

**Luminița VLĂDESCU
Corneliu TĂBĂRĂȘANU-MIHĂILĂ
Luminița Irinel DOICIN**

CHIMIE

MANUAL PENTRU CLASA A X-A



Capitolul 1. INTRODUCERE ÎN STUDIUL CHIMIEI ORGANICE	5	2.6. Petrolul și cărbunii. Combustibili fosili și surse de materii prime organice	88
Legături chimice	6	Petrolul	88
Tipuri de catene de atomi de carbon	8	Cărbunii	90
Structura compușilor organici	9	Exerciții și probleme	90
Clasificarea compușilor organici	13	Capitolul 3. COMPUȘI ORGANICI MONOFUNCȚIONALI	91
Exerciții și probleme. Teste	16	3.1. Alcooli	91
Capitolul 2. HIDROCARBURI	17	Denumire	91
2.1. Alcani	18	Structura alcoolilor	92
Definiție, serie omoloagă, denumire	18	Proprietăți fizice	92
Izomerie. Denumire	19	Alcooli cu importanță practică și biologică	94
Structura alcanilor	21	Metanolul	94
Proprietăți fizice	22	Etanolul	95
Proprietăți chimice	24	Glicerina	97
Acțiunea alcanilor asupra mediului	31	Exerciții și probleme. Teste	99
Aplicații practice	32	3.2. Acizi carboxilici	100
Exerciții și probleme. Teste	32	Acidul acetic	100
2.2. Alchene	35	Fermentația acetică	100
Definiție, serie omoloagă, denumire	35	Proprietăți chimice	101
Structura alchenelor	37	Acizi grași	107
Izomerie	38	Săpunuri și detergenți	108
Proprietăți fizice	39	Săpunuri	108
Proprietăți chimice	39	Detergenți	109
Importanța practică a alchenelor	50	Grăsimi	110
Mase plastice	50	Grăsimi saturate	111
Exerciții și probleme. Teste	53	Grăsimi nesaturate	112
2.3. Alchine	55	Exerciții și probleme. Teste	115
Definiție, serie omoloagă, denumire	55	Capitolul 4. COMPUȘI ORGANICI CU IMPORTANȚĂ PRACTICĂ	117
Structura alchinelor	56	4.1. Compuși organici cu acțiune biologică	117
Izomerie	57	Zaharide	117
Proprietăți fizice	57	Glucoza	118
Etina (acetilena)	58	Zaharoza	119
Metode de obținere	58	Celuloza	120
Proprietăți chimice	58	Amidonul	121
Importanța practică a acetilenei	62	Proteine	122
Exerciții și probleme. Teste	63	Clasificarea proteinelor	123
2.4. Alcadiene	65	Denaturarea proteinelor	124
Definiție, serie omoloagă, denumire	65	4.2. Esențe. Arome. Parfumuri	126
Proprietăți chimice ale alcadienelor cu duble legături conjugate	65	4.3. Medicamente. Droguri. Vitamine	129
Cauciucul natural și sintetic	67	4.4. Fibre naturale, artificiale și sintetice	134
Reacții de copolimerizare	68	4.5. Coloranți naturali și sintetici. Vopsele	136
Exerciții și probleme. Teste	69	Exerciții și probleme. Teste	139
2.5. Arene	71	Exerciții și probleme recapitulative	141
Structura benzenului	71	Teste finale de evaluare	142
Clasificarea hidrocarburilor aromatice	74	Rezultate la exerciții, probleme și teste	143
Proprietăți chimice	75		
Reacții la nucleu	75		
Reacții la catena laterală	83		
Aplicații practice ale unor hidrocarburi aromatice	85		
Exerciții și probleme. Teste	86		

INTRODUCERE ÎN STUDIUL CHIMIEI ORGANICE

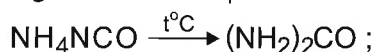
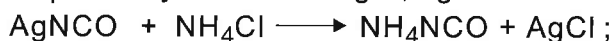
● Scurt istoric

