

MINISTERUL EDUCAȚIEI AL REPUBLICII MOLDOVA

MARIA BOTNARU MARIA ROMAN EUGENIA MELENTIEV

CHIMIE ORGANICĂ

Manual pentru clasa a XI-a

PROFIL REAL • PROFIL UMANIST



Chișinău – 2014

CZU 547(075.3)

B 73

Manualul a fost aprobat spre editare prin ordinul nr. 431 din 19 mai 2014 al Ministrului Educației al Republicii Moldova.

Manualul este elaborat conform Curriculumului disciplinar și finanțat din sursele Fondului special pentru manuale.

Toate drepturile asupra acestei ediții aparțin editurii *Lumina*.

Comisia de evaluare:

Maia Cherdivară, profesoară, grad didactic superior, Liceul Teoretic „I. Vatamanu”, or. Strășeni;

Elena Osadceaia-Mihailov, profesoară, grad didactic superior, Liceul Teoretic „C. Sibirschi”, mun. Chișinău.

Referent științific:

Iacob Guțu, doctor habilitat în chimie, profesor universitar, USM.

Recenzenți:

Veronica Pungă, profesoară, grad didactic superior, Liceul Teoretic „I. Vatamanu”, or. Strășeni;

Zinaida Ungureanu, profesoară, grad didactic superior, Liceul Teoretic „M. Viteazul”, mun. Chișinău.

Acest manual este proprietatea Ministerului Educației				
Liceul				
Manualul nr.				
Anul	Numele și prenumele elevului	Anul în care s-a folosit	Starea manualului	
			la primire	la returnare
1				
2				
3				
4				
5				

Redactor: **Lidia Serghienco-Ciobanu**

Redactor artistic: **Tatiana Melnic**

Paginare computerizată: **Elena Popovschi**

Prelucrarea imaginilor, prepress: **Elena Popovschi**

Editura Lumina, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, nr. 180,
MD 2004, Chișinău Tel./fax 022-29-58-64; 022-29-58-68;
e-mail: luminamd@mail.ru; www.edituralumina.md

Tiparul executat la Tipografia Centrală,
str. Florilor 1, MD 2068, Chișinău
Comanda nr. 3161

Descrierea CIP a Camerei Naționale a Cărții

Botnaru, Maria

Chimie organică : Man. pentru cl. a 11-a : Profil real. Profil umanist / Maria Botnaru, Maria Roman, Eugenia Melentiev ; comisia de evaluare: Maia Cherdivară, Elena Osadceaia-Mihailov. – Chișinău : Lumina, 2014 (F.E.-P. „Tipogr. Centrală”). – 208 p.

16000 ex.

ISBN 978-9975-65-361-9.

547(075.3)

B 73

© Editura Lumina, 2014

ISBN 978-9975-65-361-9

© Maria Botnaru, Maria Roman, Eugenia Melentiev, 2014

CUPRINS

Cuvânt-înainte.....	5
1. BAZELE TEORETICE ALE CHIMIEI ORGANICE	7
1.1. Obiectul de studiu al chimiei organice. Substanțe organice și anorganice	8
1.2. Caracteristicile legăturilor chimice în compușii organici	14
1.3. Teoria structurii chimice a compușilor organici	20
1.4.* Compoziția substanțelor organice	25
1.5. Probleme de calcul la stabilirea compoziției substanțelor organice	29
1.6.* Probleme de calcul la stabilirea formulei substanței organice după produsele de ardere	32
2. HIDROCARBURI	35
2.1. Hidrocarburi saturate	36
2.1.1. Alcanii – hidrocarburi saturate aciclice	36
2.1.2. Nomenclatura alcanilor	39
2.1.3. Proprietățile și utilizarea alcanilor	43
2.1.4.-2.1.5. Probleme de calcul după formula generală a alcanilor și ecuațiile reacțiilor caracteristice acestora	48
<i>Evaluare sumativă</i>	51
2.1.6.* Halogenoalcanii (derivați halogenați ai alcanilor)	52
2.1.7.* Proprietățile chimice ale halogenoalcanilor și utilizarea lor	54
2.1.8.* Cicloalcanii	57
2.1.9.* Identificarea carbonului, hidrogenului și a halogenilor în compușii organici. <i>Lucrarea practică nr. 1</i>	61
2.1.10.*-2.1.11.* Probleme de calcul după formula generală a halogenoalcanilor, cicloalcanilor și ecuațiile reacțiilor caracteristice acestora	62
2.1.12.* <i>Evaluare sumativă</i>	64
2.2. Hidrocarburi nesaturate	65
2.2.1. Alchene	65
2.2.2. Metode de obținere a alchenelor	67
2.2.3. Proprietățile alchenelor și utilizarea lor	70
2.2.4. Prepararea etenei și studierea proprietăților ei. <i>Lucrarea practică nr. 2</i>	75
2.2.5.-2.2.6. Probleme de calcul după formula generală a alchenelor și ecuațiile reacțiilor caracteristice acestora	76
2.2.7. Alcadiene	79
2.2.8. Alchine	84
2.2.9. Legătura genetică dintre alcani, alchene, alchine	89
2.2.10.-2.2.11. Probleme de calcul după formula generală a alcadienelor, alchinelor și ecuațiile reacțiilor caracteristice acestora	91
<i>Evaluare sumativă</i>	94
2.2.12.* <i>Evaluare sumativă</i>	95
2.3. Hidrocarburi aromatice (arene)	99
2.3.1. Benzenul – reprezentant al arenelor	99
2.3.2. Proprietățile chimice ale benzenului	103
2.3.3. Obținerea hidrocarburilor aromatice și utilizarea lor	106
2.3.4. Legătura genetică dintre hidrocarburi	108

2.3.5.	Probleme de calcul în baza formulei generale și a ecuațiilor reacțiilor caracteristice arenelor	109
	<i>Evaluare sumativă</i>	111
2.4.	Surse naturale de hidrocarburi și prelucrarea lor	112
2.4.1.	Surse naturale de hidrocarburi	112
2.4.2.	Produsele prelucrării surselor naturale de hidrocarburi	114
2.4.3.	Protecția mediului ambiant de poluanții formați în urma utilizării gazului natural, petrolului și cărbunilor	117
2.4.4.*	Probleme de calcul la tema <i>Surse naturale de hidrocarburi</i>	119
2.4.5.*	<i>Evaluare sumativă</i>	121
3.	DERIVAȚII AI HIDROCARBURILOR	122
3.1.	Compuși hidroxilici	123
3.1.1.	Alcooli monohidroxilici saturați	123
3.1.2.	Proprietățile chimice ale alcoolilor	129
3.1.3.	Alcooli polihidroxilici saturați	133
3.1.4.	Fenolul	138
3.1.5.-3.1.6.	Probleme de calcul la tema <i>Compuși hidroxilici</i>	145
3.1.7.	Amine	148
3.1.8.	Amine aromatice	151
3.1.9.	Probleme de calcul pe baza ecuațiilor reacțiilor caracteristice aminelor	155
3.1.10.	Legătura genetică dintre hidrocarburi, compuși hidroxilici și amine	157
3.1.11.*	<i>Evaluare sumativă</i>	158
	<i>Evaluare sumativă</i>	159
3.2.*	Compuși carbonilici (aldehide și cetone)	162
3.2.1.	Aldehide monocarbonilice saturate	162
3.2.2.	Metode de obținere a aldehydelor și *cetonelor	164
3.2.3.	Proprietățile fizice și chimice ale compușilor carbonilici saturați. Utilizarea lor	167
3.2.4.	Legătura genetică dintre alcani, alchine, alcooli și compuși carbonilici	171
3.2.5.	Probleme de calcul după ecuațiile reacțiilor chimice caracteristice compușilor carbonilici	172
3.3.*	Acizi carboxilici	174
3.3.1.	Acizi monocarboxilici saturați	174
3.3.2.	Proprietățile acizilor monocarboxilici saturați și utilizarea lor	178
3.3.3.-3.3.4.	Rezolvarea exercițiilor și a problemelor la tema <i>Acizi carboxilici</i>	183
3.3.5.	Studierea proprietăților acidului acetic. <i>Lucrarea practică nr. 3</i>	186
3.3.6.	Esteri ai acizilor carboxilici	187
3.3.7.	Rezolvarea exercițiilor și a problemelor la tema <i>Esteri</i>	192
3.3.8.	Legătura genetică dintre acizii carboxilici, esteri și alte clase de compuși organici.....	194
3.3.9.	<i>Evaluare sumativă</i>	195
4.	RECAPITULARE	196
4.1.	Relații între diferite clase de compuși organici	196
4.2.	Modele de exerciții și probleme specifice chimiei organice	197
4.3.	Tipuri de probleme experimentale cu rezolvări	201
4.4.	Generalizarea cunoștințelor teoretice cu aplicații practice	206

Cuvânt-înainte

*Manualul de față îți oferă posibilitatea de a-ți lărgi și aprofunda cunoștințele în domeniul **chimiei organice** – unul dintre compartimentele de bază ale chimiei.*

Chimia organică impresionează prin numărul enorm de date acumulate, prin profunzimea și diversitatea problemelor abordate.

Numai însușind la perfecție limbajul chimic – formulele substanțelor și ecuațiile reacțiilor chimice, care constituie mijlocul de exprimare a legităților transformărilor substanțelor, vei putea decodifica tainele chimiei organice contemporane.

Manualul a fost elaborat conform obiectivelor formulate în Curriculumul de chimie pentru învățământul liceal. Bazându-ne pe experiența pedagogică proprie (liceală și universitară) de predare a acestei discipline, am considerat că tratarea accesibilă și exactă a temelor (fără simplificări excesive) este una dintre cele mai eficiente metode de însușire și consolidare a cunoștințelor la chimia organică. Totodată, studierea unor teme privind nomenclatura substanțelor organice, relațiile structură-proprietăți, interacțiile electronice intramoleculare etc. va servi drept bază în edificarea disciplinei ca știință reală și pentru stimularea gândirii logice a viitorului cercetător, profesor sau inginer-chimist.

Materia expusă în manual este structurată în 4 compartimente. Fiecare compartiment începe cu o foaie de gardă ce include rezumatul conținutului care urmează a fi studiat și competențele specifice ce urmează a fi dezvoltate.

În prezentarea claselor de compuși organici ne-am străduit să expunem materia conform structurii generale: definiție și clasificare; nomenclatură și izomerie; structură și reactivitate; metode generale și industriale de sinteză; proprietăți fizice, chimice și utilizare. Denumirile compușilor organici corespund Regulilor Nomenclaturii IUPAC.

*Fiecare compartiment, în funcție de complexitate, include diverse rubrici: **Temă** (exerciții), **Experiment demonstrativ**, **Probleme de calcul**, **Știi că...**, **Activitate în echipă**, **Activitate creativă**, **Problemă creativă**, **Autoevaluare** (după fiecare unitate didactică), având drept scop facilitarea însușirii și consolidării materiei expuse.*

Experimentele demonstrative, prezentate în manual conform unui algoritm riguros, pot fi efectuate în fața clasei de un elev, de un grup de elevi sau de către profesor.

Cele 3 lucrări practice, incluse la finalul unei teme sau al unui compartiment, au menirea de a consolida cunoștințele și de a evalua gradul de însușire a acestora de către elevi.

*Compartimentele 2 și 3 sunt succedate de o schemă generală la rubrica **Repetă și consolidează**, ce rezumă principalele metode de preparare și proprietățile chimice ale compușilor clasei respective, care contribuie la generalizarea și consolidarea cunoștințelor.*

*Rubrica **Evaluare sumativă**, ce are drept scop verificarea cunoștințelor teoretice acumulate de către elevi, corespunde celor prevăzute de curriculum (indicându-se profilul respectiv sau prin „*” (asterisc) – itemii pentru profilul real). Itemii propuși în **Evaluare sumativă** sunt prevăzuți pentru două variante (la discreția profesorului, în funcție de nivelul de pregătire al elevilor).*

*Pentru a asigura activitatea diferențiată a elevilor dotați, au fost incluse și unele conținuturi suplimentare, care în text au fost evidențiate cu rubricile **Extindere** sau **Studiu de caz**. Aceste conținuturi nu sunt obligatorii pentru a fi memorate sau evaluate, însă permit elevilor pasionați de chimie să acumuleze informații noi la tema respectivă.*

Sperăm că acest manual îți va servi drept călăuză în calea anevoioasă, dar interesantă a cunoașterii și însușirii tainelor chimiei organice.

Autoarele

Semnificația rubricilor și simbolurilor:

* – conținuturi obligatorii pentru elevii din clasele cu profil real.

♦ – conținuturi suplimentare pentru elevii dotați (fără a fi evaluate).

⊙ – întrebări ce contribuie la reactualizarea cunoștințelor însușite anterior pentru a evidenția caracterul unitar al chimiei organice.

Temă – sarcini de lucru imediate, ce atrag atenția elevilor, orientându-i spre observare, căutare, comparare și descoperire, facilitându-le, totodată, însușirea materiei noi.

Experiment demonstrativ – activitate practică cu scopul consolidării materiei expuse.

Text evidențiat color – definiții ce urmează a fi memorate.

Extindere și Studiu de caz – informații suplimentare pentru elevii din clasele cu profil real (fără a fi evaluate).

Știi că... – informații ce trezesc interesul și curiozitatea în acumularea cunoștințelor la tema respectivă.

Autoevaluare – autocontrolul cunoștințelor după fiecare unitate didactică (activitate în clasă sau acasă).

Evaluare sumativă – testarea cunoștințelor acumulate la compartimentele prevăzute de curriculum (destinate pentru două variante la ambele profiluri).

Repetă și consolidează – rezumatul materiei studiate la compartimentul respectiv cu scheme generalizatoare ale metodelor de obținere și ale proprietăților chimice caracteristice compușilor organici.



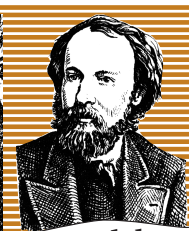
BAZELE TEORETICE ALE CHIMIEI ORGANICE

Compartimentul

1



A. Butlerov



D. Mendeleev

În compartimentul ce urmează vei afla despre istoria apariției chimiei organice ca știință, despre noțiunile fundamentale specifice acestei discipline. Astfel, dacă Legea periodicității a lui D. Mendeleev și Tabelul Periodic al elementelor stau la baza studierii compușilor anorganici, apoi teoria structurii compușilor organici, elaborată de A. Butlerov, ocupă un loc de seamă în studierea profundă a naturii substanțelor organice și în înțelegerea modului de unire a atomilor în moleculă.

Înșușirea principiilor acestei teorii îți va servi drept călăuză în studierea întregului curs de chimie organică. Vei afla că existența numărului enorm și variat de compuși organici are la bază proprietatea unică a atomilor de carbon de a forma un număr practic infinit de legături covalente între ei, generând lanțuri de atomi, numite catene. Totodată, vei sesiza că studierea aprofundată a naturii substanțelor, înțelegerea dispunerii spațiale a atomilor în molecule, caracterului electronic al legăturilor îți vor ajuta să-ți formezi o anumită concepție despre legăturile obiective ale microuniversului și despre esența transformărilor chimice, despre unitatea materială a lumii organice și a celei anorganice.

Subcompetențe:

După studierea acestui compartiment vei fi capabil:

- Să descrii obiectul de studiu al chimiei organice.
- Să diferențiezi substanțele organice de cele anorganice.
- Să formulezi tezele principale ale teoriei structurii chimice a compușilor organici și importanța ei pentru dezvoltarea ulterioară a chimiei organice, noțiunile de izomer, izomerie.
- Să explici noțiunile: substanță organică, elemente organogene, structură chimică, catene carbonice.
- Să caracterizezi carbonul după locul lui în Tabelul Periodic, repartizarea electronilor pe nivele în stare fundamentală și excitată, formele norilor electronici s și p .
- *Să descrii fenomenul hibridizării, formarea legăturilor chimice $C - C$ (unitare, duble, triple) și $C - H$.
- Să argumentezi cauzele diversității compușilor organici.
- *Să cunoști modul de determinare a compoziției calitative și cantitative a substanțelor organice.
- Să rezolvi probleme de calcul de stabilire a formulei brute, formulei moleculare a compușilor organici, aplicând densitatea relativă, părțile de masă a elementelor și a produșilor de ardere.

1.1.

Obiectul de studiu al chimiei organice. Substanțe organice și anorganice

După cum cunoști din cl. a IX-a – a X-a, spre deosebire de substanțele anorganice, există substanțe care au în componența lor, de rând cu alte elemente, în mod obligatoriu, carbon. Aceste substanțe au fost numite substanțe organice. Ele constituie obiectul de studiu al chimiei organice.

Pornind de la această constatare, a fost elaborată pe la mijlocul secolului trecut definiția:

Chimia organică studiază compușii carbonului și transformările lor.

Această definiție, mult utilizată, nu este complet satisfăcătoare, deoarece există un șir de combinații ale carbonului care nu fac parte din compușii organici – sunt substanțe anorganice. Exemple de astfel de substanțe sunt: oxizii carbonului (CO și CO_2), acidul carbonic (H_2CO_3) și sărurile lui – carbonații, carburile metalice (Al_4C_3 , CaC_2) etc.

Însuși carbonul pur, în cele două forme alotropice cristaline (diamantul și grafitul), este considerat substanță anorganică. Existența substanțelor de natură minerală, în compoziția cărora intră și carbonul, denotă că definiția de mai sus este parțial corectă.

Studiul compoziției chimice a substanțelor izolate din plante sau animale (acidul formic, acidul oxalic, acidul citric ș.a.) a demonstrat că ele se deosebesc esențial de cele de origine minerală (care erau deja cunoscute sau obținute de către alchimiști). Astfel, s-a constatat că în substanțele organice, alături de carbon, se găsesc și alte elemente (câteva la număr), care apar mult mai des decât cele cunoscute. Aceste elemente sunt: **hidrogenul, oxigenul, azotul, halogenii, sulful și fosforul** – numite **elemente organogene**. Dintre aceste elemente hidrogenul se distinge în mod deosebit: el apare combinat cu carbonul în aproape toate substanțele organice. Prin urmare, se poate deduce că hidrogenul este tot atât de important ca și carbonul în ce privește compoziția compușilor organici.

Într-adevăr, s-a constatat că există un număr enorm de substanțe organice care reprezintă combinații ale carbonului cu hidrogenul, cunoscute sub denumirea de **hidrocarburi**. Celelalte combinații organice, care conțin și alte elemente pe lângă carbon și hidrogen, pot fi considerate ca derivați ai hidrocarburilor obținuți prin înlocuirea unui sau a mai multor atomi de hidrogen cu atomii altor elemente organogene. Aceasta i-a permis savantului german K. Schorlemmer (1889) să elaboreze următoarea definiție a chimiei organice:

Chimia organică este chimia hidrocarburilor și a derivaților acestora.

Această definiție nu tinde să traseze o linie de hotar între chimia organică și cea anorganică, însă separarea aceasta este justificată de o serie de considerente importante. Vom elucida doar câteva:

- existența unui număr extrem de mare de compuși organici (circa 18 mln.);
- marea diversitate a combinațiilor organice;
- caracteristicile specifice ale compușilor organici;
- importanța deosebită a compușilor carbonului în dezvoltarea industriei și economiei țării.



K. Schorlemmer
(1834-1892)

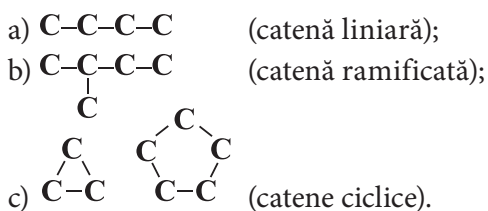
Chimist german.
Fondatorul chimiei
hidrocarburilor.

Caracterul specific al compușilor organici

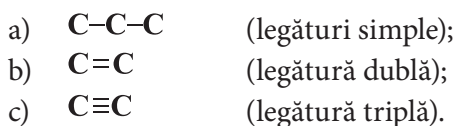
Este surprinzător, la prima vedere, faptul că majoritatea substanțelor organice, fiind alcătuite din câteva elemente (C, H, O, N, S, Hal, P), sunt mult mai numeroase decât numărul combinațiilor tuturor celorlalte elemente (aproape 12 mln. față de 900 mii). Anual savanții descoperă circa 200 mii de combinații organice noi.

Numărul atât de mare de combinații organice se datorează unor proprietăți specifice atomului de carbon de a se uni cu alți atomi de carbon, formând catene sau cicluri care conțin un număr mare de atomi, iar legăturile dintre ei fiind de diferite tipuri.

Exemple de catene carbonice:



Exemple de tipuri de legături dintre atomii de carbon:



Atomul de carbon, unindu-se cu cele câteva elemente organogene într-un mod mult mai variat decât celelalte elemente, formează un șir de compuși, numiți derivați ai hidrocarburilor sau clase de compuși organici (tabelul 1.1).

Tabelul 1.1. Hidrocarburile și derivații lor

Tipul hidrocarbunii	Derivați ai hidrocarburilor (clase de compuși organici)	Formula generală
Alcani Cicloalcani Alchene Alcadiene Alchine Arene	Derivați halogenați	R-X ($\text{X}=\text{Cl}, \text{Br}, \text{I}, \text{F}$)
	Alcooli, fenoli	$\text{R-OH}, \text{Ar-OH}$
	Nitrocompuși	$\text{R-NO}_2,$
	Amine	$\text{R-NH}_2, \text{Ar-NH}_2,$
	Aldehyde, cetone	$\text{R-CH=O}, \text{R-CO-R}$
	Acizi carboxilici	R-COOH
	Esteri	R-COOR

R, Ar – resturi de hidrocarburi.

Din formulele generale ale derivaților hidrocarburilor se constată că hidrocarburile sunt combinații de bază, iar de la ele derivă toate clasele de compuși organici, ce conțin atomi sau grupe de atomi formate din celelalte elemente organogene (numite grupe funcționale).

Pentru a caracteriza o substanță organică, nu este suficient să ne bazăm doar pe compoziția ei moleculară (formula moleculară), deoarece există un șir de substanțe care au aceeași formulă moleculară, dar se deosebesc după proprietățile chimice. *Substanțele organice cu aceeași formulă moleculară, dar care diferă după proprietăți, se numesc izomeri.*

De exemplu, se cunosc două substanțe izomere cu formula $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$: un lichid – alcoolul etilic, și un gaz – eterul dimetilic.

Izomeria constituie una din cauzele multitudinii și diversității de compuși organici. Astfel, oricând se poate alcătui un nou aranjament, adică un alt mod de unire a atomilor în moleculă, care de acum reprezintă un nou compus organic.

Deși numeroase sinteze chimice au dovedit că substanțele organice se supun aceluiași legi fizice și chimice ca și substanțele anorganice, totuși, între ele există deosebiri esențiale (tabelul 1.2).

Tabelul 1.2. Deosebirile esențiale dintre compușii organici și cei anorganici

Compușii organici	Compușii anorganici
<ul style="list-style-type: none"> ■ Sunt formați prin legături covalente sau au caracter covalent dominant. ■ Puțini dintre ei sunt solubili în apă și mai puțini – electroliți. ■ Au temperaturi de topire și de fierbere relativ joase; majoritatea sunt lichide la temperatură obișnuită. ■ Au densitatea ≈ 1. ■ Se descompun relativ ușor la încălzire; doar unii sunt rezistenți la o temperatură mai înaltă de 500°C. ■ Majoritatea se supun combustiei. ■ Reacțiile organice decurg lent, reversibil și incomplet. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mai des sunt formați prin legături covalente polare sau au caracter ionic dominant. ■ Majoritatea sunt solubili în apă, fiind și electroliți. ■ Au temperaturi de topire și de fierbere ridicate; majoritatea sunt substanțe cristaline la temperatură obișnuită. ■ Au densități variabile cu valori mari. ■ În general, au stabilitate termică mare. ■ Doar unii se supun combustiei. ■ Reacțiile substanțelor anorganice decurg rapid și deseori ireversibil.

Deosebirile esențiale ale proprietăților și reactivității chimice a compușilor organici de cei anorganici au dus la elaborarea unor metode specifice de cercetare a compușilor organici. Compușii organici au aplicare largă în dezvoltarea industriei și economiei țării. Cerințele mereu crescânde ale diferitor industrii, cât și ale agronomiei, medicinei, biologiei etc. favorizează dezvoltarea chimiei organice.

Considerentele examinate mai sus au determinat divizarea chimiei în: **chimie anorganică și chimie organică**.



EXPERIMENT DEMONSTRATIV

Experiența se efectuează sub nișă!

Arderea compușilor organici (alcool, parafină, celuloză)



Fig 1.1. Arderea unor compuși organici.

1. **Introdu** în 3 capsule de porțelan numerotate următoarele substanțe:
 - I. 1 ml alcool etilic de 96% (medicinal)
 - II. O bucățică (cât un grăunte de porumb) de parafină
 - III. Câteva bucățele de hârtie de filtru sau de vată
2. **Aprinde** cu un chibrit pe rând conținuturile capsulelor.
3. **Urmărește** modul de ardere a celor 3 substanțe (culoarea flăcării, fumegarea).
4. **Cercetează** după arderea completă conținutul fiecărei capsule.
5. **Formulează** concluzii.
6. **Răspunde** la întrebările:
 - a) de ce în capsula I și în capsula II nu a rămas nimic?
 - b) de ce în capsula III a rămas un reziduu?

„Chimia organică este o știință atât de aparte, încât atunci, când un chimist trece de la studiul substanțelor anorganice la cel al substanțelor organice, el pășește pe un teren cu totul nou”.

J. Berzelius

Date istorice privind dezvoltarea chimiei organice



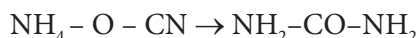
J. Berzelius
(1779-1848)

Remarcabil savant suedez, autorul primului manual de chimie organică (1827).

Termenul **chimie organică** a fost înaintat de savantul J. Berzelius în anul 1808 în tratatul său de chimie. Prin această noțiune el definea domeniul chimiei, care se ocupă de studiul compușilor formați în organismele vii (regmurile animal și vegetal), ce diferă de compușii anorganici proveniți din regnul mineral.

Pe atunci se presupunea că un compus organic poate să apară numai în procesul vieții, ca rezultat al unei forțe misterioase proprii organismelor vii, numită „forță vitală” în concepția adepților teoriei vitaliste. Generând falsa convingere că o substanță organică nu poate fi obținută în laborator pornind de la alte substanțe, teoria vitalistă a influențat negativ dezvoltarea chimiei organice, descurajând intențiile de a sintetiza substanțe noi.

Această perioadă, însă, nu a durat mult, deoarece unele experiențe au demonstrat că din substanțe anorganice se pot obține substanțe organice. Astfel, prin celebra experiență, realizată de F. Wöhler în 1828, s-a dovedit că în timpul evaporării unei soluții de cianat de amoniu la temperatura de 100 °C aceasta se transformă în uree – o substanță organică tipică, conținută și extrasă anterior din urină:



Cianat de amoniu

Uree



F. Wöhler
(1800-1882)

Chimist german. A efectuat cercetări valoroase în domeniul chimiei organice.

Sinteza ureei, realizată de F. Wöhler, marchează începutul unei noi ere în chimie, deschide calea spre sinteza organică, servind ca imbold pentru noi descoperiri în acest domeniu, dintre care putem menționa:

- sinteza anilinei, în 1842, de către savantul rus N. Zinin;
- obținerea pe cale artificială a acidului acetic, în 1845, de către H. Kolbe;
- sinteza grăsimii, alcoolului etilic, în 1854, iar în 1857 – a alcoolului metilic, de către M. Berthelot;
- sinteza unei glucide, în 1861, de către A. Butlerov;
- sinteza acetilenei, în 1862, de către M. Berthelot.

Ca rezultat, chimia organică a început să se dezvolte vertiginos, iar realizările ei au demonstrat că legile chimiei sunt valabile atât pentru substanțele organice, cât și pentru cele anorganice.

Știi că ...

Sinteza compușilor organici progresa foarte rapid: în anul 1880 numărul lor constituia 12 000; în 1910 – 150 000; în 1940 – 500 000; în 1980 – peste 4,5 milioane, iar în anul 2014 – circa 18 milioane de substanțe organice.

Surse de materie organică pe Terra

Din cursurile de biologie și chimie anorganică ai aflat despre circuitul carbonului în natură, pe parcursul căruia se formează și se consumă substanțe organice. În urma proceselor de oxidare (parțiale sau totale), inclusiv a respirației animalelor, substanțele organice degradează oxidativ până la oxid de carbon (IV) și apă – substanțe anorganice.

În organele verzi ale plantelor de la suprafața solului oxidul de carbon (IV) se transformă, în prezența apei și a energiei solare, în substanțe organice necesare plantelor (glucide, proteine, grăsimi), cu eliberarea unor anumite cantități de oxigen. Acest proces se numește *fotosinteză* și în formă simplificată poate fi exprimat astfel:



În realitate, reacția de asimilare a oxidului de carbon (IV) de către plante este mult mai complexă, fiind catalizată de clorofilă și dirijată de enzimele vegetale.

O bună parte din substanțele organice formate în procesul fotosintezei servesc la dezvoltarea de mai departe a plantei, care la un anumit stadiu de maturitate este consumată ca hrană de către animale. Astfel, o parte din substanțele organice asimilate de către animale din plante sunt transformate în produse necesare celulei animale, iar altele, furnizând energie organismului, degradează în oxid de carbon (IV) și apă. Acest ciclu se repetă încontinuu (fig. 1.2).

În afară de substanțele organice, produse de plantele și animalele ce populează suprafața planetei, în scoarța terestră există diferite materii organice, depozitate sub formă de zăcăminte: cărbuni, petrol și gaze naturale. Marea lor majoritate provine din plante care au existat în epoci geologice foarte îndepărtate și au suferit apoi transformări biochimice (sub acțiunea bacteriilor) și chimice (în condiții anaerobe).

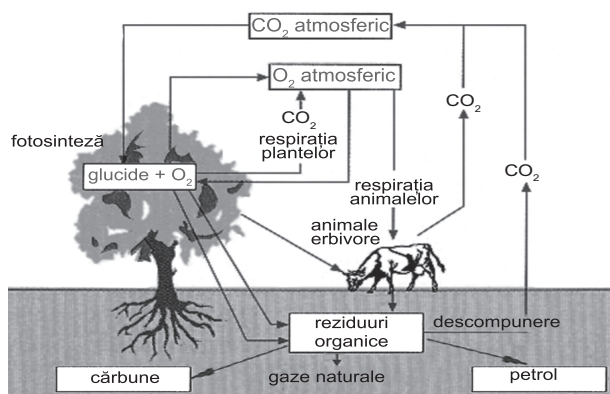


Fig. 1.2. Circuitul carbonului în natură și formarea materiei organice.

În prezent numărul de substanțe organice obținute prin sinteză (medicamente, cauciucuri, coloranți, mase plastice, substanțe explozibile ș.a.) este mai mare ca a celor extrase din surse naturale.

Substanțele organice eliminate din natură se numesc *compuși naturali*, iar cele obținute prin sinteză (reacții chimice) – *compuși sintetici*.

Chimia organică modernă studiază atât compușii naturali, cât și cei sintetici: structura lor, căile de obținere, proprietățile, posibilitatea de a fi utilizate în practică.

AUTOEVALUARE

- Indică** obiectul de studiu al chimiei organice.
- Numește** și caracterizează elementele organogene după locul amplasării lor în Tabelul Periodic.
- Selectează** compuși organici din următoarele substanțe:
 a) CO_2 ; b) CH_4 ; c) $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$; d) CH_3Cl ; e) CaC_2 ;
 f) CH_3OCH_3 ; g) HCOOH ; h) H_2CO_3 ; i) Al_4C_3 ; j) $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$.
- Definește** noțiunea „chimie organică” formulată de J. Berzelius.
- Explică:**
 a) care este cauza diversității mari a compușilor organici;
 b) ce semnifică inițial termenul „chimie organică”;
 c) esența teoriei vitaliste;
 d) care a fost reacția ce a marcat începutul unei ere noi în dezvoltarea chimiei organice.
- Numește** autorii și descoperirile lor prin care a fost dezmințită teoria vitalistă.
- Completează** spațiile libere:
 A. Hidrocarburile sunt formate din două elemente
 B. Numărul compușilor organici este foarte datorită proprietăților specifice ale elementului
 C. Valența carbonului în compuși organici este
 D. Totalitatea elementelor chimice ce intră în componența substanțelor organice se numesc
- Numește** sursele de materie organică pe Terra.
- Indică** care este deosebirea dintre compușii naturali și compușii sintetici? Dă exemple.
- De ce formulele** moleculare nu sunt suficiente pentru a caracteriza o substanță organică?
- Activitate de tip proiect: alcătuieste** un eseu despre circuitul carbonului în natură.

Activitate în echipă Completați tabelul ce ar evidenția deosebirea compușilor anorganici de cei organici (fiecare elev expune deosebirile prin exemple concrete).

Caracteristici	Compuși	
	organici	anorganici
1. Numărul existent de compuși (cauza)		
2. Compoziția chimică (speciile de atomi)		
3. Multiplicitatea legăturilor (simplă, dublă, triplă)		
4. Tipuri de legături chimice		
5. Starea de agregare, volatilitatea, inflamabilitatea		
6. Stabilitatea termică (combustie)		
7. Solubilitatea în apă		
8. Prezența fenomenului izomeriei		

4 legături chimice ce se formează sunt identice după trăinicie și distanța interatomică, ceea ce înseamnă că și orbitalii atomului C^* , care participă la formarea legăturilor, sunt echivalenți.

Cauza formării legăturilor identice după trăinicie a fost elucidată prin aplicarea teoriei hibridizării orbitalilor atomici introdusă în chimie de către L. Pauling.

Teoria hibridizării (L. Pauling) susține că orbitalii de energie și simetrie diferită se pot contopi, modificându-și forma și orientarea inițială, devenind egali în energie și formă. Orbitalii astfel formați sunt numiți orbitali hibridizați și au forma unei haltere deformate (fig. 1.3,c).

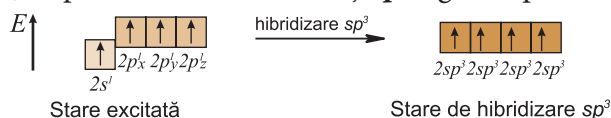
Fenomenul de contopire a orbitalilor electronici urmat de echivalarea lor ca formă și energie se numește hibridizare.

Hibridizarea este un fenomen care are loc doar la formarea legăturii covalente; ea nu există în atomii liberi.

Legătura chimică ce se formează cu participarea electronilor orbitalilor hibridi este mult mai trairnică decât legătura ce se formează cu participarea orbitalilor (s sau p puri) nehibridizați, deoarece interpătrunderea orbitalilor hibridi este mai mare. Hibridizarea are loc atunci, când la formarea legăturilor chimice ale atomului dat iau parte electroni de diferite tipuri (de exemplu s și p), însă întotdeauna numărul orbitalilor hibridizați obținuți este egal cu numărul de orbitali puri inițiali.

Hibridizarea sp^3

Carbonul se află în stare de hibridizare sp^3 , când își distribuie cei patru electroni de valență ($2s^1 2p^3$) în patru orbitali hibridizați sp^3 , egali după energie și formă:



Cei 4 orbitali hibridizați sp^3 ai atomului de carbon sunt orientați în spațiu în forma unui tetraedru regulat, în al cărui centru se află nucleul atomului de carbon (fig. 1.4).

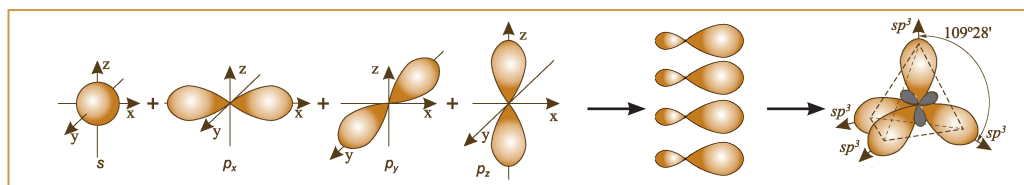
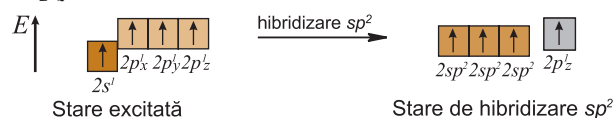


Fig. 1.4. Formarea orbitalilor hibridizați sp^3 .

Atomul de carbon se găsește în stare de hibridizare sp^3 doar în compuşii cu legături simple (alcani, derivați halogenați etc.).

Hibridizarea sp^2

Carbonul se află în stare de hibridizare sp^2 , când orbitalul $2s$ se contopește numai cu doi din cei trei orbitali $2p$ ($2p_x$ și $2p_y$), formând trei orbitali hibridizați sp^2 echivalenți, cu energia mai mare decât energia orbitalului s și mai mică decât energia orbitalului $2p_z$, care rămâne nemodificat.



Spre deosebire de orbitalii sp^3 , orbitalii hibridizați sp^2 sunt așezați trigonal în același plan, formând între ei unghiuri de 120° . În această stare de hibridizare atomul de carbon are trei orbitali monoelectronici sp^2 , cu care realizează trei legături simple (σ), și un orbital monoelectronic nehibridizat, orientat perpendicular pe planul axelor orbitalilor sp^2 (fig. 1.5).

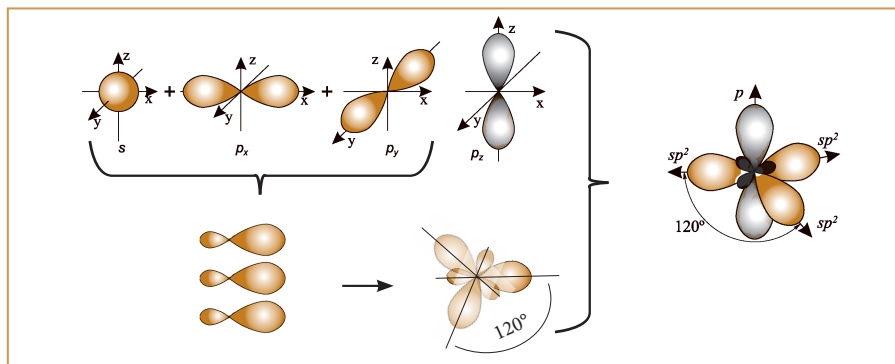
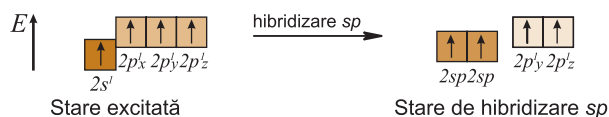


Fig. 1.5. Formarea orbitalilor hibridizați sp^2 .

Atomul de carbon se găsește în stare de hibridizare sp^2 în compușii cu legături duble și în radicalii liberi.

Hibridizarea sp

Carbonul se găsește în stare de hibridizare sp , când orbitalul $2s$ se contopește numai cu un orbital din cei trei orbitali $2p$ ($2p_x$), formând doi orbitali sp monoelectronici, care conduc la două legături simple (σ), și doi orbitali p monoelectronici nehibridizați.



Orbitalii hibridizați sp se găsesc pe aceeași linie și sunt ocupați cu câte un electron π , iar orbitalii $2p$, nehibridizați, sunt dispuși perpendicular între ei și pe planul axelor celor doi orbitali hibridizați sp (fig. 1.6).

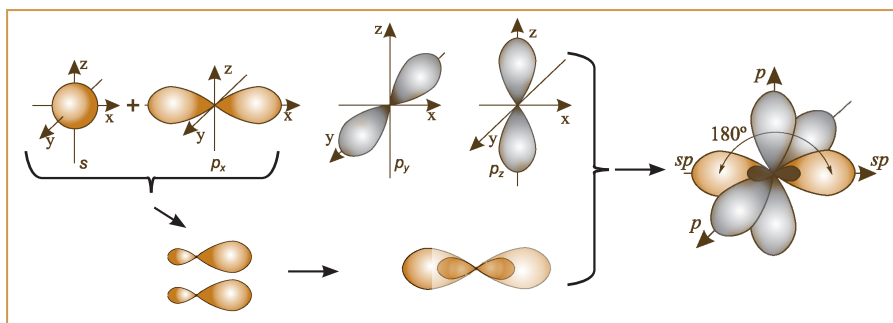


Fig. 1.6. Formarea orbitalilor hibridizați sp .

Hibridizarea sp se întâlnește în compușii cu legături triple (alchine).

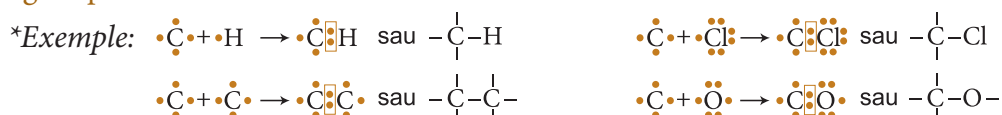
Legătura covalentă în compușii organici

Deja cunoști că în moleculele substanțelor organice atomii elementelor organogene sunt uniți între ei prin legături chimice covalente.

Modul de formare a legăturii covalente poate fi descris atât prin aplicarea cuplurilor comune de electroni, cât și prin aplicarea metodei orbitalilor electronici.

Legătura covalentă este legătura dintre atomi realizată pe baza cuplurilor comune de electroni sau prin întrepătrunderea orbitalilor electronici ai acestora.

Se numește **legătură simplă** legătura ce se realizează prin intermediul unei singure perechi comune de electroni.

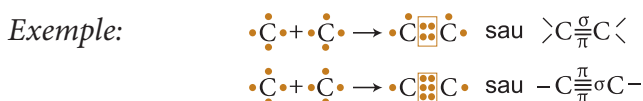


Totodată, formarea legăturii chimice covalente are loc la întrepătrunderea reciprocă a orbitalilor electronici ai celor doi atomi, însă legătura se realizează în acea direcție, unde are loc întrepătrunderea cea mai completă a orbitalilor, concomitent densitatea electronică a lor crește esențial între nucleele atomilor ce interacționează.

