o anumită valență: *funcțiune organică monovalentă, divalentă și respectiv trivalentă* (fig. 2).

În afara compușilor care conțin același tip de grupare funcțională legată de un rest de hidrocarbură, există și un număr foarte mare de compuși care au mai multe grupări funcționale diferite. Aceste substanțe alcătuiesc clasa de compuși cu *funcțiuni organice mixte*.

Deoarece fiecare grupare funcțională are un comportament bine definit, este ușor de dedus că suprapunerea însușirilor provenite de la mai multe funcțiuni diferite și interacțiunea dintre ele vor determina o reactivitate chimică complexă, cu foarte multe posibilități de manifestare.

Tabelele următoare prezintă clasificarea compușilor organici după natura grupei funcționale conținute, formula grupei funcționale, denumirea științifică, dar și cei mai importanți reprezentanți ai clasei corespunzătoare.

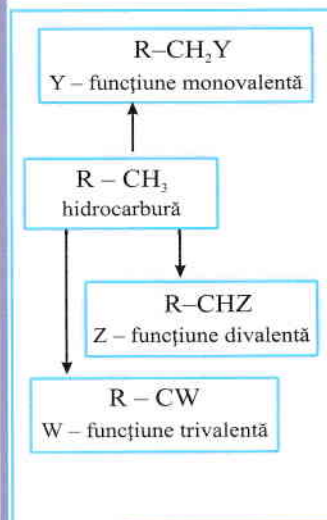
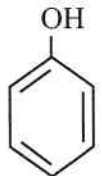
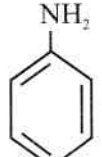
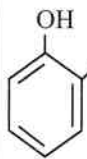


Fig. 2. Clasificarea funcțiunilor organice după valență

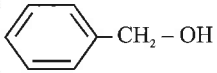
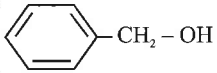
Tip grupă funcțională		Compuși organici	Formulă generală	Reprezentanți. Denumire
Funcțiuni monovalente	halogen - X (F, Cl, Br, I)	compuși halogenați	R - X R - radical hidrocarbonat	CH <sub>3</sub> Cl <b>clorometan</b>
	hidroxil - OH	alcooli	R - CH <sub>2</sub> - OH R - radical hidrocarbonat	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - OH <b>etanol</b>
		fenoli	Ar - OH Ar - radical aromatic	 <b>benzenol</b> (fenol)
amino -NH <sub>2</sub>	amine	R - NH <sub>2</sub> R - radical hidrocarbonat	 <b>benzenamină</b> (anilină)	

Funcțiuni divalente	carbonil $\begin{array}{l} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$	aldehide	$\begin{array}{l} \text{R} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$ R – radical hidrocarbonat	$\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{O}$ etanal
		cetone	$\begin{array}{l} \text{R} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{R}' \end{array}$ R, R' – radicali hidrocarbonați	$\begin{array}{l} \text{CH}_3 \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagup \\ \text{CH}_3 \end{array}$ propanonă
Funcțiuni trivalente	carboxil $\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$	compuși carboxilici	$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{array}$	$\text{CH}_3 - \text{COOH}$ acid etanoic
	alcoxicarbonil $\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{O}- \end{array}$	esteri cloruri acide amide nitril anhidride } derivați ai acizilor carboxilici	$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{O}-\text{R}' \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} \\ \diagdown \\ \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$ etanoat de etil
	cloroformil $\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{Cl} \end{array}$		$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} \\ \diagdown \\ \text{Cl} \end{array}$ clorură de etanoil
	amido $\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \diagdown \\ \text{NH}_2 \end{array}$		$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \diagdown \\ \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} \\ \diagdown \\ \text{NH}_2 \end{array}$ etanamidă
	ciano $-\text{C} \equiv \text{N}$		$\text{R}-\text{C} \equiv \text{N}$	$\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{N}$ etannitril
	$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \\ \parallel \\ -\text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$		$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \\ \parallel \\ \text{R}-\text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_3 - \text{C} \\ \parallel \\ \text{O} \end{array}$ anhidridă acetică
Funcțiuni mixte	hidroxil – OH carboxil – COOH	hidroxiacizi	$\begin{array}{l} \text{R}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{OH} \end{array}$ R – radical hidrocarbonat	 acid 2-hidroxi-benzen-carboxilic
	amină – NH <sub>2</sub> carboxil – COOH	aminoacizi	$\begin{array}{l} \text{R}-\text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ R – radical hidrocarbonat	$\begin{array}{l} \text{CH}_3 - \text{CH}-\text{COOH} \\   \\ \text{NH}_2 \end{array}$ acid 2 aminopropanoic
	carbonil $\begin{array}{l} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \end{array}$ hidroxil – OH	zaharide (carbohidrați)	$\text{C}_n \text{H}_{2n} \text{O}_n$	$\begin{array}{l} \text{CH}=\text{O} \\   \\ (\text{CHOH})_4 \\   \\ \text{CH}_2-\text{OH} \end{array}$ aldohexoză