Însemnările despre atelierele de tăbăcit pielea și de fabricare a berii în Egiptul antic (vezi fig. 1.1), despre folosirea unor produse minerale, vegetale și animale încă de acum cinci mii de ani consemnate în prima *farmacopee chineză*, precum și despre folosirea de către fenicieni a *purpurii* extrasă din moluște marine (vezi fig. 1.2) pentru vopsirea pânzei și a stofelor, reprezintă repere în evoluția speciei umane și unele dintre *primele informații referitoare la preocupări legate de chimia organică*.

La sfârșitul secolului al XVIII-lea au apărut *primele clasificări ale substanțelor: cele provenite din regnul vegetal și animal* au fost numite **substanțe organice** (prin analogie cu faptul că sunt produse de organisme vii) iar cele *din regnul mineral* au fost numite **substanțe minerale** sau **anorganice** (fără viață).

Termenul de **chimie organică** a fost introdus în anul 1808 de J.J. Berzelius care îl asocia cu faptul că *toate substanțele organice sunt produse de organisme vii* și au la rândul lor o **forță vitală**. Teoria *forței vitale* avea să fie infirmată în 1828 de F. Wöhler, cel care a obținut pentru prima oară în laborator, prin sinteză, un compus organic: *ureea*.

F. Wöhler a observat că prin acțiunea clorurii de amoniu, NH_4Cl asupra cianatului de argint, AgNCO se formează cianat de amoniu, $\text{NH}_4^+\text{NCO}^-$ și clorură de argint, AgCl :



uree

Analiza reziduului alb cristalin format prin transformarea la cald a cianatului de amoniu a arătat că substanța obținută în laborator este *ureea*, compusul organic existent în urină și studiat intens la acea vreme.

Chimia organică este chimia hidrocarburilor (compuși formați doar din carbon și hidrogen) și a derivaților acestora.

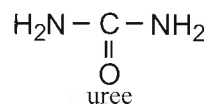
Apariția și dezvoltarea chimiei organice în România este legată de lucrările lui *Petru Poni* (1841-1925) referitoare la studiul petrolului românesc, ale lui *Constantin Istrati* (1850-1918) și *L. Edeleanu* despre chimia compușilor aromatici, ale lui *Costin D. Nenitescu* (1902-1970), întemeietorul Școlii românești de Chimie organică, care a avut contribuții remarcabile în domeniul hidrocarburilor, al compușilor heterociclici, al compușilor naturali, precum și în elucidarea unor mecanisme de reacție.



Fig. 1. 1. Frescă din piramidă din Egiptul Antic.



Fig. 1. 2. Melcul de purpură din care se extrage purpura.



F. Wöhler
(1800 - 1882).

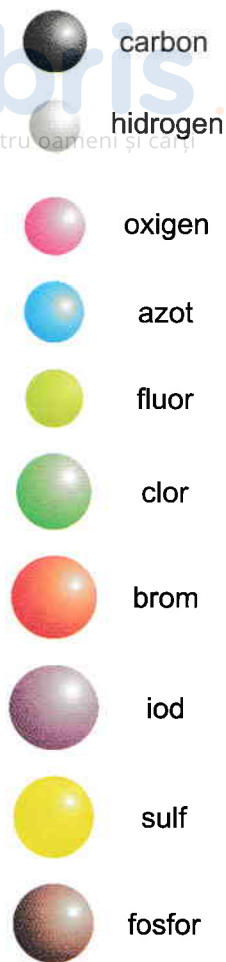


Fig. 1. 3. Reprezentarea prin sfere a principalelor elemente organogene.

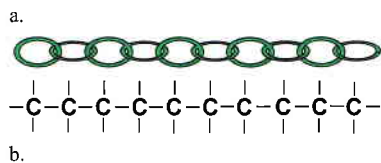


Fig. 1.4. Lanțuri sau catene de atomi de carbon:
a. lanț; b. catenă.