S-a constatat următoarea legătură: cu cât e mai mare (mai completă) întrepătrunderea orbitalilor electronici, cu atât e mai trainică legătura chimică ce se formează. Gradul de întrepătrundere a orbitalilor electronici depinde de forma și orientarea lor. Cea mai trainică legătură chimică se formează atunci când întrepătrunderea orbitalilor are loc de-a lungul axei ce unește cele două nuclee ale atomilor. În acest caz se formează legătura σ (sigma) (fig. 1.7).

Totodată, doi atomi se pot lega între ei, formând în comun mai mult de o pereche de electroni (2 sau 3). Astfel de legături se numesc multiple.

Se numesc **legături covalente multiple** legăturile ce se realizează prin intermediul a două sau trei perechi comune de electroni.



Dacă din cauza orientării orbitalilor electronici întrepătrunderea are loc în afara liniei (axei) ce unește nucleele ambilor atomi, atunci se formează legătura π (π), de exemplu în etilenă și acetilenă (fig. 1.8; 1.9).

În cazul când molecula este formată din atomi ai unor elemente diferite, cuplurile de electroni sunt deplasate spre atomul cu electronegativitatea mai mare. Astfel de legături se numesc legături covalente polare.

Schema 1.1. Tipuri de legături covalente în compușii organici



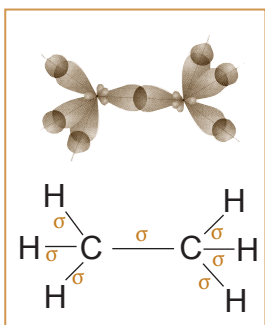


Fig. 1.7. Întrepătrunderea orbitalilor și formarea legăturilor σ (C-C) și σ (C-H) în molecula de etan.

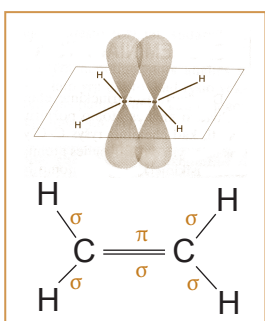


Fig. 1.8. Întrepătrunderea orbitalilor p și formarea legăturii π în molecula de etenă.

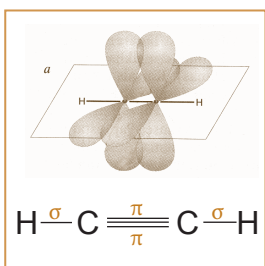


Fig. 1.9. Întrepătrunderea orbitalilor p și formarea legăturilor π în molecula de acetilenă.

*Modul de formare a legăturilor σ și π în hidrocarburi

În molecula de etan (C_2H_6), între atomii de carbon (C-C) și între atomii de carbon și hidrogen (C-H), se realizează doar legături σ . (fig. 1.7)

Legăturile ce se formează la întrepătrunderea orbitalilor, de-a lungul axei ce unește nucleele atomilor, se numesc legături σ .

În molecula de etilenă (C_2H_4) fiecare atom de carbon conține câte trei orbitali hibridizați sp^2 care prin întrepătrundere de-a lungul axei formează o legătură σ (C-C) și câte două legături σ (C-H). Cei doi orbitali p nehibridizați de la fiecare atom, fiind paraleli între ei și perpendiculari pe planul legăturilor σ , se întrepătrund deasupra și sub planul legăturilor σ , formând un alt tip de legătură - π (fig. 1.8).

Prin urmare, între atomii de carbon se realizează legătura dublă (C=C) formată dintr-o legătură simplă σ și una π . Toate legăturile dintre carbon și hidrogen (C-H) sunt, de asemenea, legături σ .

În molecula de acetilenă (C_2H_2) fiecare atom de carbon are câte doi orbitali hibridizați sp care se întrepătrund de-a lungul axei ce unește cele două nuclee, formând o legătură σ (C-C) și câte o legătură σ (C-H), iar cei doi orbitali p nehibridizați de la fiecare atom de carbon, fiind perpendiculari între ei și perpendiculari pe planul legăturilor σ , se întrepătrund doi câte doi în diferite planuri, formând încă două legături π (fig. 1.9).

Astfel, în molecula de acetilenă, între atomii de carbon se realizează legătura triplă, (C \equiv C), formată dintr-o legătură σ și două legături π .

Legăturile ce se formează la întrepătrunderea orbitalilor p în afara axei ce unește nucleele atomilor se numesc legături π .

Unele caracteristici ale legăturilor covalente dintre atomii de carbon din compușii organici sunt reprezentate în tabelul 1.3.

Compușii organici ce conțin în moleculă doar legături simple (unitare) se numesc compuși saturați. Compușii care conțin în moleculă legături duble sau triple între atomii de carbon se numesc compuși nesaturați.

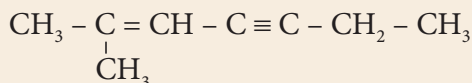
Repetă și consolidează

Tabelul* 1.3. Caracteristicile legăturilor covalente dintre atomii de carbon

Legătura	Tipul legăturii	Lungimea, nm	Tipul de hibridizare	Orientarea spațială	Valoarea unghiului dintre orbitali
C-C	unitară	0,154	sp^3	tetraedrică	$109^\circ 28'$
C=C	dublă	0,134	sp^2	plană	120°
C \equiv C	triplă	0,120	sp	liniară	180°

AUTOEVALUARE

- Definește** noțiunile:
 - *orbital hibrid;
 - legătură covalentă;
 - legătură covalentă nepolară și polară.
- *Explică:**
 - câți orbitali hibridi are atomul de carbon în stare de hibridizare sp^3 ?
Desenează forma unui orbital hibrid.
 - cum sunt aranjați cei trei orbitali hibridi ai atomului de carbon în stare de hibridizare sp^2 ? Desenează forma orbitalului nehibridizat. Cum este situat în spațiu orbitalul nehibridizat față de cei trei orbitali hibridizați? Câți orbitali și care dintre ei participă la hibridizarea sp ? Cum sunt aranjați cei doi orbitali hibridi ai atomului de carbon în stare de hibridizare sp ?
 - ce tip de legătură (σ sau π) se formează: 1) prin suprapunerea frontală a doi orbitali s și a doi orbitali p ; 2) prin suprapunerea frontală a unui orbital s și a unui orbital p ?
- *Argumentează:**
 - trăinicia diferită a legăturilor σ și π , reieșind din modul de suprapunere a orbitalilor ce generează aceste legături;
 - proprietățile specifice ale legăturii covalente.
- *Indică** tipul de hibridizare a fiecărui atom de carbon din molecula:



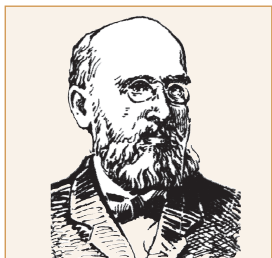
- *Formulează** concluzii despre relațiile dintre lungimea, energia și multiplicitatea legăturii carbon - carbon, folosind schema de mai jos:

LEGĂTURA COVALENTĂ		
Lungimea legăturii, nm	Multiplicitatea	Energia legăturii, kJ/mol
0,154	C-C simplă (σ)	347
0,134	C=C dublă ($\sigma\pi$)	607
0,120	C≡C triplă ($\pi\sigma\pi$)	803

- Răspunde** cu **A** (adevărat) sau **F** (fals) la următoarele afirmații:

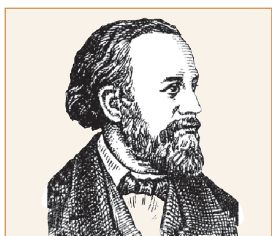
A. *La hibridizarea sp^3 se formează 4 orbitali hibridi cu aceeași energie, orientare tetraedrică și unghiurile dintre axe de $109^\circ 28'$.	A	F	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B. *La întrepătrunderea orbitalilor hibridi se formează doar legături simple σ .			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C. Între atomii de carbon în compușii organici se realizează doar legături ionice.			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D. În compușii organici există doar legături σ .			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

1.3.

Teoria structurii chimice
a compușilor organici

A. Butlerov
(1828-1886)

Chimist rus, autorul teoriei structurii chimice a compușilor organici. A prezis și a studiat izomeria multor compuși organici.



E. Frankland
(1825-1899)

Chimist-organician englez. A introdus noțiunea de forță de combinație (1852), ce a precedat noțiunea de valență.

Premisele elaborării teoriei structurii chimice

La începutul sec. al XIX-lea chimia organică necesita o teorie care ar fi explicat de ce:

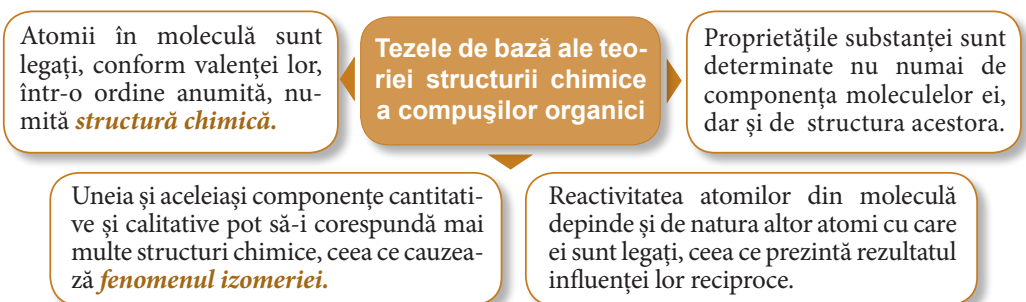
- anume carbonul și hidrogenul pot forma un număr atât de mare de compuși, numiți hidrocarburi?
- substanțele organice sunt cu mult mai numeroase decât cele anorganice?
- valența carbonului pare a fi variabilă și care este, totuși, valența atomului de carbon în compușii organici?
- există substanțe cu aceeași compoziție și, deci, cu aceeași masă moleculară, dar cu proprietăți diferite (pe care mai târziu Berzelius le-a numit izomeri)?

Formularea conceptului de legare a atomilor în moleculă a constituit premisele elaborării teoriei structurii chimice a compușilor organici.

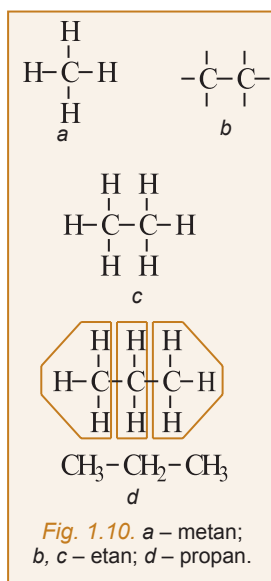
Datorită eforturilor a numeroși savanți din sec. al XIX-lea, inclusiv E. Frankland, F. Kekulé și H. Kolbe etc., dar mai cu seamă A. Butlerov, care a generalizat și interpretat științific descoperirile de până la 1860, în chimia organică a fost introdusă noțiunea de structură chimică, ce reflectă modul de legare a atomilor în molecule.

În 1861, A. Butlerov a formulat pentru prima dată tezele acestei teorii (*schema 1.2*).

Schema 1.2. Tezele de bază ale teoriei structurii chimice



Să elucidăm aceste teze. Ținând seama de tezele teoriei citate și luând drept exemplu hidrocarburile studiate în cl. a IX-a, observă succesiunea în care sunt legați atomii în moleculă. Notând în mod convențional valența elementelor prin liniuțe, putem prezenta ordinea de legare a atomilor în molecula metanului (*fig. 1.10, a*).



Pentru ca în molecula de etan (C_2H_6) toți atomii de carbon și de hidrogen să formeze o moleculă, atomii de carbon trebuie să fie legați între ei (fig. 1.10, b). Consumând câte o valență pentru a se uni unul cu altul, atomii de carbon mai dispun de câte trei valențe libere, care pot fi saturate cu șase atomi de hidrogen (fig. 1.10, c). În molecula de propan atomii sunt legați în succesiunea indicată în formulele alăturate (fig. 1.10, d).

Lanțurile lungi de atomi de carbon legați covalent se numesc **catene**.

În chimia organică pe larg se folosesc câteva tipuri de formule.

Formula moleculară indică specia de atomi (calitatea) și numărul de atomi de fiecare element (cantitatea) din moleculă.

Formulele chimice care reprezintă ordinea de legare a atomilor în moleculă se numesc **formule de structură**.

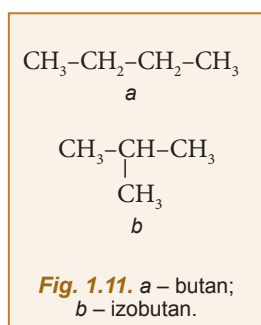
Formulele de structură oglindesc numai succesiunea în care sunt legați atomii între ei, nu și poziția ce o ocupă în spațiu.

Formulele de structură ale substanțelor se scriu desfășurat (fig. 1.10, a, b, c, d) sau deseori semidesfășurat (fig. 1.10, d), de exemplu pentru butan: $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$.

În aceste formule liniuțele indică legătura dintre atomii de carbon, dar nu dintre atomii de carbon și hidrogen.

Izomeria

Ce influență are ordinea de legare a atomilor în moleculă asupra proprietăților substanțelor?



Un merit deosebit în soluționarea acestei probleme îi revine lui A. Butlerov, care a prezis existența celor doi izomeri ai hidrocarbunii C_4H_{10} . Pe baza teoriei structurii chimice (la hidrocarburi, începând cu butanul, sunt posibile diferite moduri de legare a atomilor în moleculă), în 1867 el a sintetizat izomerul prezis, confirmând astfel justetea teoriei sale. Acest izomer a fost numit izobutan (fig. 1.11, a, b), deoarece diferă de butanul normal prin structura moleculei și prin proprietăți, deși ambii au aceeași formulă – C_4H_{10} . Izomeria constituie cauza existenței unui număr enorm de compuși organici.

Izomeria este fenomenul existenței compușilor cu aceeași componentă și masă moleculară, dar diferiți prin structura moleculară și deci prin proprietăți.

Compușii ce au o compoziție moleculară identică, aceeași formulă moleculară, dar o structură chimică diferită și, ca urmare, proprietăți diferite, se numesc izomeri.

În chimia organică fenomenul izomeriei este foarte răspândit. Despre el vei afla mai detaliat la studierea tuturor seriilor omoloage de compuși organici.

Importanța teoriei structurii chimice

Teoria structurii chimice, elaborată de A. Butlerov, este o descoperire fundamentală. Ea a pus bazele științifice ale chimiei organice și a permis să se explice:

- 1) *structura moleculelor compușilor organici;*
- 2) *diversitatea mare a compușilor organici;*
- 3) *precizarea teoretică a existenței unor noi compuși organici, precum și calea de sinteză a lor.*

Datorită acestei teorii a fost posibilă precizarea tuturor structurilor existente pentru o formulă moleculară concretă, fapt ce a avut o deosebită însemnătate în dezvoltarea ulterioară a chimiei organice.

Noțiunea de structură chimică a fost completată în decursul anilor. O etapă importantă reprezintă introducerea noțiunii de stereochemie, adică posibilitatea reprezentării spațiale cu trei dimensiuni a legăturilor dintre atomi.

Datorită metodelor moderne de cercetare au putut fi determinate unghiurile dintre valențe, precum și distanțele dintre atomi.

O altă completare importantă a noțiunii de structură chimică constituie teoria despre rolul electronilor de valență în legătura chimică.

Teoria mecanicii cuantice explică legătura chimică și distribuția densității electronice într-o interpretare modernă. Astfel, în viziunea concepțiilor moderne, structura chimică reprezintă ordinea și orientarea legăturilor, distanțele interatomice și repartitia densității electronice în moleculă.

Catene de atomi de carbon

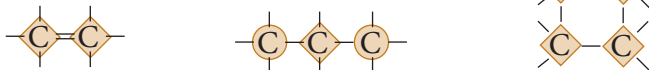
O proprietate caracteristică a atomului de carbon este cea de a se lega între ei în diferite moduri, formând lanțuri de atomi.

Lanțurile de atomi de carbon uniți prin legături covalente se numesc **catene**.

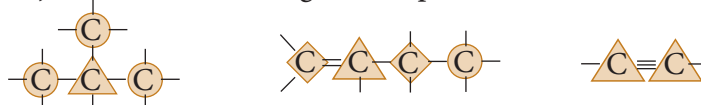
În funcție de numărul legăturilor covalente realizate, atomul de carbon poate fi:

1) *primar* – are o singură covalență realizată cu un alt atom de carbon: 

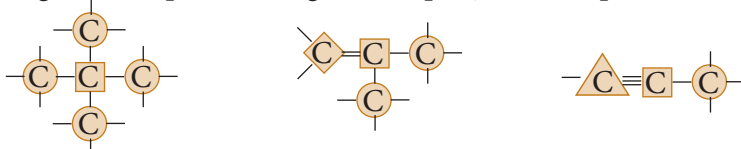
2) *secundar* – are 2 covalențe realizate prin legături carbon-carbon (o legătură dublă sau două legături simple):



3) *terțiar* – are trei covalențe realizate cu alți atomi de carbon (trei legături simple sau una simplă și una dublă, sau o legătură triplă):



4) *cuaternar* – are toate covalențele realizate cu alți atomi de carbon (o legătură dublă și două legături simple sau o legătură triplă și una simplă):



Proprietatea specifică a atomilor de carbon de a se lega între ei în lanțuri lungi (catene) sau cicluri face posibilă existența unui număr enorm de compuși organici.

Catenele în care atomii de carbon se unesc numai prin legături covalente simple (σ) se numesc **catene saturate**.

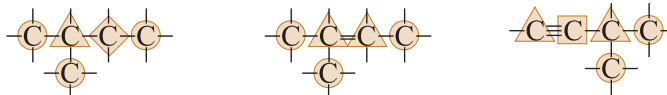
Catenele în care pe lângă legăturile simple se găsesc și legături covalente duble ($\sigma\pi$) sau triple ($\pi\sigma\pi$) se numesc **catene nesaturate**¹.

În funcție de modul de dispunere a atomilor de carbon în catene, acestea pot fi:

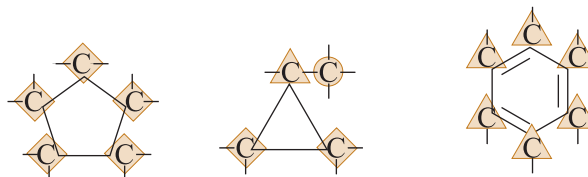
a) liniare:
(saturate și nesaturate)



b) ramificate:
(saturate și nesaturate)



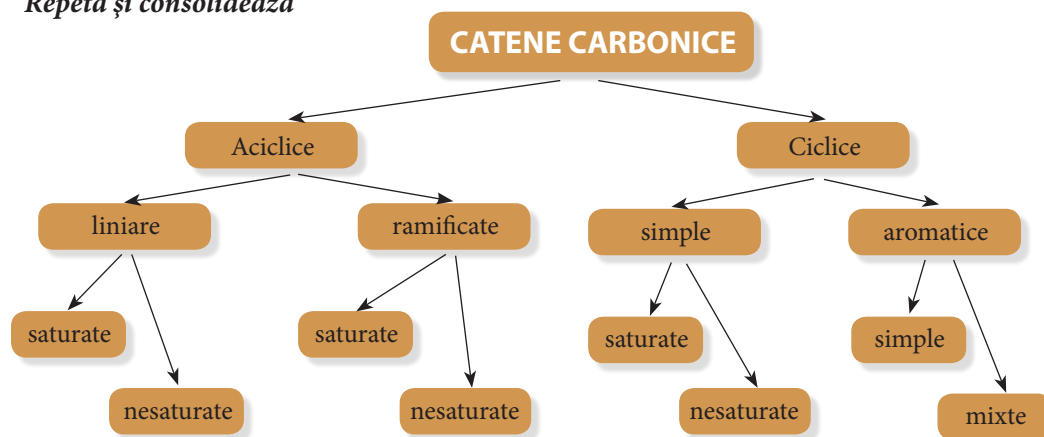
c) ciclice (simple și cu catenă laterală) și aromatice (ciclu din 6 atomi de carbon cu trei duble legături alternante):



Aceste tipuri de catene permit divizarea compușilor organici în două clase mari: **compuși aciclici** și **compuși ciclici**.

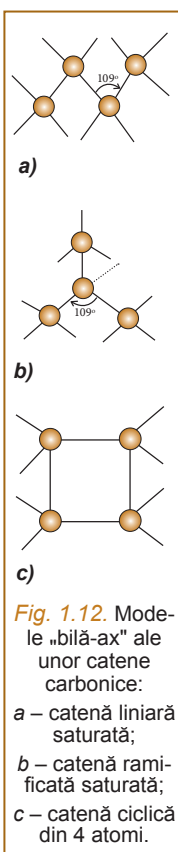
Se cunosc substanțe organice, în care atomii de carbon formează lanțuri sau catene, ce includ de la 2 până la zeci de mii de atomi de carbon.

Repetă și consolidează



Scrie câte un exemplu de fiecare tip de catenă, precizând natura fiecărui atom de carbon.

¹ În exemplele de mai sus tipurile de atomi de carbon – primar, secundar, terțiar, cuaternar – sunt evidențiate respectiv prin: cerc, romb, triunghi, pătrat.



Activitate în echipă Modelați diverse catene, utilizând plastilină și bețișoare.

- Modelarea catenei carbonice liniare saturată din 4 atomi de carbon.**
 - modelează** din plastilină patru bile de aceeași culoare și dimensiuni, care vor simboliza patru atomi de carbon;
 - unește** cele patru bile cu trei bețișoare (chibrituri), aranjate sub un unghi de aproximativ 109° , sub forma unui zigzag;
 - aplică** pe suprafața bilelor din capătul catenei carbonice câte trei bețișoare orientate tetraedric, iar unghiul dintre bețișoare de asemenea să fie de aproximativ 109° ;
 - aplică** pe suprafața bilelor 2 și 3 câte două bețișoare, formând între ele un unghi de $109^\circ 28'$ (fig. 1.12,a);
 - verifică** posibilitatea rotației atomilor de carbon în jurul legăturilor simple.
- Modelarea unei catene ramificate saturată din 4 atomi de carbon.**
 - modelează** din plastilină patru bile egale;
 - unește** trei bile cu două bețișoare, aranjate sub un unghi de $\sim 109^\circ$;
 - aplică** pe suprafața bilei din mijloc un bețișor unit la alt capăt cu altă bilă (fig. 1.12,b);
- Modelarea unei catene ciclice saturate din patru atomi de carbon.**
 - modelează** patru bile și pregătește 12 bețișoare;
 - unește** cele patru bile cu patru bețișoare în formă de ciclu;
 - aplică** pe suprafața fiecărei bile câte două bețișoare ce vor simboliza valențele libere ale atomilor de carbon (fig. 1.12,c).

AUTOEVALUARE

- Enumeră** premisele elaborării teoriei structurii chimice a compușilor organici.
- Alege** răspunsul corect:
 Câte substanțe sunt reprezentate prin următoarele formule de structură?
 a) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_3$; b) $\text{CH}_3\text{-CH-CH}_2\text{-CH}_3$; c) $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_3$;
 d) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$; e) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ \text{H-C-C-C-H} \\ | \quad | \quad | \\ \text{H} \quad \text{H} \quad \text{H} \end{array}$; f) $\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{H} \\ | \quad | \\ \text{H-C-C-H} \\ | \quad | \\ \text{H-C-H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$.
 A. 2; B. 3; C. 4; D. 5.
- Reprezintă** pentru compusul cu formula moleculară C_5H_{10} :
 a) o catenă nesaturată; b) o catenă saturată (ce formă va avea?).
- * **Indică** tipul atomilor de carbon în formula de structură ce urmează:

$$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \\ | \quad | \\ \text{CH}_3\text{-C-CH}_2\text{-CH-CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$$
- * **Reprezintă** structura unei catene care conține:
 a) patru atomi de carbon primari, doi atomi de carbon terțiari, unul secundar și unul cuaternar;
 b) cinci atomi de carbon secundari, unul terțiar și unul primar.

1.4.*

Compoziția substanțelor organice

EXTINDERE

***Separarea și purificarea substanțelor organice**

Se cunoaște că studiul unei substanțe organice începe cu stabilirea compoziției ei. Însă pentru a purcede la această procedură, substanța respectivă trebuie să fie chimic pură, adică să fie formată din același fel de molecule. În acest scop substanța organică se purifică.

Separarea și purificarea compușilor organici poate fi efectuată prin diferite metode. În practica de laborator, însă, mai des se utilizează doar câteva metode: cristalizarea, sublimarea, extracția și distilarea.

Cristalizarea – metodă ce se aplică la separarea și purificarea substanțelor solide și se bazează pe diferența de solubilitate a componentelor amestecului într-un dizolvant oarecare la temperatura de fierbere a acestuia. În consecință se obține soluție saturată din care prin răcirea ei se cristalizează substanța pură. Separarea cristalelor din soluție se efectuează prin filtrare la presiune redusă (fig. 1.13).

Sublimarea – metodă de purificare bazată pe fenomenul sublimării – proprietatea unor substanțe de a trece prin încălzire din starea solidă direct în cea gazoasă. Condensarea vaporilor rezultați permite obținerea cristalelor cu puritate înaltă față de proba inițială (fig. 1.14).

Extracția – metodă aplicată pentru separarea atât a substanțelor lichide, cât și a celor solide cu ajutorul unui dizolvant în care substanța supusă separării se dizolvă bine, comparativ cu impuritățile sau alte componente din amestec. Extracția se efectuează cu utilizarea pânilor de decantare (fig. 1.15).

Distilarea – metodă ce se aplică la separarea și purificarea substanțelor organice dintr-un amestec, de obicei, lichid alcătuit din mai mulți componenți. Ea se bazează pe diferența dintre punctele de fierbere ale componentilor amestecului. Instalația folosită în acest scop este reprezentată în fig. 1.16.

Aprecierea gradului de puritate a substanțelor organice se face prin determinarea unor mărimi caracteristice compușilor organici, numite **constante fizice**. Pentru substanțele solide această mărime este **punctul de topire**, iar pentru cele lichide – **punctul de fierbere** și **indicele de refracție**. Aceste constante fizice sunt incluse în îndrumările chimice.

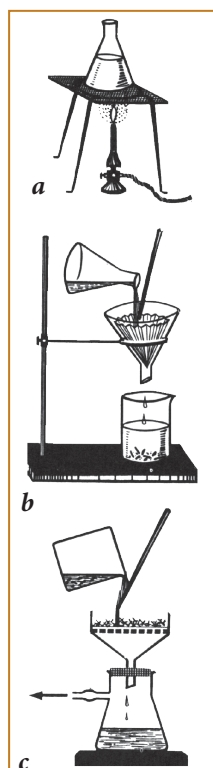


Fig. 1.13.
Operațiile unei cristalizări:
a – dizolvarea substanței;
b – filtrarea soluției fierbinți; c – filtrarea sub vid a cristalelor.

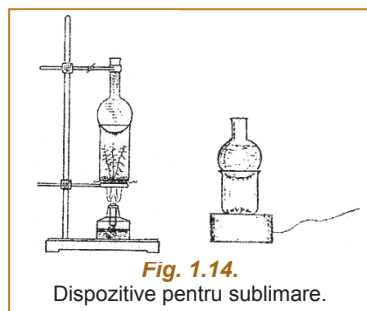


Fig. 1.14.
Dispozitive pentru sublimare.



Fig. 1.15.
Pânilor de decantare.

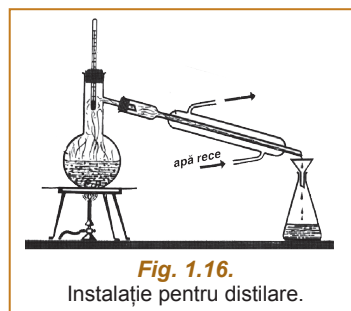


Fig. 1.16.
Instalația pentru distilare.

*Stabilirea compoziției substanțelor organice

Pentru a cunoaște o substanță organică este necesar să știi, în primul rând, ce elemente conține și în ce proporție se găsesc ele una față de alta în molecula dată. În acest scop, după purificare substanța organică este transformată în compuși anorganici simpli (prin ardere), care sunt determinați, aplicându-se metodele chimiei analitice și anorganice.

Analiza elementală calitativă

Analiza elementală calitativă stabilește specia atomilor prezenți în substanța organică dată. O cantitate mică de substanță bine uscată (*de ce?*) se încălzește la o temperatură înaltă cu oxid de cupru (II). Carbonul și hidrogenul din substanța organică formează cu oxigenul din oxidant (CuO) oxid de carbon (IV) și apă:



Pentru a determina celelalte elemente organogene (azot, sulf, halogen), proba de substanță organică se încălzește până la incandescență cu sodiu metalic. În urma reacției se formează compuși anorganici ce pot fi ușor identificați prin reacții simple specifice.

Tabelul 1.4. Reacțiile de identificare a carbonului, hidrogenului, halogenilor

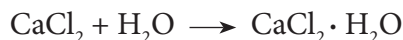
Elementul	Reacția de identificare
Carbon	$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3 \downarrow + H_2O$
Hidrogen	$CuSO_4 + 5 H_2O \rightarrow CuSO_4 \cdot 5H_2O$ Anhidru (alb) Cristalohidrat (albastru)
Halogen	$2CHCl_3 + 5CuO \rightarrow \underbrace{CuCl_2 + 4CuCl}_{\text{verde intens în flacără}} + 2CO_2 + H_2O$ (proba Beilstein)

Analiza elementală cantitativă

Metoda de determinare cantitativă a carbonului și hidrogenului dintr-o substanță organică ce conține carbon, hidrogen, eventual oxigen, în general, se bazează pe aceleași principii ca și analiza elementală calitativă și are drept scop stabilirea cantității fiecărui element (identificat în prealabil), ce intră în compoziția a 100 părți de masă (g) de substanță.

Instalația pentru analiză constă dintr-un tub de combustie, în care se introduce substanța A pentru analiză, și o serie de vase de absorbție (fig. 1.17).

Hidrogenul este transformat în apă, care este reținută de clorura de calciu anhidră (CaCl₂), iar carbonul este transformat în oxid de carbon (IV), care este reținut de KOH:



Ambele substanțe se găsesc în vase de absorbție cântărite în prealabil. Diferențele de masă ale vaselor, înainte și după arderea substanței, reprezintă masa de apă și oxidul de carbon (IV) obținut la arderea substanței. După aceste date se calculează partea de masă de carbon și de hidrogen în procente.

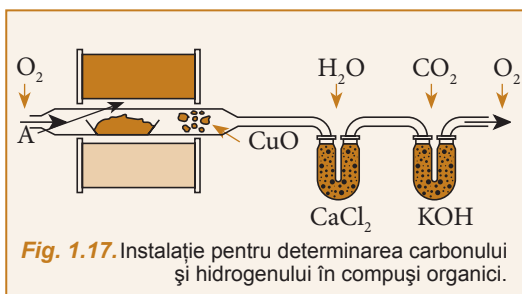


Fig. 1.17. Instalație pentru determinarea carbonului și hidrogenului în compuși organici.

Formula brută. Formula moleculară (reală)

Formula brută indică specia elementelor și cel mai simplu raport numeric dintre numărul de atomi care intră în compoziția substanței respective.

Exemple: CH; CH₂O; CHCl.

Există un număr mare de compuși care au aceeași formulă brută (F.b.). Prin urmare, formula brută nu poate servi pentru caracterizarea proprietăților fizice și chimice ale substanței date. În acest scop este necesar de a stabili formula ei moleculară (F.M.).

Formula moleculară (reală) arată specia atomilor și numărul lor real dintr-o moleculă de substanță.

Ea poate fi identică cu formula brută sau poate constitui un multiplu de numere întregi ale acesteia, adică F.M. = (F.b.)_n.

Exemple: (CH₂O)₆; (CH₂O)₂; (CH₂)₅.

Pentru a stabili formula moleculară reală, în afară de formula brută, trebuie cunoscută și masa moleculară a compusului, deoarece $n = \frac{M_r(\text{F.M.})}{M_r(\text{F.b.})}$.

Masa moleculară deseori se dă în problemă sau se determină experimental.

I. Stabilirea formulei brute și a formulei moleculare după părțile de masă ale elementelor constitutive.**Problema 1**

În urma analizei cantitative elementale s-a stabilit că o substanță organică conține 52,17% C, 13,05% H și 34,78% O. Masa moleculară a substanței este 46. Să se stabilească formula brută și formula moleculară a substanței.

Se dă:

$$\omega(\text{C}) = 52,17\%$$

$$\omega(\text{H}) = 13,05\%$$

$$\omega(\text{O}) = 34,78\%$$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 46 \text{ g/mol}$$

$$\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z - ?$$

Rezolvare:

1. Se notează prin x, y, z numărul de atomi respectivi din formula substanței.

2. Se determină x, y, z prin împărțirea maselor elementelor la masele molare corespunzătoare (considerând masa probei de substanță egală cu 100 g, masele carbonului, hidrogenului și oxigenului vor fi egale cu părțile de masă respective).

$$\text{Exemplu: } m(\text{C}) = \frac{\omega(\text{C})\% \cdot 100}{100\%} \rightarrow m(\text{C}) = \omega(\text{C})$$

$$\text{Prin urmare, } x:y:z = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} : \frac{m(\text{O})}{M(\text{O})} = \frac{52,17\text{g}}{12 \text{ g/mol}} : \frac{13,05\text{g}}{1 \text{ g/mol}} : \frac{34,78\text{g}}{16 \text{ g/mol}} = 4,35 : 13,05 : 2,17$$

3. Se împart valorile obținute la cel mai mic număr din cele obținute pentru simplificarea raportului:
 $x : y : z = 2 : 6 : 1$

4. Se scrie cea mai simplă formulă: C₂H₆O (formula brută).

5. Se recurge la masa molară a substanței calculată după formula brută pentru a stabili formula moleculară (reală) (C₂H₆O)_n:

$$M_r(\text{F.b.}) \text{ C}_2\text{H}_6\text{O} = 2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 + 1 \cdot 16 = 46 \quad M = 46 \text{ g/mol}$$

6. Se compară masa molară a substanței după formula brută cu cea din condițiile problemei (obținută experimental). Deci, formula brută C₂H₆O este în același timp și formula moleculară a substanței, indicele de multiplicare „n” fiind egal cu 1.

II. Stabilirea formulei brute și a formulei moleculare a substanțelor organice după raportul de masă a elementelor constituente.

Problema 2

În molecula unei substanțe organice masa carbonului și hidrogenului se raportează ca 6:1. Masa molară a substanței este egală cu 56 g/mol. Să se stabilească formula brută și formula moleculară a substanței.

Se dă:

$$m(\text{C}):m(\text{H})=6:1$$

$$M = 56 \text{ g/mol}$$

$$\text{C}_x\text{H}_y - ?$$

Rezolvare:

1. **Se notează** prin x și y numărul de atomi respectivi în formula substanței C_xH_y .

2. **Se calculează** formula brută după raportul de masă:

$$x : y = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})} = \frac{6}{12} : \frac{1}{1} = 0,5 : 1 = 1 : 2$$

Deci, formula brută este: CH_2 , iar formula reală va fi $(\text{CH}_2)_n$; $M_r(\text{CH}_2) = (12+2) = 14$.

3. **Se determină** n din relația: $n = \frac{M_r(\text{F.M.})}{M_r(\text{F.b.})} = \frac{56}{14} = 4$.

Deci, formula moleculară: $(\text{CH}_2)_4 = \text{C}_4\text{H}_8$.

Răspuns: Formula moleculară a substanței organice este C_4H_8 .

AUTOEVALUARE

- Describe** cu ajutorul ecuațiilor chimice principiile care stau la baza analizei elementale calitative a unui compus format din C, H, Cl.
- Explică:**
 - de ce determinarea formulei moleculare a substanței nu este suficientă pentru a stabili structura substanței;
 - care este relația dintre structura chimică și proprietățile substanței organice.
- Determină** formulele brute ale substanțelor organice cu următoarea compoziție:
 - $\omega(\text{C})=82,77\%$; $\omega(\text{H})=17,24\%$;
 - $\omega(\text{C})=94,28\%$; $\omega(\text{H})=5,62\%$;
 - $\omega(\text{C})=32,00\%$; $\omega(\text{H})=6,66\%$; $\omega(\text{N})=18,67\%$; $\omega(\text{O})=42,66\%$;
 - $\omega(\text{C})=24,75\%$; $\omega(\text{H})=2,06\%$; $\omega(\text{Cl})=73,2\%$.
- Un compus organic are următoarea compoziție:
 $\omega(\text{C})=68,2\%$; $\omega(\text{H})=13,6\%$; $\omega(\text{O})=18,2\%$. Masa moleculară este egală cu 88. Să se determine formula brută și cea reală. (R.: $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$)
- O substanță organică conține elementele: C – 82,7%; H – 17,3%. Masa moleculară este egală cu 58. Care este formula moleculară a substanței? (R.: C_4H_{10})
- În urma analizei elementale cantitative s-a stabilit că substanța organică conține: C – 42,85%; H – 2,38% și N – 16,66%.
 - să se stabilească formula brută;
 - să se afle masa moleculară a substanței, dacă valoarea lui n din formula brută este 2.
- Stabilește** formula moleculară a substanței organice care conține în compoziția sa 40,6% C, 8,47% H, 23,73% N și are masa moleculară egală cu 59 g/mol. Reprezintă formulele structurale posibile, dacă se știe că substanța conține o legătură dublă între carbon și oxigen. (R.: $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}$)
- Determină** formula brută ce corespunde substanței organice, a cărei compoziție exprimată prin raportul de masă este:
 - C:H:N = 6:2:7;
 - C:H:O = 6:1:8;
 - C:H:N:O = 18:1:7:16.

1.5.

Probleme de calcul la stabilirea compoziției substanțelor organice

I. Calcule în baza corelației dintre densitatea relativă a gazelor și masa moleculară relativă.

Amintește-ți!

Densitatea relativă a gazelor (D) indică raportul masei moleculare relative a unui gaz (Mr_1) către masa moleculară relativă a altui gaz (Mr_2).

$$D = \frac{Mr_1}{Mr_2}; \quad D_{(H_2)} = \frac{Mr_1}{Mr(H_2)}; \quad D_{(aer)} = \frac{Mr_1}{Mr(aer)}.$$

Problema 1

Se dă o substanță organică cu formula moleculară C_4H_{10} . Să se determine densitatea relativă a vaporilor acestei substanțe în raport cu hidrogenul.

Se dă:

substanța cu
formula C_4H_{10}

$D_{(H_2)}$ -?

Rezolvare:

1. Se calculează masa moleculară relativă după formula substanței:

$$Mr(C_4H_{10}) = 4 \cdot 12 + 10 \cdot 1 = 58.$$

2. Se determină densitatea relativă în raport cu hidrogenul după formula:

$$D_{(H_2)} = \frac{Mr(C_4H_{10})}{Mr(H_2)} = \frac{58}{2} = 29.$$

Răspuns: Densitatea relativă în raport cu hidrogenul este egală cu 29.

Problema 2

Densitatea relativă a vaporilor unei substanțe organice în raport cu aerul este egală cu 1,586. Să se calculeze masa moleculară a substanței.

Se dă:

$D_{(aer)} = 1,586$

$Mr(\text{sub.})$ -?

Rezolvare:

Se remarcă: masa moleculară relativă medie a aerului este egală cu 29.

Se calculează masa moleculară relativă a substanței după formula:

$$D_{(aer)} = \frac{Mr(\text{sub.})}{Mr(aer)}; \quad Mr(\text{sub.}) = D_{(aer)} \cdot Mr(aer);$$

$$Mr(\text{sub.}) = 1,586 \cdot 29 = 46.$$

$$M = 46 \text{ g/mol.}$$

Răspuns: Masa moleculară a substanței este egală cu 46 g/mol.

III. Stabilirea compoziției substanței organice după densitatea relativă și părțile de masă ale elementelor constitutive.

Problema 3

În urma analizei cantitative elementale s-a stabilit că o substanță organică conține 80% C și 20% H, iar densitatea relativă a vaporilor ei în raport cu hidrogenul este egală cu 15. Să se determine formula brută și formula moleculară a acestei substanțe.

Metoda I

Se dă:

$\omega(\text{C}) = 80\%$

$\omega(\text{O}) = 20\%$

$D_{(\text{H}_2)} = 15$

Formula-?

*Rezolvare:***1. Se calculează** masa moleculară relativă a substanței după formula:

$$D_{(\text{H}_2)} = \frac{Mr(\text{sub.})}{Mr(\text{H}_2)}; Mr(\text{sub.}) = D_{(\text{H}_2)} \cdot Mr(\text{H}_2) = 15 \cdot 2 = 30.$$

$$M(\text{sub.}) = 30\text{g/mol}.$$

2. Se admite că masa probei de substanță este egală cu 100 g, atunci masa carbonului și cea a hidrogenului vor fi egale cu părțile de masă respective. Deoarece suma părților de masă a C și H este 100%, substanța nu conține al treilea element.

$$m(\text{C}) = \frac{\omega(\text{C}) \cdot 100\%}{100}; m(\text{C}) = \omega(\text{C}); m(\text{C}) = 80\text{ g}; m(\text{H}) = 20\text{ g}.$$

3. Se notează prin x și y numărul de atomi respectivi în formula substanței: C_xH_y . Prin urmare:

$$x : y = \frac{m(\text{C})}{M(\text{C})} : \frac{m(\text{H})}{M(\text{H})}; x : y = \frac{80\text{ g}}{12\text{ g/mol}} : \frac{20\text{ g}}{1\text{ g/mol}} = 6,6 : 20 = 1 : 3$$

4. Se scrie cea mai simplă formulă: CH_3 (formula brută), iar formula moleculară este $(\text{CH}_3)_n$, unde n este numărul de multiplicare.**5. Se determină** masa moleculară relativă a substanței după formula brută:

$$Mr(\text{CH}_3) = 12 + 1 \cdot 3 = 15.$$

6. Se stabilește valoarea lui n din relația $n = \frac{Mr(\text{F.M.})}{Mr(\text{F.b.})} = \frac{30}{15} = 2$.Deci, formula moleculară este $(\text{CH}_3)_2 = \text{C}_2\text{H}_6$.*Răspuns: Formula moleculară a substanței organice este C_2H_6 .****Metoda II**

De obicei, dacă se cunosc părțile de masă (în procente) și masa moleculară, se calculează direct formula moleculară, neglijând formula brută, aplicând relația:

$$\omega(\text{E}) = \frac{nA_r(\text{E})}{Mr} \cdot 100\%, \text{ de unde } n(\text{E}) = \frac{\omega(\text{E}) \cdot M_r}{A_r(\text{E}) \cdot 100\%},$$

care se obține din proporția: $M_r \text{ ----- } 100\%$
 $nA_r(\text{E}) \text{ ----- } \omega(\text{E})\%$ unde n(E) – numărul de atomi ai elementului respectiv; $\omega(\text{E})$ – partea de masă a elementului; M_r – masa moleculară relativă a substanței; $A_r(\text{E})$ – masa atomică relativă a elementului.