1. Asociază cifra corespunzătoare substanțelor din coloana A cu litera corespunzătoare clasei de funcțiuni organice de care aparțin, din coloana B.

A	B
1. izopren	a. alchene
2. etanal	b. alcadiene
3. acetofenonă	c. arene
4. p-xilen	d. aldehide
5. acetilenă	e. cetone
	f. alchine

2. Completează în caiet tabelul de mai jos.

Formulă de structură	Denumire IUPAC	Grupare funcțională	Clasă de compuși organici
	2-metil-1-butenă		
			
			Acid dicarboxilic cu 3 atomi de C
		- grupare carboxil - grupare hidroxil - 3 atomi de C	

3. Află formula moleculară și scrie izomerii corespunzători pentru substanțele următoare:

- hidrocarbură aromatică mononucleară cu 90,56% C;
- monoalcool saturat care conține 21,62% O;
- compus clorurat saturat cu 71,71% Cl;
- diamină ciclică saturată care are 38,88% N;
- acid dicarboxilic aromatic a cărui sare de argint conține 16,84% O.

4. O substanță organică conține 62,06% C, 10,34% H și are densitatea față de aer egală cu 2,007.

- Află formula moleculară a substanței.
- Propune cel puțin 3 aranjamente structurale aciclice, care să conțină grupări funcționale diferite.

5. Prin arderea a 0,2 moli dintr-o hidrocarbură se obțin 17,92 L CO<sub>2</sub> și 10,8 g H<sub>2</sub>O. Află formula moleculară, scrie și denumește izomerii (IUPAC) corespunzători acestora.

6. Un volum de 67,2 mL (c.n.) substanță organică cu formula moleculară C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub> este supusă arderii, cu o cantitate de aer în exces cu 20%.

- Află formula procentuală și raportul de masă al substanței.
- Numărul de atomi de C și numărul de atomi de elemente organogene conținute în cantitatea dată.
- Volumul de aer necesar arderii.
- Compoziția volumetrică și de masă a amestecului rezultat la ardere.
- Izomerii de funcțiune și clasa de compuși organici de care aparțin.

7. Raportul dintre numărul atomilor de C existenți în hidrocarbura aciclică A și substanța organică B este de 0,75. Cunoscând că cele două substanțe au N.E. = 0, iar raportul de masă în substanța B este C : H : O = 24 : 5 : 8, determină:

- formulele moleculare ale substanțelor A și B;
- un aranjament structural pentru A și cel puțin două aranjamente posibile pentru substanța B, cu grupe funcționale diferite;
- procentul de C al amestecului echimolecular de A și B.