◆ OBIECTUL CHIMIEI ORGANICE

Chimia organică are ca obiect: *sinteza* de compuși organici, *stabilirea structurii* acestora, *studierea proprietăților* lor fizice și chimice și *elucidarea mecanismelor* prin care se produc reacțiile chimice la care participă compușii organici.

◆ ELEMENTE ORGANOGENE

Compușii organici pot avea în molecula lor nu numai atomi de carbon și hidrogen, care sunt elementele principale, ci și atomi de oxigen, O, azot, N, halogeni (F, Cl, Br, I), sulf, S, fosfor, P și în unele cazuri atomi și ioni metalici.

Toate aceste elemente, care se regăsesc în compușii organici, sunt numite **elemente organogene**, adică cele care *formează compușii organici*.

În fig. 1. 3. sunt reprezentate atomii elementelor organogene prin sfere diferite colorate, așa cum apar în figurile prin care arătăm (prin modele deschise și compacte) imaginile moleculelor compușilor organici despre care vei învăța în clasa a X-a la chimie.

■ LEGĂTURI CHIMICE. CATENE DE ATOMI DE CARBON

În compoziția oricărui compus organic există cel puțin un atom de carbon. În anul 1858 *Kekulé* a stabilit că **atomul de carbon este tetravalent**, adică are în toți compușii săi valența 4 (excepție monoxidul de carbon, CO) și *formează legături covalente*.

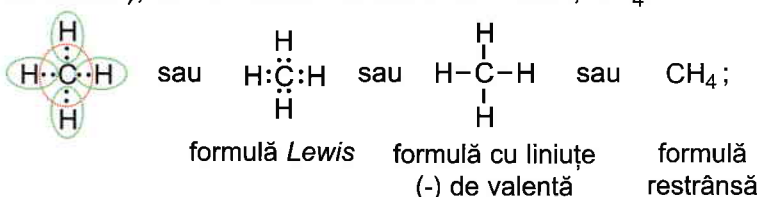
Carbonul, ${}_6\text{C}$ are configurația electronică: $1s^2 2s^2 2p^2$. Structura electronică a carbonului se scrie, folosind simboluri *Lewis*: $\cdot\dot{\text{C}}\cdot$ fiecare punct simbolizând un electron de valență.

Pentru a-și stabili *configurația stabilă de octet*, se poate considera că un atom de carbon, C pune în comun cei 4 *electroni de valență* ai săi, cu electroni din ultimul strat ai altor atomi de carbon sau ai altor elemente; se formează **perechi de electroni** care aparțin ambilor atomi, între care se stabilesc astfel **legături covalente**.

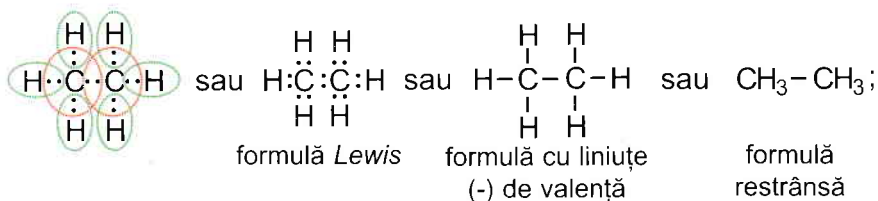
În anul 1858 *Couper* a arătat că *atomii de carbon au capacitatea de a se lega unii cu alții*, asemenea zalelor unui lanț și de a forma *lanțuri de atomi de carbon*, numite **catene** (vezi fig. 1.4.). Pentru a scrie formulele catenelor de atomi de carbon s-a marcat o *valență* prin trasarea câte unei *liniuțe* între simbolurile atomilor de carbon.