Aplicând relația de mai sus la condițiile problemei, rezultă că numărul atomilor respectivi va fi:

$$n(\text{C}) = \frac{80\% \cdot 30\text{g/mol}}{12\text{g/mol} \cdot 100\%} = 2; \quad n(\text{H}) = \frac{20\% \cdot 30\text{g/mol}}{1\text{g/mol} \cdot 100\%} = 6,$$

de unde se stabilește formula moleculară: C_2H_6 .*Răspuns: Formula moleculară a substanței organice este C_2H_6 .*

AUTOEVALUARE

- Selectează** răspunsul corect:
Care din compușii de mai jos conțin 20% de carbon?
a) CON_2H_4 ; b) CO_2H_2 ; c) C_2H_6 ; d) COS ; e) niciunul.
- Determină** partea de masă a fiecărui element din substanțele organice cu următoarele formule moleculare:
a) C_2H_6 ; b) C_7H_{14} ; c) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$; d) $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$.
- Calculează** partea de masă a clorului în tetraclorometan (CCl_4) ce se folosește ca dizolvant.
- Determină** masa a 0,5 mol de propan (C_3H_8).
- Ce volum vor ocupa 0,25 mol de etilenă (C_2H_4)?
- Freonul-12 (difluorodichlorometan – CF_2Cl_2) se utilizează ca agent frigorific. Calculează densitatea relativă a freonului-12 în raport cu aerul și cu azotul.
(R.: 4,17; 4,32)
- Stabilește** formula moleculară a substanței organice, care are următoarea compoziție: 26,10% C, 4,35% H, 65,55% O și masa moleculară relativă a ei este egală cu 46.
(R.: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)
- Care este formula moleculară a substanței organice, care conține elementele: C–82,7% și H–17,3%, iar densitatea relativă a ei în raport cu aerul este egală cu 2.
(R.: C_4H_{10})
- Determină** formula moleculară a gazului, care se folosește la obținerea peliculelor pentru ambalarea diferitor produse cu partea de masă a carbonului 85,71% și a hidrogenului 14,29%. Densitatea relativă a acestui gaz în raport cu hidrogenul este egală cu 21.
(R.: C_3H_6)
- Stabilește** formula moleculară a substanței organice care conține 37,5% C, 12,5% H și 50% O, iar densitatea relativă a vaporilor ei în raport cu aerul este egală cu 1,103.
(R.: CH_4O)
- Determină** formula moleculară, dacă se știe că în molecula unei substanțe organice masele carbonului, hidrogenului și oxigenului se raportează, respectiv, 6:1:4. Densitatea relativă a vaporilor ei în raport cu aerul este egală cu 3,035.
(R.: $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$)

Activitate în echipă Alcătuiți și rezolvați probleme la stabilirea formulelor moleculare ale hidrocarburilor C_xH_y (fiecare elev din echipă alcătuieste și rezolvă prin două metode o problemă, completând tabelul de mai jos).

Hidrocarbura	Densitatea relativă, D	Mr	$\omega, \%$		x	y	Formula brută C_xH_y	Formula reală $(\text{C}_x\text{H}_y)_n$
			C	H				
A	$D(\text{H}_2) = 28$?	85,71	?	?	?		
B	$D(\text{aer}) = 0,97$?	?	14,29	?	?		
C	$D(\text{O}_2) = 1,81$?	82,75	?	?	?		
D	$D(\text{N}_2) = 2,78$?	?	7,7	?	?		

1.6.*

Probleme de calcul la stabilirea formulei substanței organice după produsele de ardere

În enunțurile acestor tipuri de probleme de calcul este dată masa substanței organice supusă arderii, densitatea vaporilor ei în raport cu hidrogenul sau aerul și produsele de ardere CO_2 și H_2O [masa (g), volumul (ml) sau cantitatea de substanță (mol)].

Stabilirea formulei moleculare:

a) după masa de substanță supusă arderii, masa oxidului de carbon (IV) și masa apei, formate în urma arderii.

Problema 1

La arderea în oxigen a unei probe de substanță organică cu masa 3,6 g s-au format 11 g CO_2 și 5,4 g H_2O . Densitatea vaporilor acestei substanțe în raport cu hidrogenul este egală cu 36. Să se determine formula moleculară a substanței organice.

Metoda I

Se dă:

$$m(\text{sub.})=3,6 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}_2)=11 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O})=5,4 \text{ g}$$

$$D_{(\text{H}_2)}=36$$

Formula-?

Rezolvare:

1. **Se calculează** masa moleculară relativă a substanței după formula:

$$D_{(\text{H}_2)} = \frac{Mr(\text{sub.})}{Mr(\text{H}_2)}; Mr(\text{sub.}) = Mr(\text{H}_2) \cdot D_{(\text{H}_2)} = 2 \cdot 36 = 72.$$

2. **Se calculează** cantitatea de substanță CO_2 :

$$M(\text{CO}_2)=44 \text{ g/mol}; \nu = \frac{m}{M} = \frac{11 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0,25 \text{ mol.}$$

3. **Se determină** masa carbonului din relația:

$$\nu(\text{CO}_2)=\nu(\text{C})=0,25 \text{ mol}; m(\text{C})=\nu(\text{C}) \cdot M(\text{C})=0,25 \text{ mol} \cdot 12 \text{ g/mol}=3 \text{ g.}$$

4. **Se calculează** cantitatea de substanță H_2O și respectiv masa hidrogenului:

$$M(\text{H}_2\text{O})=18 \text{ g/mol}; \nu = \frac{m}{M} = \frac{5,4 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 0,3 \text{ mol.}$$

Deoarece 1 mol de H_2O conține 2 mol de hidrogen: $\nu(\text{H})=0,3 \text{ mol} \cdot 2 = 0,6 \text{ mol};$

$$m(\text{H})=\nu(\text{H}) \cdot M(\text{H})=0,6 \text{ mol} \cdot 1 \text{ g/mol}=0,6 \text{ g.}$$

5. **Se calculează** suma maselor carbonului și hidrogenului din substanța organică:

$$m(\text{C}) + m(\text{H})=3 \text{ g} + 0,6 \text{ g}=3,6 \text{ g.}$$

Prin urmare, substanța supusă arderii este o hidrocarbură (nu conține alt element).

6. **Se stabilește** formula brută:

$$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H})=0,25 : 0,6=2,5 : 6=5 : 12.$$

Formula brută este: C_5H_{12} ; $Mr(\text{C}_5\text{H}_{12})=72.$

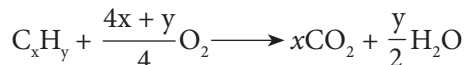
$$Mr(\text{formula brută}) = Mr(\text{formula moleculară}) = 72.$$

Răspuns: Formula moleculară a substanței este C_5H_{12} .

Metoda II

Se demonstrează că substanța organică este o hidrocarbură în conformitate cu etapele 1-5 din metoda 1.

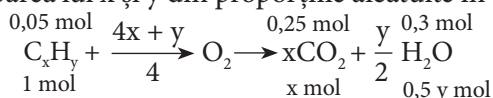
1. **Se scrie** ecuația generală de ardere a hidrocarburii:



2. **Se determină** cantitatea de substanță C_xH_y , CO_2 , H_2O :

$$\nu(C_xH_y) = \frac{3,6 \text{ g}}{72 \text{ g/mol}} = 0,05 \text{ mol}; \nu(CO_2) = \frac{11 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0,25 \text{ mol}; \nu(H_2O) = \frac{5,4 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 0,3 \text{ mol}.$$

3. **Se calculează** valoarea lui x și y din proporțiile alcătuite în baza ecuației:



$$\frac{0,05}{1} = \frac{0,25}{x}; \quad x = \frac{0,25 \cdot 1}{0,05} = 5; \quad \frac{0,05}{1} = \frac{0,3}{0,5 y}; \quad y = \frac{0,3}{0,05 \cdot 0,5} = 12, \text{ de unde } x = 5; y = 12.$$

Răspuns: Formula moleculară este C_5H_{12} .

b) după masa de substanță organică supusă arderii, cantitățile de substanțe CO_2 și H_2O .

Problema 2

La arderea unei substanțe organice cu masa 0,7 g s-au format câte 0,05 mol de CO_2 și H_2O . Substanța organică cu masa de 0,1 g ocupă un volum egal cu 32 ml (c.n.). Să se stabilească formula moleculară a substanței organice supusă arderii.

Se dă:

$$\begin{array}{l} m(\text{sub.}) = 0,7 \text{ g} \\ \nu(CO_2) = \nu(H_2O) = \\ = 0,05 \text{ mol} \\ m(\text{sub.}) = 0,1 \text{ g} \\ V = 32 \text{ ml} \\ \text{Formula-?} \end{array}$$

Rezolvare:

1. **Se calculează** masa molară a substanței organice din relația:

$$\frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}; \quad \frac{0,1}{M} = \frac{0,032 \text{ l}}{22,4 \text{ l/mol}}; \quad M = \frac{0,1 \text{ g} \cdot 22,4 \text{ l/mol}}{0,032 \text{ l}} = 70 \text{ g/mol}.$$

2. **Se determină** masa carbonului din substanța organică:

$$M(C) = 12 \text{ g/mol}; \quad m(C) = M \cdot \nu = 12 \text{ g/mol} \cdot 0,05 \text{ mol} = 0,6 \text{ g}.$$

3. **Se determină** masa hidrogenului:

$$\nu(H_2O) \rightarrow 2\nu(H); \quad \nu(H_2O) = 0,05 \text{ mol};$$

$$\nu(H) = 0,05 \text{ mol} \cdot 2 = 0,1 \text{ mol}; \quad m(H) = 1 \text{ g/mol} \cdot 0,1 \text{ mol} = 0,1 \text{ g}.$$

4. Masa carbonului și a hidrogenului în substanța organică este:

$$m(C) + m(H) = 0,6 \text{ g} + 0,1 \text{ g} = 0,7 \text{ g}; \text{ rezultă că substanța este o hidrocarbură } (C_xH_y).$$

5. **Se determină** formula brută: $x : y = \frac{m(C)}{Ar(C)} : \frac{m(H)}{Ar(H)} = \frac{0,6}{12} : \frac{0,1}{1} = 0,05 : 0,1 = 1 : 2$.

Formula brută: CH_2 ; $Mr(CH_2) = 14$.

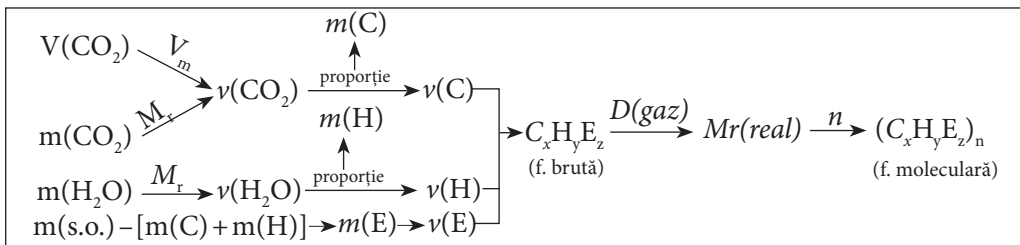
6. **Se stabilește** formula moleculară: $(CH_2)_n$, unde n este numărul de multiplicare:

$$n = \frac{Mr(F.M.)}{Mr(F.b.)} = \frac{70}{14} = 5; \quad (CH_2)_5 \rightarrow C_5H_{10}$$

Răspuns: Substanța organică are formula brută CH_2 , iar formula moleculară – C_5H_{10} .

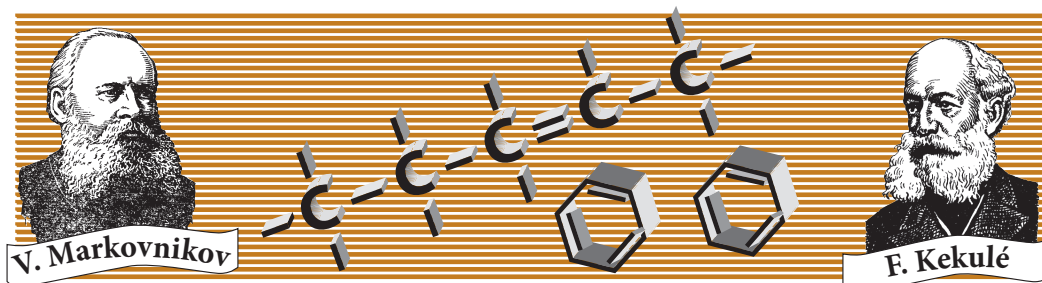
Activitate în echipă Aplicați algoritmul reprezentat în *schema 1.3* pentru a rezolva problemele de mai jos, înlocuind mărimile indicate cu datele din enunțurile problemelor și ale celor obținute prin calculele respective.

Schema 1.3. Algoritmul de rezolvare a problemelor de calcul



AUTOEVALUARE

- O probă de substanță organică cu masa de 4,3 g a fost arsă în oxigen. În urma arderii s-au format CO_2 cu volumul de 6,72 l (c.n.) și H_2O cu masa de 6,3 g. Densitatea relativă a vaporilor substanței inițiale în raport cu hidrogenul este egală cu 43. Să se determine formula moleculară a substanței.
(R.: C_6H_{14})
- *La arderea unei substanțe organice cu masa 2,3 g, ce conține C, H, O, s-au obținut oxid de carbon (IV) cu masa 4,4 g și apă cu masa 2,7 g. Densitatea relativă a vaporilor acestei substanțe după aer este egală cu 1,587. Să se determine formula moleculară a substanței.
(R.: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)
- Să se stabilească formula moleculară a substanței organice, dacă la arderea unei probe cu masa 1,5 g s-au format 4,4 g CO_2 și 2,7 g H_2O . Masa unui litru de această substanță în stare gazoasă (c.n.) constituie 1,34 g.
(R.: C_2H_6)
- La arderea completă a 0,5 mol de hidrocarbură s-au format câte 1,5 mol de CO_2 și H_2O . Densitatea relativă a hidrocarburiilor în stare gazoasă, în raport cu hidrogenul, este egală cu 42. Să se stabilească formula moleculară a hidrocarburiilor.
(R.: C_6H_{12})
- În condiții normale 1 l de substanță organică gazoasă ce conține carbon, hidrogen și oxigen cântărește 2,05 g. La arderea completă a acestei substanțe s-au format 3,95 g CO_2 și 2,44 g H_2O . Să se stabilească formula moleculară a substanței.
(R.: $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)
- Analiza cantitativă a unei substanțe organice lichide formată din carbon, hidrogen și oxigen a dat următoarele rezultate: la arderea a 4,25 mg de substanță s-au format 8,14 mg CO_2 și 5,08 mg H_2O . Să se stabilească partea de masă a fiecărui element în molecula acestei substanțe. Care este formula brută a ei?
(R.: $\omega(\text{C})=52,2\%$; $\omega(\text{H})=13,3\%$; $\omega(\text{O})=34,5\%$; $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$)
- Să se stabilească formula moleculară a substanței organice, dacă la arderea unei probe cu masa de 4,5 g s-au format 8,8 g CO_2 , 6,3 g H_2O și 1,4 g azot. Densitatea vaporilor acestei substanțe în raport cu aerul este egală cu 1,55.
(R.: $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$)



Hidrocarburile sunt cele mai simple substanțe organice, ale căror molecule sunt alcătuite numai din atomi a două elemente: **carbon** și **hidrogen**. Datorită posibilității legării între ei a unui mare număr de atomi de carbon și a modului diferit în care aceștia se pot lega, numărul hidrocarburilor este imens. Există câteva tipuri (serii omologe) de hidrocarburi.

Denumirea seriei omologe	Caracteristici	Formula generală
Alcani (parafine)	Sunt formați din catene de carbon liniare sau ramificate; molecula lor conține numai legături covalente simple. Atomii de carbon sunt complet saturați cu hidrogen.	$C_nH_{2n+2}; n \geq 1$
Cicloalcani (cicloparafine)	Sunt formați din cicluri; molecula lor conține doar legături simple între atomii de carbon.	$C_nH_{2n}; n \geq 3$
Alchene (olefine)	Sunt formate din catene liniare sau ramificate; pe lângă legăturile simple, au o legătură dublă (cu excepția etenei, $CH_2=CH_2$).	$C_nH_{2n}; n \geq 2$
Alcadiene (diene)	Sunt formate din catene de carbon liniare sau ramificate; pe lângă legăturile simple, au două duble legături (cu excepția alenei $CH_2=C=CH_2$).	$C_nH_{2n-2}; n \geq 3$
Alchine (acetilene)	Sunt formate din catene de carbon liniare sau ramificate; pe lângă legăturile simple, au o triplă legătură (cu excepția acetilenei $CH \equiv CH$).	$C_nH_{2n-2}; n \geq 2$
Hidrocarburi aromatice (arene)	Sunt formate din cicluri nesaturate cu legături tipice benzenui, C_6H_6 ; molecula lor conține numai legături simple alături de sextetul de electroni comuni pentru șase atomi de carbon.	$C_nH_{2n-6}; n \geq 6$ și altele

Subcompetențe:

După studierea acestui compartiment vei fi capabil:

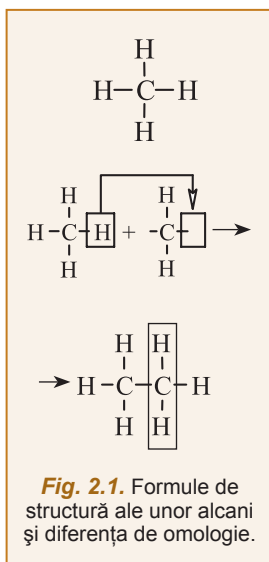
- Să diferențiezi hidrocarburile saturate, nesaturate, aromatice.
- Să denumești, după IUPAC, hidrocarburile.
- Să modelezi izomeri posibili pentru o anumită formulă moleculară.
- Să descrii proprietățile fizice și chimice ale hidrocarburilor, răspândirea în natură, obținerea și utilizarea acestora.
- Să efectuezi calcule chimice pe baza ecuațiilor reacțiilor chimice specifice diverselor tipuri de hidrocarburi.
- *Să identifice experimental carbonul, hidrogenul și clorul în compuși organici.

2.1.

Hidrocarburi saturate

2.1.1.

Alcanii – hidrocarburi saturate aciclice



Definiție

Hidrocarburile, ce conțin numai legături covalente simple [σ (C-C) și σ (C-H)] și la care raportul numeric dintre cele două tipuri de atomi este exprimat prin formula C_nH_{2n+2} (unde n – numărul atomilor de carbon din moleculă), se numesc **alcani**.

Seria omoloagă a alcanilor

Cea mai simplă hidrocarbură saturată aciclică este metanul cu formula moleculară CH_4 . Celelalte hidrocarburi din această serie pot fi considerate, formal, ca derivați ai metanului, ce se obțin la ruperea uneia din legăturile echivalente >C-H , iar în locul ruperii se adaugă grupa $-\text{CH}_2$, numită **diferență de omologie**. Astfel se obține hidrocarbura imediat superioară metanului – etanul, cu compoziția C_2H_6 (fig. 2.1). Similar, din etan se poate obține hidrocarbura C_3H_8 – propanul etc., formându-se o serie de omologi (tabelul 2.1).

Seria de substanțe cu structură similară, în care fiecare termen al seriei se deosebește de cel precedent și de cel următor printr-o grupă CH_2 , se numește **serie omoloagă**, iar termenii seriei – **omologi**.

Tabelul 2.1. Seria omoloagă a alcanilor

Denumirea	Formula moleculară	Formula de structură prescurtată	Forma „zigzag” a catenelor carbonice
Metan	CH_4	CH_4	
Etan	C_2H_6	$CH_3 - CH_3$	—
Propan	C_3H_8	$CH_3 - CH_2 - CH_3$	
Butan	C_4H_{10}	$CH_3 - (CH_2)_2 - CH_3$	
Pentan	C_5H_{12}	$CH_3 - (CH_2)_3 - CH_3$	
Hexan	C_6H_{14}	$CH_3 - (CH_2)_4 - CH_3$	
Heptan	C_7H_{16}	$CH_3 - (CH_2)_5 - CH_3$	
Octan	C_8H_{18}	$CH_3 - (CH_2)_6 - CH_3$	
Nonan	C_9H_{20}	$CH_3 - (CH_2)_7 - CH_3$	
Decan	$C_{10}H_{22}$	$CH_3 - (CH_2)_8 - CH_3$	

Proprietățile chimice ale compușilor dintr-o serie omoloagă sunt foarte asemănătoare, deoarece au o structură similară.

Proprietățile fizice, însă, diferă în funcție de lungimea catenei (de masa moleculară).

* Structura moleculei metanului și a omologilor lui

- ⊙ Ce configurație electronică are atomul de carbon în stare fundamentală și excitată?
- ⊙ Ce se numește hibridizare sp^3 ? ⊙ Cum se formează orbitalii hibridi?

Molecula metanului, primul reprezentant al seriei omoloage a alcanilor, are formă spațială determinată de geometria orbitalilor hibridizați sp^3 . Fiecare dintre cei patru orbitali hibridi sp^3 ai atomului de carbon, distribuiți în spațiu tetraedric, se întrepătrund cu câte un orbital sferic al unui atom de hidrogen, formând numai legături covalente simple σ C–H (sp^3-s). Întrucât în procesul formării legăturilor covalente electronii formează orbitali comuni pentru atomii legați, care cuprind ambele nuclee, molecula de metan poate fi reprezentată conform *fig. 2.2*.

Cei patru atomi de hidrogen, legați de unicul atom de carbon prezent, sunt orientați în spațiu către cele patru vârfuri ale unui tetraedru regulat, în centrul căruia este plasat nucleul atomului de carbon (*fig. 2.3*).

Așezarea tetraedrică este cauzată de faptul că cei patru orbitali hibridi, având aceeași sarcină electrică, se resping, ocupând poziții cât mai distanțate, formând între ei unghiuri de $109^\circ 28'$ (*fig. 2.3*).

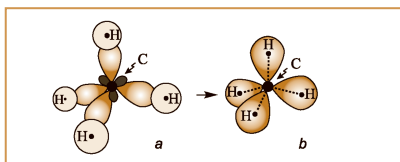


Fig. 2.2. Formarea moleculei de metan: a – întrepătrunderea orbitalilor hibridizați sp^3 ai atomului de carbon cu cei ai atomilor de hidrogen; b – orbitalii moleculari comuni ai legăturilor σ (sp^3-s).

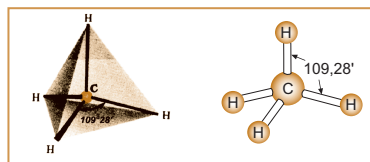


Fig. 2.3. Structura tetraedrică a moleculei de metan.

În general, se poate afirma că formulele utilizate pentru reprezentarea structurii moleculelor de hidrocarburi sunt doar modele ce se apropie de realitate (*fig. 2.4*).

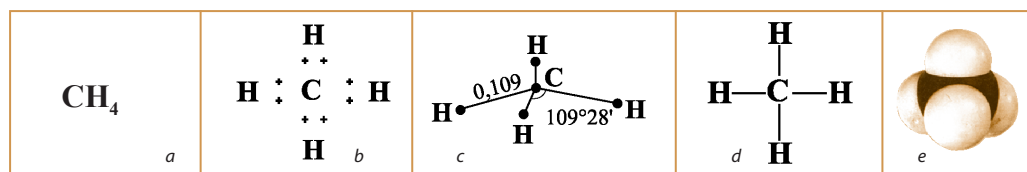


Fig. 2.4. Modele de reprezentare a moleculei de metan: a – formulă moleculară; b – formulă electronică; c – formulă spațială; d – formulă de structură; e – model de proporție.

Structura electronică și spațială a altor reprezentanți ai hidrocarburilor saturate este asemănătoare cu structura moleculei metanului. De exemplu, pentru formarea moleculei de etan, $\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_3$, trei orbitali hibridizați sp^3 ai fiecărui atom de carbon se întrepătrund cu orbitalii $1s$ de la șase atomi de hidrogen, formând șase legături σ C–H (sp^3-s); al patrulea orbital hibridizat sp^3 de la un atom de carbon se întrepătrunde cu orbitalul similar de la celălalt atom de carbon, formând o legătură σ C–C (sp^3-sp^3).

Astfel, în molecula de etan sunt șapte legături σ (fig. 2.5).

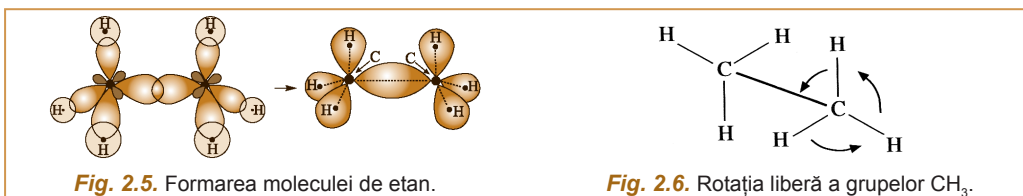


Fig. 2.5. Formarea moleculei de etan.

Fig. 2.6. rotația liberă a grupelor CH_3 .

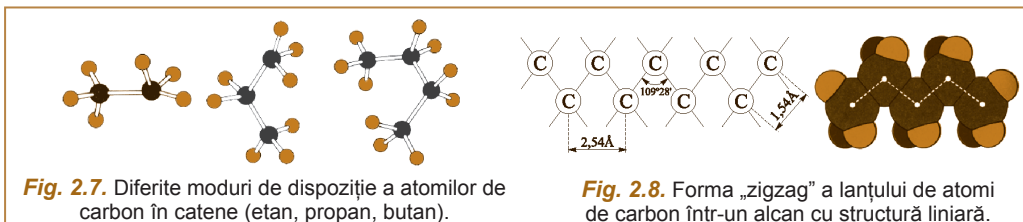


Fig. 2.7. Diferite moduri de dispoziție a atomilor de carbon în catene (etan, propan, butan).

Fig. 2.8. Forma „zigzag” a lanțului de atomi de carbon într-un alcan cu structură liniară.

Legătura σ este o legătură stabilă, greu polarizabilă. Lungimea unei legături C–C este de **0,154 nm**. Atomii de carbon adoptă o configurație tetraedrică, toate unghiurile de valență fiind de $109^{\circ}28'$ (cu mici abateri la alcanii superiori).

Deci, datorită orientării tetraedrice în hidrocarburile cu doi și mai mulți atomi de carbon, legătura C–C permite rotația liberă a celor două grupe de atomi pe care le unește (fig. 2.6). Hidrocarburile cu catene liniare au de fapt formă de linii frânte, care din cauza rotației libere pot lua forme variabile (fig. 2.7). Cea mai stabilă este, însă, forma „zigzag” cu toți atomii de carbon în același plan (fig. 2.8).

***Modul de scindare a legăturilor chimice în alcani.** Legăturile σ din alcani sunt legături trainice, practic nepolare, se rup greu și formează prin scindare simetrică (homolitică) particule cu caracter de **radicali liberi**:



La ruperea homolitică fiecare atom al legăturii covalente rămâne cu câte un electron. Este evident că scindarea homolitică (cu formarea radicalilor) este caracteristică moleculelor formate din atomi identici sau care se deosebesc puțin după electronegativitate (cuplul de electroni aparține în mod egal ambilor atomi).



Reacțiile care decurg cu participarea radicalilor liberi se numesc reacții radicalice.

Activitate creativă

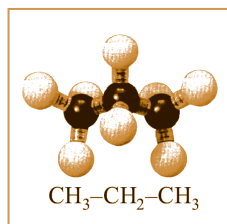


Fig. 2.9. Modelul moleculei „bilă-ax” a propanului.

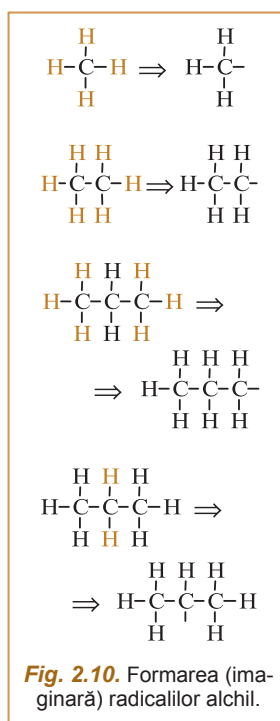
Confecționarea modelelor moleculelor de alcani

Exemplu: Modelarea moleculei de propan (C_3H_8):

- modelează 8 bile de aceeași culoare și dimensiuni, care vor simboliza cei opt atomi de hidrogen;
- modelează bilele, ce vor simboliza cei trei atomi de carbon, din plastilină de altă culoare;
- cuplează bilele cu diametru mai mare (atomii de carbon), cu ajutorul bețișoarelor, sub un unghi de aproximativ 109° ;
- marchează pe ele celelalte puncte sub același unghi și introdu bețișoarele ce vor simboliza legăturile;
- alipește prin intermediul acestor bețișoare bilele ce reprezintă cei opt atomi de hidrogen;
- verifică posibilitatea rotației în jurul legăturilor.

2.1.2.

Nomenclatura alcanilor



La formarea denumirii alcanilor se aplică anumite reguli stabilite de Uniunea Internațională de Chimie Pură și Aplicată – IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). Totalitatea acestor reguli se numește **nomenclatură**.

Primii patru alcani cu catenă neramificată se numesc metan, etan, propan, butan. Numele alcanilor superiori ai seriei omoloage cu catene liniare se formează printr-un prefix numeric (ce indică în limba greacă numărul atomilor de carbon din moleculă), urmat de terminația *-an*. De exemplu: pentan, hexan, heptan etc. Alcanii cu catene ramificate se numesc **izoalcani** (tabelul 2.2).

Înlăturând imaginar de la fiecare hidrocarbură câte un atom de hidrogen, vom obține grupe de atomi numite **radicali** (fig. 2.10).

Denumirea radicalilor se formează de la numele alcanului respectiv, prin înlocuirea terminației *-an* cu terminația *-il*. Pentru alcanii cu mai mult de doi atomi de carbon hidrogenul poate fi îndepărtat de la atomii de carbon primari, secundari sau terțiari. Deci, se pot obține mai multe grupe alchil (tabelul 2.2).

Tabelul 2.2. Unii alcani și alchilii corespunzători

Alcanul		Radicalul corespunzător	
Denumirea	Structura	Denumirea	Structura
Alcan	C_nH_{2n+2}	Alchil	$C_nH_{2n+1}-$
Metan	CH_4	Metil	$-CH_3$
Etan	CH_3-CH_3	Etil	$-CH_2-CH_3$
Propan	$CH_3-CH_2-CH_3$	Propil	$-CH_2-CH_2-CH_3$
		*Izopropil	$CH_3-\underset{ }{CH}-CH_3$
Butan	$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$	Butil	$-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
		♦ sec-Butil	$CH_3-\underset{ }{CH}-CH_2-CH_3$
Izobutan	$CH_3-\underset{ }{CH}-CH_3$	♦ izo-Butil	$-\underset{ }{CH_2}-\underset{ }{CH}-CH_3$
		terț-Butil	$CH_3-\underset{ }{C}-CH_3$

Radicalii alchil (notați cu R) în modul reprezentat în fig. 2.10 există doar imagină (pe hârtie). Ei sunt de fapt o parte de moleculă.

Tema 2.1. Scrie toți radicalii monovalenți ai hidrocarbunii C_5H_{12} .

La alcătuirea denumirii sistematice a alcanilor ramificați se respectă următoarele reguli:

- 1 Se alege ca temelie cea mai lungă catenă de atomi, care poartă denumirea hidrocarburi normale cu numărul respectiv de atomi de carbon.
- 2 Enumerarea se face cu numere arabe și se începe din capătul unde ramificarea este mai aproape.
- 3 Înaintea temeliei se indică cu cifre locurile ramificărilor, radicalilor și denumirea lor. Numerele care desemnează pozițiile de ramificare a catenei sunt separate de cuvinte prin liniuțe.
- 4 Dacă un radical se întâlnește de câteva ori, se indică cu cifre, separate prin virgulă, pozițiile radicalilor, apoi denumirea lor cu prefixele *di-*, *tri-*, *tetra-*, *penta-* etc.
- 5 Radicalii se numesc în ordine alfabetică (de exemplu, etil înainte de metil). La stabilirea ordinii alfabetice nu se ține seama de prefixele de multiplicare *di-*, *tri-*, *tetra-* etc. (fig. 2.11).

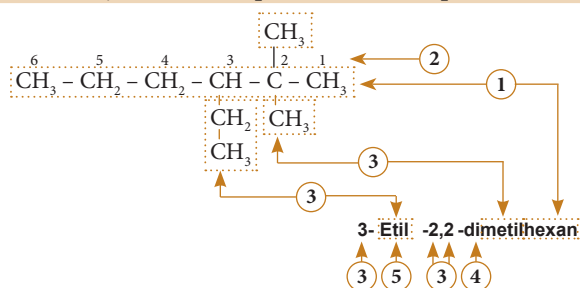


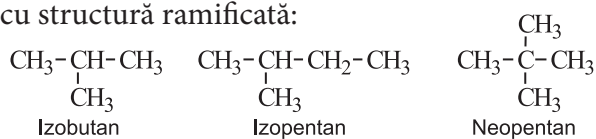
Fig. 2.11. Exemplu de alcătuire a denumirii sistematice a alcanului cu structură ramificată.

- 6 Dacă în catena principală ramificările se găsesc la distanțe egale de capetele ei, se preferă denumirea care are cea mai mică sumă a cifrelor pozițiilor radicalilor.

Tema 2.2. Alege denumirea corectă pentru alcanul:



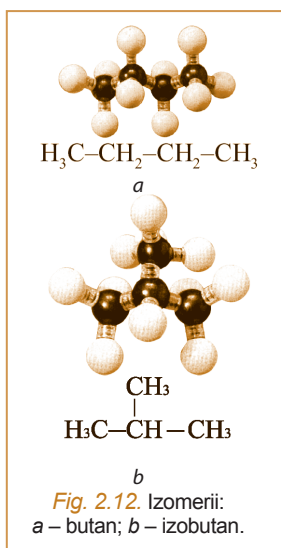
◆ Paralel cu denumirile sistematice se folosesc și o serie de denumiri nesistematice (uzuale) pentru unele hidrocarburi cu structură ramificată:



Izomerie. Izomeri de catenă

Pe parcursul studierii chimiei organice vei întâlni diferite tipuri de izomerie.

Izomerii apar atunci, când există mai multe moduri de unire a atomilor în moleculă. Pentru metan, etan și propan există un singur mod de unire – o singură structură (izomerii lipsesc). Pentru hidrocarbura cu compoziția C_4H_{10} sunt posibile două moduri de aranjare a atomilor de carbon (două structuri), deci are 2 izomeri (fig. 2.12), alcanul cu compoziția C_5H_{12} are 3 izomeri, iar cel cu compoziția C_6H_{14} – 5 izomeri.

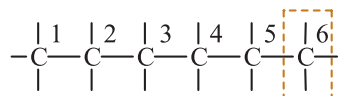


Prin urmare, structura diferită a alcanilor se datorește în exclusivitate modului de construcție a catenei atomilor de carbon. Astfel de izomeri se numesc izomeri de catenă.

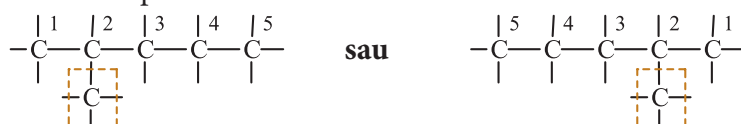
Pentru scrierea corectă și sistematică a tuturor izomerilor de catenă, ce corespund aceleiași formule moleculare, propunem câteva reguli ce trebuie respectate.

Algoritmul scrierii izomerilor de catenă

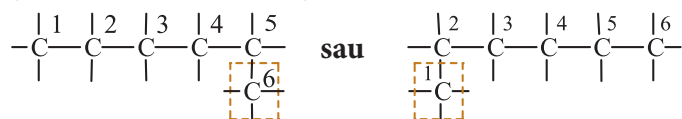
1 Scriem izomerul cu catenă liniară:



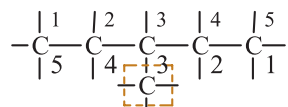
2 Scurtăm catena cu un atom de carbon, amplasându-l la al doilea atom, indiferent din care capăt:



*Radicalul nu poate fi plasat la capete, deoarece în acest caz el se include în catena principală (nu mai este ramificare):

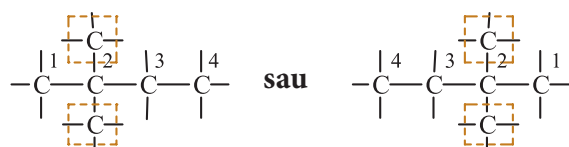


3 *Deplasăm poziția radicalului de-a lungul catenei, rând pe rând, cât ne permite catena (excludem repetarea):

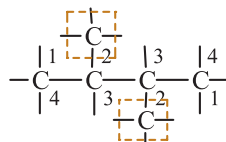


4 *Mai scurtăm catena cu un atom de carbon, amplasându-i pe ambii:

a) la același atom de carbon din catena principală:



b) la atomi diferiți:



5 *Dacă permite lungimea catenei, repetăm operațiile 2–4.

6 Completăm catena de carbon cu atomi de hidrogen conform tetravalenței C.

Tema 2.3. Scrie toți izomerii pentanului.

Numărul izomerilor de catenă ai hidrocarburilor saturate aciclice crește odată cu numărul atomilor de carbon din moleculă (*de ce?*).

AUTOEVALUARE

1. **Definește** noțiunile:
 - a) omologi, izomeri;
 - b) izomeri de catenă, radical.
2. **Explică:**
 - a) algoritmul alcătuirii denumirii sistematice a alcanilor cu catenă ramificată;
 - b)* structura spațială a moleculei de metan, reieșind din tipul de hibridizare a atomului de carbon în alcani;
 - c) natura atomilor de carbon și numărul de fiecare tip în compușii:

A. 2,2-dimetilbutan;	C. 2,3-dimetilbutan;
B. 2,2,3-trimetilpentan;	D. 2,3,4-trimetilpentan.
3. **Determină:**
 - A. denumirea corectă pentru hidrocarbura saturată cu structura:

$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \qquad \text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ \qquad \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	1) 2-etil-5,5-dimetilpentan;
	2) 5-etil-2,2-dimetilpentan;
	3) 2,2,4-trimetilhexan.
 - B.* formula de structură și numește hidrocarbura ce conține:
 - a) 6 atomi de carbon primari și 2 atomi de carbon cuaternari;
 - b) 4 atomi de carbon primari, un atom de carbon cuaternar și unul secundar;
 - c) 4 atomi de carbon primari și unul cuaternar.
4. **Completează** spațiile libere din următoarele enunțuri:
 - a)* În molecula de metan toate patru legături C–H sunt ... și aranjate în spațiu ...
 - b) n-Butanul este un al metanului și un al 2-metilpropanului.
 - c) Hexanul formează izomeri de catenă.
5. **Răspunde** cu **A** (adevărat) sau **F** (fals) la următoarele afirmații:

	A	F
a) Enumerarea atomilor de carbon din catena alcanilor se începe din capătul unde ramificarea este mai aproape.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Există 3 radicali cu formula C_4H_9- .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Alcanii conțin în moleculă legături C–C și C–H.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) Compușii cu structură și proprietăți similare se numesc omologi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. **Alege** răspunsul corect:
 - A. Hidrocarbura cu formula moleculară C_5H_{12} prezintă:

a) 3 izomeri;	b) 4 izomeri;	c) 5 izomeri;	d) 6 izomeri.
---------------	---------------	---------------	---------------
 - B.* Densitatea relativă a etanului în raport cu aerul este:

a) 0,51;	b) 1,04;	c) 1,51;	d) 2,11.
----------	----------	----------	----------
- 7.* **Stabilește** formula de structură a hidrocarbunii saturate ce conține numai atomi de carbon primari și terțiari, dacă se știe că 1,12 l (c.n.) de această substanță are masa 2,9 g. (R.: C_4H_{10})

2.1.3.

Proprietățile și utilizarea alcanilor

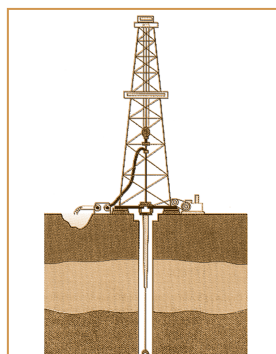


Fig. 2.13. Sondă.

Obținerea alcanilor

Alcanii se obțin atât din surse naturale, cât și pe cale chimică.

A. Surse naturale. Metanul este un alcan larg răspândit în natură și constituie componentul principal al gazelor naturale (~95%). Surse naturale de alcani sunt: gazul natural, gazul de sondă, petrolul și cărbunele de pământ.