## I.2. IZOMERIA COMPUȘILOR ORGANICI



Fig. 3. Jöns Jacob Berzelius (1779-1848)

Teoria clasică a structurii compușilor organici elaborată de A.M. Butlerov în 1861 permite cunoașterea modului de legare a atomilor și a interacțiilor care apar între aceștia. Însă aceasta nu permite determinarea așezării relative a atomilor unei molecule în spațiu, adică *configurația* lor – aspect important în caracterizarea unui compus organic.

### • Definiția și clasificarea izomerilor

Termenul de *izomer* (*isos* – aceeași, *meros* – parte) a fost folosit pentru prima dată în anul 1834 de către J.J. Berzelius (fig. 3). Cu ceva timp înaintea lui, Friedrich Wöhler constatare că ureea și cianatul de amoniu au aceeași formulă moleculară –  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ , dar sunt substanțe diferite.

*Izomerii sunt substanțe cu aceeași formulă moleculară, dar cu structură și proprietăți diferite.*

Clasificarea izomerilor se face în funcție de cauza care determină deosebirile dintre aceștia:

a. *izomerii de constituție* diferă prin modul de legare al atomilor între ei;

b. *stereoizomerii* sunt izomerii în care atomii constituenți legați în mod identic diferă prin modul lor de aranjare în spațiu.

Schema de mai jos prezintă o clasificare mai amănunțită a izomerilor.

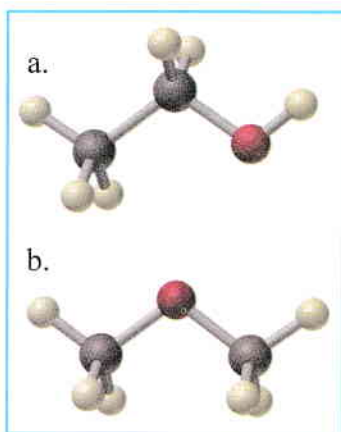
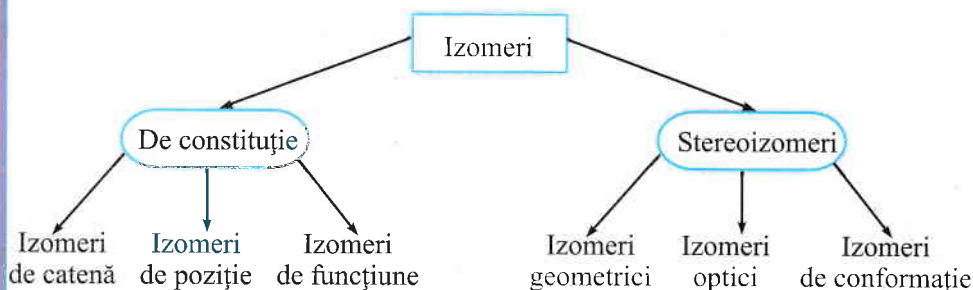


Fig. 4. Modele structurale ale unor izomeri de funcțiune: a. etanol; b. dimetileter



### Să ne amintim!

Izomerii de:

– *catenă* diferă prin forma catenei;

– *poziție* diferă prin poziția legăturii multiple sau a grupei funcționale în cadrul catenei;

– *funcțiune* diferă prin natura grupei funcționale.

### Activitate independentă

Scrie structurile corespunzătoare următorilor izomeri și stabilește relația de izomerie dintre aceștia.