De exemplu:

- un atom de carbon își formează octetul prin punerea în comun a fiecărui electron de valență, cu câte un electron de la 4 atomi de hidrogen, H (care își asigură astfel configurația stabilă de dublet); se formează molecula de metan, CH_4 :



- doi atomi de carbon își pun în comun câte un electron de valență, formându-se o legătură C-C iar ceilalți electroni de valență rămași, îi pun în comun cu electronii aparținând unor atomi de hidrogen:



se formează molecula de etan, care se poate scrie în formă restrânsă: $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$ sau CH_3-CH_3 .

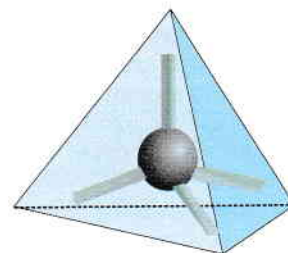


Fig. 1. 5. Orientarea în spațiu a celor 4 valențe ale atomului de carbon.

Exercițiu

Scrie catena care se formează prin legarea a 4 atomi de C între ei prin legături σ . Leagă valențele libere ale atomilor de C de

atomi de H. Scrie formulele: Lewis, cu liniuțe de valență și restrânsă pentru compusul organic.

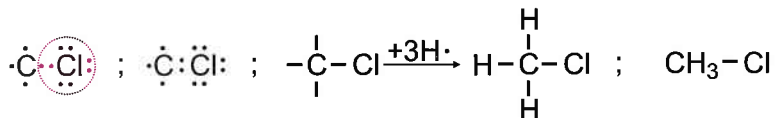
Rezultatele studiilor experimentale au arătat că *legăturile covalente simple dintre un atom de carbon și 4 atomi de hidrogen sunt identice și sunt orientate în spațiu după vârfurile unui tetraedru regulat* (fig. 1.5).

Unghiul dintre două legături C-H este de $109^\circ 28'$ (muchiiile unui tetraedru regulat fac între ele un unghi de 109°). Aceeași valoare are și unghiul dintre valențele a doi atomi de carbon legați prin legătură simplă.

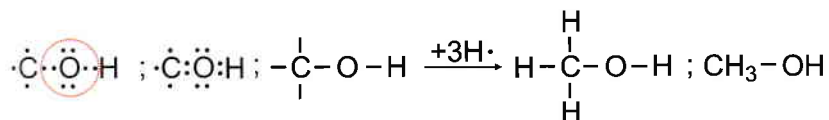
Imaginile formulelor moleculelor care conțin catene de atomi de C (și atomi de H) pot fi reprezentate în spațiu figurând tetraedre imaginare (vezi fig. 1. 6. a.) sau mult mai simplu, folosind bile pentru atomi și tije pentru legăturile dintre ei, în modele care respectă valorile unghiurilor dintre valențe (vezi fig. 1. 6. b.).

În mod similar se pot scrie *legături covalente simple între atomul de carbon și alți atomi sau grupe de atomi care pot pune în comun un electron*. De exemplu:

- formarea de legături covalente simple, σ între carbon C și clor, Cl:



- formarea de legături covalente simple, σ între atomi de C, O și H:



Fiecare electron singur (neîmperecheat) se figurează printr-o liniuță care arată că atomul are o valență liberă.

Perechea de electroni pe care o mai are un atom, după ce și-a stabilit octetul, se numește *pereche de electroni*

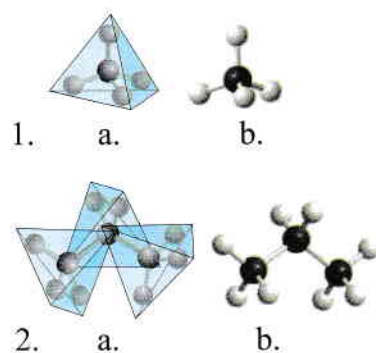


Fig. 1. 6. Imaginea unor molecule de:

- 1 - metan;
- 2 - compus cu catenă de 3 atomi de C;
 - a. cu tetraedre;
 - b. cu bile și tije.

Să ne reamintim!

Formarea unei legături covalente între doi atomi poate fi privită ca o întrepătrundere a unor orbitali ai acestora.