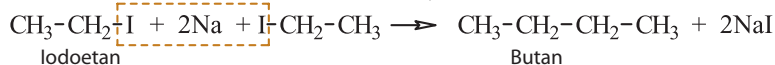
Metanul se degajă din adâncul mlaștinilor și din straturile carbonifere ale minelor, unde se formează la descompunerea lentă a materiilor organice în lipsa aerului. Iată de ce deseori el este numit „gaz de baltă” sau „de mină”. Metanul se extrage din zăcămintele naturale cu ajutorul sondelor (fig. 2.13) și se transportă la consumatori prin conducte.

B. *Obținerea alcanilor în laborator

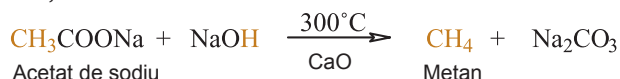
1* Descompunerea carburii de aluminiu (Al_4C_3) la acțiunea apei:



2.* Interacțiunea halogenoalcanilor cu sodiul metalic. La sinteza hidrocarburilor simetrice se folosește reacția lui Würtz (1855). Ea constă în acțiunea sodiului metalic asupra unui derivat iodurat sau bromurat. La încălzirea iodoetanului cu sodiu metalic se obține butan:



3. Decarboxilarea sărurilor acizilor carboxilici. Astfel, metanul poate fi obținut la încălzirea acetatului de sodiu cu alcalii:



EXPERIMENT DEMONSTRATIV

Obținerea și proprietățile metanului

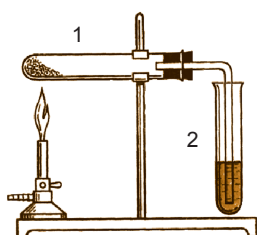


Fig. 2.14. Prepararea metanului în condiții de laborator și studierea proprietăților lui.

1. **Introdu** într-o eprubetă uscată (1) un amestec de 0,3 g de acetat de sodiu anhidru și 0,6 g de *var natrat* (NaOH și CaO) calcinat și închide-o cu un dop prevăzut cu tub de evacuare a gazelor (fig. 2.14).

2. **Introdu** capătul tubului de evacuare a gazelor într-o altă eprubetă (2) cu apă de brom, apoi în alta cu soluție diluată de KMnO_4 .

3. **Încălzește** eprubeta, fixând-o în prealabil în stativ metalic în poziție orizontală, la flacăra arzătorului.

4. **Urmărește** dacă se schimbă culoarea acestor soluții.

5. **Scoate** tubul de evacuare a gazelor din eprubetele cu soluții și apropie un chibrit aprins de capătul tubului de evacuare.

6. **Constată** că metanul arde cu o flăcără albastruie.

Proprietăți fizice

La temperatură și presiune obișnuită alcanii sunt substanțe gazoase, lichide sau solide în funcție de numărul de atomi de carbon pe care îi conțin în moleculă. Astfel, primii patru termeni ai seriei sunt gaze, iar hidrocarburi ce conțin de la C_5 până la C_{15} sunt lichide, cele care conțin un număr mai mare de atomi de carbon sunt solide (tabelul 2.3).

Tabelul 2.3. Proprietățile fizice ale unor alcani

Hidrocarbura	Formula	T.f., °C	Densitatea ρ , g/cm ³	Starea de agregare (c.n.)
Metan	CH ₄	-161,6	0,424	Gaz
Etan	CH ₃ -CH ₃	-88,6	0,546	Gaz
Propan	CH ₃ -CH ₂ -CH ₃	-42,2	0,583	Gaz
Butan	CH ₃ -(CH ₂) ₂ -CH ₃	-10,5	0,579	Gaz
Pentan	CH ₃ -(CH ₂) ₃ -CH ₃	+36,1	0,626	Lichid
Hexan	CH ₃ -(CH ₂) ₄ -CH ₃	68,8	0,659	Lichid
*Heptan	CH ₃ -(CH ₂) ₅ -CH ₃	98,4	0,684	Lichid
*Octan	CH ₃ -(CH ₂) ₆ -CH ₃	125,7	0,703	Lichid
*Nonan	CH ₃ -(CH ₂) ₇ -CH ₃	149,5	0,718	Lichid
*Decan	CH ₃ -(CH ₂) ₈ -CH ₃	173,0	0,730	Lichid
♦ Hexadecan	C ₁₆ H ₃₄	287,0	0,775	Solid

Punctele de fierbere ale alcanilor normali cresc odată cu creșterea numărului de atomi de carbon în moleculă. Punctele de fierbere ale izoalcanilor sunt mai joase decât cele ale alcanilor respectivi cu structură normală și cu atât mai joasă cu cât e mai ramificată catena carbonică (fig. 2.15):

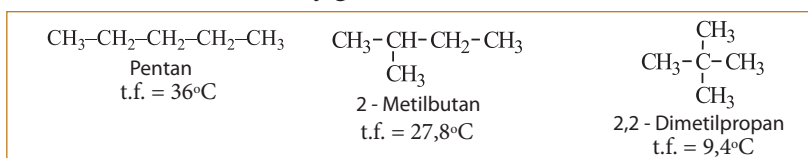


Fig. 2.15. Temperaturile de fierbere ale izomerilor hidrocarburi cu compoziția C₅H₁₂.

Alcanii, fiind molecule nepolare, sunt insolubili în apă și în alți solvenți polari, dar se dizolvă foarte bine în solvenți organici nepolari, spre exemplu în alte tipuri de hidrocarburi etc. Alcanii lichizi sunt solvenți pentru multe substanțe organice.

Problemă creativă Analizează tabelul 2.3 și constată corelația compoziției alcanilor cu temperaturile lor de fierbere. Construiește graficul corelației: pe coordonata x – compoziția (formula) alcanilor, iar pe coordonata y – temperaturile de fierbere ale lor, luând în considerare și unele valori negative ale temperaturilor de fierbere.

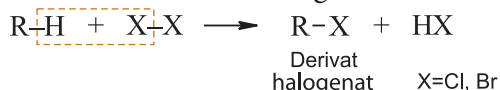
Știi că ...

Întrucât alcanii gazoși nu au miros, pentru a depista erupțiile de gaze din conducte, în ei se adaugă substanțe urât mirositoare (compuși organici ai sulfului, numiți mercaptani), a căror prezență este foarte ușor sesizată.

Proprietăți chimice

A. Reacții de substituție

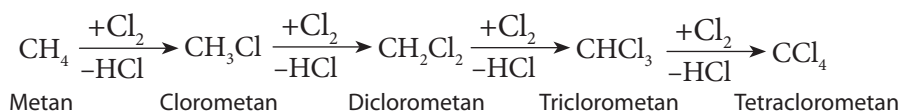
Reacțiile de substituție, caracteristice alcanilor, reprezintă o reacție de substituție a hidrogenului din alcani cu atomi de halogen, cu formarea derivaților halogenați:



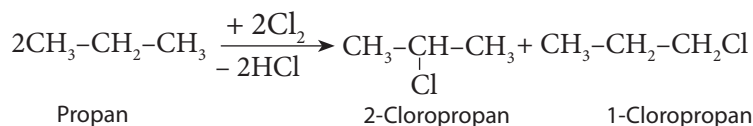
Cei mai utilizați halogeni sunt clorul și bromul.

Halogenarea alcanilor este o reacție ce se desfășoară ușor în cazul termenilor inferiori ai seriei omoloage și mai lent în cazul celor superiori. Reacția are loc la lumină sau la temperaturi cuprinse între 300–600°C.

În reacțiile de substituție, hidrogenul poate fi înlocuit treptat prin halogeni. De exemplu, prin clorurarea metanului rezultă un amestec de derivați clorurați utilizați ca solvenți organici. Schema generală a acestei reacții:



Clorurarea alcanilor cu mai mulți atomi de carbon în moleculă conduce la un amestec de produse monoclorurate izomere.



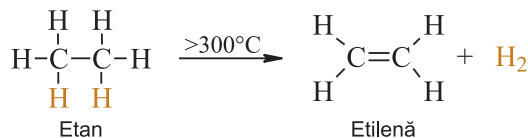
Compoziția produșilor de reacție depinde de reactivitatea legăturilor C – H (primară, secundară și terțiară).

Ordinea scaderii reactivității legăturilor C – H: $\text{H} - \text{C}_{\text{terț.}} > \text{H} - \text{C}_{\text{sec.}} > \text{H} - \text{C}_{\text{prim.}}$

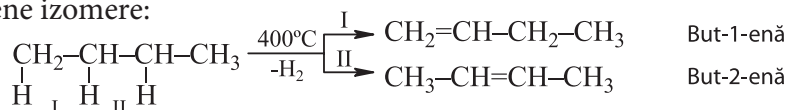
B. Reacții de eliminare (dehidrogenare)

Procesul de dehidrogenare are loc prin scindarea de legături C–H de la atomii de carbon vecini cu eliminare de hidrogen și formarea legăturii duble.

Dehidrogenarea este un proces endoterm ce decurge la temperaturi ridicate (>300°C) și presiuni scăzute (are loc creșterea numărului de moli):



Odată cu creșterea numărului de atomi de carbon sunt posibile mai multe moduri de eliminare a hidrogenului. Astfel, la dehidrogenarea butanului se obțin două alchene izomere:



Alcanii sunt compuși cu mare stabilitate termică. Cu cât catena hidrocarburi este mai scurtă, cu atât temperatura de descompunere este mai înaltă.

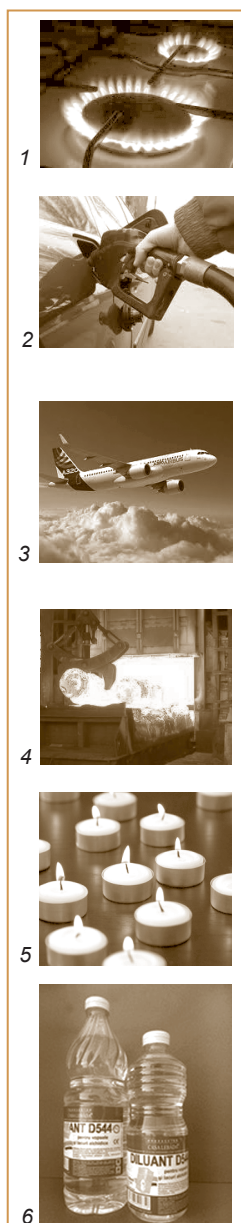
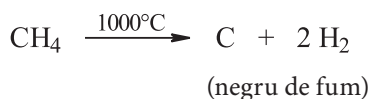


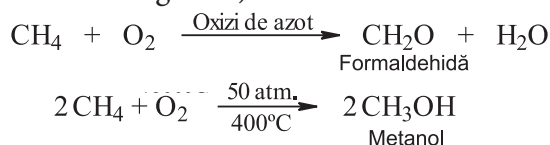
Fig. 2.16 Utilizarea alcanilor:
 1 – combustibil de uz casnic;
 2 – combustibil pentru automobile;
 3 – combustibil pentru avioane;
 4 – combustibil pentru cuptoare (păcură);
 5 – parafină pentru lumânări;
 6 – solvenți organici.

Descompunerile termice realizate până la 650°C poartă denumirea de *cracare termică*, iar cele mai sus de această temperatură – *piroliză*.

Metanul CH₄ se descompune complet la temperatura de circa 1000°C:



*La oxidarea parțială a metanului în diferite condiții se obține formaldehidă sau metanol (ce au o largă aplicație practică în sinteza organică):

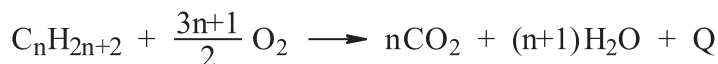


C. Arderea alcanilor

La temperatură înaltă și în prezența unui exces de oxigen, alcanii se aprind și ard cu flacără, cu atât mai luminoasă, cu cât mai mult carbon conțin în moleculă:



*Forma generală a ecuației reacției de ardere a alcanilor este:

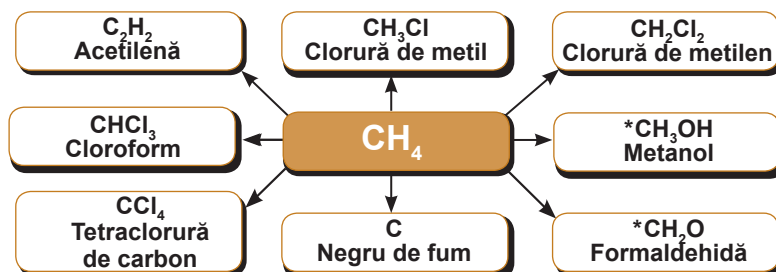


Reacțiile sunt exoterme și stau la baza utilizării alcanilor în calitate de combustibili (fig. 2.16).

Utilizarea metanului

Metanul este una dintre cele mai valoroase materii prime. Datorită acestui fapt el are o utilizare foarte diversă în special în industria chimică (schema 2.1).

Schema 2.1. Produse obținute prin chimizarea metanului



Tema 2.4. Scrie schemele reacțiilor de transformare a metanului, folosind schema 2.1.

AUTOEVALUARE

1. Definește noțiunile:

- a) reacție de substituție;
- b) reacție de eliminare (dehidrogenare);
- c) *descompunere termică (piroliză).

2. Explică:

- a) dependența stării de agregare, a punctelor de fierbere și a densității de numărul atomilor de carbon și de structura catenei alcanului;
- b) *reactivitatea scăzută a alcanilor, reieșind din tipul de legături dintre atomii moleculei C_2H_6 ;
- c) *esența reacției de bromurare a etanului. Stabilește modul de scindare a legăturilor chimice.

3. Completează spațiile libere din următoarele enunțuri:

- a) Izobutanul este izomerul
- b) Cea mai simplă hidrocarbură saturată este
- c) Prin arderea alcanilor se obține și și se degajă o cantitate mare de
- d) Reacțiile prin care pot fi înlocuiți unul sau mai mulți atomi de hidrogen din molecula unui alcan sunt

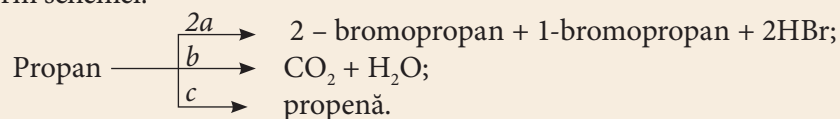
4. Răspunde cu **A** (adevărat) sau **F** (fals) la următoarele afirmații:

- | | A | F |
|--|--------------------------|--------------------------|
| a) Pentanul și butanul sunt omologi. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) Alcanii sunt substanțe solubile în apă. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) *La dehidrogenarea butanului se obțin două alchene izomere. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) Alcanii sunt compuși cu stabilitate termică joasă. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. Alege răspunsul corect:

- A.** Pentru alcani sunt caracteristice reacțiile de:
- a) substituție; b) adiție; c) eliminare.
- B.** Hidrocarburile saturate se obțin:
- a) *prin reacția lui Würtz; b) din surse naturale (gaz petrol); c) la calcinarea compușilor anorganici.
- C.** La arderea a 2 l de metan (c.n.) se va consuma oxigen în volum de:
- a) 1 l; b) 2 l; c) 3 l; d) 4 l.

6. *Stabilește substanțele notate prin literele a, b, c și scrie ecuațiile reacțiilor conform schemei:



7. *Să se calculeze masa negrului de fum obținut la descompunerea metanului cu masa 32 g.

(R.: 24 g)

2.1.4.-2.1.5

Probleme de calcul după formula generală a alcanilor și ecuațiile reacțiilor caracteristice acestora

I. Stabilirea formulei moleculare după densitatea relativă și formula generală a alcanilor.

Problema 1

Densitatea relativă a vaporilor unui alcan în raport cu hidrogenul este egală cu 57. Să se stabilească formula moleculară a alcanului.

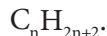
Se dă:

$$D_{(H_2)} = 57$$

Formula - ?

Rezolvare:

1. Se indică formula generală a hidrocarburilor din seria alcanilor:



2. Se calculează masa moleculară relativă a alcanului după

$$\text{formula: } D_{(H_2)} = \frac{M_r(C_n H_{2n+2})}{M_r(H_2)}$$

$$M_r(C_n H_{2n+2}) = M_r(H_2) \cdot D_{(H_2)} = 2 \cdot 57 = 114$$

3. Se determină numărul de atomi de carbon, aplicând relația:

$$M_r(C_n H_{2n+2}) = 12n + 2n + 2 = 14n + 2; \quad M_r(C_n H_{2n+2}) = 14n + 2 = 114; \quad n = 8.$$

Răspuns: Formula moleculară a alcanului este C_8H_{18} .

II. Stabilirea formulei moleculare după partea de masă a unui element și formula generală a alcanilor.

Problema 2

Care este formula alcanului ce conține 82,76% carbon?

Se dă:

$$\omega(C) = 82,76\%$$

$$C_n H_{2n+2} - ?$$
Rezolvare:

1. Se scrie formula generală a alcanilor: $C_n H_{2n+2}$.

$$M_r(\text{alcan.}) = 12n + 2n + 2; \quad M_r(\text{alcan.}) = 14n + 2$$

2. Se calculează valoarea lui n din relația:

$$\omega(C) = \frac{12n}{14n+2} \cdot 100\%; \quad 82,76\% = \frac{12n}{14n+2} \cdot 100\%, \text{ de unde } n = 4,$$

sau din proporția: $(14n+2) C_n H_{2n+2} \text{ ----- } 100\%$

$$12n (C) \text{ ----- } 82,76\%, \text{ de unde } n = 4.$$

Răspuns: Formula moleculară a alcanului este C_4H_{10} (butan).

Problema 3

La arderea unei hidrocarburi din seria alcanilor la un volum de vapori de hidrocarbură se consumă 8 volume de oxigen. Să se stabilească formula moleculară a hidrocarbunii.

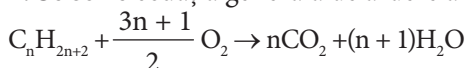
Se dă:

$$V(O_2) = 8$$

$$V(C_n H_{2n+2}) = 1$$

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația generală de ardere a alcanilor:



Formula mol. - ? **2. Se aplică** relația: $\frac{V(C_n H_{2n+2})}{V(O_2)} = \frac{v(C_n H_{2n+2})}{v(O_2)}$; $\frac{1}{8} = \frac{1}{\frac{3n+1}{2}}$; $\frac{1}{8} = \frac{2}{3n+1}$;

$$3n + 1 = 16; \quad 3n = 16 - 1; \quad 3n = 15; \quad n = 5. \text{ Formula } C_5H_{12}.$$

Răspuns: Formula moleculară a hidrocarbunii este C_5H_{12} .

Problema 4

Doi alcani consecutivi au raportul maselor moleculare 7,5 : 11. Să se determine formulele moleculare ale celor doi alcani.

Se dă:

$$\frac{Mr_1}{Mr_2} = \frac{7,5}{11}$$

Formula mol. - ?

Rezolvare:

1. Se precizează că termenul imediat superior al alcanului va avea cu o grupare $-\text{CH}_2-$ mai mult $-\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n+4}$ (omologul imediat superior).

2. Se calculează valoarea lui n din relația:

$$\frac{Mr_1(\text{C}_n\text{H}_{2n+2})}{Mr_2(\text{C}_{n+1}\text{H}_{2n+4})} = \frac{7,5}{11}; \quad \frac{12n + 2n + 2}{12n + 12 + 2n + 4} = \frac{14n + 2}{14n + 16} = \frac{7,5}{11}$$

$$11(14n + 2) = 7,5(14n + 16)$$

$$154n + 22 = 105n + 120$$

$$49n = 98; \quad n = 2$$

3. Se înlocuiește în formulele respective valoarea lui n :



Răspuns: Formulele moleculare ale celor doi alcani consecutivi sunt: C_2H_6 și C_3H_8 .

Problema 5

Produsele de ardere ale unui alcan cu masa 8,6 g au fost barbotate prin soluția de hidroxid de bariu. În urma reacției s-a obținut un sediment cu masa 118,2 g. Să se determine formula moleculară a alcanului.

Se dă:

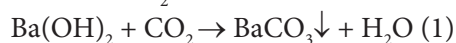
$$m(\text{alcan}) = 8,6 \text{ g}$$

$$m(\text{BaCO}_3) = 118,2 \text{ g}$$

Formula alcanului - ?

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația reacției de formare a sedimentului la barbotarea lui CO_2 :



2. Se calculează cantitatea de substanță BaCO_3 :

$$M(\text{BaCO}_3) = 197 \text{ g/mol}; \quad \nu(\text{BaCO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{118,2 \text{ g}}{197 \text{ g/mol}} = 0,6 \text{ mol}$$

3. Din ecuația reacției $\nu(\text{BaCO}_3) = \nu(\text{CO}_2) = 0,6 \text{ mol}$.

4. Se calculează masa carbonului și a hidrogenului: $M(\text{C}) = 12 \text{ g/mol}$;

$$m(\text{C}) = \nu \cdot M = 0,6 \text{ mol} \cdot 12 \text{ g/mol} = 7,2 \text{ g}; \quad m(\text{H}) = 8,6 - 7,2 \text{ g} = 1,4 \text{ g}.$$

5. Se determină formula brută:

$$\nu(\text{C}) : \nu(\text{H}) = \frac{7,2}{12} : \frac{1,4}{1} = 0,6 : 1,4 = 6 : 14$$

Formula: C_6H_{14} .

Răspuns: Formula alcanului este C_6H_{14} .

AUTOEVALUARE

1. Un alcan are densitatea vaporilor în raport cu aerul 4,414. Să se stabilească formula alcanului.
(R.: C_9H_{20})
2. Care este formula alcanului ce conține 83,33% carbon și are densitatea în raport cu hidrogenul egală cu 36. Câți izomeri are această hidrocarbură?
(R.: C_5H_{12} ; 3 izomeri)
3. La arderea unui alcan cu masa 3,6 g s-au format 5,6 l (c.n.) de oxid de carbon (IV). Să se calculeze volumul de oxigen (c.n.) care este necesar pentru arderea alcanului.
(R.: 8,96 l)
4. La arderea unui alcan se obțin 44,8 l CO_2 și 45 g H_2O . Să se stabilească formula alcanului și cantitatea de alcan supusă arderii.
(R.: C_4H_{10} ; 0,5 mol)
5. Să se determine formula moleculară a alcanului dacă se știe că la arderea lui raportul dintre volumul de CO_2 rezultat și volumul de oxigen consumat este 3:5.
(R.: C_3H_8)
6. Un alcan are raportul de masă C:H= 5:1. Să se stabilească formula alcanului.
(R.: C_5H_{12})
7. La arderea completă a 8,8 g de alcan se consumă 112 l de aer. (Aerul conține 20% O_2 .) Să se stabilească formula alcanului și cantitatea de oxigen necesară arderii alcanului.
(R.: C_3H_8 , 22,4 l)
8. La arderea completă a unei hidrocarburi saturate cu masa egală cu 3 g s-au obținut 8,8 g de CO_2 și 5,4 g H_2O . Masa 1 l de această substanță în stare gazoasă (c.n.) este egală cu 1,34 g. Să se stabilească formula hidrocarburi.
(R.: C_2H_6)
9. La arderea propanului în exces de oxigen s-au format 1,12 l (c.n.) de CO_2 . Ce volum de propan a fost supus arderii?
(R.: 0,373 l)
10. Să se stabilească formula moleculară a alcanului A, știind că prin arderea a 11,6 g de A se obțin 18 g H_2O . Ce volum de aer s-a folosit la arderea probei de alcan, dacă s-a lucrat cu exces de 40% oxigen?
(R.: C_4H_{10} ; 203,84 l)

Activitate în echipă Calculați volumele etanului și oxigenului ce interacționează și volumul de CO_2 ce se formează în urma reacției, completând tabelul:

Nr. d. o.	$V(C_2H_6)$	$V(O_2)$	$V(CO_2)$
1.	200 ml	?	?
2.	?	4,5 l	?
3.	?	?	800 m ³
4.	?	?	?

2.1.6*.

Halogenoalcanii (derivați halogenați ai alcanilor)

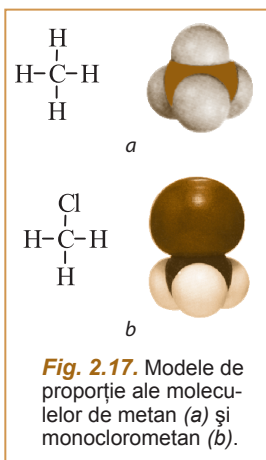


Fig. 2.17. Modele de proporție ale moleculelor de metan (a) și monoclorometan (b).

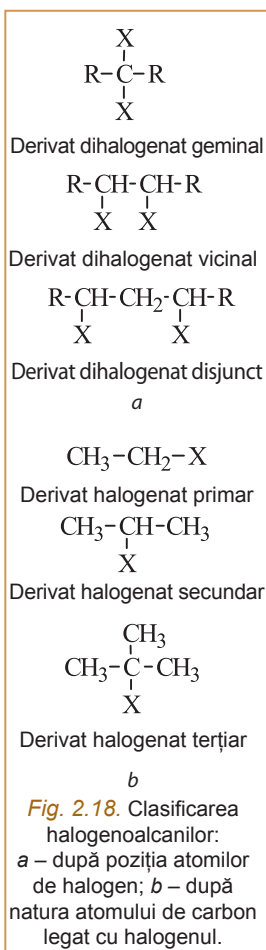


Fig. 2.18. Clasificarea halogenoalcanilor: a – după poziția atomilor de halogen; b – după natura atomului de carbon legat cu halogenul.

Definiție. Clasificare

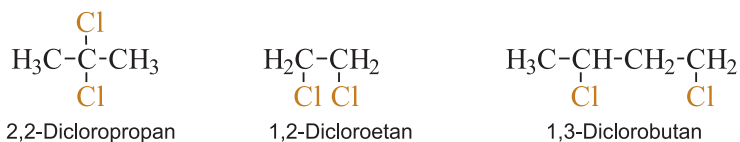
Derivați halogenați sunt compușii organici ce rezultă din alcani prin înlocuirea atomilor de hidrogen din moleculele lor cu atomi de halogen.

Derivații monohalogenati ai alcanilor alcătuiesc un șir omolog cu formula generală C_nH_{2n+1}X (X=F, Cl, Br, I).

În halogenoalcani atomul de halogen se leagă printr-o covalență direct de atomul de carbon (fig. 2.17). Întrucât numărul halogenoalcanilor cunoscuți este foarte mare, a apărut necesitatea clasificării lor:

a) **după numărul atomilor de halogen din moleculă:** *mono-, di-, tri-, polihalogenuri*. De exemplu: CH₃Cl – monoclorometan; CH₂Cl₂ – diclorometan; CHCl₃ – triclorometan; CCl₄ – tetraclorometan;

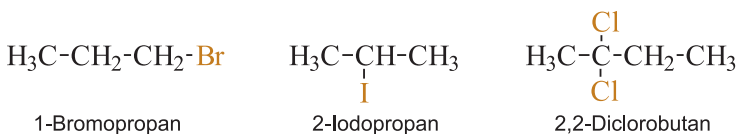
b) **după poziția relativă a atomilor de halogen:** *geminali* (atomii de halogen se află la același atom de carbon); *vicinali* (atomii de halogen se află la atomii de carbon vecini); *disjuncti* (atomii de halogen se află la atomii de carbon mai îndepărtați) (fig. 2.18, a). *Exemple:*



c) **după natura atomului de carbon legat cu halogenul:** *primar, secundar și terțiar* (fig. 2.18, b).

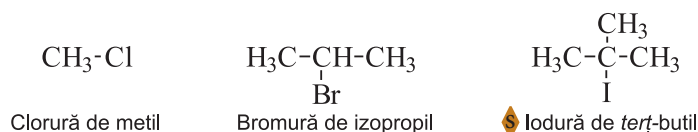
Nomenclatură. Izomerie

Denumirea sistematică a halogenoalcanilor se formează prin adăugarea prefixelor *fluoro-*, *cloro-*, *bromo-* sau *iodo-* la numele compusului de bază. Poziția și numărul atomilor de halogen se notează prin cifre și prefixele *di-*, *tri-* etc.



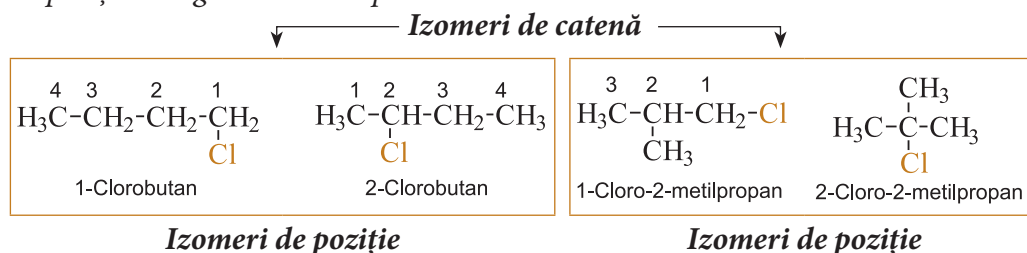
Adesea se utilizează și denumirile radico-funcționale. Denumirea radico-funcțională a halogenoalcanilor se formează din termenii *fluorură*, *clorură*, *bromură* sau *iodură*,

urmați de prepoziția *de*, apoi de numele radicalului organic:

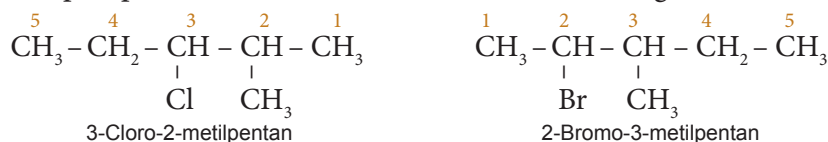


Se păstrează următoarele denumiri nesistematice: CHF_3 – *fluorform*, CHCl_3 – *clorform*, CHBr_3 – *bromofom*, CHI_3 – *iodofom*.

Izomeria halogenoalcanilor este determinată de *structura catenei* carbonice și de *poziția halogenului*. Exemplu:



Numerotarea catenei mai lungi a halogenoalcanului se începe din capătul unde este mai aproape substituentul (indiferent dacă este halogen sau radical alchil):



În denumire substituției se indică în ordine alfabetică (compară denumirile: 1- bromo - 3 etilpentan și 3 etil -1-iodopentan).

Tema* 2.5. Scrie formulele de structură ale halogenoalcanilor menționați mai sus.

Proprietăți fizice

Proprietățile fizice ale halogenoalcanilor sunt determinate de natura halogenului și a radicalului. Monohalogenoalcanii inferiori sunt gazoși la temperatura camerei, majoritatea dintre ei fiind lichide incolore și volatile; unii monohalogenoalcani superiori sunt solizi. Halogenoalcanii sunt insolubili în apă, dar se dizolvă bine în alcool.

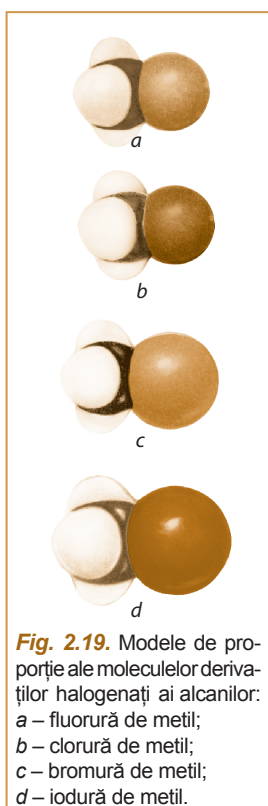
Volatilitatea halogenoalcanilor din seria omoloagă descrește pe măsura creșterii maselor moleculare ale acestora (*tabelul 2.4*).

Tabelul 2.4. Unele constante fizice ale halogenurilor de metil

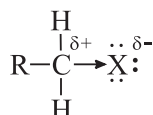
Denumirea	Formula	Masa moleculară	t.f. °C	Densitatea ρ , g/cm ³
Fluorometan	CH_3F	34	-78	-
Clorometan	CH_3Cl	50,5	-24	-
Bromometan	CH_3Br	95	4,5	1,77
Iodometan	CH_3I	142	42,8	2,28

Tema 2.6. Compară constantele fizice ale halogenoalcanilor și corelează-le cu masa moleculară a acestora și cu natura halogenului din moleculă (*fig. 2.19*). Trage concluzii.

2.1.7*.

Proprietățile chimice
ale halogenoalcanilor și utilizarea lor

Deoarece halogenii sunt elemente puternic electro-negative, legătura covalentă carbon-halogen în molecula halogenoalcanilor este puternic polarizată. Astfel, la cei doi atomi apar sarcini electrice parțiale ($\delta+$ și $\delta-$) datorită atracției pe care o exercită atomul de halogen asupra perechii de electroni ai legăturii carbon-halogen:



Lungimea și energia legăturii C-X în halogenoalkan depinde de natura halogenului (tabelul 2.5).

Tabelul 2.5. Lungimea și energia legăturii în compușii $\text{CH}_3 - \text{X}$

CH_3-X	Lungimea legăturii în nm	Energia legăturii în kJ/mol
CH_3-F	0,139	443
CH_3-Cl	0,178	328
CH_3-Br	0,192	279
CH_3-I	0,214	240

Tema 2.7. Analizează și formulează concluzii referitor la corelația dintre lungimea și energia legăturii în funcție de natura halogenului.

Cu cât este mai mare raza atomului, cu atât legătura este mai polarizată și cu atât mai ușor se va scinda. Prin urmare, cel mai ușor se va scinda heterolitic legătura C-I (fig. 2.19).

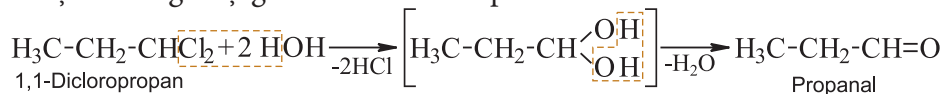
Pentru compușii halogenați sunt caracteristice **reacțiile de substituție** ale halogenilor prin alte grupe de atomi cu formarea diferitor clase de substanțe (alcooli, aldehide, acizi) și **reacțiile de eliminare** de hidracid cu formarea alchenelor.

A. Reacțiile halogenoalcanilor cu apa (hidroliză)

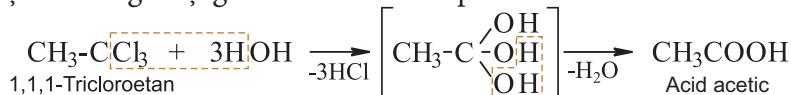
a) Monohalogenurile de alchil la încălzire cu soluții apoase de baze conduc la formarea alcoolilor:



b) Derivații dihalogenați geminali formează prin hidroliză aldehide sau *cetone:

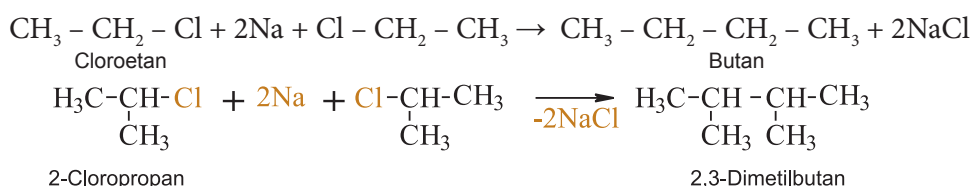


c) Derivații trihalogenați geminali formează prin hidroliză acizi carboxilici:

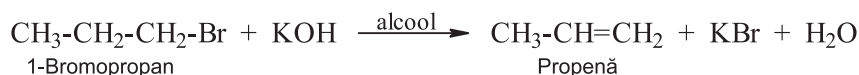


B. Reacția compușilor halogenați cu sodiu metallic (Würtz)

Ea se aplică în sinteza hidrocarburilor cu structură simetrică:

**C. Reacția halogenoalcanilor cu hidroxizi alcalini**

În mediu alcoolic reacția decurge altfel decât în soluții apoase, fiind o reacție de eliminare cu formarea alchenelor:

**Utilizări mai importante**

Derivații halogenați ai alcanilor au o largă utilizare în diferite domenii (tabelul 2.6).

Tabelul 2.6. Proprietățile și utilizările unor halogenoalcani

Compusul	Formula	Caracteristici fizice	Utilizare
Clorură de metil (clorometan)	CH_3Cl	Gaz, se lichefiază prin comprimare la -24°C	Agent frigorific și de metilare
Clorură de etil (cloroetan)	$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$	Gaz, se lichefiază prin comprimare la $+12,2^\circ\text{C}$	Agent frigorific, anestezic local
Triclorometan (cloroform)	CHCl_3	Lichid incolor, miros dulceag, dizolvă grăsimi	Solvent în industrie, anestezic
Triiodometan (iodoform)	CHI_3	Solid, cristale galbene, insolubil în apă, miros înțepător	Antiseptic
Tetraclorometan (tetraclorură de carbon)	CCl_4	Lichid incolor, insolubil în apă, neinflamabil	Dizolvent, (neinflamabil) stingătoare de incendii

Tema 2.8. Examinează tabelul 2.6 și expune domeniile de utilizare a halogenoalcanilor.

*Compușii halogenați, ce conțin în moleculă atomi de clor și fluor, se numesc **freoni** (CF_2Cl_2), care se utilizează în instalații frigorifice sau spray-uri.

Pentru determinarea calitativă a derivaților halogenați ei se supun combustiei pe o sârmuliță de cupru. În cazul prezenței halogenului în molecula substanței, flacăra se colorează în verde intens (*proba Beilstein* – vezi pag. 26).

Știi că ...

În a. 1995, meteorologului olandez Paul Crutzen și chimiștilor americani M. Molina și S. Rowland li s-a decernat Premiul Nobel pentru cercetări ce au demonstrat că la distrugerea stratului de ozon contribuie în cea mai mare măsură freonii (CF_2Cl_2 ; CFC_3 etc.).

*** AUTOEVALUARE***Profil real*

- Definește** noțiunile:
 - derivați mono-, di-, polihalogenați ai alcanilor;
 - izomeri de poziție.
- Explică:**
 - izomeria și nomenclatura halogenoalcanilor pe exemplul C_4H_9Cl ;
 - clasificarea dihalogenoalcanilor după poziția relativă a atomilor de halogen;
 - efectul electronic al atomului de halogen din halogenoalcani;
 - reacția calitativă pentru halogenoalcani.
- Scrive** formula de structură pentru următorii halogenoalcani:
 - 1-fluoropropan;
 - 2-bromo-2-metilbutan;
 - 1,2-dicloropropan;
 - 1-iodo-2-metilbutan.
- Stabilește** numărul izomerilor posibili cu compoziția $C_4H_8Cl_2$. Indică dihalogenurile geminale și vicinale.
- Numește** hidrocarburi ce se formează la tratarea cu sodiu metalic a:
 - 2-bromopropanului;
 - 2-bromobutanului;
 - amestecului de 2-bromopropan și 2-bromobutan.
- Selectează** reacțiile caracteristice pentru halogenoalcani:
 - de adiție;
 - de substituție;
 - de oxidare.
- Alege** răspunsul corect:

A. Derivatul halogenat clorobutanul are un număr de izomeri egal cu:

 - 2;
 - 3;
 - 4;
 - 5.

B. Pentru halogenoalcani este caracteristică izomeria:

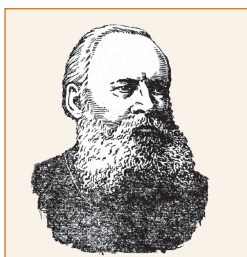
 - de poziție a halogenului;
 - geometrică;
 - de catenă.

C. Formula moleculară a monocloroalcanului ce conține un atom de carbon cuaternar și 4 atomi primari este:

 - C_2H_5Cl ;
 - C_4H_9Cl ;
 - $C_5H_{11}Cl$.
- Completează** spațiile libere din afirmațiile:
 - După numărul atomilor de halogen derivații halogenați se clasifică
.....
 - Prin tratarea cloroetanului cu sodiu metalic, în urma reacției lui Würtz, se obține
 - Clorometanul se obține prin metanului.
- Rezolvă:**
 Analiza elementală a unei probe de substanță organică cu masa de 34,25 g a dat următoarele rezultate: 44 g CO_2 , 20,25 g H_2O și 47 g AgBr. Să se stabilească formula brută și moleculară a substanței analizate, știind că masa moleculară a acesteia este 137. Scrieți formulele structurale posibile.
 (R.: C_4H_9Br ; 4 structuri)

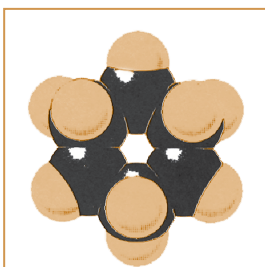
2.1.8*.

Cicloalcani



V. Markovnikov
(1837-1904)

Chimist-organician rus. A studiat și a elaborat bazele petrochimiei ca știință aparte. A introdus procedee experimentale noi în analiza și sinteza compușilor organici. A descoperit (1883) o nouă clasă de compuși organici – cicloparafinele.



Modelul de proporție al moleculei de ciclohexan.

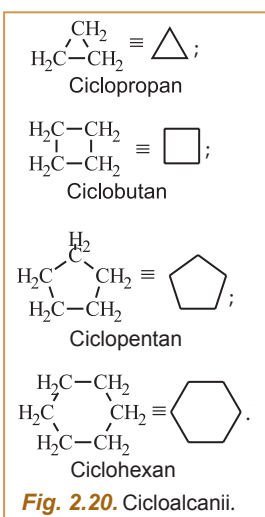


Fig. 2.20. Cicloalcanii.

Catena formată din atomi de carbon în stare de hibridizare sp^3 poate avea nu numai structură liniară, dar și ciclică.

Hidrocarburile saturate, cu catene ciclice, se numesc **cicloalcani**. Formula generală a cicloalcanilor este C_nH_{2n} , unde $n = 3, 4, 5, 6, \dots$

Aceste hidrocarburi au fost identificate pentru prima dată în petrol (naftene) de către V. Markovnikov.