a. 2-pentenă

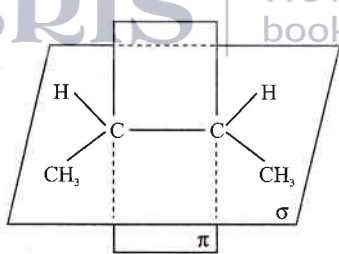
b. 3-metil-2-butenă

c. metilciclobutan

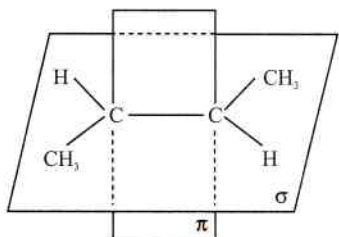
d. 3-metil-1-butenă

### • Izomeri geometrici

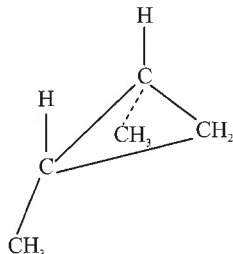
Izomeria geometrică apare datorită rigidității legăturii duble sau a unui ciclu de atomi. Spre deosebire de legătura simplă, care permite rotația liberă a substituenților de C, legătura dublă și respectiv ciclul de atomi „obligă” substituenții să aibă o dispunere fixă. În acest mod, substituenții diferiți legați de atomii de C ai legăturii duble sau de atomii de C vecini dintr-un ciclu adoptă poziții diferite față de planul de referință (planul legăturii  $\pi$  sau planul ciclului de atomi).



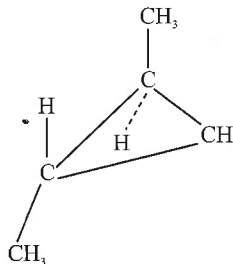
Z(cis) – 2-butenă



E(trans) 2-butenă



Z(cis) dimetil-ciclopropan



E(trans) dimetil-ciclopropan

Fig. 5. Izomerii geometrice pentru: a. 2-butenă; b. 1,2-dimetil-ciclopropan

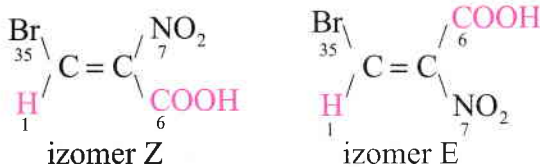
Exemplele de mai sus arată că izomerii geometrice sunt caracteristici sistemelor nesaturate (cu legături duble), dar și compușilor ciclici. Izomerii geometrice se clasifică în:

- a) *izomeri cis*, în care substituenții identici se află de aceeași parte a planului de referință;
- b) *izomeri trans*, în care substituenții identici sunt de o parte și de alta a planului de referință.

Pentru situațiile în care toți cei patru substituenți sunt diferiți, pentru denumirea izomerilor geometrice se folosesc apelativele de izomer Z și izomer E.

În determinarea izomerilor Z-E, *substituenți de referință* sunt cei care au numărul atomic minim al atomului legat de carbonul legăturii duble.

**Exemplu:** Izomerii Z-E pentru acidul 2-nitro-3-bromopropenoic



izomer Z

izomer E

### Activitate independentă

Scrie izomerii Z-E pentru: a) 1-amino-2-cloropropenă; b) 1-cloro-1-butenă; c) 1-cloro-2-metil-ciclobutan.

### • Izomeri optici

În anul 1815, chimistul francez Jean-Baptiste Biot (fig. 7) a observat pentru prima dată că unele substanțe au proprietatea de a roti planul luminii polarizate. Astfel de substanțe au fost numite *substanțe optice active*.

Activitatea optică se datorează atât *structurii cristaline* a substanțelor, cât și *structurii moleculelor*; din acest punct de vedere există două categorii de substanțe optice active.

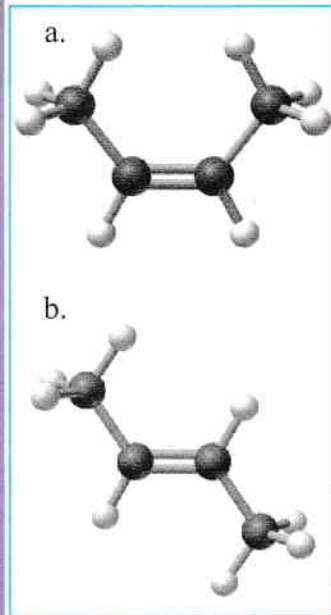


Fig. 6. Modele structurale ale butenei: a. cis-2 butena; b. trans-2 butena



Fig. 7. Jean-Baptiste Biot (1774-1862)