Legătura σ se formează prin întrepătrunderea (suprapunerea) totală a doi orbitali coaxiali fiecare aparținând unui atom.

Legătura π se formează prin întrepătrunderea (suprapunerea) parțială a doi orbitali p paraleli (orientați în aceeași direcție, după aceeași axă de coordonate). Ea nu poate exista decât alături de legătura σ .

Legătura dublă dintre doi atomi conține două legături chimice:

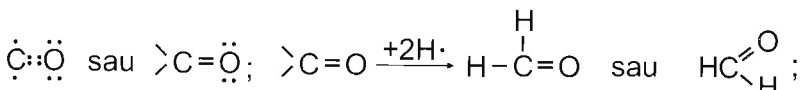
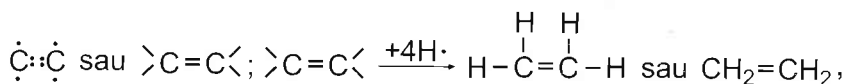
- o legătură σ și
- o legătură π formată prin suprapunerea parțială a 2 orbitali p , orientați după o axă perpendiculară pe cea a orbitalilor implicați în legătura σ ; legătura π este situată într-un plan perpendicular pe planul în care se situează legătura σ .

Legătura triplă dintre doi atomi este formată dintr-o legătură σ și două legături π .

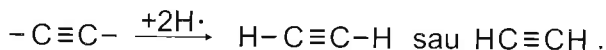
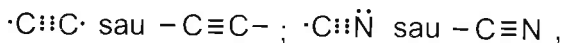
neparticipanți și nu se mai notează în scrierea formulei compusului.

Un atom de C poate participa și la formarea de legături multiple:

- legături duble, de exemplu: >C=C< , >C=O , >C=S :



- legături triple, de exemplu: $-\text{C}\equiv\text{C}-$, $-\text{C}\equiv\text{N}$:



În tabelul 1. 1. sunt prezentate principalele modalități de scriere a formulelor compușilor organici.

Tabelul 1.1. Modalități de scriere a formulelor compușilor organici.

Formula Lewis	Formule cu liniuțe de valență (de proiecție)	Formula de proiecție restrânsă
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}:\text{C}:\text{C}:\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	CH_3-CH_3
$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H}:\text{C}:\text{C}:\text{C}:\text{C}:\text{H} \\ \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ \quad \quad \quad \quad \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

TIPURI DE CATENE DE ATOMI DE CARBON

Unii atomi de carbon nu folosesc toate cele 4 valențele ale lor pentru a forma catene. Valențele care nu fac parte dintr-o catenă sunt folosite pentru a se combina cu hidrogenul (se formează hidrocarburi) sau cu alte elemente organogene (se formează alte clase de compuși organici).

Clasificarea catenelor după tipul de legături care există între atomii de carbon

După modul în care se leagă atomii de carbon între ei, catenele de atomi de carbon sau catenele hidrocarbonate pot fi de tipurile următoarele (vezi fig.1.7.):

- **catene saturate**: între atomii de C sunt numai legături covalente simple, σ , C-C; ele se găsesc în *compuși organici saturați*;

- **catene nesaturate**: în catenă există cel puțin o legătură π între doi atomi de C; ele se găsesc în *compuși organici nesaturați*;

- **catene aromatice**: catenele de atomii de C formează (cel mai adesea) cicluri (denumite nuclee) de 6 atomi și conțin atât legături σ cât și electroni π corespunzători legăturilor duble; ele se găsesc în *compuși aromatici*.

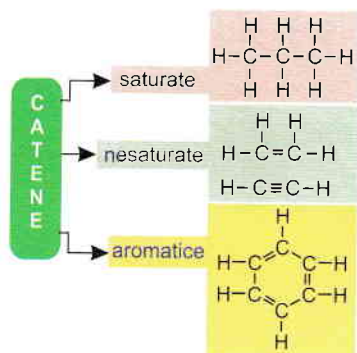


Fig. 1. 7. Clasificarea catenelor după tipul de legătură C-C.