Structură și nomenclatură

Molecula unui cicloalcan conține cu doi atomi de hidrogen mai puțin decât alcanul cu același număr de atomi de carbon. Primul termen din seria omoloagă a cicloalcanilor conține trei atomi de carbon. Primii termeni ai seriei omoloage sunt reprezentați în fig.2.20. În cazul hidrocarburilor ciclice se admite o prezentare simplificată a formulelor de structură (*semnul „ \equiv ” înseamnă echivalent*).

Denumirea cicloalcanilor se formează de la denumirea alcanului respectiv cu același număr de atomi de carbon în moleculă, adăugând prefixul *ciclo-*.

Datorită particularităților structurale și a comportării chimice diferite, cicloalcanii se împart, în funcție de mărimea ciclului, în cicloalcani:

- cu inele mici (C_3-C_4 , instabile);
- cu inele obișnuite (C_5-C_6 , stabile).

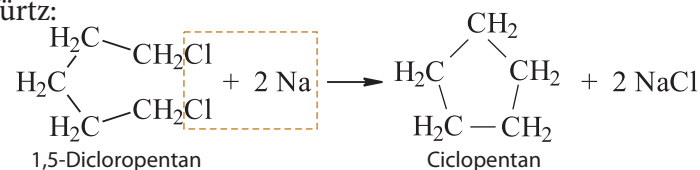
Mai mare aplicare practică au cicloalcanii cu ciclul din șase atomi de carbon.

* Metode de obținere

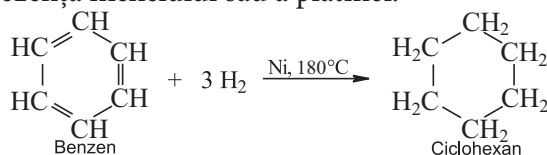
Anumite tipuri de petroluri, spre exemplu cele din Caucaz, Ucraina de Vest, România, sunt bogate în cicloalcani. Cu cât conținutul de cicloalcani în petrol e mai mare, cu atât petrolul este mai calitativ.

Pentru obținerea cicloalcanilor se folosesc substanțe aciclice, care printr-o reacție adecvată se ciclizează. Acest proces cu randamente mari are loc la formarea ciclurilor din 5 și 6 atomi de carbon.

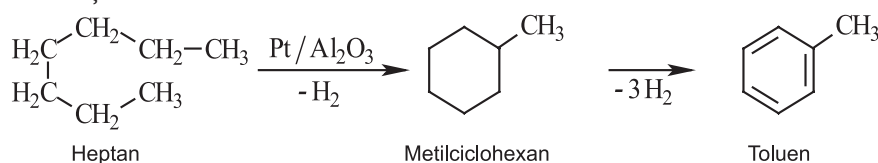
1. Reacția derivaților dihalogenați la carbonii marginali ai alcanilor cu sodiu metallic este o variantă a sintezei lui Würtz:



2. Ciclohexanul și derivații lui se obțin ușor la hidrogenarea benzenului și a omologilor lui în prezența nichelului sau a platinei:



3. La dehidrogenarea hexanului se obține ciclohexan, iar la dehidrogenarea heptanului rezultă metilciclohexan (deoarece ciclul din șase atomi de carbon este cel mai stabil), care se **aromatizează** (se **dehidrociclicează**) cu formare de toluen conform ecuației:

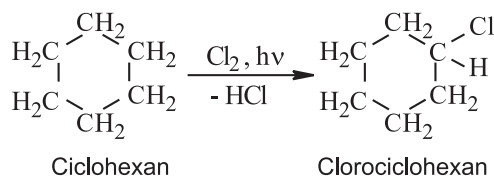


*Proprietăți chimice

Spre deosebire de hidrocarburile saturate aciclice, care manifestă proprietăți fizice și chimice asemănătoare în seria omoloagă, proprietățile cicloalcanilor diferă în funcție de mărimea ciclului. Aplicații practice au cicloalcanii din cinci și șase atomi de carbon.

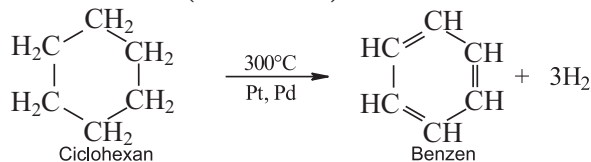
Cicloalcanii cu cicluri normale (C_5 – C_6) sunt foarte stabili și dau reacții similare cu cele ale alcanilor (de substituție, de eliminare a hidrogenului).

1.* Ciclohexanul se clorurează ușor în prezența luminii:



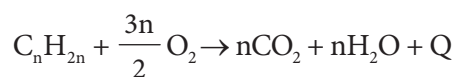
Tema 2.9. Scrie ecuația reacției de clorurare a metilciclopentanului în condiții fotochimice.

2.* Dehidrogenarea catalitică a ciclohexanului este una dintre cele mai moderne metode de obținere a benzenului (N.Zelinski):



Tema 2.10. Scrie ecuația reacției de dehidrogenare catalitică a 1,4-dimetilciclohexanului.

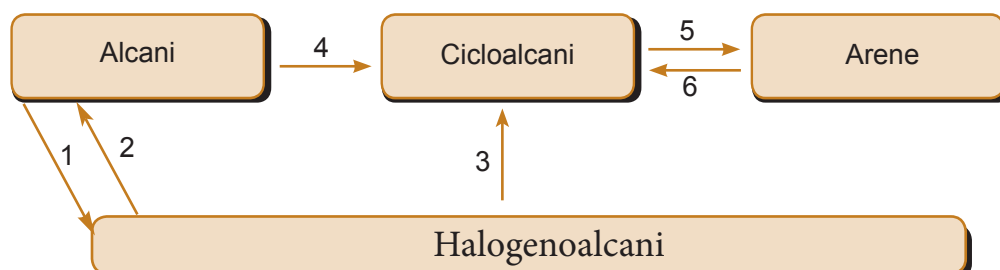
3.* Cicloalcanii, fiind prezenți în cantități mari în unele petroluri, pot fi utilizați ca agenți termici. Arderea cicloalcanilor se exprimă prin ecuația generală:



Tema 2.11. Scrie ecuația reacției de ardere a ciclohexanului.

***Transformări reciproce în baza legăturii genetice
dintre alcani, halogenoalcani, cicloalcani**

Schema 2.2. Legătura genetică a alcanilor cu alte clase de compuși



Tema 2.12. Copiază în caiet *schema 2.2* și completează careurile cu formulele generale respective ce conțin 6 atomi de carbon în moleculă. Pe săgețile dintre careuri indică reagentul și condițiile în care are loc transformarea.

Exerciții și probleme pentru rezolvare pe baza schemei 2.2.

1. Scrie ecuațiile reacțiilor prin care pot fi realizate următoarele transformări:
 - a) hexan \rightarrow ciclohexan \rightarrow $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
 - b) heptan \rightarrow metilciclohexan \rightarrow 1-cloro-1-metilciclohexan;
 - c) 1-cloropropan (2 mol, Na) \rightarrow hexan \rightarrow ciclohexan \rightarrow benzen;
 - d) benzen \rightarrow ciclohexan \rightarrow clorociclohexan.
2. Scrie ecuațiile reacțiilor de obținere a cloroetanului, folosind la etapa inițială doar reactivi anorganici.
3. Propune modul de identificare a compușilor:
 - a) ciclohexanul și clorociclohexanul;
 - b) hexanul și clorohexanul.
4. Ce cantitate de substanță (mol) și ce masă (g) de fiecare produs se obține în urma transformărilor: 1-cloropropan \rightarrow hexan \rightarrow benzen, dacă masa 1-cloropropanului este egală cu 157 g?
5. Rezultatele analizei elementale cantitative a două substanțe A și B sunt aproximativ egale cu : 51,89% C, 9,735% H și 38,38% Cl. Însă densitatea relativă a vaporilor substanței B în raport cu aerul este de două ori mai mare decât densitatea relativă a substanței A. Stabilește formulele moleculare ale substanței A și B. Există și alte variante de răspunsuri?

(R.: A- $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$; B- $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{Cl}_2$)

Măsurile de precauție în îndeplinirea lucrărilor în laboratorul de chimie

Lucrările practice se efectuează numai în laboratorul de chimie, sub îndrumarea profesorului.

Chimia experimentală, deși este foarte interesantă, uneori poate fi periculoasă dacă nu se respectă anumite norme de protecție. În timpul activităților de laborator se pot produce răni cu cioburi de sticlă, arsuri termice sau chimice, incendii, intoxicații ș. a.

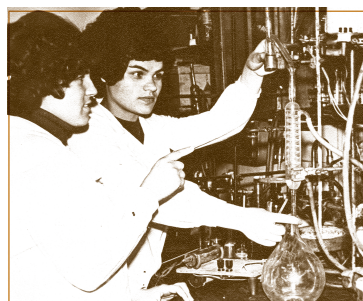
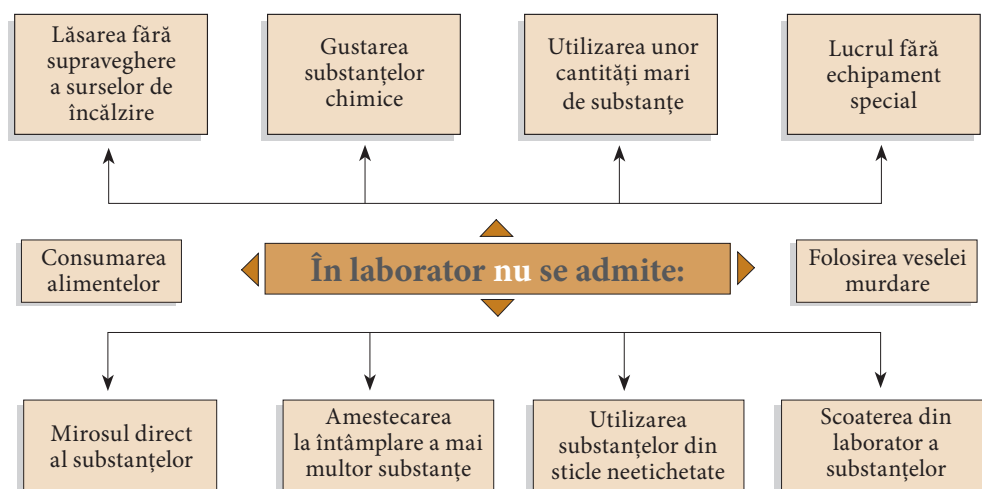


Fig. 2.21. Laborator de chimie organică.



Reține!

- Înainte de a lua o substanță dintr-un vas, citește atent eticheta de pe el.
- Dizolvanții organici sunt inflamabili! Ei nu se încălzesc la flacăra deschisă, ci la baia de apă sau de nisip.
- Verifică starea veselei, recipientelor și aparatelor înainte de a începe lucrul în laborator.
- Substanțele chimice se păstrează în vase speciale, cu denumirea lor scrisă pe etichetă.
- Spală vesela utilizată și adu în ordine locul de muncă; spală-te pe mâini cu grijă după efectuarea experiențelor.



E BINE SĂ CUNOȘTI ȘI TU ACESTE SEMNE CONVENȚIONALE INTERNAȚIONALE!



2.1.9*.

Identificarea carbonului, hidrogenului și a halogenilor în compuşii organici

*** Lucrarea practică nr.1**

Ustensile: spirtieră sau bec de gaz, chibrituri, stativ metallic cu cleștar, stativ cu eprubete, dop cu tub de evacuare a gazelor, vată, sârmuliță de cupru.

Reactivi: zahăr sau parafină, oxid de cupru (II), sulfat de cupru anhidru, apă de var, cloroform.

I. Identificarea carbonului și a hidrogenului

Compoziția calitativă a hidrocarburilor, precum și a altor substanțe organice poate fi determinată prin oxidarea lor cu oxid de cupru (II) (p. 26).

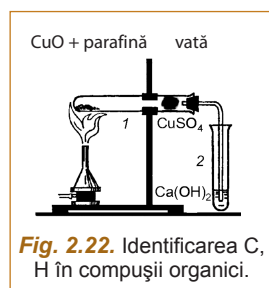
Modul de lucru

Fig. 2.22. Identificarea C, H în compuşii organici.

- 1. Introdu** într-o eprubetă (1) uscată un amestec de 0,2 g de zahăr (parafină) și 1–2 g de oxid de cupru (II) pulbere.
- 2. Fixează** orizontal eprubeta (1) în stativul metallic (fig. 2.22).
- 3. Introdu** în partea de sus a eprubetei (1) un tampon de vată, pe care în prealabil se presară o cantitate mică de CuSO_4 anhidru.
- 4. Închide** eprubeta (1) cu un dop cu tub de evacuare a gazului, introdu capătul tubului într-o altă eprubetă (2) cu 1–2 ml soluție transparentă de apă de var.

5. Încălzește, cu precauție, conținutul eprubetei (1) la început mai lent, apoi mai intens.

6. Încetează încălzirea imediat după ce observi tulburarea apei de var, înlăturând concomitent din eprubetă (2) tubul de evacuare a gazelor.

7. Cercetează după răcire conținutul eprubetei (1) și constată schimbarea culorii CuSO_4 .

II. Identificarea clorului

Clorul se identifică prin încălzirea substanței organice cu cupru (sârmă) în flacără (proba Beilstein) (p. 26).

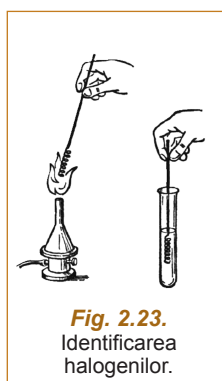
Modul de lucru

Fig. 2.23. Identificarea halogenilor.

- 1. Îndoie** în formă de spirală capătul unei sârmulițe din cupru.
- Încălzește-o** la flacăra spirtierei până la dispariția culorii flăcării.
- Introdu** spirala răcită, ce se acoperă cu oxid de cupru (II) de culoare neagră, într-o eprubetă cu cloroform.
- Încălzește** din nou, la flacăra spirtierei, spirala umezită de această substanță (fig 2.23).
- Observă** culoarea verde intens a flăcării, ca rezultat al formării compuşilor volatili ai clorului cu cuprul.
- Trage concluzii** pe baza rezultatelor experiențelor efectuate. Copiază pe caiet tabelul de mai jos, completând rubricile respective.

Ustensile și reactivi	Modul de lucru. Desenul schematic al instalației	Observări. Motivarea celor observate	Ecuatiile reacțiilor. Concluzii

2.1.10*.-
2.1.11*.

Probleme de calcul după formula generală a halogenoalcanilor, cicloalcanilor și ecuațiile reacțiilor caracteristice acestora

I. Stabilirea formulei moleculare după partea de masă a halogenului și formula generală a halogenoalcanilor.

Problema 1

Un monocloroalcan conține 38,38% Cl. Să se determine formula moleculară a cloroalcanului.

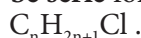
Se dă:

$$\omega(\text{Cl}) = 38,38\%$$

Formula – ?

Rezolvare:

1. Se scrie formula generală a monocloroalcanului:



2. Se determină masa moleculară a monocloroalcanului aplicând relația:

$$\omega(\text{E}) = \frac{n \cdot Ar(\text{E})}{Mr(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Cl})} \cdot 100\%, \text{ de unde}$$

$$Mr(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Cl}) = \frac{n \cdot Ar(\text{Cl}) \cdot 100\%}{\omega(\text{Cl})} = \frac{1 \cdot 35,5 \cdot 100\%}{38,38\%} = 92,5.$$

3. Se calculează masa moleculară a cloroalcanului după formula generală:

$$Mr(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{Cl}) = 12n + 2n + 1 + 35,5 = 14n + 36,5.$$

4. Se calculează valoarea lui n din ecuația:

$$14n + 36,5 = 92,5; n = 4.$$

5. Se înlocuiește valoarea lui n în formula generală: $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$.

Răspuns: Formula moleculară a cloroalcanului este $\text{C}_4\text{H}_9\text{Cl}$.

II. Calcule după ecuațiile reacțiilor de obținere a halogenoalcanilor.

Problema 2

Să se calculeze volumul metanului și masa clorului necesare pentru a obține 15,4 g de tetraclorometan.

Se dă:

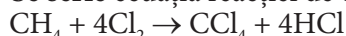
$$m(\text{CCl}_4) = 15,4 \text{ g}$$

$$V(\text{CH}_4) - ?$$

$$m(\text{Cl}_2) - ?$$

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația reacției de clorurare a metanului:



2. Se calculează cantitatea de substanță tetraclorometan, metan și clor:

$$v(\text{CCl}_4) = \frac{m(\text{CCl}_4)}{M(\text{CCl}_4)} = \frac{15,4 \text{ g}}{142 \text{ g/mol}} = 0,1 \text{ mol}; \text{ din ecuația reacției rezultă:}$$

$$v(\text{CCl}_4) = v(\text{CH}_4) = 0,1 \text{ mol}; v(\text{CCl}_4) = 4v(\text{Cl}_2); v(\text{Cl}_2) = 0,4 \text{ mol}.$$

3. Se determină volumul metanului din relația:

$$v(\text{CH}_4) = \frac{V(\text{CH}_4)}{V_m} \rightarrow V(\text{CH}_4) = v(\text{CH}_4) \cdot V_m; V(\text{CH}_4) = 0,1 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ l/mol} = 2,24 \text{ l}.$$

4. Se calculează masa clorului din relația:

$$v(\text{Cl}_2) = \frac{m(\text{Cl}_2)}{M(\text{Cl}_2)} \rightarrow m(\text{Cl}_2) = v(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2); m(\text{Cl}_2) = 0,4 \text{ mol} \cdot 71 \text{ g/mol} = 28,4 \text{ g}.$$

Răspuns: Volumul metanului constituie 2,24 l, iar masa clorului este egală cu 28,4 g.

Problema 3

Densitatea în raport cu aerul a unei hidrocarburi din seria cicloalcanilor este egală cu 2,896. Să se stabilească formula moleculară a cicloalcanului și să se scrie formula de structură a acestuia, dacă se știe că catena ciclică nu conține ramificații laterale.

Se dă:

$$D_{(\text{aer})} = 2,896$$

Formula – ?

Rezolvare:

1. Se calculează masa moleculară a cicloalcanului din relația:

$$Mr = 29 \cdot D_{\text{aer}} = 29 \cdot 2,896 = 84$$

2. Se determină numărul de atomi de carbon, aplicând formula generală a cicloalcanului: $Mr(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 14n$, iar $Mr(C_nH_{2n}) = 84$; $14n = 84$; $n = 6$.

Formula moleculară a cicloalcanului este $C_nH_{2n} \rightarrow C_6H_{12}$.

Răspuns: Formula moleculară a cicloalcanului este C_6H_{12} – ciclohexan, iar formula de structură:

**AUTOEVALUARE**

- La clorurarea unui alcan se formează doar un monohalogenoalcan ce conține 33,33% clor. Să se stabilească formula moleculară și structura alcanului inițial.
(R.: C_5H_{12})
- Partea de masă a carbonului dintr-o substanță organică constituie 51,89%, a clorului – 38,38%, iar restul revine hidrogenului. Densitatea vaporilor acestei substanțe după oxigen este egală cu 2,89. Să se stabilească formula moleculară a derivatului halogenat.
(R.: C_4H_9Cl)
- Un derivat clorurat al unui alcan are masa moleculară egală cu 237 g/mol și conține 89,9% clor. Care este formula halogenoalcanului?
(R.: C_2Cl_6)
- Să se calculeze masa tetraclorometanului care se poate obține din 2,24 l metan și 11,2 l clor, dacă se admite că reacția decurge cantitativ.
(R.: 15,4 g)
- Să se calculeze masa cloroetanului ce se obține la clorurarea etanului cu volumul de 530 l (c.n.).
(R.: 1,53 kg)
- Să se determine formula cicloalcanului la arderea căruia se consumă un volum de oxigen de 9 ori mai mare decât volumul vaporilor de cicloalcan.
(R.: C_6H_{12})
- O substanță organică are densitatea față de aer egală cu 4,81 și conține 17,27% C. Să se determine formula moleculară a substanței dacă prin analiza unei probe cu masa de 2,78 g de această substanță s-au obținut 3,76 g AgBr, iar raportul atomic fiind C:H = 2:3.
(R.: $C_2H_3O_2Br$)

2.1.12* EVALUARE SUMATIVĂ

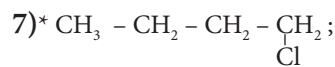
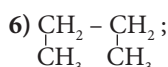
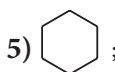
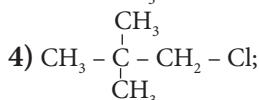
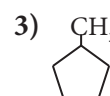
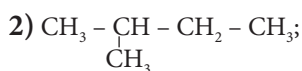
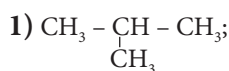
Profil real

1. Definește noțiunile:

- alcani, *halogenoalcani, cicloalcani;
- serie omoloagă, diferență de omologie;
- izomerie, izomer.

2. Explică:

- ce tip de legături se formează în compușii: etan, *bromoetan, ciclohexan;
- *care este deosebirea dintre o reacție de dehidrogenare și o reacție de halogenare a unui alcan. Exemplifică răspunsul;
- care dintre substanțele enumerate (denumește-le) sunt între ele omologi și care izomeri:



3. Stabilește:

A. Formulele de structură ale compușilor organici cu denumirile:

- 2,2,4-trimetilhexan;
- *2-bromo-3-metilpentan;
- metil-ciclobutan;
- 3-etil-2-metil-pentan.

B. Hidrocarbura $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{C}(\text{CH}_3)_3$ face parte din seria omoloagă cu formula generală: a) $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$; b) $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$; c) C_nH_{2n} .

C. Numărul atomilor de carbon primari, secundari, terțiari și cuaternari pentru alcanul 2,2,4-trimetilpentan.

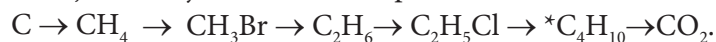
D. Ce hidrocarburi se vor forma la:

- tratarea amestecului bromoetan și 2-bromopropan cu sodiul metalic;
- calcinarea $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa}$ cu alcalii. Scrie ecuațiile reacțiilor respective.

4. Alege răspunsul corect:

- În molecula metanului cei patru orbitali sunt diferiți/identici.
- Legăturile chimice în alcani sunt ionice/covalente.
- Structura tetraedrică a atomului de carbon se păstrează numai la metan / la toți alcanii.
- Legătura C-H în halogenoalcani este nepolară / puternic polarizată.

5. Scrie ecuațiile reacțiilor cu ajutorul cărora se pot realiza transformările:



6. Rezolvă:

O substanță organică cu masa de 7,2 g a fost supusă arderii în oxigen. Ca rezultat s-au format 10,8 g apă, iar oxidul de carbon (IV) a fost barbotat prin apă de var $\text{Ca}(\text{OH})_2$, după care s-a format un precipitat cu masa de 50 g. Densitatea vaporilor substanței organice în raport cu aerul este 2,483. Stabilește formula substanței organice.
(R.: C_5H_{12})

2.2.

Hidrocarburi nesaturate

2.2.1.

Alchene

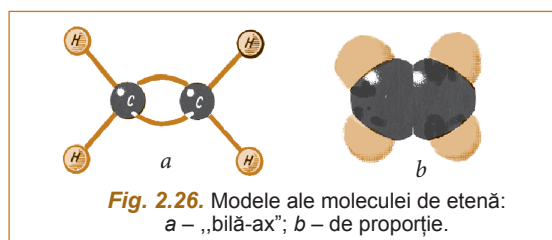
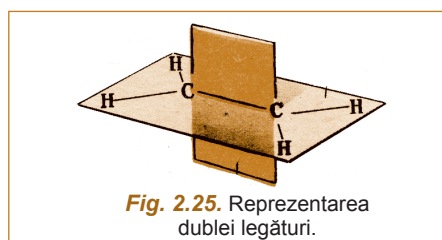
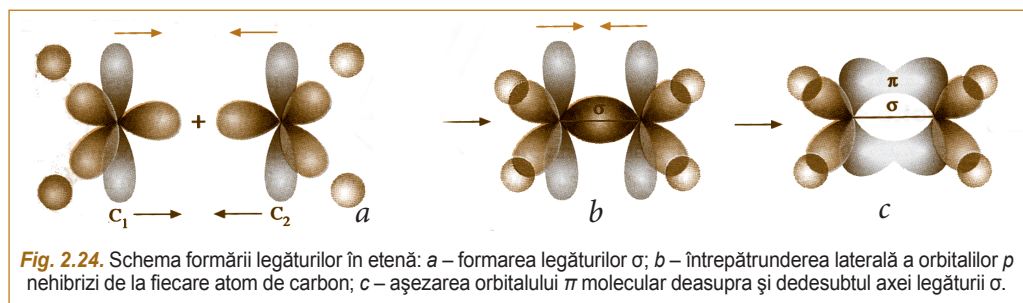
Definiție, *structură

Hidrocarburile nesaturate aciclice, a căror moleculă conține o dublă legătură >C=C< și au formula generală C_nH_{2n} , unde $n = 2, 3, 4$ etc., se numesc **alchene**.

☉ Ce clasă de compuși mai are o astfel de formulă generală? Prin ce se deosebesc ele?

Cea mai simplă alchenă – etena (C_2H_4) – este formată din doi atomi de carbon hibridizați sp^2 (fig. 2.24, a). Ei se unesc printr-o legătură $\sigma\text{C-C}$ (sp^2-sp^2), rezultată din întrepătrunderea a doi orbitali hibridizați, câte unul de la fiecare atom, de-a lungul axei ce unește centrii atomilor. Ceilalți patru orbitali sp^2 ai celor doi atomi de carbon se întrepătrund cu câte un orbital s (sferic) al atomului de hidrogen, formând încă patru legături simple $\sigma\text{C-H}$ (sp^2-s) (fig. 2.24, b).

Orbitalii hibridizați sp^2 ai celor doi atomi de carbon și patru de hidrogen se află în același plan, unghiurile dintre legăturile σ fiind de 120° , și alcătuiesc scheletul moleculei.



Atomilor de carbon, însă, le mai rămâne câte un orbital p_z nehibridizat, adică cu aceeași densitate electronică repartizată de o parte și de alta a nucleului. Orbitalii p_z nehibridizați se întrepătrund lateral, formând cea de a doua legătură dintre atomii de carbon – legătura π (fig. 2.24, c). Astfel, legătura dublă este formată dintr-o legătură σ (sp^2-sp^2) trainică (întrepătrundere axială) și o legătură π (p_z-p_z) mai slabă (întrepătrundere laterală). Orbitalul molecular π rezultat la întrepătrunderea cu alt orbital de legătură π este alcătuit din două părți ce se află într-un plan perpendicular pe planul legăturilor σ , deasupra și dedesubtul lui (fig. 2.25).

Structura moleculei de etenă poate fi reprezentată atât prin modele „bilă-ax”, cât și prin modele de proporție (fig. 2.26).

Formarea legăturii π apropie atomii de carbon unul de altul mai mult decât în alcani: în moleculele alcanilor distanța dintre nucleele atomilor de carbon este egală cu **0,154 nm**, iar distanța dintre atomii C=C este de **0,134 nm**.

Omologie, nomenclatură și izomerie

În același mod ca la alcani, aplicând *rația de omologie* – CH_2 –, putem deduce ceilalți termeni ai seriei pornind de la etenă (tabelul 2.7).

Conform nomenclurii IUPAC, **denumirea sistematică** a alchenelor se formează de la rădăcina denumirii alcanilor cu același număr de atomi de carbon, înlocuind terminația *-an* cu *-enă*, precedată de numărul atomului de carbon de la care pornește dubla legătură. Pentru alchenele cu catene mai lungi ce conțin ramificări se aplică următoarele reguli:

1	Se alege ca temelie cea mai lungă catenă carbonică din formula de structură care include legătura C=C.
2	Se numerotează atomii de carbon cu cifre arabe din capătul de care este mai aproape dubla legătură.
3	Se indică prin cifre, la începutul denumirii, pozițiile și numele ramificărilor (radicaliilor), rădăcina denumirii alcanului respectiv, apoi cifra ce indică poziția dublei legături, urmată de terminația <i>-enă</i> .
4	Legătura dublă are prioritate la numerotare față de alchil și halogen.

Pentru unele alchene sunt păstrate denumiri nesistematice – etilenă, propilenă. Pentru alchene sunt caracteristice următoarele tipuri de izomerie: de catenă, de poziție a legăturii duble, de *funcțiune (de clasă cu cicloalcanii) și *geometrică.

Tabelul 2.7. Nomenclatura și izomeria unor alchene

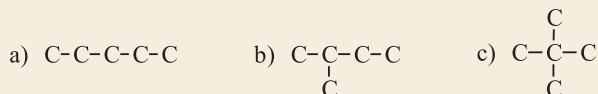
Formula moleculară	Formula de structură	Tipul izomeriei	Nomenclatura IUPAC	
			Denumire sistematică	Denumire nesistematică
C_2H_4	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	–	Etenă	Etilenă
C_3H_6	$\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}_2$	a) *de funcțiune cu ciclopropanul;	Propenă	Propilenă
C_4H_8	$\left\{ \begin{array}{l} \overset{4}{\text{CH}_3}-\overset{3}{\text{CH}_2}-\overset{2}{\text{CH}}=\overset{1}{\text{CH}_2} \\ \overset{1}{\text{CH}_3}-\overset{2}{\text{CH}}=\overset{3}{\text{CH}}-\overset{4}{\text{CH}_3} \\ \text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}=\text{CH}_2 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{b} \\ \text{c} \end{array}$	a) *de funcțiune cu ciclobutanul; b) de poziție a legăturii duble; c) de catenă.	But-1-enă But-2-enă 2-Metilpropenă	Izobutilenă

*Radicalul monovalent, derivat de la etenă ($-\text{CH}=\text{CH}_2$), se numește **grupă vinil**.

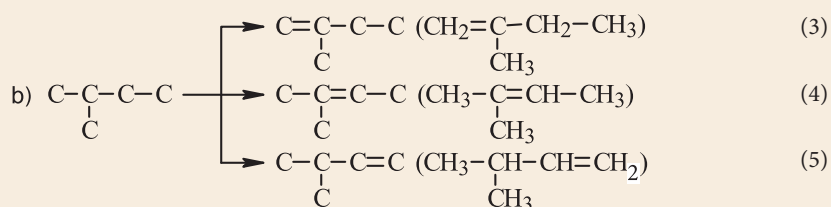
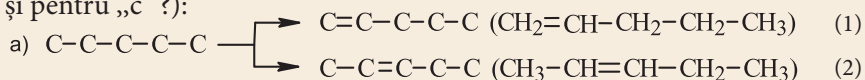
Algoritmul scrierii izomerilor alchenelor

Exemplu: Să scriem formulele de structură ale alchenelor cu compoziția C_5H_{10} .

R e z o l v a r e : **1** Scriem scheletele carbonice cu catenă liniară și ramificările posibile:



2 Fixăm pozițiile posibile ale legăturii duble pentru cazul „a” și „b” (de ce nu e posibil acest lucru și pentru „c”?):



Deci, alchena C_5H_{10} are 5 izomeri cu structură plană.

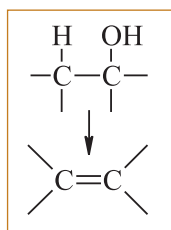
2.2.2.**Metode de obținere a alchenelor**

Alchenele reprezintă o materie primă foarte importantă pentru industria chimică. Întrucât ele sunt puțin răspândite în natură, au fost elaborate un șir de metode de obținere a lor.

Cea mai des utilizată metodă de obținere a alchenelor are la bază reacțiile de eliminare.

Reacțiile de eliminare reprezintă transformările chimice ale compușilor saturați în urma cărora de la atomii de carbon vecini sunt scindați doi atomi sau grupe de atomi cu formarea legăturii π .

În calitate de substanțe inițiale pentru obținerea alchenelor, prin reacții de eliminare, pot servi reprezentanții diferitor clase de compuși organici (alcooli, halogenoalcani, alcani etc.).

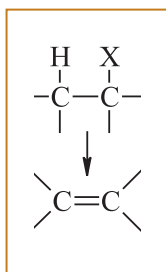


1. D e s h i d r a t a r e a alcoolilor duce la formarea dublei legături prin eliminarea grupei OH și a unui H de la carbonul adiacent:

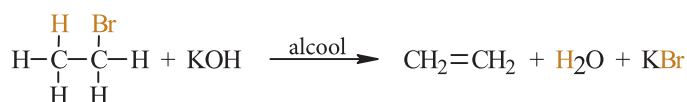
Această reacție este catalizată de acizi minerali (H_2SO_4 , H_3PO_4).



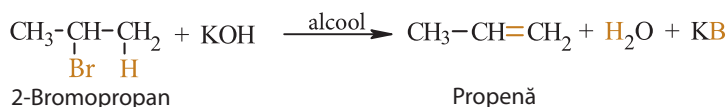
2. D e h i d r o h a l o g e n a r e a unui derivat monohalogenat conduce, de asemenea, la alchene (*vezi pag. 55*).



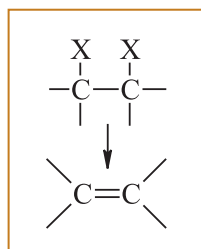
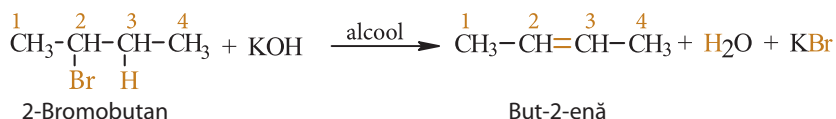
*Eliminarea hidracidului se efectuează cu reagenți bazici (KOH, NaOH) în alcool:



În molecula 2-bromopropanului atomul de hidrogen se scindează de la oricare din atomii de carbon adiacenți, deoarece ei sunt echivalenți:



*Însă în cazul halogenurilor de alchil nesimetrice scindarea atomilor de hidrogen are loc întotdeauna de la atomul de carbon mai puțin hidrogenat. De exemplu, în cazul 2-clorobutanului este posibilă scindarea hidrogenului de la C-1 sau de la atomul C-3. Hidrogenul se va scinda cu preferință de la atomul de carbon C-3 (A. Zaițev):

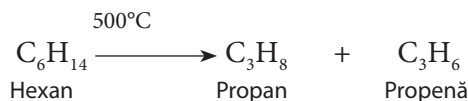


Tema 2.13. Scrie schemele reacțiilor de dehidrohalogenare a 2-bromo-2-metilbutanului. Numește produsul reacției.

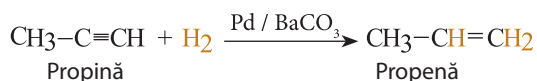
3. *Dehalogenarea derivaților dihalogenați vicinali sub acțiunea metalelor (Zn) conduce, de asemenea, la formarea dublei legături:



4. *Cracarea termică (600–900°C) a alcanilor superiori, eliminați din petrol, este o metodă industrială de obținere a alchenelor inferioare:



5. *Hidrogenarea parțială a legăturii triple în anumite condiții poate fi utilizată ca metodă de obținere a alchenelor. Pentru a evita formarea alcanului se folosește un catalizator mai puțin activ (paladiu „dezactivat”), numit catalizator Lindlar:



AUTOEVALUARE

- Definește și indică:**
 - seria omoloagă a alchenelor și formula lor generală;
 - *tipul de hibridizare a atomilor de carbon în etenă.
- Explică și stabilește:**
 - tipurile de izomerie ce prezintă but-1-ena, but-2-ena;
 - formulele de structură a 3 izomeri și a 3 omologi ai alchenei C_4H_8 ;
 - alchenele din seria de hidrocarburi:
 - C_6H_{12} ;
 - C_3H_8 ;
 - C_4H_8 ;
 - C_7H_{14} .
- Estimează** criteriile de asemănare și deosebire dintre etan și etenă (folosind diagrama Venn).
- Indică** care dintre compușii de mai jos sunt izomeri între ei și care – omologi:
 - $CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$;
 - $CH_2=CH-CH_2-CH_3$;
 - $CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3$;
 - $CH_3-C=C-CH_3$;
 $\begin{array}{c} H_3C \quad CH_3 \end{array}$
 - $CH_3-C=CH-CH_3$;
 $\begin{array}{c} CH_3 \end{array}$
- Alege** răspunsul corect:

A.* Despre alchena $CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$ putem spune că:

 - se numește pent-1-enă;
 - este omologul butanului;
 - are doi atomi de carbon în stare de hibridizare sp^2 .

B. Alchenele se obțin prin reacții:

 - de oxidare;
 - de eliminare;
 - de substituție;
 - de adiție;
 - de cracare termică.

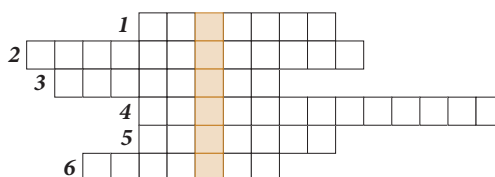
C. Alchenele se obțin din:

 - alcani, halogenoalcani, cicloalcani;
 - alcani, alcooli, derivați halogenați, alchine.
- *Numește** următorii compuși conform denumirii sistematice:
 - $CH_3-CH_2-\begin{array}{c} \diagup \\ C \\ \diagdown \end{array}=\begin{array}{c} \diagdown \\ C \\ \diagup \end{array}-\begin{array}{c} CH_2-CH_3 \\ \diagup \\ CH_3 \end{array}$
 - $CH_3-CH_2-CH_2-\begin{array}{c} CH-CH_3 \\ | \\ CH \\ || \\ CH_2 \end{array}$
- Calculează** volumul hidrogenului (c.n.) care este necesar pentru a transforma 2 moli de but-2-enă în butan.

(R.: 44,8 l)

Activitate în echipă Completând careurile, veți citi pe verticală denumirea elementului de bază al compușilor organici.

- Hidrocarburi cu o legătură dublă.
- Compuși organici ce conțin în moleculă doar atomi de carbon și hidrogen.
- Fenomenul existenței substanțelor organice cu compoziție identică, dar structură diferită.
- Derivat halogenat primar al propanului.
- Hidrocarburi, care diferă prin una sau câteva grupări $-CH_2-$.
- Hidrocarbură saturată cu opt atomi de carbon (articulat).



2.2.3. Proprietățile alchenelor și utilizarea lor

Proprietăți fizice

La temperatura camerei, primii trei reprezentanți ai alchenelor – etena, propena și butena – sunt gaze, iar alchenele cu 5–18 atomi de carbon în moleculă – lichide, următoarele alchene fiind solide (tabelul 2.8).

Tabelul 2.8. Constante fizice ale unor alchene

Denumirea sistematică	Formula moleculară	Formula de structură prescurtată	Geometria moleculelor	T.fierb. °C	Densitatea ρ , g/cm ³
Etenă	C ₂ H ₄	CH ₂ =CH ₂		-104	0,570
Propenă	C ₃ H ₆	CH ₃ -CH=CH ₂		-48	0,610
But-1-enă	C ₄ H ₈	CH ₃ -CH ₂ -CH=CH ₂		-6,0	0,626
*Pent-1-enă	C ₅ H ₁₀	CH ₃ ·(CH ₂) ₂ -CH=CH ₂		+30	0,643

Punctele de fierbere ale alchenelor sunt cu câteva grade mai joase decât cele ale alcanilor corespunzători. Densitatea lor este mai mică decât 1. Alchenele sunt insolubile în apă, însă bine solubile în dizolvanți nepolari (alcani, eter, benzen).

Proprietăți chimice

Experimental s-a constatat că alchenele posedă o reactivitate mai înaltă decât alcanii datorită prezenței dublei legături. Ultima determină pentru alchene reacțiile: **de adiție, de oxidare** (totală sau parțială) și **de polimerizare**.

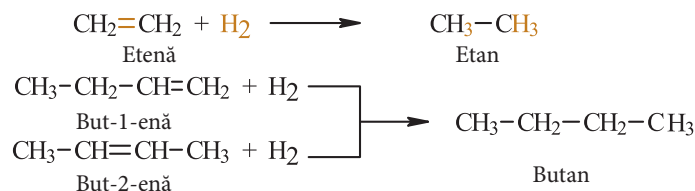
Reacții de adiție

*În decursul acestor reacții are loc ruperea legăturii π în molecula alchenei și a legăturii σ în reactant cu formarea a două legături σ noi în produsul de reacție:



În reacțiile de adiție hibridizarea atomilor de carbon din alchenă se modifică de la sp^2 la sp^3 .

1. **Adiția hidrogenului** (hidrogenare) are loc în prezența metalelor fin divizate (Ni, Pt, Pd) care au rol de catalizator; alchenele adăugă hidrogen la 150–200°C. La o moleculă de alchenă adăugă doi atomi de hidrogen, obținându-se alcanul corespunzător:

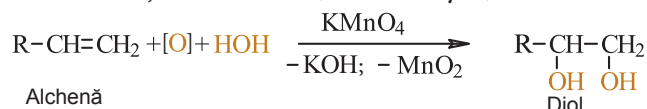


2. **Adiția halogenilor** (halogenare) în mediu de solvent inert (CCl₄) conduce la formarea unui derivat dihalogenat vicinal. Clorul și bromul se adăugă ușor chiar la rece, iar iodul reacționează mai greu:

Reacții de oxidare

Oxidarea alchenelor se produce mai ușor decât cea a alcanilor. Produsele oxidării depind de structura alchenei, natura oxidantului și de condițiile (temperatură, concentrație, mediu) în care are loc reacția.

5. *Oxidarea cu scindarea legăturii π (oxidarea blândă) cu permanganat de potasiu în soluție slab bazică (reactiv Bayer) sau neutră conduce la dioli:



Reacția cu soluție apoasă de permanganat de potasiu este o reacție calitativă la dubla legătură (C=C) (decolorarea soluției de permanganat de potasiu cu formarea precipitatului brun (MnO_2)).

Tema 2.15. Scrie reacția completă care are loc la oxidarea blândă a etenei.

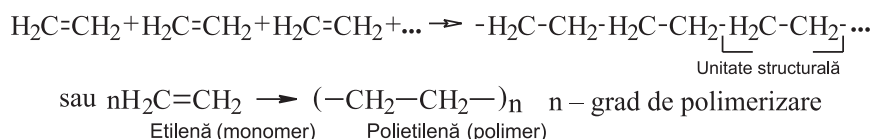
6. Oxidarea totală (ardere). Prin ardere alchenele, ca și celelalte hidrocarburi, formează oxid de carbon (IV) și apă:



Forma generală a ecuației reacției de ardere a alchenelor este:



7. Polimerizarea. Moleculele alchenelor au proprietatea de a se uni între ele prin intermediul dublelor legături, formând polimeri – macromolecule cu aceeași compoziție elementală ca și substanța inițială:



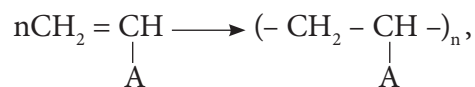
Reacția de polimerizare este procesul chimic de unire a mai multor molecule identice în una mai mare (macromoleculă).

Substanța care polimerizează se numește **monomer**, iar gradul de polimerizare (n) arată numărul de unități structurale ce se repetă în polimer și este egal cu numărul de molecule de monomer ce se unesc pentru a forma polimerul.

Polietilena este cel mai simplu polimer foarte răspândit, care se formează prin adăugarea repetată a mai multor molecule de etenă.

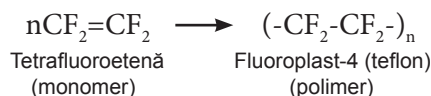
Producția mondială de polietilenă depășește 15 mln. tone/an. Principala sursă de etenă este industria de prelucrare a petrolului. Etena se obține în urma reacțiilor de piroliză și cracare a alcanilor. Însă ca monomeri, în reacția de polimerizare tot mai des se folosesc derivații etenei, cu formula generală $\text{CH}_2=\text{CH-A}$, denumiți **monomeri vinilici**, deoarece conțin în moleculă grupa vinil ($\text{CH}_2=\text{CH-}$). În reacția de polimerizare legătura dublă din grupa vinil se desface, favorizând legarea altor molecule de monomer la capetele ei și așa mai departe.

Pentru monomerii vinilici procesul de polimerizare poate fi prezentat schematic astfel:



unde A=H (etilenă-polietilenă), CH₃ (propilenă-polipropilenă), Cl (clorură de vinil-policlorvinil), C₆H₅ (stiren-polistiren), CN (acrilonitril-poliacrilonitril) etc.

*Un rol deosebit, grație stabilității termice și chimice, îl au polimerii ce se obțin din etena fluorurată:



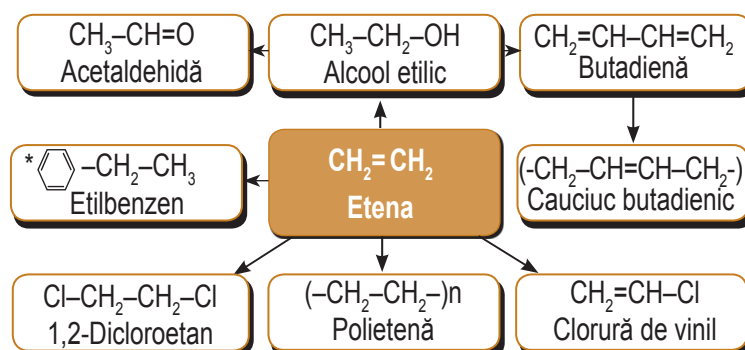
Fluoroplastele sunt compuși foarte inerti din punct de vedere chimic. Ei se fabrică în cantități mari, din care se confecționează ambalaje, conducte și utilaje rezistente la coroziune pentru industria chimică, obiecte de uz casnic acoperite cu teflon – tigăi, cratițe, fiare de călcat etc.

Alchene mai importante și utilizarea lor

În industrie etena se obține din gazele de cracare a petrolului. Etena se utilizează la prepararea diferitor produse organice, de exemplu a alcoolului etilic, eterului, etilenglicolului, 1,2-dicloroetanului (dizolvant) (schema 2.3). Mari cantități de etenă se folosesc la obținerea unor materiale plastice (fig. 2.27).

Propena (CH₃-CH=CH₂) se obține prin cracarea petrolului, urmată de separarea prin fracționare. Propena oferă multe posibilități de chimizare.

Schema 2.3. Produse obținute prin chimizarea etenei



Tema 2.16. Alcătuieste o schemă similară „Produse obținute prin chimizarea propenei”.



Fig. 2.27. Utilizarea etenei și a derivaților ei: 1 – agent de accelerare a coacerii fructelor, legumelor; 2 – solvent; 3,4 – mase plastice.

AUTOEVALUARE

1. **Definește** noțiunea:
 - a) reacție de adiție, regula lui Markovnikov;
 - b) reacție de polimerizare, monomer, compus macromolecular (polimer).

2. **Explică și stabilește:**
 - a) denumirea hidrocarburii din seria alchenelor cu formula de structură:

$$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$$
 - b) formulele de structură ale alchenelor, ale căror denumiri sunt redată mai jos:
 - 1)* 2-etil-4,4-dimetil-hex-1-enă;
 - 2)* 3-etil-4,4-dimetil-pent-2-enă;
 - 3) izobutenă.

3. **Numește:**
 - A. Produsele reacțiilor de adiție a bromului și bromurii de hidrogen la următoarele alchene:
 - a) $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$; b) $\text{CH}_2=\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}-\text{CH}_3$; c) $\text{CH}_3-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$.
 - B. Produsele ce se formează la interacțiunea 2-metil-but-2-enei cu următorii reagenți:
 - a) HCl; b) Br_2 ; c) H_2O (H_2SO_4); d)* HBr; e)* KMnO_4 (H_2O).

4. **Notează** prin **A** afirmația adevărată și prin **F** afirmația falsă:

	A	F
a) Hidrocarburi ce conțin în moleculă o dublă legătură se numesc alchene.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Alchenele participă doar la reacții de adiție.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Etena decolorează apa de brom.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) *Adiția hidracizilor la alchene nesimetrice decurge conform regulii lui Markovnikov.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. **Completează** spațiile libere în afirmațiile:
 - a) Adiția clorurii de hidrogen la alchene nesimetrice decurge conform regulii și hidrogenul adăunează la carbonul mai
 - b) Alchenele trec în alcani prin reacții de
 - c) *În molecula de etenă legăturile $\sigma[\text{C}-\text{C}$ și $\text{C}-\text{H}]$ se află într-un plan sub un unghi, iar legătura π într-un plan
 - d) Pentru alchene sunt caracteristice tipurile de izomerie
 - e) Reacția de identificare a alchenelor este.....

6. **Rezolvă:**

O hidrocarbură are următoarea compoziție: 85,72% C și 14,28% H. Densitatea vaporilor ei în raport cu hidrogenul este egală cu 35. Să se stabilească formula moleculară, să se scrie și să se denumească izomerii ce corespund acestei formule moleculare.

(R.: C_5H_{10})

2.2.4.

Prepararea etenei și studierea proprietăților ei

Lucrarea practică nr.2

Ustensile: spirtieră sau bec de gaz, chibrituri, stativ metallic cu cleștar, stativ cu eprubete, dop cu tub de evacuare, bucățele de porțelan sau nisip.

Reactivi: alcool etilic, acid sulfuric concentrat, apă de brom, soluție diluată de permanganat de potasiu.

Prin încălzirea amestecului de alcool etilic și acid sulfuric concentrat, la prima etapă, se formează hidrogenosulfat de etil (ester):

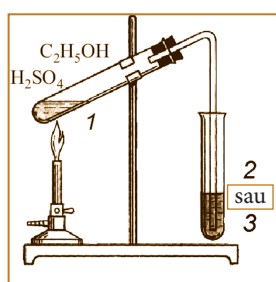
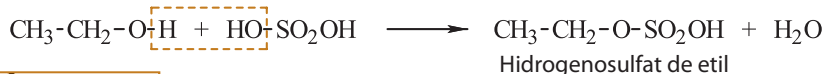
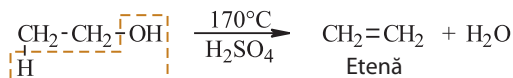


Fig. 2.28. Obținerea etenei.

La încălzirea esterului format în exces de acid sulfuric până la 170°C se obține etenă:



Acidul sulfuric se regenerează, deci joacă rolul de catalizator. Ecuția sumară a reacției de obținere a etenei:



Modul de lucru

1. **Toarnă** într-o eprubetă (1) 1 ml de alcool etilic.
2. **Adaugă** atent, agitând, 2 ml de acid sulfuric concentrat.
3. **Introdu** în amestecul obținut câteva bucățele de porțelan (pentru ca fierberea să decurgă lent).
4. **Închide** eprubeta cu un dop cu tub de evacuare a gazelor, apoi fixează-o în stativ cu ajutorul cleștarului (fig. 2.28).
5. **Toarnă** într-o eprubetă (2) 2 ml soluție diluată de apă de brom, iar în altă eprubetă (3) – 2 ml soluție de permanganat de potasiu de 0,5%.
6. **Încălzește** eprubeta (1) (respectând regulile de încălzire) fixată în stativul metallic.
7. **Introdu** consecutiv capătul tubului de evacuare a gazelor în eprubeta (2) cu apă de brom și barbotează etilena până la decolorarea ei, apoi în eprubeta (3) cu soluție diluată de KMnO_4 , la fel până la decolorarea ei și până la apariția unui precipitat brun de dioxid de mangan.
8. **Înlătură** eprubeta (3) și întoarce capătul tubului de evacuare în sus, continuând încălzirea eprubetei (1), apropiind de el un chibrit aprins.
9. **Constată** modul de ardere a etenei.
10. **Trage** concluzii pe baza rezultatelor experiențelor efectuate și copiază pe caiet tabelul de mai jos, completând rubricile respective.

Ustensile și reactivi	Modul de lucru. Desenul schematic	Observări. Motivarea celor observate	Ecuțiile reacțiilor. Concluzii

2.2.5.- 2.2.6.

Probleme de calcul după formula generală a alchenelor și ecuațiile reacțiilor caracteristice acestora

I. Stabilirea formulei moleculare după densitatea relativă sau după volum (c.n.) și formula generală a alchenelor.

Problema 1

Densitatea relativă a unei alchene în raport cu aerul este egală cu 2,42. Să se stabilească formula moleculară a alchenei.

Se dă:

$$D_{(aer)} = 2,42$$

Formula – ?

Rezolvare:

1. Se indică formula generală a alchenelor: C_nH_{2n} .

2. Se calculează masa moleculară a alchenei după formula:

$$D_{(aer)} = \frac{Mr(C_nH_{2n})}{Mr_{(aer)}}, \text{ de unde}$$

$$Mr(C_nH_{2n}) = Mr_{(aer)} \cdot D_{(aer)} = 29 \cdot 2,42 = 70.$$

3. Se determină numărul atomilor de carbon din relația:

$$Mr(C_nH_{2n}) = 12n + 2n = 14n, 14n = 70; n=5.$$

Formula alchenei este C_5H_{10} – pentenă.

Răspuns: Formula moleculară a alchenei este C_5H_{10} .

Problema 2

O substanță gazoasă conține 85,7% C și 14,3% H. O probă de această substanță cu masa de 5,25 g ocupă un volum de 2,8 l (c.n.). Să se determine formula de structură a acestei substanțe dacă se știe că ea decolorează apa de brom.

Se dă:

$$\omega(C) = 85,7\%$$

$$\omega(H) = 14,3\%$$

$$m(\text{sub.}) = 5,25 \text{ g}$$

$$V(\text{sub.}) = 2,8 \text{ l}$$

Substanța decolorează
apa de brom

Formula de structură a substanței – ?

Rezolvare:

1. Se controlează dacă substanța mai conține și alte elemente:

$$\omega(C) + \omega(H) = 85,7\% + 14,3\% = 100\%$$

Rezultă că substanța este o hidrocarbură: C_xH_y .

2. Se calculează $M(C_xH_y)$ din relația:

$$\frac{m(C_xH_y)}{M(C_xH_y)} = \frac{V(C_xH_y)}{V_m} \rightarrow M(C_xH_y) = \frac{m(C_xH_y) \cdot V_m}{V(C_xH_y)};$$

$$M(C_xH_y) = \frac{5,25 \text{ g} \cdot 22,4 \text{ l/mol}}{2,8 \text{ l}} = 42 \text{ g/mol}.$$

3. Se admite că masa probei este 100 g. Atunci:

$$m(E) = \frac{\omega(E) \cdot 100 \text{ g}}{100\%}; \quad m(E) = \omega(E); \quad m(C) = 85,7 \text{ g}; \quad m(H) = 14,3 \text{ g}$$

4. Se calculează cantitățile de substanță carbon și oxigen:

$$v(C) = \frac{m(C)}{M(C)}; \quad v(C) = \frac{85,7 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = 7,14 \text{ mol}.$$

$$v(H) = \frac{m(H)}{M(H)}; \quad v(H) = \frac{14,3 \text{ g}}{1 \text{ g/mol}} = 14,3 \text{ mol}; \quad x : y = 1 : 2$$

5. Deci, formula brută este CH_2 , iar $\text{Mr}(\text{CH}_2) = 12 + 2 = 14$.

6. Se deduce formula reală $(\text{CH}_2)_n$, calculând valoarea lui n (indicele de multiplicitate) din raportul:

$$n = \frac{\text{Mr}(\text{C}_x\text{H}_y)}{\text{Mr}(\text{CH}_2)}; \quad n = \frac{42}{14} = 3. \quad \text{Deci, formula reală este } (\text{CH}_2)_3.$$

Formula moleculară: C_3H_6 .

Acestei formule corespund structurile:



7. Substanța care decolorează apa de brom este propena C_3H_6 (cu o dublă legătură).

Răspuns: Substanța C_xH_y este C_3H_6 și are structura: $\text{H}_2\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_3$.

II. *Stabilirea formulei moleculare după densitatea relativă a alchenei și produsele de ardere ale acestora.

Problema 3

Produsele de ardere obținute în urma analizei cantitative a unei hidrocarburi, cu densitatea relativă în raport cu hidrogenul egală cu 28, au fost trecute printr-un vas cu acid sulfuric concentrat, iar apoi printr-o soluție de hidroxid de calciu. Masa primului vas s-a mărit cu 7,2 g, iar în vasul al doilea s-au format 40 g carbonat de calciu. Să se stabilească formula hidrocarburi supusă arderii.

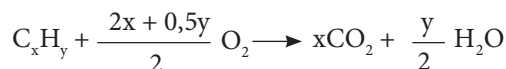
Se dă:

$$\begin{aligned} D_{\text{H}_2} &= 28 \\ \Delta m(\text{vas. I}) &= 7,2 \text{ g} \\ m(\text{precip.}) &= 40 \text{ g} \end{aligned}$$

Formula - ?

Rezolvare:

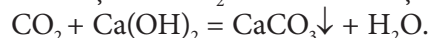
1. Se scrie ecuația reacției de ardere a hidrocarburi C_xH_y și ecuațiile reacțiilor de interacțiune a produselor de ardere:



Acidul sulfuric concentrat are proprietatea de a absorbi apa, care a dus la creșterea masei vasului I cu 7,2 g, deci: $m(\text{H}_2\text{O}) = 7,2 \text{ g}$;

$$v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{7,2 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 0,4 \text{ mol}; \quad v(\text{H}) = 0,4 \text{ mol} \cdot 2 = 0,8 \text{ mol}.$$

În vasul al doilea are loc absorbția lui CO_2 conform ecuației:



Deci precipitatul este CaCO_3 cu masa 40 g; $M(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ g/mol}$.

$$v(\text{CaCO}_3) = \frac{40 \text{ g}}{100 \text{ g/mol}} = 0,4 \text{ mol}; \quad v(\text{C}) = v(\text{CaCO}_3) = 0,4 \text{ mol}.$$

2. Se stabilește formula brută a hidrocarburi C_xH_y :

$$x : y = v(\text{C}) : v(\text{H}) = 0,4 \text{ mol} : 0,8 \text{ mol} = 1 : 2. \quad \text{Formula brută este } \text{CH}_2.$$

3. Se calculează masa moleculară a hidrocarburi după relația:

$$\text{Mr}(\text{C}_x\text{H}_y) = \text{Mr}(\text{H}_2) \cdot D_{\text{H}_2} = 2 : 28 = 56,$$

iar masa moleculară după formula brută este $\text{Mr}(\text{CH}_2) = 14$.

4. Se stabilește formula moleculară a hidrocarburi:

$$\frac{\text{Mr}_{(\text{reală})}}{\text{Mr}_{(\text{brută})}} = \frac{56}{14} = 4. \quad \text{Formula moleculară este } (\text{CH}_2) \cdot 4 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_8.$$

Răspuns: Formula moleculară a hidrocarburi este C_4H_8 -butena.

III. *Stabilirea părții de volum a alchenei dintr-un amestec de hidrocarburi.

Problema 4

Un amestec de propan și propenă cu volumul 0,448 l (c.n.) a fost barbotat prin apa de brom cu masa 40 g și partea de masă 4%. Să se determine volumul propanului și propenei din amestecul inițial.

Se dă:

$$\begin{aligned} V(\text{C}_3\text{H}_8 + \text{C}_3\text{H}_6) &= 0,448 \text{ l} \\ m(\text{sol.}) &= 40 \text{ g} \\ \omega(\text{Br}_2) &= 4\% \end{aligned}$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) \text{ -?}$$

$$V(\text{C}_3\text{H}_6) \text{ -?}$$

Rezolvare:

1. Se determină masa și cantitatea de substanță brom din soluție: $\omega = \frac{m(\text{sub.})}{m(\text{sol.})} \cdot 100\% \rightarrow m(\text{Br}_2) = \frac{\omega \cdot m(\text{sol.})}{100\%}$

$$m(\text{Br}_2) = \frac{4\% \cdot 40 \text{ g}}{100\%} = 1,6 \text{ g}$$

$$v(\text{Br}_2) = \frac{m(\text{Br}_2)}{M(\text{Br}_2)} = \frac{1,6 \text{ g}}{160 \text{ g/mol}} = 0,01 \text{ mol}$$

2. Se scrie ecuația reacției: $\text{C}_3\text{H}_6 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{H}_6\text{Br}_2$

3. Se determină cantitatea de substanță și volumul propenei din ecuația reacției:

$$v(\text{C}_3\text{H}_6) = v(\text{Br}_2) = 0,01 \text{ mol}; \quad v(\text{C}_3\text{H}_6) = v \cdot V_m = 0,01 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ l/mol} = 0,224 \text{ l.}$$

4. Se calculează volumul propanului:

$$V(\text{C}_3\text{H}_8) = V(\text{amestec.}) - V(\text{C}_3\text{H}_6) = 0,448 \text{ l} - 0,224 \text{ l} = 0,224 \text{ l.}$$

Răspuns: Amestecul inițial era format din volume egale de propenă și propan și constituie 0,224 l.

AUTOEVALUARE

- O hidrocarbură nesaturată conține 85,71% carbon și are densitatea relativă a vaporilor în raport cu aerul 2,414. Să se deducă formula moleculară. (R.: C_5H_{10})
- În calitate de dizolvant al substanțelor organice și pentru curățarea materialelor textile se folosește dicloroetanul. Ce masă de etenă și de clor este necesară pentru obținerea 1,2-dicloroetanului cu masa 3,96 kg? (R.: 1,12 kg C_2H_4 și 2,84 kg de clor)
- Ce volum de oxid de carbon (IV) (c.n.) se formează la arderea but-2-enei cu masa 2,8 g? (R.: 4,48 l)
- *Un amestec de etan și etenă cu volumul 400 ml (c.n.) a decolorat apa de brom cu masa 80 g și partea de masă a bromului 2%. Să se calculeze partea de volum a etenei din amestec. (R.: 56%)
- Pentru decolorarea apei de brom cu masa 400 g a fost necesară etenă cu volumul 2,24 l (c.n.). Să se calculeze partea de masă a bromului din apa de brom. (R.: 4%)
- La arderea unei alchene gazoase se consumă un volum de oxigen de 6 ori mai mare decât volumul alchenei. Care este formula moleculară a alchenei? (R.: C_4H_8)
- *Raportul de masă a carbonului și hidrogenului într-o alchenă este 6:1. Scrieți formula moleculară a trei alchene ce corespund acestui raport.
- *O alchenă cu volumul 672 ml (c.n.) a reacționat cu bromul și s-au format 6,06 g de produs de reacție. Să se stabilească formula moleculară a alchenei și volumul de aer (c.n.) necesar arderii a 2 mol de această alchenă. (R.: C_3H_6 ; 1066 l aer)

2.2.7.

Alcadiene

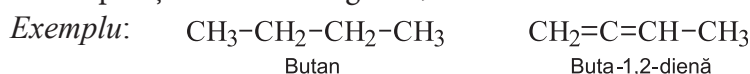
Definiție

Hidrocarburile aciclice nesaturate, ale căror molecule conțin două duble legături și au formula generală C_nH_{2n-2} unde $n = 3, 4, 5$ etc., se numesc alcadiene sau diene.

Omologie, nomenclatură, izomerie, *clasificare

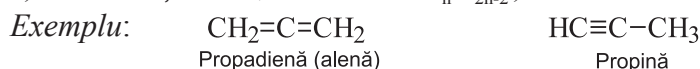
Este evident că primul termen din seria omoloagă a alcadienelor va avea trei atomi de carbon. Grupa CH_2 va fi rație de omologie și pentru această serie.

Denumirea sistematică a **alcadienelor** se formează din rădăcina numelui hidrocarburilor saturate, la care se adaugă vocala „a” (pentru legătură), se indică prin cifre pozițiile dublelor legături, urmată de sufixul – *dienă*¹.



Alcadienelor le sunt caracteristice câteva tipuri de izomerie:

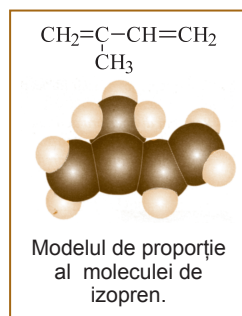
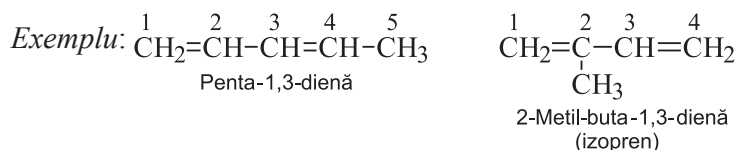
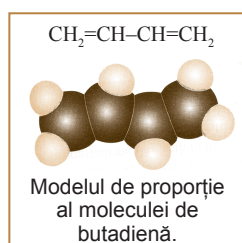
a) de funcțiune (cu alchinelor C_nH_{2n-2}).



b) de poziție a dublelor legături (apare, începând cu butadiena), a căror existență este determinată de locul ocupat în moleculă de cele două duble legături:



c) de catenă (apar începând cu pentadiena):



Deseori se utilizează și denumirile nesistematice ale dienele indicate între paranteze (izopren, divinil etc.).

*După poziția relativă a celor două duble legături, dienele se clasifică în trei grupe:

1) diene cu duble legături **cumulate** >C=C=C< , cu legături duble alăturate;

2) diene cu duble legături conjugate >C=C-C=C< , cu legături duble separate printr-o legătură simplă carbon-carbon;

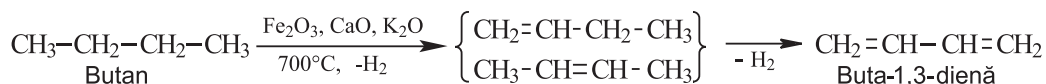
3) diene cu duble legături **izolate** >C=C-C-C=C< , cu legături duble separate de două sau mai multe legături simple.

Dintre alcadienele cu duble legături conjugate interes practic prezintă buta-1,3-diena și omologul său 2-metil-buta-1,3-diena (izoprenul).

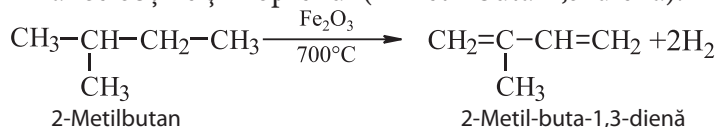
¹Ia. Guțu, „Nomenclatura compușilor organici”, Chișinău, 2008.

Metode de obținere

Butadiena și izoprenul se obțin pe cale industrială, prin dehidrogenarea alchenelor, care, la rândul lor, se obțin din gazele de cracare a petrolului. Amestecul de gaze format în mare parte din butan se trece la temperatura de 600–700°C peste catalizatorul Fe_2O_3 cu adaos de oxizi de calciu și potasiu:



În mod similar se obține și izoprenul (2-metil-buta-1,3-diena):

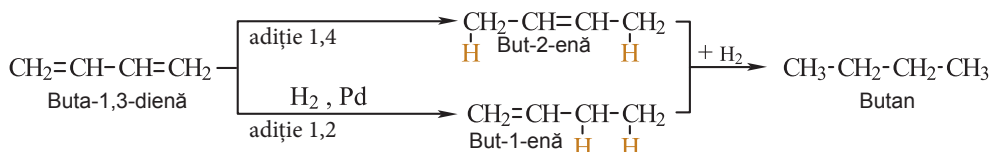


Buta-1,3-diena este un gaz cu p. de fierbere -5°C . Omologul superior al buta-1,3-dienei (izoprenul) are p. de fierbere 34°C . Sunt insolubili în apă, solubili în solvenți organici.

Proprietăți chimice

Dienelor, în general, le sunt caracteristice reacțiile de adiție tipice alchenelor. Însă, datorită prezenței efectului de conjugare, dienele formează 2 produse de adiție: unul se obține în urma adiției în pozițiile 1,4 (la capetele sistemului conjugat), iar altul în urma adiției în pozițiile 1,2. Modul de desfășurare a reacției de adiție (1,2 sau 1,4) depinde de condițiile concrete ale reacției.

1. **Adiția hidrogenului activ** (obținut în reacția dintre acizi și metale) are loc în pozițiile 1,4 sau 1,2.

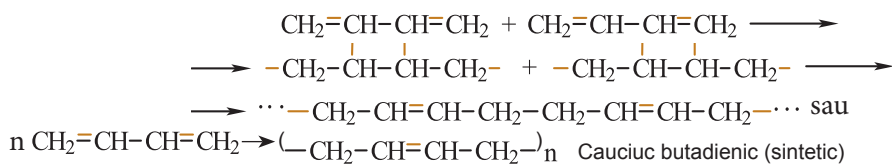


2. **Arderea.** Butadiena arde cu flacără luminoasă, formând CO_2 și apă.

Tema 2.17. Scrie ecuația reacției de ardere a buta-1,3-dienei.

3. **Polimerizarea** este o reacție caracteristică și pentru hidrocarburile nesaturate cu două duble legături conjugate. Reacția este aplicată pe larg în industrie, deoarece în urma ei se obține cauciucul sintetic.

Fără a lua în considerare mecanismul, procesul polimerizării prin adiție 1,4 poate fi reprezentat astfel:



Primul care a propus obținerea cauciucului sintetic la nivel de industrie a fost savantul rus S. Lebedev.

Cauciucul butadienic obținut astfel posedă elasticitate sau capacitatea de a-și schimba forma sub acțiunea unei forțe exterioare și de a reveni la forma inițială, când acțiunea forței încetează. În afară de aceasta, cauciucul butadienic este impermeabil pentru gaze și apă, dar mai puțin elastic și mai puțin rezistent la uzură decât cauciucul natural.

Compoziția și structura cauciucului natural

Cauciucul natural se obține din latexul (suc lăptos sub forma unei soluții coloidale de cauciuc) unor plante, în special din cel al heveei braziliene. În acest scop, pe tulpinile arborilor se fac secțiuni, prin care se scurge latexul ce conține circa 30–40% cauciuc, apă (60%), rășini și substanțe minerale (fig. 2.29). Cauciucul se precipită din latex la tratarea acestuia cu acid acetic sau formic, apoi el este supus unui tratament mecanic pentru a fi omogenizat, tras în foi și uscat. S-a stabilit că monomerul cauciucului natural este izoprenul.

Cauciucul natural este un polimer cu formula brută $(C_5H_8)_n$, în care n are valori foarte mari:

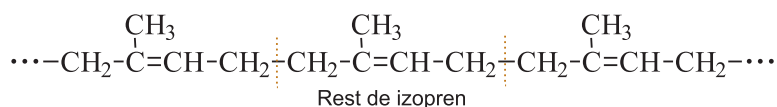


Fig. 2.29. Arborele de cauciuc.

Proprietăți. Cauciucul în stare brută este gălbui, semiopac și elastic. Ținut la temperatură joasă (0–5°C), el devine opac și neelastic.

Cauciucul natural are proprietatea de a se alungi (400–800%) la aplicarea unei forțe exterioare slabe și de a reveni la dimensiunile inițiale când aceasta încetează. În stare nealungită, elastică macromoleculele au o formă încolăcită, neregulată, mai stabilă, iar anumite segmente ale macromoleculii pot efectua mișcări termice datorită rotației libere din jurul legăturilor C–C.



EXPERIMENT DEMONSTRATIV

Depolimerizarea cauciucului natural

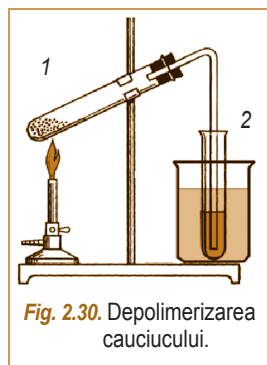


Fig. 2.30. Depolimerizarea cauciucului.

1. Introdu într-o eprubetă (1) o bucăciță de cauciuc natural și astup-o cu un dop prevăzut cu tub de evacuare a gazelor (fig.2.30).

2. Introdu capătul tubului de evacuare a gazelor într-o altă eprubetă (2) (colector), ce se află într-un pahar cu apă rece.

3. Încălzind eprubeta 1, vei observa că polimerul se descompune, iar în colector se acumulează produse lichide.

4. Încetează încălzirea, apoi cu ajutorul apei de brom constată că produsele condensate sunt nesaturate.



Fig. 2.31. Diverse utilizări ale cauciucului: 1 – echipamente sanitare; 2 – cabluri; 3 – mănuși; 4 – cizme; 5 – radieră; 6 – anvelope pentru automobile.

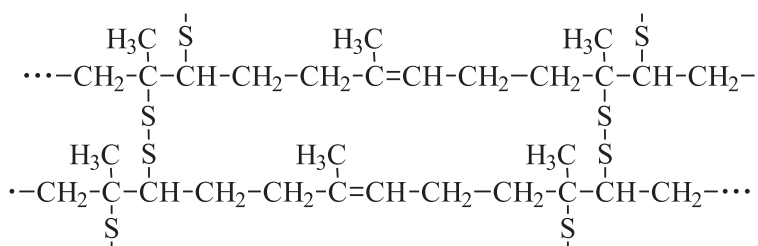
În stare alungită macromoleculele tind să adopte o aranjare mai ordonată cu tendință spre forma liniară.

La temperatură mai ridicată devine posibilă și alune-carea macromoleculelor unele față de altele; materialul devine plastic.

Cauciucul natural este insolubil în alcool, acetonă, dar se dizolvă bine în benzen, hidrocarburi. Înainte de dizolvare el se îmbibă cu mult dizolvant (se umflă); soluția de cauciuc este vâscoasă.

Expus mai mult la aer, cauciucul natural devine lipicios și pierde din elasticitate. Pentru a înlătura aceste inconveniențe, cauciucul este supus procesului de **vulcanizare**.

Vulcanizarea cauciucului constă în încălzirea lui cu sulf (1–5%) la 130–140°C. În cursul acestei tratări se formează punți C–S–S–C între macromoleculele de poliizopren:



Cauciucul vulcanizat nu este plastic, nu se mai înmoaie la cald, este mai rezistent la rupere, totodată solubilitatea lui față de unii dizolvanți se reduce. Punțile C–S–S–C fiind însă rare, se păstrează posibilitatea trecerii moleculelor din formă încolăcită în formă alungită, când se aplică o forță mecanică exterioară. De aceea cauciucul vulcanizat este elastic. Cauciucul vulcanizat cu cantități mari de sulf (30–40%) devine un material rigid cu rezistență mecanică mare, numit *ebonită*.

Butadiena, 2-metilbutadiena (izoprenul) și 2-clorobutadiena (cloroprenul) sunt monomeri ai compușilor macromoleculari cu proprietăți asemănătoare cauciucului natural, numiți elastomeri sau cauciucuri sintetice.

Atât cauciucul natural, cât și cele sintetice au o largă aplicare în tehnică. Ele sunt folosite la obținerea diferitor produse: anvelope pentru automobile, echipamente sanitare, curele și benzi de transmisie, jucării și diverse obiecte de uz casnic etc. (fig. 2.31).

Știi că ...

În decurs de 20 de ani, dintr-un arbore de cauciuc se pot extrage anual circa 400 kg de cauciuc.

AUTOEVALUARE

1. **Definește** noțiunea: alcadiene.
2. **Explică:**
 - a) nomenclatura și izomeria alcadienelor;
 - b) compoziția și structura cauciucului natural;
 - c) *denumirea sistematică a hidrocarburilor:
 - 1) $\text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{C} = \text{CH}_2$;
 - 2) $\text{CH}_3 - \overset{\text{H}_2\text{C}=\text{CH}}{\text{C}} = \text{CH}_2$;
 - 3) $\text{CH}_3 - \overset{\text{CH}_3}{\text{C}} = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2$
3. **Finisează** ecuațiile reacțiilor și numește produsele de reacție:
 - a) 2-metil-penta-1,3-dienă + $\text{H}_2 \rightarrow$
 - b) *de polimerizare a 2-cloro-buta-1,3-dienei (cloroprenei) \rightarrow
4. **Scrive și numește** izomerii de poziție a dublelor legături ale alcadienei cu compoziția C_6H_{10} .
5. ***Compară** structurile hidrocarburilor nesaturate cu compoziția C_nH_{2n} și $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, care conțin câte 5 atomi de carbon. Din ce serie omoloagă fac parte ele? Indică proprietățile chimice comune.
6. **Scrive** schemele reacțiilor cu ajutorul cărora se pot realiza următoarele transformări:
 - a) penta-1,3-dienă \rightarrow pentan;
 - b) $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_6 \rightarrow$ cauciuc sintetic;
7. ***Selectează:**

Care dintre afirmațiile ce urmează se referă la compusul $\text{CH}_2 = \overset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}} - \text{C} = \text{CH}_2$:

 - a) este o alcadienă;
 - b) se supune procesului de polimerizare;
 - c) este un izomer al buta-1,3-dienei; **d)** decolorează apa de brom.
8. **Completează** spațiile libere din afirmațiile:
 - a) Formula generală a alcadienelor este
 - b) Adiția unui mol de hidrogen la 1 mol de buta-1,3-dienă conduce la
 - c) Izoprenul este buta-1,3-dienei.
 - d) Unele domenii de utilizare a cauciucului sunt
 - e) *Buta-1,3-diena este o dienă cu legături duble
9. **Notează** prin **A** afirmația adevărată și prin **F** afirmația falsă:

	A	F
a) 2-metil-buta-1,3-diena este monomerul cauciucului izoprenic.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) Alcadienele manifestă aceleași proprietăți ca și alchenele.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) Buta-1,3-diena este izomerul butenei.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) La adiția a 2 mol de hidrogen la 1 mol de buta-1,3-dienă se obține butanul.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) Izoprenul este monomerul cauciucului natural.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. **Rezolvă:**

*Un amestec de gaze, format din butadienă și butan, cu volumul 5,02 l (c.n.), a fost supus procesului de hidrogenare. În reacție s-au consumat 4,48 l de hidrogen. Să se determine volumul butadienei și butanului din amestecul inițial.

(R.: 2,24 l C_4H_6 ; 2,78 l C_4H_{10})

2.2.8.

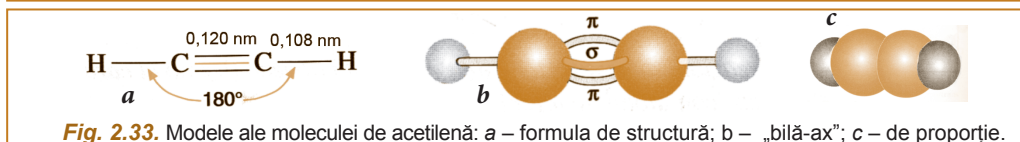
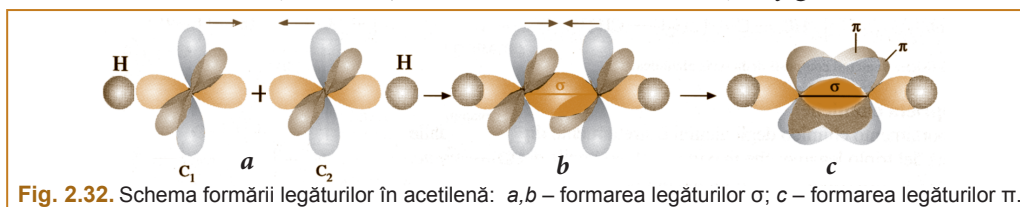
Alchine

Definiție

Hidrocarburile aciclice, ce conțin în molecula lor, pe lângă legăturile simple, o triplă legătură între doi atomi de carbon $\text{—C}\equiv\text{C—}$ și au formula generală $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$, unde $n=2,3,4$ etc., se numesc **alchine**.

***Structură**

În molecula alchinelor tripla legătură se realizează între doi atomi de carbon, care posedă câte doi orbitali hibridizați sp și câte doi orbitali p „puri”, nehibridizați (p , 12). Prin întrepătrunderea orbitalilor hibridizați sp ai celor doi atomi de carbon se formează o legătură σ C–C ($sp-sp$). Ceilalți doi orbitali hibridizați (câte unul de la fiecare atom de carbon) se întrepătrund cu orbitalii de tip s ai hidrogenului, formând legături de tip σ C–H ($sp-s$) (fig. 2.32, a, b). Unghiurile de 180°C dintre legăturile σ C–C($sp-sp$) și σ C–H ($sp-s$) asigură atomilor angajați în ele o dispoziție geometrică liniară (fig. 2.32, c), ceea ce exclude existența izomeriei *cis-trans* la legătura triplă (fig. 2.33). Ceilalți doi orbitali p nehibridizați de la fiecare atom de carbon sunt situați în planuri reciproc perpendiculare față de axa legăturilor de tip σ . În aceste planuri, orbitalii p nehibridizați de la fiecare atom de carbon se întrepătrund, formând două legături de tip π , care sunt relativ slabe și în reacțiile chimice se scindează ușor (fig. 2.32, c).



Lungimea legăturii triple este de **0,120 nm**, ea fiind mai mică ca a celei duble – **0,133 nm** și a celei simple – **0,154 nm**. Distanța dintre cei doi atomi de carbon în acetilenă este mai mică, deoarece legătura triplă reprezintă o combinație a unei legături σ și a două legături π . Cele două legături π măresc densitatea electronică dintre atomii de carbon, ceea ce duce la polarizarea legăturilor σ din acetilenă: $\overset{\delta+}{\text{H}}-\overset{\delta-}{\text{C}}\equiv\overset{\delta-}{\text{C}}-\overset{\delta+}{\text{H}}$.

Ca urmare a polarității legăturilor C–H, în alchinele cu triplă legătură marginală apar proprietăți slab acide, deci ele vor ceda ușor protonul în reacțiile cu metale.

Omologie, nomenclatură. Izomerie

Seria omoloagă a alchinelor începe cu etina.

Conform nomenclaturii IUPAC, **denumirea sistematică** a alchinelor se formează de la rădăcina numelui alcanilor cu același număr de atomi de carbon, urmând cifra ce indică poziția triplei legături și sufixul *-ină*. Poziția triplei legături în moleculă se precizează indicând atomul de carbon al acesteia numerotat cu cifra cea mai mică.

Pentru a denumi alchinele cu catene lungi și ramificate se aplică aceleași reguli ca în cazul alchenelor (*p.* 66).

Primul reprezentant al seriei omoloage a alchinelor – etina $\text{HC}\equiv\text{CH}$ – se mai numește acetilenă. După **denumirea nesistematică**, alchinele sunt considerate ca derivați ai acetilenei, la care unul sau ambii atomi de hidrogen sunt substituiți cu radicali alchili (*tabelul 2.8*). La alchine sunt următoarele tipuri de izomerie: de poziție a legăturii triple, de catenă și de funcțiune (cu alcadienele) (*tabelul 2.8*).

Tabelul 2.8. Nomenclatura și izomeria alchinelor

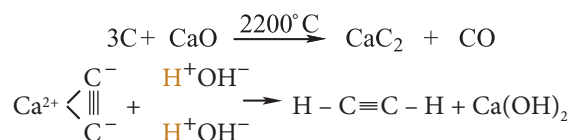
Formula moleculară	Formula de structură	Tipul izomeriei	Nomenclatura IUPAC	
			Denumirea nesistematică	Denumirea sistematică
C_2H_2	$\text{HC}\equiv\text{CH}$	—	Acetilenă	Etină
C_3H_4	$\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{CH}$	a) de funcțiune cu propadiena;	Metilacetilenă	Propină
C_4H_6	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$ $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_3$	a) de funcțiune cu butadiena; b) de poziție a legăturii triple;	Etilacetilenă Dimetilacetilenă	But-1-ină But-2-ină
C_5H_8	$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{CH}$ $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C}\equiv\text{C-CH}_3$ $\text{CH}_3\text{-}\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}\text{-C}\equiv\text{CH}$	a) de funcțiune cu pentadiena; b) de poziție a legăturii triple; c) de catenă.	Propilacetilenă Etilmetilacetilenă Izopropilacetilenă	Pent-1-ină Pent-2-ină 3-Metilbut-1-ină

Tema 2.18. *Alcătuiește un tabel similar pentru alchinea cu 6 atomi de carbon.