Clasificarea catenelor saturate și nesaturate

Într-o catenă atomii de carbon se pot așeza (vezi fig. 1.8):

– la rând, **în linie** (care este dreaptă doar pe hârtie, pentru a nu complica scrierea, în realitate fiind vorba de o linie în zig-zag); se formează **catene liniare**;

– de o parte și de alta a catenei liniare; se formează **catene ramificate** (asemeni ramurilor unui copac);

– într-o formă geometrică închisă: de exemplu pătrat, pentagon, sau hexagon; se formează **catene ciclice**; acestea pot avea și ele ramificații.

Tipuri de atomi de carbon din catene

Într-o catenă, atomii de carbon pot fi clasificați după numărul legăturilor prin care se leagă de alți atomi de carbon; astfel, există:

– atomi de carbon **primari** – sunt legați covalent de un singur atom de carbon (vezi fig. 1. 9.a);

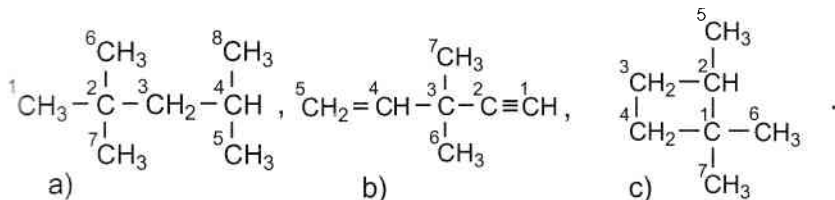
– atomi de carbon **secundari** – sunt legați cu două covalențe de un alt sau de alți atomi de carbon (vezi fig. 1. 9.b);

– atomi de carbon **terțiar** – sunt legați cu trei covalențe de alt sau de alți atomi de carbon (vezi fig. 1. 9.c);

– atomi de carbon **cuaternari** – atomi de carbon legați cu patru covalențe de alți atomi de carbon (vezi fig. 1. 9.d).

Exercițiu

Precizează, completând rubricile tabelului 1.2, tipul fiecărui dintre atomii de carbon (primari, secundari, terțiar, cuaternari) din următoarele catene hidrocarbonate:



Rezolvare: vezi tabelul 1.2.

STRUCTURA COMPUȘILOR ORGANICI

Noțiunea de **structură chimică** (introdusă pentru prima dată de Butlerov în 1861) se referă la natura, numărul și felul în care sunt legați atomii dintr-o moleculă. Proprietățile fizice și chimice ale unui compus organic depind de structura sa.

Stabilirea structurii unui compus organic se face parcurgând următoarele etape:

– stabilirea naturii și a numărului de atomi dintr-o moleculă se face în urma unor analize calitative (arată care sunt atomii) și respectiv cantitative (arată numărul de atomi din fiecare tip de atomi) la care sunt supuși compușii chimici puri;

– stabilirea compoziției substanței cu ajutorul datelor obținute. Pe baza compoziției (de obicei exprimată în procente, %) se deduce **formula moleculară**;

– modul în care atomii sunt aranjați în moleculă este redat de **formulele de structură**.

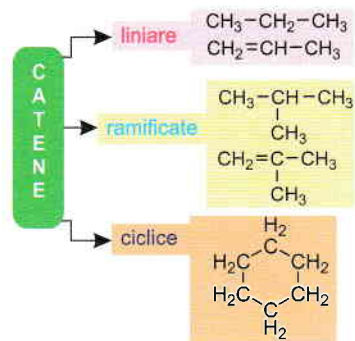


Fig. 1. 8. Clasificarea catenelor după modul de așezare a atomilor de C.