Metode de obținere

Cu excepția acetilenei și propinei, care se obțin din carburi (CaC_2 , Mg_2C_3), celelalte alchine sunt produse sintetice.

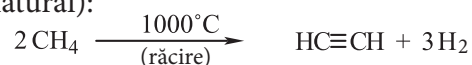
Obținerea acetilenei (metodă industrială). Acetilena se obține la descompunerea cu apă a carburii de calciu, care la rândul ei se obține în cuptoare electrice din carbon (cocs) și oxid de calciu la temperatură foarte înaltă:



Această reacție se aplică la obținerea acetilenei (etinei) în aparatele pentru sudare autogenă.

Însă această metodă nu poate satisface cerințele mereu crescânde de acetilenă.

Materia primă industrială accesibilă, din care se obține acetilena în ultimii ani, este metanul (gazul natural):



La această temperatură este posibilă descompunerea acetilenei în elemente, de aceea amestecul de gaze obținut se răcește rapid până la $\approx 100^\circ\text{C}$.

Știi că ...

Acetilena este un gaz cu miros eterat plăcut. Mirosul neplăcut, sesizat la obținerea ei din carbură de calciu, se datorește impurificării acesteia cu mici cantități de NH_3 , PH_3 , care se îndepărtează prin spălare cu o soluție de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ și H_2SO_4 .

Proprietăți fizice

Primii reprezentanți ai alchinelor sunt gaze la temperatură obișnuită. Începând cu but-2-ina, următorii reprezentanți sunt substanțe lichide, iar cei superiori – solide (tabelul 2.9).

Solubilitatea acetilenei și a alchinelor inferioare în apă este mai mare decât cea a hidrocarburilor saturate sau nesaturate cu același număr de atomi de carbon. Acest fapt se datorește polarității legăturilor C–H. Densitățile alchinelor sunt mai mari decât cele ale termenilor corespunzători din seria alcanilor sau alchenelor, dar mai mici decât cea a apei.

Tabelul 2.9. Constante fizice ale unor alchine

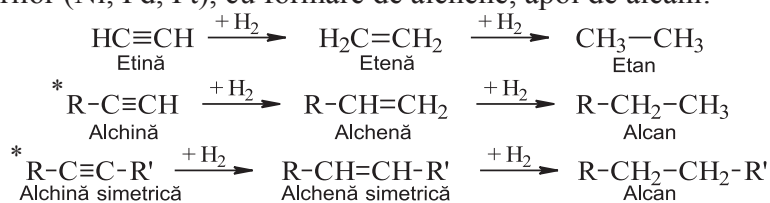
Denumirea sistematică	Formula moleculară	Formula de structură prescurtată	Geometria moleculelor	T. fierbere, °C	Densitatea, ρ, g/cm ³
Etină	C ₂ H ₂	HC≡CH		- 84	0,613
Propină	C ₃ H ₄	CH ₃ -C≡CH		- 23	0,70
But-1-ină	C ₄ H ₆	CH ₃ -CH ₂ -C≡CH		8,6	0,668
But-2-ină	C ₄ H ₆	CH ₃ -C≡C-CH ₃		27,2	0,69
Pent-1-ină	C ₅ H ₈	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -C≡CH		39,7	0,693
Pent-2-ină	C ₅ H ₈	CH ₃ -CH ₂ -C≡C-CH ₃		55,5	0,712
Hex-1-ină	C ₆ H ₁₀	CH ₃ -(CH ₂) ₂ -CH ₂ -C≡CH		75,0	0,720

Proprietăți chimice

Pentru acetilenă și omologii ei sunt caracteristice reacțiile de: *adiție, polimerizare (trimerizare), oxidare, substituție*.

A. Reacții de adiție

1. *A di ț i a h i d r o g e n u l u i* (hidrogenarea alchinelor) are loc în prezența catalizatorilor (Ni, Pd, Pt), cu formare de alchene, apoi de alcani:



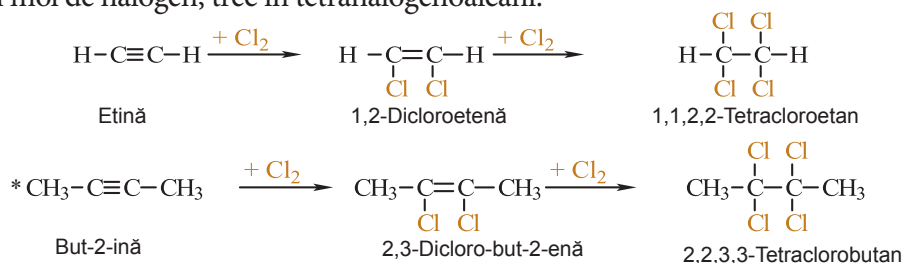
Deși reacția are loc în două etape, hidrogenarea alchenei formate intermediar decurge ușor, astfel că izolarea ei nu este posibilă în aceste condiții.

2. *A di ț i a h a l o g e n i l o r* (halogenarea) se desfășoară în mod similar: alchinele adăuionează halogeni la tripla legătură în două etape.

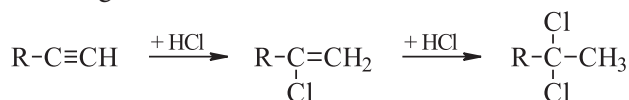
Știi că ...

Acetilena nu se poate comprima sub presiune, deoarece se descompune cu explozie. De aceea ea se transportă în cilindri de oțel umpluți cu azbest (material poros) îmbibat cu acetonă. 1 l acetonă dizolvă 300 l C₂H₂ la 12 atm.

Luând un mol de halogen, se pot izola dihalogenoalchenele, care ulterior, cu încă un mol de halogen, trec în tetrahalogenoalcani:

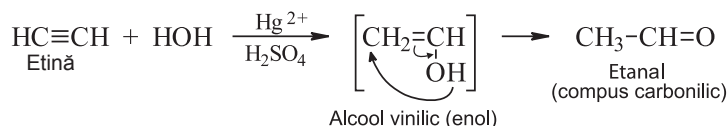


3. *Adiția hidracizilor la alchine nesimetrice se produce după regula lui Markovnikov (hidrogenul se fixează la atomul de carbon mai bogat în hidrogen):

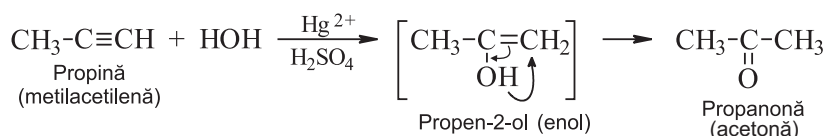


Tema 2.19. Scrie ecuațiile reacțiilor de adiție a HCl (1 mol) la etină. Numește produsul de reacție.

4. Adiția apei (hidratarea) la acetilenă se produce în prezența acidului sulfuric și sulfatului de mercur (II) cu rol de catalizator. Produsul primar al adiției este un alcool vinilic (enol), care fiind instabil (se indică prin []) se izomerizează în etanal (acetaldehidă) (M. Kucerov, 1881).



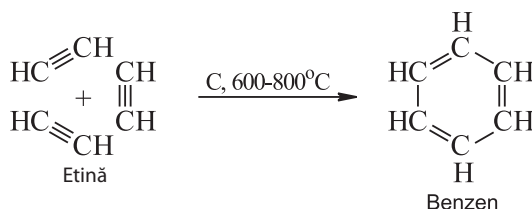
*Aplicată la omologii acetilenei, această reacție conduce la formarea cetonelor. De exemplu, din propină se obține acetonă:



După cum observi, adiția apei are loc conform regulii lui Markovnikov.

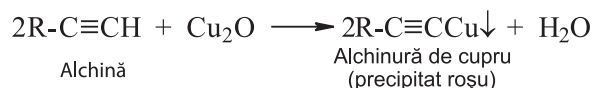
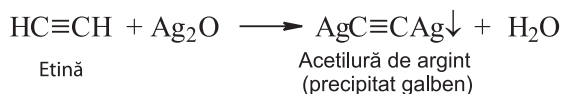
B. Reacția de polimerizare (trimerizare)

5. Trimerizarea acetilenei are loc în condiții termice sau catalitice. Prin încălzirea acetilenei în tuburi de ceramică la temperatura de 600-800°C se formează, paralel cu alți compuși, și benzen (30%) (M. Berthelot, 1866):



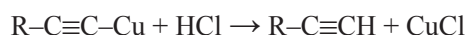
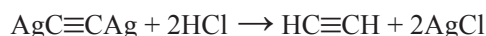
C. *Reacții de substituție a hidrogenului acetilenic prin metale

6. Prin tratarea acetilenei sau a alchinelor terminale cu soluție amoniacală de oxid de argint (reactivul Tollens) sau oxid de cupru (I) se obțin acetiluri sau alchinuri ale metalelor respective:



Reacția servește la determinarea analitică a acetilenei și alchinelor marginale. Alchinelor la care tripla legătură nu este marginală nu dau aceste reacții.

Acetilurile și alchinurile de cupru (I) și argint sunt puțin stabile: în stare uscată explodează prin lovire sau încălzire. Ele se descompun ușor la acțiunea acidului clorhidric, formând alchinelor inițiale:



Prin urmare, folosind reacțiile de formare a acetilurii și alchinurilor, urmate de descompunerea lor, se pot elimina alchinelor cu legături triple marginale din amestecul cu alte hidrocarburi.



Fig. 2.34. Sudarea metalelor.

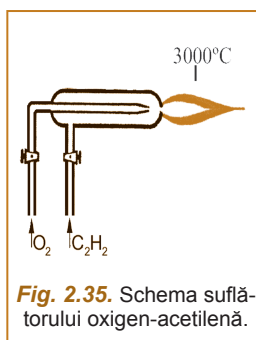
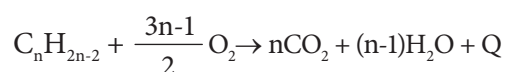


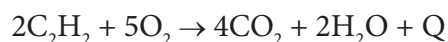
Fig. 2.35. Schema suflătorului oxigen-acetilenă.

D. Oxidarea totală (arderea)

7. În condiții energice de oxidare alchinelor se aprind și ard:




Acetilena în aer arde cu o flacără fumegândă:



În exces de oxigen flacăra este vie și mult mai luminoasă decât cea a alchenelor și alcanilor, datorită conținutului mai mare de carbon în acetilenă față de etilenă și etan.

La arderea completă, temperatura flăcării de acetilenă în oxigen poate atinge 3000°C. Arderea acetilenei în oxigen servește la sudarea și tăierea metalelor (fig. 2.34). În acest scop se folosește suflătorul oxigen-acetilenă (fig. 2.35), care este format din două tuburi concentrice prin care se suflă oxigen și acetilenă. Amestecul de gaze este aprins la capătul suflătorului.




1

Utilizarea acetilenei

Acetilena este o materie primă valoroasă, utilizată la obținerea industrială a diverselor produse sintetice. 85% din producția mondială de acetilenă este folosită pentru chimizare (*schema 2.4*).

Astfel, acetilena servește ca materie primă pentru obținerea derivaților clorurați ai etilenei sau etanului. Prin hidratarea acetilenei se obține acetaldehidă, care la rândul ei prin oxidare formează acid acetic, iar la reducere – alcool etilic, la adăugarea clorului – dizolvanți (*fig. 2.36*).



2

Schema 2.4. Chimizarea etinei

$\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ Alcool etilic	$\text{CH}_2=\text{CH-Cl}$ Clorură de vinil	$(-\text{CH}_2\text{-CH}_2\text{-})_n$ Cl Policlorură de vinil
$\text{CH}_3\text{-CH=O}$ Acetaldehidă	$\text{HC}\equiv\text{CH}$ Etina (Acetilenă)	$\text{C}_2\text{ClCH-CHCl}_2$ Tertacloreoetan
$\text{CH}_3\text{-COOH}$ Acid acetic	$\text{CH}_2=\text{CH-C}\equiv\text{CH}$ Vinilacetilenă	$\text{CH}_2=\text{CH-CH=CH}_2$ Buta-1,3-dienă
$(-\text{CH}_2\text{-CCl-CH-CH}_2\text{-})_n$ Cauciuc cloroprenic	$\text{CH}_2=\text{C}(\text{Cl})\text{-CH=CH}_2$ Cl Cloropren	$(-\text{CH}_2\text{-CH=CH-CH}_2\text{-})_n$ Cauciuc butadienic

Fig. 2.36. Diverse utilizări ale etinei: 1 – dizolvanți; 2 – tăierea și sudarea metalelor; 3 – policlorvinil.

Tema 2.20. Descrie domeniile de utilizare a acetilenei (cu exemple de ecuații chimice), folosind *schema 2.4*.

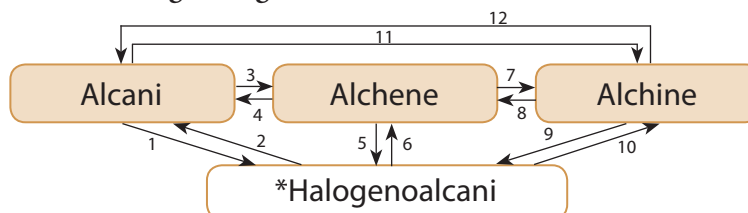
2.2.9.

Legătura genetică dintre alcani, alchene, alchine

Legătura genetică dintre alcani, alchene, alchine. Rezolvarea problemelor pe baza ei

Legătura genetică dintre alcani, alchene, alchine este redată în *schema 2.5*.

Schema 2.5. Legătura genetică dintre alcani, alchene, alchine



Tema 2.21. În baza *schemei 2.5*:

- **scrie** ecuațiile reacțiilor ce permit transformările indicate, luând ca exemplu substanța cu 2 atomi de carbon;
- **copiază** *schema* pe caiet și completează *careurile* cu formulele generale respective;
- **alcătuiește** o problemă de calcul de obținere a 2 mol de etină, pornind de la metan, și propune algoritmul de rezolvare a ei.

AUTOEVALUARE

1. **Definește** noțiunea: alchinele.
2. **Explică** și stabilește:
 - a) *tipul de hibridizare a atomilor de carbon în etină și în propină;
 - b) nomenclatura alchinelor și tipul izomeriei;
 - c) *formulele de structură ale alchinelor cu denumirile:
 - 1) 4,4-dimetil-pent-2-ină; 3) 3-metil-but-1-ină;
 - 2) 3-etil-4-metil-pent-1-ină; 4) 2,5-dimetil-hex-3-ină.
 - d) *denumirea sistematică a următorilor compuși organici:

$$1) \text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\equiv\text{CH}; \quad 2) \text{CH}_3-\text{C}\equiv\text{C}-\text{CH}_3; \quad 3) \text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}\equiv\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3.$$
3. ***Numește:**
 - a) izomerii alchinei cu șase atomi de carbon în moleculă și indică tipurile de izomerie;
 - b) produsele finale ce se obțin în urma reacțiilor:
 - 1) But-2-ină + 2 HCl \longrightarrow
 - 2) Pent-2-ină + H₂ $\xrightarrow{\text{Pd, t}^\circ\text{C}}$
4. ***Propune** o schemă de identificare a conținutului eprubetelor în care se află pent-1-ină și pent-2-ină. Argumentează răspunsul prin schemele reacțiilor respective.
5. **Scrie** schemele reacțiilor cu ajutorul cărora se pot realiza următoarele transformări:

$$\text{CaC}_2 \xrightarrow{\quad\quad\quad} \text{CH}_2 = \text{CH}_2 \rightarrow \text{polimer (polietilenă)}$$

$$\text{CaC}_2 \xrightarrow{\quad\quad\quad} \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCl} \rightarrow \text{polimer (policlorură de vinil)}$$
6. **Alege** răspunsul corect:
 - A. Etina (acetilena) în industrie se obține la descompunerea metanului/etanului.
 - B. Alchinele au aceeași formulă generală cu alchenele/alcadienele.
 - C. Pent-1-ina și pent-2-ina sunt izomeri de poziție/de catenă.
7. **Notează** prin **A**, dacă afirmația este adevărată, și prin **F**, dacă afirmația este falsă:

a) Prin arderea etinei, raportul molar dintre hidrocarbură și oxigen este 2:5.	A	F
b) *Legătura triplă a alchinelor conține 2 legături π.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) *But-2-ina reacționează cu ioni de Ag ⁺ și Cu ⁺ .	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) But-1-ina prezintă izomerie de poziție și de catenă.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. **Completează** spațiile libere din afirmațiile:
 - a) Formula generală a alchinelor este, iar molecula conține o singură
 - b) Adiția apei la etină are loc în prezența și se obține
 - c) Propina este etinei.
 - d) Pentru alchine sunt caracteristice următoarele tipuri de izomerie
9. **Rezolvă:** O hidrocarbură conține: 88,9% C; 11,1% H, iar densitatea relativă în raport cu hidrogenul este 27. Să se stabilească formula moleculară a alchinei și formulele de structură ale izomerilor ei.

(R.: C₄H₆)

2.2.10.- 2.2.11.

Pobleme de calcul după formula generală a alcadienelor, alchinelor și ecuațiile reacțiilor caracteristice acestora

*Problema 1

O probă de hidrocarbură cu formula generală C_nH_{2n-2} arde în oxigen cu formare de 33,84 g oxid de carbon (IV) și 6,923 g de apă. Să se stabilească formula hidrocarbunii și cantitatea acesteia, care a fost supusă arderii.

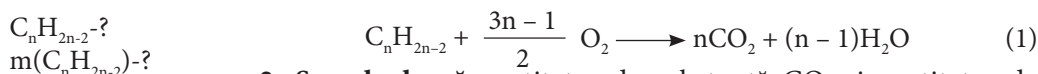
Se dă:

$$m(\text{CO}_2) = 33,84 \text{ g}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 6,923 \text{ g}$$

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația generală de ardere a hidrocarburilor cu formula C_nH_{2n-2}



2. Se calculează cantitatea de substanță CO_2 și cantitatea de substanță H_2O :

$$v(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{33,84 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} = 0,769 \text{ mol}, \quad v(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{6,923 \text{ g}}{18 \text{ g/mol}} = 0,385 \text{ mol}$$

3. Se calculează numărul de atomi de carbon (n) din formula generală C_nH_{2n-2} din relația:

$$\frac{n(\text{CO}_2)}{(n-1)H_2O} = \frac{v(\text{CO}_2)}{v(\text{H}_2\text{O})}; \quad \frac{n}{n-1} = \frac{0,769}{0,385}; \quad \text{de unde } n = 2.$$

Prin urmare, formula hidrocarbunii C_nH_{2n-2} este C_2H_2 (acetilena).

4. Se scrie ecuația reacției de ardere a acetilenei: $2C_2H_2 + 5O_2 \rightarrow 4CO_2 + 2H_2O$ (2)

Din ecuația reacției (2) rezultă:

$$v(C_2H_2) = \frac{1}{2} v(\text{CO}_2) = \frac{0,769}{2} = 0,385 \text{ mol};$$

$$v = \frac{m}{M}; \quad m(C_2H_2) = v \cdot M = 0,385 \text{ mol} \cdot 26 \text{ g/mol} = 10 \text{ g}$$

Răspuns: Formula hidrocarbunii este C_2H_2 ; $m(C_2H_2) = 10 \text{ g}$.

Problema 2

Ce volum de acetilenă se obține din 10 g carbură de calciu, în care partea de masă a impurităților constituie 15%?

Se dă:

$$m_{\text{am.}}(\text{CaC}_2) = 10 \text{ g}$$

$$\omega_{\text{imp.}} = 15\%$$

Rezolvare:

Metoda I

1. Se calculează masa impurităților în carbura de calciu:

$$V(C_2H_2) - ? \quad \omega_{\text{imp.}} = \frac{m_{(\text{imp.})}}{m_{(\text{am.})}} \cdot 100\% \longrightarrow m_{(\text{imp.})} = \frac{\omega \cdot m_{(\text{am.})}}{100} = \frac{15\% \cdot 10\text{g}}{100\%} = 1,5 \text{ g}$$

2. Se calculează masa carburii de calciu pure:

$$m_{(\text{CaC}_2)} = m_{(\text{am.})} - m_{(\text{imp.})} = 10 \text{ g} - 1,5 \text{ g} = 8,5 \text{ g}$$

3. Se determină cantitatea de substanță carbură de calciu:

$$v(\text{CaC}_2) = \frac{m(\text{CaC}_2)}{M(\text{CaC}_2)} = \frac{8,5 \text{ g}}{64 \text{ g/mol}} = 0,13 \text{ mol}$$

4. Se scrie ecuația reacției:



5. Se calculează volumul acetilenei conform ecuației (1):

$$\begin{array}{l} 1 \text{ mol CaC}_2 \text{ ——— } 1 \text{ mol C}_2\text{H}_2 \text{ ——— } 22,4 \text{ l/mol} \\ 0,13 \text{ mol CaC}_2 \text{ ——— } 0,13 \text{ mol C}_2\text{H}_2 \text{ ——— } x \text{ l/mol} \\ x = 0,13 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ l/mol} = 2,91 \text{ l} \end{array}$$

Metoda II

1. Se calculează $\omega(\text{CaC}_2)$:

$$\omega(\text{CaC}_2) = 100\% - \omega_{\text{imp}} = 100\% - 15\% = 85\%$$

2. Se determină masa pură a carburii de calciu:

$$\omega(\text{CaC}_2) = \frac{m(\text{CaC}_2)}{m_{\text{(am)}}} \cdot 100\% \longrightarrow m(\text{CaC}_2) = \frac{\omega(\text{CaC}_2) \cdot m_{\text{am.}}}{100} = \frac{85\% \cdot 10 \text{ g}}{100\%} = 1,5 \text{ g}$$

3. Se calculează cantitatea de substanță de carbură de calciu:

$$M(\text{CaC}_2) = 64 \text{ g/mol}; \quad \nu = \frac{m(\text{CaC}_2)}{M(\text{CaC}_2)} = \frac{1,5 \text{ g}}{64 \text{ g/mol}} = 0,023 \text{ mol}$$

4. Se alcătuieste ecuația reacției: $\text{CaC}_2 + 2\text{HOH} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{C}_2\text{H}_2$

5. Se determină conform ecuației reacției cantitatea de substanță acetilenă:

$$\nu(\text{CaC}_2) = \nu(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,023 \text{ mol}$$

6. Se calculează volumul acetilenei, pornind de la relația:

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_2) = \frac{V(\text{C}_2\text{H}_2)}{V_m} \longrightarrow V(\text{C}_2\text{H}_2) = \nu \cdot V_m = 0,023 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ l/mol} = 0,515 \text{ l}$$

Răspuns: $V(\text{C}_2\text{H}_2) = 0,515 \text{ l}$.

*Problema 3

La hidrogenarea incompletă a buta-1,3-dienei cu masa 16,2 g rezultă un amestec de but-1-enă și butan. Amestecul a fost trecut printr-o soluție de brom. În urma reacției s-a format un lichid uleios cu masa 21,6 g. Să se calculeze partea de masă a but-1-enei și butanului în amestecul inițial.

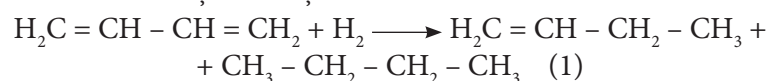
Se dă:

$$m(\text{C}_4\text{H}_6) = 16,2 \text{ g}$$

$$m(\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2) = 21,6 \text{ g}$$

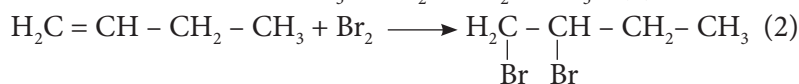
Rezolvare:

1. Se scrie ecuațiile reacțiilor ce au loc:



$$\omega(\text{C}_4\text{H}_8) - ?$$

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) - ?$$



2. Se calculează cantitatea de substanță butadienă și 1,2-dibromobutan:

$$\nu(\text{C}_4\text{H}_6) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_6)}{M(\text{C}_4\text{H}_6)} = \frac{16,2 \text{ g}}{54 \text{ g/mol}} = 0,3 \text{ mol}; \quad \nu(\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2)}{M(\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2)} = \frac{21,6 \text{ g}}{216 \text{ g/mol}} = 0,1 \text{ mol}$$

3. Se determină cantitatea de substanță but-1-enă din ecuația reacției (2) și masa but-1-enei:

$$\nu(\text{C}_4\text{H}_8) = \nu(\text{C}_4\text{H}_8\text{Br}_2) = 0,1 \text{ mol}$$

$$m(\text{C}_4\text{H}_8) = \nu \cdot M(\text{C}_4\text{H}_8) = 0,1 \text{ mol} \cdot 56 \text{ g/mol} = 5,6 \text{ g}$$

4. Se determină cantitatea de substanță și masa butanului:

$$v(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,3 - 0,1 = 0,2 \text{ mol}; \quad m(\text{C}_4\text{H}_{10}) = v \cdot M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 0,2 \text{ mol} \cdot 58 \text{ g/mol} = 11,6 \text{ g}$$

5. Se calculează partea de masă a but-1-enei și a butanului:

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_8) = \frac{m(\text{C}_4\text{H}_8)}{m(\text{C}_4\text{H}_8) + m(\text{C}_4\text{H}_{10})} \cdot 100\%; \quad \omega(\text{C}_4\text{H}_8) = \frac{5,6 \text{ g}}{5,6 \text{ g} + 1,6 \text{ g}} \cdot 100\% = 32,6\%;$$

$$\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 100\% - 32,6\% = 67,4\%.$$

Răspuns: $\omega(\text{C}_4\text{H}_8) = 32,6\%$ și $\omega(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 67,4\%$.

* AUTOEVALUARE

- La arderea în oxigen a unei hidrocarburi cu formula generală $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ s-au obținut 391,1 g CO_2 și 120 g H_2O . Se cere:
 - să se stabilească formula moleculară a hidrocarbunii și formula de structură a izomerilor ei;
 - să se calculeze masa hidrocarbunii supuse arderii;
 - să se calculeze volumul de oxigen necesar arderii hidrocarbunii.

(R.: a. C_4H_6 ; b. 120 g; c. 271,04 l)
- * Ce masă de carbură de calciu tehnică cu partea de masă 80% este necesară pentru a obține 2,8 l acetilenă (c.n.)? *(R.: 10 g)*
- Să se calculeze cantitatea de substanță și masa bromului ce va interacționa cu 3 mol de izopren (2-metil-buta-1,3-dienă). *(R.: 6 mol; 960 g)*
- O hidrocarbură cu masa moleculară 68 are raportul de masă C: H=15:2 . Să se stabilească formula moleculară și să se scrie structura izomerului care prin polimerizare dă un elastomer. *(R.: C_5H_8)*
- Ce volum de CO_2 (c.n.) se formează la arderea acetilenei cu volumul de 6 l în oxigen cu volumul de 18 l? *(R.: 12 l)*
- Să se calculeze partea de masă a clorului în cloropren (2-cloro-buta-1,3-dienă). *(R.: 40,1%)*
- Ce volum de acetilenă (c.n.) se obține din 6,88 g de carbură de calciu ce conține 7% impurități? *(R.: 2,24 l)*
- * Substanța organică C_xH_y cu masa 10,8 g a fost supusă arderii, iar oxidul de carbon (IV) a fost barbotat prin soluția de apă de var, în urma căreia s-a format apă de var, apoi un precipitat cu masa 80 g. Să se determine formula moleculară a hidrocarbunii. *(R.: C_4H_6)*
- * Un amestec de etan și etină cu volumul 64 l (c.n.), în care etanul constituie 30%, a fost supus hidrogenării. Ce volum de hidrogen adăunează acest amestec? *(R.: 89,6 l)*
- O alcadienă care conține 5 atomi de carbon a fost supusă arderii, iar ca rezultat s-au obținut 7,2 g apă. Să se determine volumul de CO_2 (c.n.) ce se obține la ardere și cantitatea de hidrocarbură supusă arderii. *(R.: 11,2 l ; 0,1 mol)*

EVALUARE SUMATIVĂ

Profil umanist

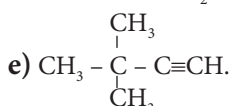
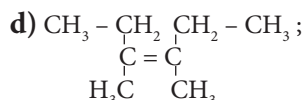
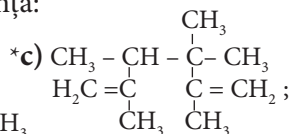
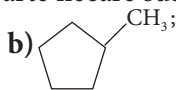
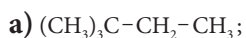
- Se propun hidrocarburi:
 - etan;
 - propenă;
 - buta-1,3-dienă;
 - propină.

Indică pentru fiecare hidrocarbură:

 - formula generală și denumirea șirului omolog din care face parte;
 - formula moleculară și formula de structură semidesfășurată;
 - numărul de legături C–C și C–H.
- Indică** asemănările și deosebirile dintre perechile de substanțe:
 - etenă și etină;
 - propină și propan;
 - but-1-enă și buta-1,3-dienă.
- Scrive** formulele de structură desfășurate pentru următoarele hidrocarburi:
 - 3-metil-but-1-enă;
 - but-2-ină;
 - 2-metilbuta-1,3-dienă;
 - 3,3-dimetil-but-1-ină;
 - 3,3-dimetil-penta-1,4-dienă;
 - but-2-ină.
- Scrive** ecuațiile reacțiilor ce permit următoarele transformări și stabilește compușii A, B, C, D:
 - $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CH}_2 \longrightarrow \text{CH} \equiv \text{CH} \xrightarrow{\text{ardere}} \text{A+B}$
 - $\text{CH}_2 \longrightarrow \text{CH} \equiv \text{CH} \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CHCl} \xrightarrow{\text{polimerizare}} \text{C}$
 - $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 \longrightarrow \text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH} = \text{CH}_2 \xrightarrow{\text{hidrogenare}} \text{D}$
- Completează** spațiile libere din afirmațiile:
 - La hidrogenarea etenei se obține
 - La hidratarea etenei se obține
 - La polimerizarea butadienei se obține
 - La trimerizarea acetilenei se obține
- Scrive** ecuațiile reacțiilor și stabilește substanțele A, B, C, D:
 - $\text{CH}_4 \xrightarrow{1500^\circ\text{C}} \text{A} \xrightarrow{\text{trimerizare}} \text{B} \xrightarrow{+3\text{H}_2} \text{C} \xrightarrow{\text{ardere}} \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
 - $\text{D} + \text{HOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3 - \underset{\text{OH}}{\text{CH}} - \text{CH}_3$
- Rezolvă:**
Unul din izomerii hidrocarburi cu formula C_4H_8 a interacționat cu 1 mol de brom, ca rezultat s-a obținut 2,3-dibromobutan. Care este structura izomerului care a fost supus bromurării?

2.2.12*. EVALUARE SUMATIVĂ

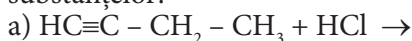
1. **Numește** următorii compuși conform nomenclurii sistematice și clasa de compuși din care face parte fiecare substanță:



2. **Indică** substanțele notate cu litere și condițiile în care se desfășoară următoarele reacții:



3. **Completează** următoarele ecuații ale reacțiilor, indicând denumirile tuturor substanțelor:



4. **Compară** proprietățile chimice ale etanului și etenei. Indică proprietățile comune și cele distinctive. Care hidrocarbură este mai activă din punct de vedere chimic. De ce?

5. **Alege** răspunsul corect:

A. Reacția prin care o alchină cu triplă legătură marginală se deosebește de alte hidrocarburi nesaturate este:

a) reacția de adiție a apei;

b) reacția cu Ag_2O (soluție amoniacală);

c) reacția cu bromul;

d) reacția de oxidare.

B. Câte alchene izomere poate forma prin dehidrogenare 2,3-dimetilpentanul?

a) 2;

b) 3;

c) 4;

d) 5.

C. Alchina ce are densitatea vaporilor în raport cu aerul egală cu 2,34 este:

a) C_3H_4 ;

b) C_4H_6 ;

c) C_5H_8 ;

d) C_6H_{10} .

6. **Răspunde** cu **A** (adevărat) sau **F** (fals) la următoarele afirmații:

a) Cu formula moleculară C_6H_{10} există 4 alchene izomere.

A **F**

b) Acetilena este solubilă în apă în raport de 1:1.

c) Pentanul, pentena și pentina sunt izomeri de catenă.

d) Alchenele, adăugând apă, formează alcooli.

e) Acetilena participă la reacții de polimerizare.

f) Etina nu participă la reacții de substituție.

7. **Completează** spațiile libere din afirmațiile:

a) Grupa funcțională a alchenelor este

b) Acetilena se obține la descompunerea cu apă a

c) Testul de recunoaștere a dublei legături din alchene este reacția cu

8. **Rezolvă:**

A. Ce volum de oxigen se va consuma la arderea unui amestec de gaze format din 40 l de etenă și 20 l de metan (c.n.)? (R.: 160 l)

B. Să se calculeze masa bromului (Br_2) ce va interacționa cu un amestec de etină și metan cu volumul de 50 l. Partea de volum a metanului constituie 20%. (R.: 571,4 g)

STUDIU
DE CAZ

Influența compușilor polimerici asupra calității vieții și a mediului

Compușii polimerici au pătruns adânc în viața noastră cotidiană. Aruncând o privire în jur, vom constata că practic fiecare al doilea corp fizic este format din polimeri sintetici sau naturali. Polimerii își găsesc o largă utilizare în industria maselor plastice și a fibrelor sintetice. În compoziția maselor plastice întotdeauna intră un compus macromolecular sintetic și alte substanțe de umplutură, care le îmbunătățesc calitățile (rezistența, inerția față de agenții chimici, plasticitatea, transparența, elasticitatea etc.). Fiecare masă plastică are codul său, în funcție de polimerul de bază ce intră în compoziția acesteia.

Masele plastice obținute pe bază de polimeri se folosesc pe larg ca înlocuitori ai unor produse naturale (piele, lemn, materiale de protecție, materiale de construcție, ambalaje, la fabricarea unor piese pentru aparatura tehnică etc.).

Avantajul folosirii maselor plastice este că ele se pot obține în cantități necesare și la un preț de cost redus, însă marele dezavantaj al lor este că numeroși polimeri nu sunt biodegradabili și creează grave probleme de poluare a mediului ambiant.

Sistemul de identificare și marcare a ambalajelor din plastic:



PET - Polietilenă tereftalată: recipiente pentru băuturi, ulei etc. Cod 1.



LDPE - Polietilenă de joasă densitate: pungi, saci, folii. Cod 4.



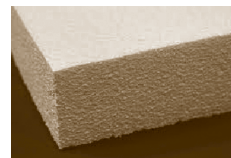
HDPE - Polietilenă de înaltă densitate: recipiente pentru produse chimice (șampoane, detergenți lichizi, clor, soluții de curățat etc.). Cod 2.



PP - Polipropilenă: cutii de margarină, pahare, diverse ambalaje alimentare etc. Cod 5.



PS - Polistiren: tăvi, pahare de unică folosință, cutii iaurt, carcase, casete și cd-uri etc. Cod 6.



PVC - Policlorură de vinil: dopuri, tăvi, folie, țevi, tuburi, mobilier ușor, carduri, autocolante etc. Cod 3.



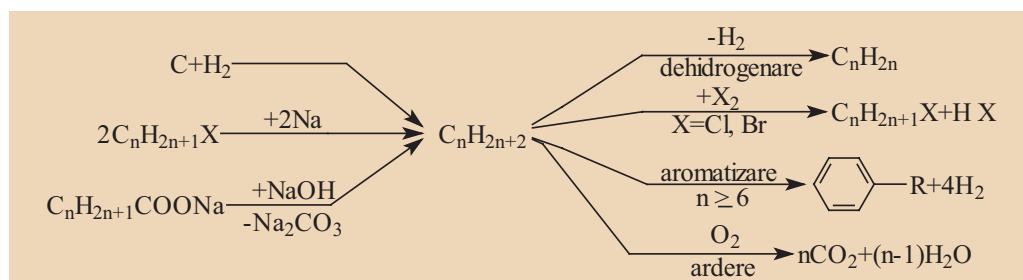
Alte mase plastice. Cod 7-19.



REPETĂ ȘI CONSOLIDEAZĂ: HIDROCARBURI SATURATE ȘI NESATURATE

- ◆ **Hidrocarburile saturate (alcanii)** sunt compuși organici care conțin în moleculă numai atomi de C și H. Au formula generală C_nH_{2n+2} , unde n reprezintă numărul de atomi de carbon din alcan. Alcanii și izoalcanii sunt izomeri de catenă.
- ◆ În alcani și izoalcani toate legăturile sunt de tip σ , care sunt trainice și practic nepolare (se rup cu greu), permit rotația liberă a atomilor de carbon în jurul legăturii C–C.
- ◆ Alcanii sunt substanțe nepolare, se dizolvă doar în solvenți nepolari. Sunt substanțe stabile până la 400°C , la temperaturi mai ridicate se descompun.
- ◆ **Seria omoloagă** reprezintă șirul de substanțe cu structură similară, în care fiecare termen se deosebește de cel precedent prin gruparea $-\text{CH}_2-$, numită diferență de omologie. *Atomii de carbon în alcani sunt în stare de **hibridizare sp^3** .
- ◆ **Grupa alchil** este partea de moleculă a alcanului din care s-a înlăturat un atom de hidrogen (CH_3- , C_2H_5- , C_3H_7- etc.). Denumirea lor provine de la denumirea alcanului respectiv cu trecerea terminației *an* în *il* (metan-metil, etan-etil etc.).
- ◆ Pentru alcani sunt specifice reacțiile de substituție, de eliminare, de ardere. Metodele de obținere și proprietățile chimice ale alcanilor sunt prezentate în *schema 2.8*.

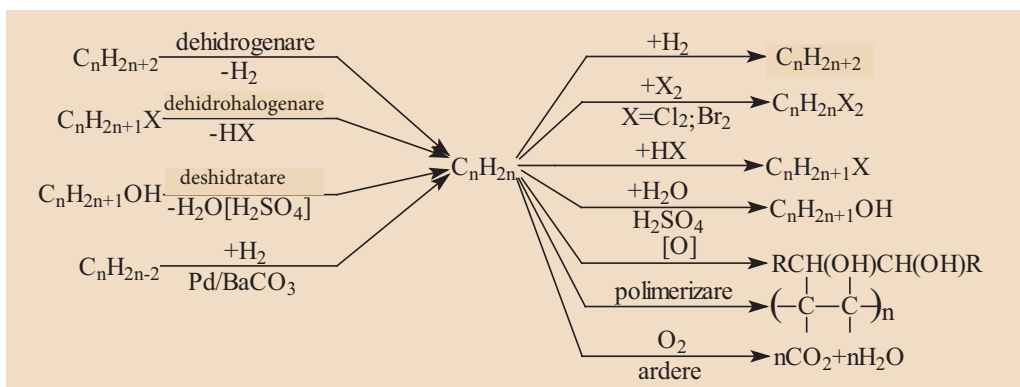
Schema 2.8. Metode de obținere și proprietățile chimice ale alcanilor



- ◆ ***Halogenoalcanii** sunt compuși organici care rezultă din alcani prin înlocuirea atomilor de hidrogen cu atomi de halogen X (F, Cl, Br, I). Au formula generală $C_nH_{2n+1}X$.
- ◆ ***Reacția caracteristică** a derivaților halogenați este colorarea flăcării arzătorului (verde intens) la arderea lor pe o sârmuliță de cupru.
- ◆ **Cicloalcanii** – hidrocarburi saturate ale căror catene sunt închise în ciclu. Formula generală: C_nH_{2n} , unde $n = 3, 4, 5, 6 \dots$
- ◆ **Nomenclatura cicloalcanilor** reprezintă denumirea alcanului respectiv la care se adaugă prefixul *ciclo-*.
- ◆ **Alchenele** sunt hidrocarburi aciclice nesaturate, care conțin în moleculă *grupa funcțională dubla legătură* ($C=C$) cu lungimea $0,134\text{ nm}$. Formula lor generală este C_nH_{2n} ($n=2,3,4\dots$).
- ◆ **Nomenclatura.** Denumirea sistematică se formează de la numele alcanului cu același număr de atomi de carbon, înlocuind terminația *-an* cu *-enă* (etan-etenă).

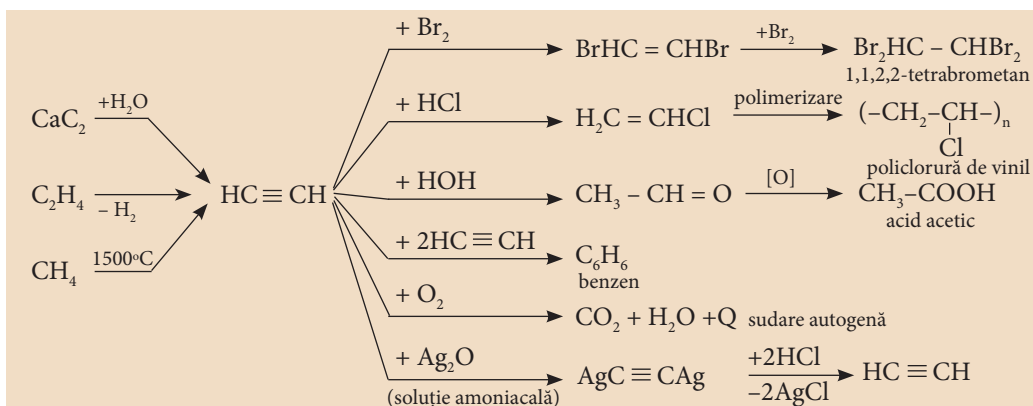
- ◆ **Izomeria** alchenelor: de poziție a legăturii duble, de catenă, de *funcțiune cu cicloalcanii.
- ◆ **Obținerea.** Alchenele se obțin prin reacții de eliminare: deshidratare, dehidrohalogenare, dehalogenare, dehidrogenare.
- ◆ **Proprietăți chimice.** Pentru alchene sunt specifice reacțiile de adiție (hidratarea, hidrohalogenarea, halogenarea), de oxidare, de polimerizare (*schema 2.9*).