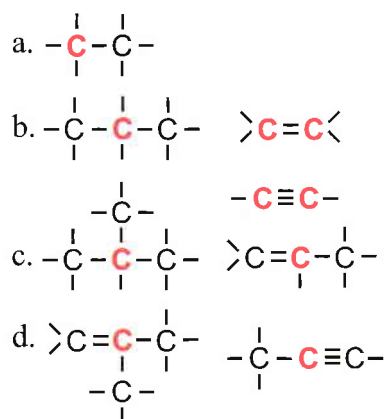


Fig. 1. 9. Tipuri de atomi de C din catene:

- a. primari; b. secundari;
c. terțiar; d. cuaternari.

Tabelul 1.2. Tipul fiecărui atom de C din catenele din exercițiu.

Tip atom de C	Catena		
	a)	b)	c)
primar	1,5,6,7,8	6,7	5,6,7
secundar	3	5	3,4
terțiar	4	1, 4	2
cuaternar	2	2,3	1

ANALIZA ELEMENTALĂ A UNEI SUBSTANȚE ORGANICE

Natura atomilor din moleculă

Pentru a stabili *natura atomilor* dintr-un compus organic se aplică *metoda arderii* descoperită în anul 1784 de *Lavoisier*, urmată de analiza gazelor rezultate din ardere, prin efectuarea unor reacții specifice. În acest fel se realizează **analiza elementală calitativă a substanței**.

Arderea substanței organice se face într-o instalație simplă, de tipul celei din fig. 1.10, (de cele mai multe ori în prezență de catalizatori și/sau de substanțe care să reacționeze cu elementele din compoziția moleculei). În vasul de prindere se introduce apă sau o soluție care să reacționeze cu produșii de reacție.



Fig. 1. 10. Instalație simplă pentru efectuarea analizei elementale.

Compoziția în procente de masă a substanței organice

În anul 1830 *Justus von Liebig* a pus la punct **metoda analizei elementale cantitative** folosind, alături de ardere, o serie de alte reacții specifice prin care elementelor organogene din compuși organici sunt transformate în compuși care pot fi determinați cantitativ (se determină masa și/sau concentrația). În acest fel se poate stabili concentrația procentuală a fiecărui element din molecula unui compus organic, cu excepția oxigenului care se calculează ca diferență până la o sută (vezi figura 1.11).

Exercițiu

Se supun analizei elementale 0,30 g de substanță organică A, prin ardere (combustie) în exces de oxigen. În urma reacției rezultă 0,224 L de CO_2 și 0,17 g de apă. Stabilește compoziția în procente de masă a substanței A.

Rezolvare:

Știi: $M_{\text{apă}} = 18$ și $M_{\text{CO}_2} = 44$.

- Se calculează:

masa de C, m_C din m_{CO_2} :

$$n_{\text{CO}_2} = \frac{V}{V_m} = \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}}$$

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{0,224 \times 44}{22,4} = 0,44 \text{ g}$$

$$\begin{array}{l} 44 \text{ g CO}_2 \dots 12 \text{ g C} \\ 0,44 \text{ g} \dots m_C \end{array}$$

$$m_C = 0,44 \cdot 12 / 44 = 0,12 \text{ g C}$$

și masa de H, m_H din $m_{\text{H}_2\text{O}}$:

$$\begin{array}{l} 18 \text{ g H}_2\text{O} \dots 2 \text{ g H} \\ 0,18 \text{ g} \dots m_H \end{array}$$

$$m_H = 0,18 \cdot 2 / 18 = 0,02 \text{ g H.}$$

- Se calculează conținutul

% al fiecărui element în cantitatea de substanță A:

$$\begin{array}{l} 0,30 \text{ g A} \dots 0,02 \text{ g H} \\ 100 \text{ g} \dots z \end{array}$$

$$z = 0,02 \cdot 100 / 0,30 = 6,66 \% \text{ H}$$

$$\begin{array}{l} 0,30 \text{ g A} \dots 0,12 \text{ g C} \\ 100 \dots y \end{array}$$

$$y = 0,12 \cdot 100 / 0,30 = 40,00 \% \text{ C}$$

$$100 - (6,66 + 40,00) = 53,33 \% \text{ O.}$$

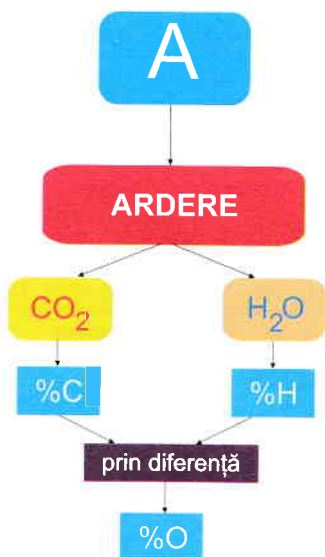


Fig. 1. 11. Reprezentarea schematică a calculării compoziției în procente a unei substanțe A.

DETERMINAREA FORMULEI BRUTE

Respectiv **Formula brută** arată natura atomilor și raportul în care se găsesc în moleculă, exprimat prin numere întregi.

Formula brută se poate stabili cunoscând compoziția în procente de masă a substanței organice și masele atomice ale elementelor care o compun.

Exercițiu

Un compus organic conține 85,71% C și 14,29% H. Stabilește formula brută a acestuia.

Rezolvare:

Se împarte fiecare valoare procentuală la masa atomică a elementului corespunzător:

$$C \rightarrow 85,71 / 12 = 7,14$$

$$H \rightarrow 14,29 / 1 = 14,29$$

Se împarte fiecare rezultat la numărul cel mai mic:

$$H : C = 14,29 / 7,14 = 2$$

$$C : C = 7,14 / 7,14 = 1$$

Raportul de combinare al atomilor se exprimă prin numere întregi: C : H = 1 : 2.

Formula brută este: CH₂.

DETERMINAREA FORMULEI MOLECULARE

Formula moleculară precizează felul atomilor din moleculă și numărul exact al acestora.

Formula moleculară este un multiplu întreg al formulei brute. Unei formule brute îi pot corespunde mai multe formule moleculare.

Exercițiu

Stabilește care este formula moleculară a compusului organic A știind că are formula brută CH₂ și masa molară 28 g/mol.

Rezolvare:

Masa molară, *M* a compușilor cu formula moleculară (CH₂)_{*n*} este: $M = (12 + 2) n = 14 n$.

$M = 28 \Rightarrow n = 2$; formula moleculară a lui A este (CH₂)₂, adică:

C₂H₄.

DETERMINAREA FORMULEI STRUCTURALE

Formulele structurale precizează (ca element nou în raport cu cele moleculare), modul de legare a atomilor în moleculă.

Formula plană. Formula structurală a unei substanțe chimice se poate scrie în plan în mai multe moduri.

Reprezentarea grafică a formulelor structurale este posibilă utilizând: formule *Lewis*, formule în care se trasează o linie pentru a marca legătura chimică (numite formule de proiecție) și formule de proiecție restrânse (vezi tabelul 1.1).

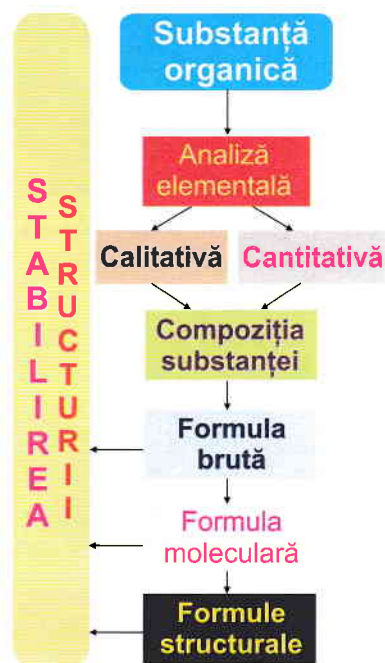


Fig. 1. 12. Etapele stabilirii structurii compușilor organici.