Schema 2.9. Metode de obținere și proprietățile chimice ale alchenelor



- ◆ **Alcadienele** sunt hidrocarburi aciclice nesaturate, ale căror molecule conțin *două duble legături*, cu formula generală C_nH_{2n-2} , unde $n = 3, 4, 5 \dots$
- ◆ **Alchinele** sunt hidrocarburi nesaturate aciclice ce conțin în moleculă *grupa funcțională tripla legătură* ($-C \equiv C-$) cu lungimea 0,120 nm. Formula lor generală este $-C_nH_{2n-2}$ ($n = 2, 3, 4 \dots$).
- ◆ **Nomenclatura alchinelor.** Denumirea sistematică se formează de la numele alcanului cu același număr de atomi de carbon, înlocuind terminația *-an* cu *-ină*, indicând prin cifre și poziția triplei legături.
- ◆ **Izomeria alchinelor:** de poziție a legăturii triple; de catenă; de *funcțiune cu alcadienele.
- ◆ Metodele de obținere și proprietățile chimice ale acetilenei sunt prezentate în *schema 2.10*.

Schema 2.10. Metode de obținere și proprietățile chimice ale acetilenei



2.3.

Hidrocarburi aromatice (arene)

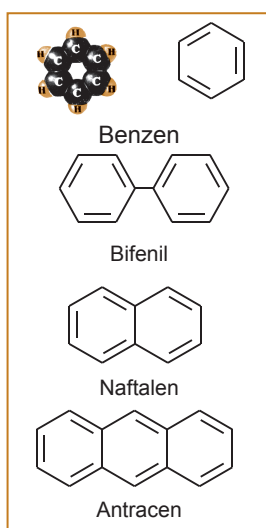


Fig.2.37. Tipuri de hidrocarburi aromatice.

După cum ai aflat deja, există două feluri de hidrocarburi: **aciclice**, în care catena atomilor de carbon este deschisă, și **ciclice**, în care catena atomilor de carbon este închisă (ciclu) (p. 23).

Definiție

Hidrocarburile nesaturate ce conțin în molecula lor un ciclu alcătuit din șase atomi de carbon cu trei legături duble alternante, numit ciclu benzenic (C_6H_6), se numesc **hidrocarburi aromatice** sau **arene**, Ar-H.

Clasificare

În funcție de numărul inelelor benzenice din moleculă se cunosc: *hidrocarburi aromatice monociclice* și *policiclice* cu 2, 3 și mai multe inele benzenice izolate (bifenil) sau condensate (naftalen, antracen) (fig. 2.37).

2.3.1. Benzenul – reprezentant al arenelor

Hidrocarburile aromatice monociclice alcătuiesc o serie omoloagă cu formula generală C_nH_{2n-6} , primul reprezentant al lor fiind benzenul (adică $n \geq 6$).

Cel mai simplu compus aromatic – benzenul – a fost izolat pentru prima dată de M. Faraday (1825) din lichidul depus din gazul de iluminat obținut din cărbuni.

Mai târziu benzenul a fost căpătat de Mitcherlich (1834) prin decarboxilarea acidului benzoic (C_6H_5COOH), obținut la rândul său din rășina arborelui *Styrax benzoin*, de la care provine și numele de benzen.

*Pe baza formulei moleculare stabilite pentru benzen – C_6H_6 au fost propuse mai multe formule de structură ciclică. Astfel, prima formulă de structură ciclică pentru benzen a fost propusă de către A. Kekulé (1865). Ulterior, ca alternative ale formulei Kekulé, au fost propuse și alte formule structurale (fig. 2.38).

În formula propusă de A. Kekulé, cei șase atomi de carbon sunt plasați în vârfurile unui hexagon, fiind uniți prin legături simple și duble (conjugate). Fiecare atom de carbon este legat cu câte un atom de hidrogen:

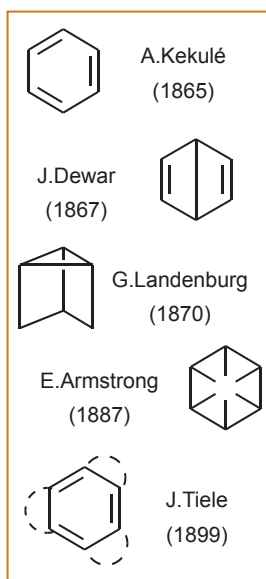
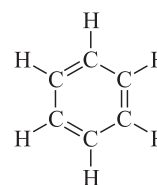


Fig.2.38. Formule propuse pentru benzen.

Știi că ...

A. Kekulé a propus formula benzenului, meditănd asupra unui simbol vechi alchimic: „dragonul ce-și mușcă coada.”



Aceasta a fost prima formulă ciclică din chimie (cicloalcanii au fost descoperiți mai târziu), ce reprezintă corect (după cum te vei convinge în continuare) aranjarea atomilor în moleculă, dar nu și proprietățile chimice ale benzenului. Conținând trei duble legături, molecula cu această structură ar trebui să dea reacții caracteristice compușilor nesaturați.

- Care sunt reacțiile caracteristice compușilor nesaturați?

După cum s-a menționat în capitolul anterior, hidrocarburile nesaturate (alchenele, alchinele) adăunează halogenii (decolorează apa de brom), se oxidează ușor la acțiunea soluției de permanganat de potasiu (soluția se decolorează, formând un precipitat brun de dioxid de mangan).



EXPERIMENT DEMONSTRATIV

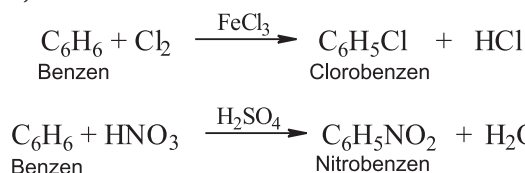
Comportarea benzenului în reacțiile caracteristice hidrocarburilor nesaturate

1. **Toarnă** într-o eprubetă 2 ml de apă de brom, iar în alta 2 ml de soluție de KMnO_4 .
2. **Adaugă** în fiecare eprubetă câte 0,5 ml de benzen.
3. **Închide** eprubetele cu dopuri de cauciuc și agită energic (atent) conținutul lor.
4. **Comentează** cele observate.

Astfel, s-a constatat că benzenul nu dă reacții caracteristice alchenelor:

Benzen	—	$\text{Br}_2 (\text{H}_2\text{O})$ 20°C	\times	→	nu decolorează apa de brom
	—	$\text{KMnO}_4 (\text{H}_2\text{O})$	\times	→	nu se oxidează
	—	H_2O	\times	→	nu reacționează
	—	polimerizare	\times	→	nu polimerizează
	—	$\text{H}_2 (\text{Ni})$		→	formează ciclohexan numai la temperatură și presiune ridicată

Cercetările ulterioare ale comportării benzenului au mai elucidat și alte proprietăți neîntâlnite la hidrocarburile nesaturate. De exemplu: cu halogenii, acidul azotic și acidul sulfuric, benzenul, în loc de reacții de adiție, dă ușor (în anumite condiții) reacții de substituție (caracteristice compușilor saturați), în urma cărora se formează compuși cu randamente mari:



Benzenul și celelalte hidrocarburi aromatice dau reacții de substituție chiar mai ușor decât alcanii și cicloalcanii, ceea ce denotă că benzenul se aseamănă într-o măsură oarecare cu hidrocarburile saturate, deși este un compus nesaturat. Această contradicție a putut fi explicată numai după studiarea profundă a structurii benzenului – a naturii legăturilor chimice în molecula lui.

***Teoria modernă a structurii benzenului.** Conform concepției moderne, fiecare atom de carbon din molecula benzenului este în stare de hibridizare trigonală sp^2 . Atomii de carbon sunt uniți între ei prin legături σ C–C (sp^2-sp^2) și cu câte un atom de hidrogen prin legături σ C–H (sp^2-s) (fig. 2.39,a). Toate legăturile sigma se găsesc în același plan (fig. 2.39,b). Unghiurile dintre ele au câte 120° . Astfel, cei 6 atomi de carbon și 6 atomi de hidrogen formează scheletul sigma al moleculei (fig. 2.39, c).

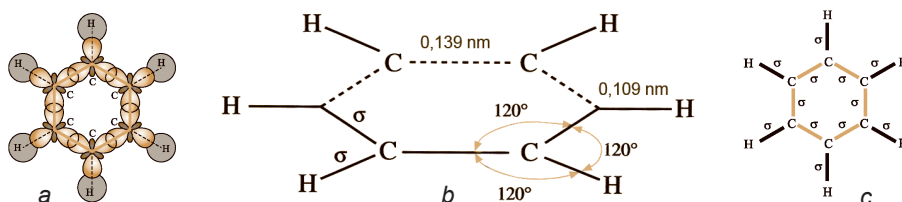


Fig. 2.39. Schema formării legăturilor σ în molecula de benzen.

Cei șase orbitali de tip p nehibridizați (de la fiecare atom de carbon câte unul) sunt orientați perpendicular pe planul legăturilor σ (fig. 2.40,a).

Orbitalii p ocupați cu câte un electron se întrepătrund în mod egal cu orbitalii vecini, formând orbitali moleculari extinși, ce cuprind toți atomii de carbon ai ciclului (fig. 2.40,b).

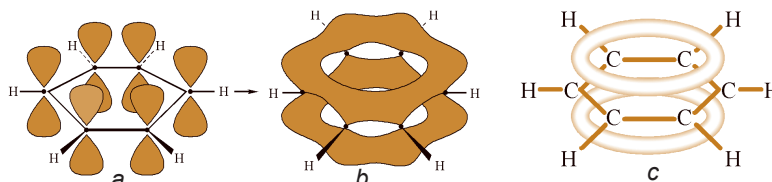


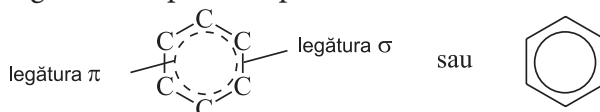
Fig. 2.40. Schema formării legăturilor π în molecula de benzen:

a - șase orbitali p nehibridizați ai benzenului; b - întrepătrunderea orbitalilor p cu formarea unui orbital molecular extins; c - repartizarea densității electronice a orbitalului extins.

Așa cum orbitalii p nehibridizați au orientare perpendiculară pe planul legăturilor σ , rezultă că norul electronilor π are densitate maximă în două regiuni: sub formă de coroană deasupra și dedesubtul planului legăturilor σ (fig. 2.40,c). Contopirea celor 6 orbitali π în orbitali moleculari comuni duce la formarea sextetului aromatic caracteristic compușilor aromatici din seria benzenului.

Deoarece cei șase electroni π sunt delocalizați și repartizați uniform în orbitali moleculari comuni, în molecula de benzen legăturile dintre atomii de carbon nu sunt identice nici cu legăturile simple C–C (0,154 nm) din moleculele alcanilor, nici cu legăturile duble C=C (0,134 nm) din moleculele alchenelor.

Măsurătorile fizice ale distanțelor interatomice au demonstrat că molecula de benzen reprezintă un hexagon plan, cu laturi egale, în care distanța dintre doi atomi de carbon vecini este de 0,139 nm, iar a legăturilor C–H – de 0,109 nm. Orbitalul molecular extins grafic se reprezintă printr-un cerc în interiorul ciclului:



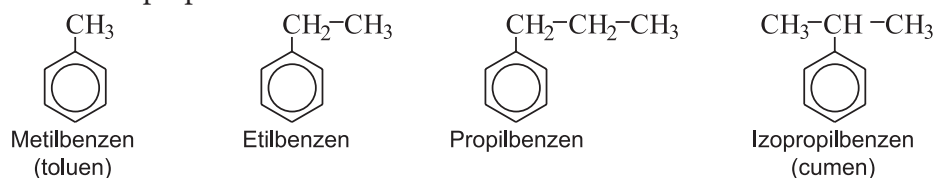
Datorită orbitalului molecular extins benzenul este foarte stabil față de numeroși oxidanți, deosebindu-se de hidrocarburi saturate și nesaturate, care se oxidează mai ușor decât benzenul.

***Omologii benzenului. Nomenclatură. Izomerie**

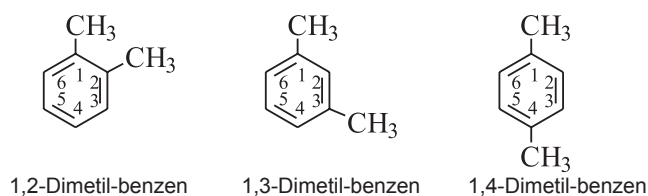
Dacă în nucleul benzenic se substituie unul sau mai mulți atomi de hidrogen cu grupe alchil, se obțin alchilbenzenii sau omologii benzenului. Conform nomenclurii sistematice, denumirea omologilor monosubstituiți ai benzenului este formată din numele grupei alchil și cuvântul *benzen*.

Omologii superiori ai benzenului sunt: metilbenzenul cunoscut cu denumirea de toluen, etilbenzenul, propilbenzenul etc.

Omologii benzenului monosubstituiți nu prezintă izomeri de poziție, deoarece toți atomii din inelul benzenic sunt echivalenți. Propilbenzenul este izomer de catenă laterală cu izopropilbenzenul:



Dacă în inelul benzenic se substituie doi atomi de hidrogen, cu radicali alchil, atunci apar respectiv trei izomeri de poziție a substituenților. Poziția lor se indică cu cifre:



Tema 2.25. Scrie formula de structură a celui de-al 4-lea izomer al arenei C_8H_{10} .

Radicalii monovalenți ai hidrocarburilor aromatice se numesc generic radicali *aril* (Ar), iar radicalul monovalent al benzenului (C_6H_5-) – *fenil* (Ph), al toluenului ($CH_3C_6H_4-$) – *tolil* și ($-CH_2-C_6H_5$) – *benzil*.

Proprietăți fizice

Hidrocarburile aromatice mononucleare sunt lichide incolore cu miros dulceag și pătrunzător. Termenul „aromatic” nu are nicio legătură cu mirosul (aroma) unor substanțe ce fac parte din această clasă. El este utilizat pentru a indica caracterul chimic al acestor compuși, esențial diferit de cel al compușilor alifatici.

Punctele de fierbere ale arenelor ($80-200^\circ C$) sunt în general mai ridicate decât cele ale alcanilor cu masa moleculară apropiată (tabelul 2.10).

Tabelul 2.10. Unele constante fizice ale benzenului și ale omologilor lui

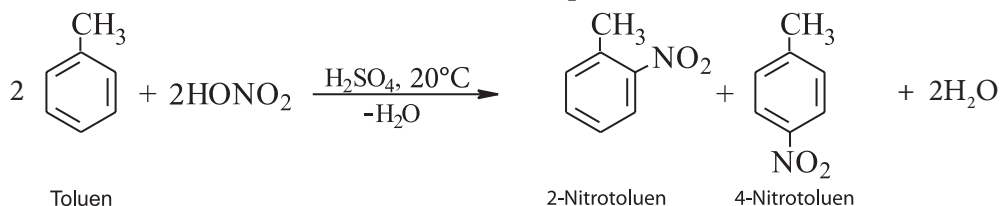
Denumirea	Formula	t. f. ($^\circ C$)	Densitatea g/cm^3
Benzen	C_6H_6	80	0,879
Metilbenzen	$C_6H_5 - CH_3$	110	0,866
Etilbenzen	$C_6H_5 - CH_2 - CH_3$	138	0,867
Propilbenzen	$C_6H_5 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	159	0,862

Benzenul și celelalte hidrocarburi aromatice sunt practic insolubile în apă, dar se dizolvă ușor în solvenți organici (eter, tetraclorură de carbon). Vaporii de benzen sunt toxici și ușor inflamabili.

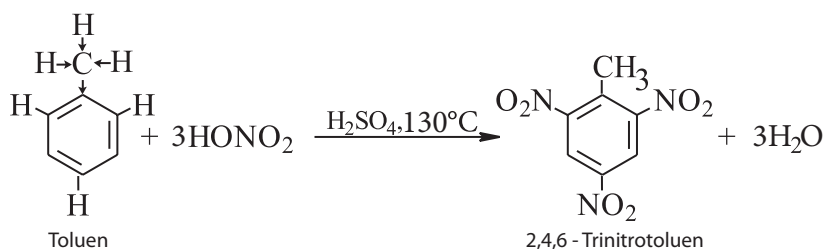
*Proprietățile chimice ale omologilor benzenului (toluenului)

Omologii benzenului au proprietăți asemănătoare cu ale benzenului, dar și proprietăți specifice, condiționate de prezența în moleculă a radicalilor alchil.

Experimental s-a constatat că toluenul (metilbenzenul) se nitrează mai ușor decât benzenul, formând un amestec de două produse:



Încălzirea toluenului cu exces de amestec nitrant la 130°C conduce la obținerea unui produs cu trei grupe NO₂ în inelul aromatic, 2,4,6 – trinitrotoluen:



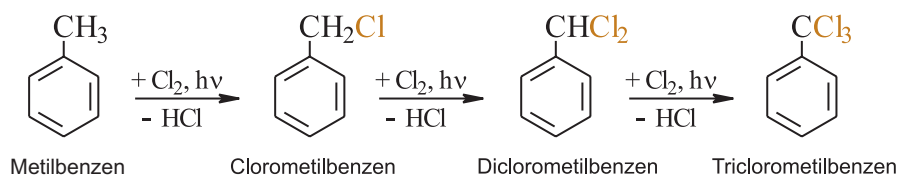
2,4,6-Trinitrotoluenul, denumit și *trotit* sau *tol*, este o substanță explozivă.

Prin urmare, grupa metil a toluenului influențează asupra reactivității nucleului benzenic, conferind o mobilitate mai mare atomilor de hidrogen din pozițiile 2,4,6.

La rândul său, inelul aromatic influențează asupra mobilității atomilor de hidrogen din radicalul metil. Astfel, în anumite condiții acești atomi de hidrogen pot fi substituiți ușor cu alți atomi (halogen) sau grupe de atomi (NO₂). Aceste reacții decurg mai ușor decât la metan (dacă considerăm că metilbenzenul este metanul în care un atom de hidrogen este înlocuit cu radicalul fenil – (C₆H₅): CH₃-H; CH₃-C₆H₅).

EXTINDERE

Prezența influenței reciproce dintre grupa metil și inelul aromatic a fost confirmată prin modul desfășurării reacțiilor de halogenare la toluen. Astfel, s-a constatat că halogenarea toluenului cu clor la cald și în prezența luminii conduce la substituirea cu clor în catena laterală a hidrocarburii, similar reacției de clorurare a alcanilor:



AUTOEVALUARE

1. Definește:

- a) reacțiile de substituție în inelul aromatic;
- b) *reacția de clorurare;
- c) reacția de nitrare;
- d) reacțiile de adiție la nucleul benzenic.

2. Explică:

*influența reciprocă dintre gruparea metil și inelul aromatic în molecula de metilbenzen (toluen).

3. Compară proprietățile chimice ale:

- a) benzenului și etenei;
- b) *benzenului și toluenului.

Argumentează răspunsul prin scrierea schemelor reacțiilor respective.

4.* Răspunde cu **A** (adevărat) sau **F** (fals) la următoarele afirmații:

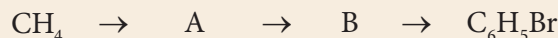
- | | A | F |
|--|--------------------------|--------------------------|
| a) Proprietățile chimice ale benzenului sunt determinate de prezența în moleculă a sextetului π – electronic extins, ce conferă stabilitate moleculei. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) Toluenu nu decolorează soluția de KMnO_4 . | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) Omologii benzenului sunt mai reactivi ca benzenul. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

5. *Scrie formulele de structură ale următorilor compuși: 1,3-dimetilbenzen, 1,2-nitrotoluen, 2,4,6-trinitrotoluen, bromobenzen, 4-nitroetilbenzen.

6. Completează spațiile libere:

- a) Benzenul prezintă un caracter nesaturat, deoarece are un deficit de atomi de
- b) *Prin dehidrogenarea ciclohexanului se obține
- c) Clorurarea benzenului la lumină decurge ca o reacție de și se obține.....
- d) Deși benzenul este foarte nesaturat, el participă mai ușor la reacțiile decât la cele de

7. Scrie schemele reacțiilor cu ajutorul cărora se pot efectua transformările:



Numește substanțele A și B, indicând condițiile reacțiilor respective.

8. Rezolvă:

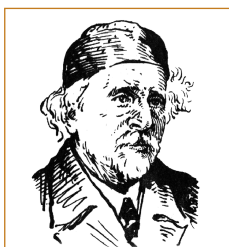
A. La nitrarea benzenului s-a obținut nitrobenzen cu masa 157,5 g. Să se calculeze masa benzenului consumat.
(R.: 99,84 g)

B. Părțile de masă ale carbonului și hidrogenului în hidrocarbură constituie, respectiv, 92,31% și 7,69%. Densitatea vaporilor în raport cu aerul este egală cu 2,69. Să se stabilească formula moleculară a hidrocarbunii.

(R.: C_6H_6)

2.3.4.

Legătura genetică dintre hidrocarburi



N. Zelinski
(1861-1953)

Chimist-organician rus, academician. Este unul din fondatorii teoriei catalizei organice. A fost preocupat de chimia petrolului.

Hidrocarburile, fiind cele mai simple substanțe organice compuse doar din două elemente – carbon și hidrogen, formează o varietate mare de compuși cu compoziția C_nH_m .

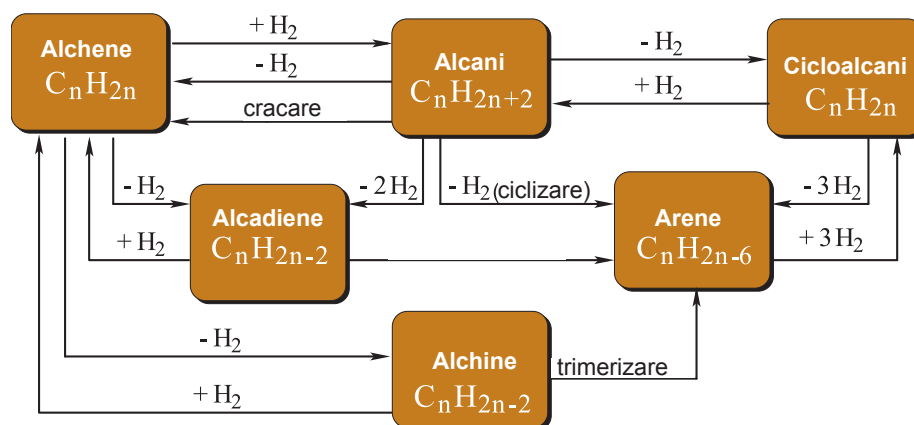
Diversitatea hidrocarburilor se manifestă prin existența seriilor omoloage și a fenomenului de izomerie.

Majoritatea reacțiilor folosite în transformările reciproce ale hidrocarburilor sunt procese catalitice. O contribuție deosebită în direcția dată au adus savantul-chimist N. Zelinski (originar din Republica Moldova) și discipolii săi.

Știi deja că alcanii participă prioritar la reacții de substituție la iluminare sau temperatură, iar alchenele, alcadienele și alchinele – la reacții de adiție.

Hidrocarburilor aromatice, de asemenea, le sunt caracteristice reacțiile de substituție, dar în alte condiții.

Schema 2.11. Legătura genetică dintre hidrocarburi



Tema 2.23. Scrie ecuațiile reacțiilor pe exemplul hidrocarburilor cu șase atomi de carbon, utilizând *schema 2.11*.

- Scrie ecuațiile reacțiilor următoarelor transformări:
 $CaCO_3 \xrightarrow{t} ? \rightarrow CaC_2 \rightarrow ? \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_{12} \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5Cl$

***Activitate în echipă** Scrieți câte o ecuație generală de ardere pentru hidrocarburile prezentate în tabel (pentru fiecare membru al echipei). Efectuează calculele respective și completează tabelul:

Caracteristici	Hidrocarburi				
	Alcani	*Cicloalcani	Alchene	Alcadiene	Alchine
Ecuția reacției de ardere în formă generală					
Raportul dintre produsele de ardere					
Exemple					

2.3.5.

Probleme de calcul în baza formulei generale și a ecuațiilor reacțiilor caracteristice arenelor

I. Stabilirea formulei moleculare după formula generală a arenelor și partea de masă a unui element component.

Problema 1

Partea de masă a carbonului din componența unei hidrocarburi aromatice constituie 92,3%. Să se stabilească formula moleculară a hidrocarbunii aromatice.

Se dă:

$$\omega(\text{C}) = 92,3\%$$



Rezolvare:

1. Se scrie formula generală a arenelor și se calculează masa moleculară relativă: $\text{C}_n\text{H}_{2n-6}$, $\text{Mr}(\text{C}_n\text{H}_{2n-6}) = 14n - 6$

2. Se calculează valoarea lui n din relația:

$$\omega(\text{C}) = \frac{12n}{14n-6} \cdot 100\%; \quad 92,3\% = \frac{12n}{14n-6} \cdot 100\%;$$

$$92,3(14n-6) = 1200n, \text{ de unde } n = 6.$$

3. Se înlocuiește valoarea lui n în formula generală $\text{C}_n\text{H}_{2n-6} = \text{C}_6\text{H}_6$.

Răspuns: Formula moleculară este C_6H_6 .

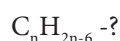
II. *Stabilirea formulei moleculare a arenelor după formula generală și produsele de ardere ale acestora.

Problema 2

O arenă mononucleară a fost supusă arderii complete în oxigen. Raportul molar dintre oxigenul necesar arderii și CO_2 rezultat este 7,5:6. Să se determine formula moleculară a arenei.

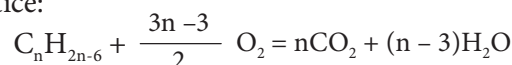
Se dă:

$$v(\text{O}_2) : v(\text{CO}_2) = 7,5 : 6$$



Rezolvare:

1. Se scrie ecuația generală a reacției de ardere a hidrocarbunii aromatice:



2. Din ecuația reacției și enunțul problemei rezultă:

$$\frac{v(\text{O}_2)}{v(\text{CO}_2)} = \frac{\frac{3n-3}{2}}{n} = \frac{7,5}{6}, \text{ de unde } 3n = 18; n = 6.$$

Formula arenei este: C_6H_6 .

Răspuns: Formula moleculară a hidrocarbunii aromatice este C_6H_6 .

III*. Calcule după ecuațiile reacțiilor caracteristice arenelor.

Problema 3

La bromurarea a 7,8 g de hidrocarbură aromatică s-au format 15,7 g de compus monobromurat. Să se determine formula moleculară a hidrocarbunii și a derivatului monobromurat.

Se dă:

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n-6}) = 7,8 \text{ g}$$

$$m(\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{Br}) = 15,7 \text{ g}$$

$$\text{C}_n\text{H}_{2n-6} - ?$$

$$\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{Br} - ?$$

$$\text{Mr}(\text{C}_n\text{H}_{2n-6}) = 12n + 2n - 6 = 14n - 6; \quad \text{Mr}(\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{Br}) = 12n + 2n - 7 + 80 = 14n + 73$$

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația reacției de bromurare a arenei în formă generală: $\text{C}_n\text{H}_{2n-6} + \text{Br}_2 \longrightarrow \text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{Br} + \text{HBr}$

2. Se calculează masa moleculară relativă a arenei și a derivatului monobromurat:

3. Se determină cantitatea de substanță arenă și derivat monobromurat:

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n-6}) = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n-6})}{M(\text{C}_n\text{H}_{2n-6})} = \frac{7,8}{14n - 6} = 0,769 \text{ mol};$$

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{Br}) = \frac{m(\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{Br})}{M(\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{Br})} = \frac{15,7}{14n + 73}.$$

4. Se determină valoarea lui n din relația ce reiese din ecuația reacției:

$$v(\text{C}_n\text{H}_{2n-6}) = v(\text{C}_n\text{H}_{2n-7}\text{Br}); \quad \frac{7,8}{14n - 6} = \frac{15,7}{14n + 73};$$

$$7,8(14n + 73) = 15,7(14n - 6), \text{ de unde } n = 6.$$

5. Se înlocuiește valoarea lui n în formulele generale: C_6H_6 și $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$.

Răspuns: Formula hidrocarbunii aromatice este C_6H_6 , iar a derivatului – $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$.

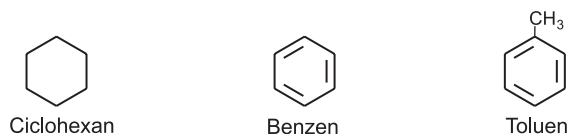
AUTOEVALUARE

1. Să se determine formula moleculară a hidrocarbunii care conține 92,4% C, iar densitatea relativă a vaporilor ei în raport cu aerul este egală cu 2,7. (R.: C_6H_6)
- 2.* Se supune arderii 1 mol de substanță organică, iar în consecință s-au obținut 224 l CO_2 și 89,6 l H_2O (vapori). Stabilește formula moleculară a substanței și scrie ecuația de ardere. (R.: C_{10}H_8)
- 3.* Raportul molar dintre CO_2 și H_2O obținut în urma arderii unei arene este egal cu 2. Identifică arena. (R.: C_6H_6)
- 4.* La arderea a 3,9 g de substanță organică s-au format 13,2 g CO_2 și 2,7 g H_2O . Densitatea vaporilor după hidrogen este egală cu 39. Să se stabilească formula substanței inițiale, dacă se știe că ea nu decolorează apa de brom. (R.: C_6H_6)
5. Ce masă de carbură de calciu, cu partea de masă a impurităților 20%, este necesară pentru a obține acetilenă, suficientă de a obține benzen cu volumul de 2 l și densitatea 0,88 g/cm³? (R.: 5,2 kg)
6. Ce masă de monobromobenzen se va obține la bromurarea a 15,6 g de benzen dacă se admite că bromurarea decurge cantitativ? (R.: 31,4 g $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}$)
7. Ce volum de oxigen (c.n.) se va consuma la arderea completă a 2,5 g de toluen ce conține 4% impurități ce nu ard? (R.: 5,26 l)
- 8.* Vaporii unei arene au densitatea relativă în raport cu hidrogenul egală cu 46. O probă de această substanță cu masa 13,8 g a fost supusă arderii și s-au obținut 23,52 l de CO_2 (c.n.) și H_2O cu masa 10,8 g. Să se stabilească formula moleculară a arenei. (R.: C_7H_8)

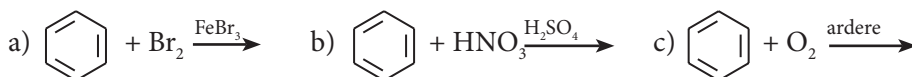
EVALUARE SUMATIVĂ

Profil umanist

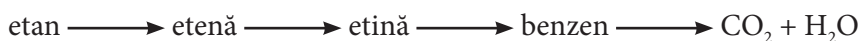
- Indică formula generală a seriei omologe a benzenului.
- Scrie formulele de structură a 3 omologi ai benzenului.
- Compară compoziția, structura, proprietățile hidrocarburilor cu următoarele formule de structură:



- Finisează schemele reacțiilor și numește produsele de reacție:



- Scrie ecuațiile reacțiilor cuprinse în schema:



- Completează spațiile libere din afirmațiile:

- Deși benzenul este o hidrocarbură, el participă mai ușor la reacțiile de decât la cele de
- Benzenul este o hidrocarbură
- Benzenul se obține la etinei.
- Metilbenzenul C₆H₅-CH₃ este un al benzenului, deoarece diferă printr-o grupă de atomi, numită.....

- Notează prin **A**, dacă afirmația este corectă, și prin **F**, dacă afirmația este falsă:

- Prima formulă de structură ciclică pentru benzen a fost propusă de Kekulé în a. 1865.
- *În molecula benzenului cele șase legături σ C-C formează un hexagon regulat.
- Raportul atomilor C:H în molecula benzenului este 1:1.
- Benzenul și hexanul sunt hidrocarburi saturate.

A	F
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Rezolvă:

A. Să se calculeze câți moli de oxigen se consumă la arderea completă a 2 mol de benzen.

(R.: 15 mol)

B. Partea de masă a carbonului din componența unei hidrocarburi aromatice constituie 91,3%. Să se deducă formula moleculară a hidrocarburi aromatice.

(R.: C₇H₈)

2.4.

Surse naturale de hidrocarburi și prelucrarea lor

2.4.1.

Surse naturale de hidrocarburi

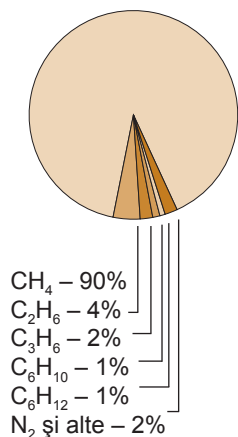


Fig. 2.42. Compoziția gazului natural în procente de volum.

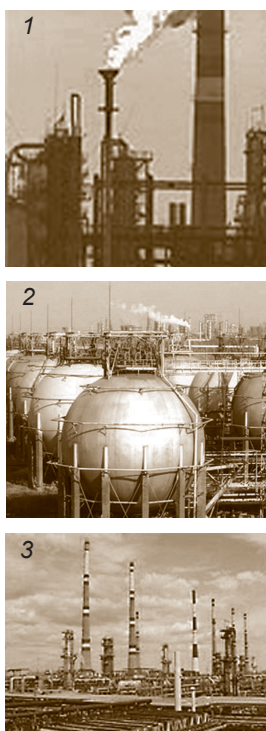


Fig. 2.43. Gazul natural: 1 – extragerea; 2 – păstrarea; 3 – prelucrarea.

Cele mai importante surse de hidrocarburi sunt gazele naturale, petrolul și cărbunii de pământ.

Zăcămintele de gaze naturale, de obicei, le însoțesc pe cele de petrol sau cărbune.

Zăcămintele importante de astfel de surse naturale sunt în Asia, Europa, America de Nord, America Centrală, Africa. Principalele țări exportatoare de petrol sunt Rusia, Kuwait, Arabia Saudită, Irak, Iran, Indonezia, Libia, Algeria. Resurse mai modeste de zăcămintele petroliere au România, Ucraina, Republica Moldova. În zona de sud a republicii noastre au fost descoperite zăcămintele de petrol.

Gazul natural, indiferent de origine, reprezintă un amestec de hidrocarburi saturate, în care predomină metanul (75–98%). Compoziția gazului natural variază în funcție de origine. În fig 2.42 sunt indicate părțile componente ale unei specii de gaz natural. Cantități mari de metan se găsesc în minele de cărbuni. Gazul natural se află în stare liberă sub formă de acumulări mari în scoarța terestră. Amestecul de metan și oxigen sau aer explodează în prezența unei scântei. Acest fapt este cauza exploziilor care se produc uneori în minele de cărbuni, de aceea amestecul este numit și „gaz de mină”.

Gazul natural se extrage cu ajutorul sondelor și se transportă la consumatori prin conducte (fig. 2.43).

Petrolul. Denumirea petrolului s-a format din cuvintele *petra* (piatră) și *oleum* (ulei).

Petrolul s-a format, probabil, din nămolul depus pe fundul unor mări, care la rândul său a apărut în urma descompunerii faunei și florei acvatice microscopice. În cursul epocilor geologice nămolul a suferit numeroase transformări biologice în lipsa oxigenului (anaerobe), la acțiunea bacteriilor, apoi o serie de transformări chimice lente, în calitate de catalizatori servind rocile cu care se afla în contact.

Petrolul, sau țițeiul, este un amestec de hidrocarburi solide și gazoase, dizolvate în hidrocarburi lichide. Afară de alcani

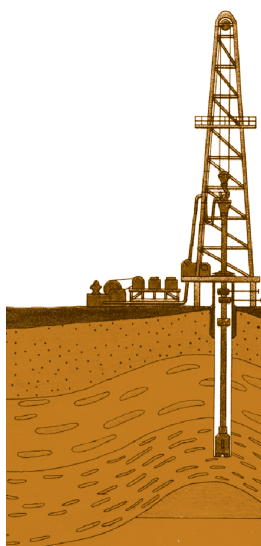


Fig. 2.44. Sondă de foraj.

cu structură liniară, petrolul conține și o mare diversitate de izomeri (izoalcani, cicloalcani și arene cu catene laterale), de asemenea, cantități mici de compuși organici cu azot, oxigen și sulf. Compoziția chimică a petrolului brut (țițeiului) variază în anumite limite în funcție de zăcământ, ca urmare a faptului că au existat condiții diferite de descompunere, în funcție de zona geografică, temperatură, presiune, anumiți catalizatori, fermenți și în special bacterii.

Zăcămintele de petrol sunt răspândite în scoarța terestră la adâncimi diferite (până la 4 000 m), astfel încât ele umplu spațiul liber dintre roci. În scopul aducerii la suprafață din adâncurile în care s-a format cu multe milioane de ani în urmă, petrolul brut se extrage din zăcăminte cu ajutorul sondelor (fig. 2.44).

După extracție și separare de apă și impurități mecanice, petrolul este transportat la întreprinderile de prelucrare, numite rafinării (fig. 2.45).



Fig. 2.45. Rafinărie de petrol.

Proprietăți fizice. Petrolul este un lichid vâcos, de culoare brună cu fluorescență verde-albăstruie, cu miros specific. Este mai ușor ca apa și insolubil în ea. De aceea, nimerind în apă în urma accidentelor de transport maritim, el se întinde formând o peliculă ce împiedică dizolvarea oxigenului în apă, afectând astfel fauna și flora zonelor unde a fost deversat. Fiind un amestec din diverși compuși, petrolul nu are punct de fierbere definit; el se distilează continuu, la temperatura de 30–360°C.

Cărbunii de pământ s-au format din plante prin transformări biologice și chimice în condiții anaerobe (fig. 2.46). În cursul acestor transformări oxigenul din materialele inițiale s-a eliminat în cea mai mare parte sub formă de H_2O și CO_2 , azotul – sub formă de NH_3 . În cursul acestui proces lent conținutul carbonului a crescut cu vârsta zăcământului.

După conținutul de carbon se disting patru specii principale de cărbuni fosili:

- a. **turba** – are circa 50% C și o putere calorică mică;
- b. **lignitul** (cărbune brun) – are circa 55-65% C, în timpul arderii degajă mult fum;
- c. **huila** – cel mai răspândit cărbune cu 75-90% C;
- d. **antracitul** – cărbune superior cu 98% C, arde cu flacăra, degajă multă căldură și puțin fum.

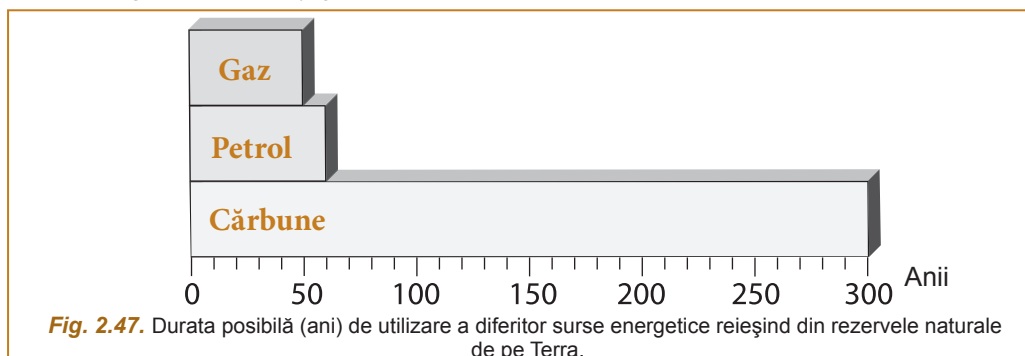


Fig. 2.46. Cărbuni de pământ.

Știi că ...

Dintre țările din Orientul Mijlociu, Arabia Saudită este cel mai mare producător de petrol din lume, cu o pondere de 25%, urmată de Irak cu 10,8%, Emiratele Arabe Unite cu 9,3%, și Iran cu 8,6%.

Rezervele de cărbuni de pământ de pe Terra cu mult prevalează rezervele naturale de gaz și petrol (fig. 2.47).



Dacă luăm în considerare consumul mondial anual de produse petroliere la nivelul anului 2010 (3 503,8 milioane de tone), deducem că rezervele mondiale de țiței (142,1 miliarde de tone) vor fi suficiente pentru o perioadă de 50–65 de ani, adică până la orizontul anului 2058.

2.4.2.

Produsele prelucrării surselor naturale de hidrocarburi

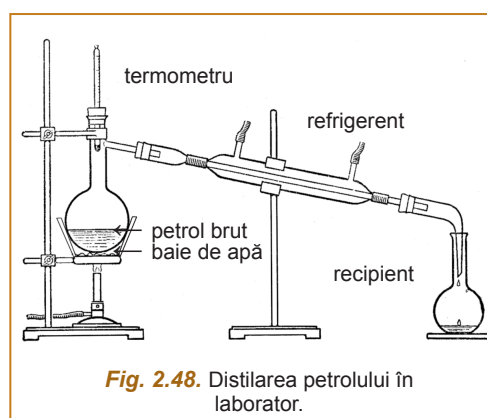
Gazul natural este folosit ca agent termic. El este un combustibil superior cărbunelui și chiar produselor petroliere: este mai avantajos, deoarece ușor se transportă prin conducte și este cel mai inofensiv din punct de vedere ecologic, comparativ cu alte surse naturale. Utilizările gazului natural sunt multiple, în special în industria chimică pentru care metanul este una dintre cele mai valoroase materii prime.

Cărbunii servesc ca materii prime în unele procedee industriale pentru obținerea de carburanți (benzină, motorină etc.). Pentru sintezele de carburanți cărbunii de pământ se hidrogenează în prezența catalizatorilor sărurilor de Mo, Sn, Fe.

Compușii organici obținuți din cărbuni de pământ constituie materia primă a diverselor produse necesare industriei chimice. Gazul de cocserie și gudronul, care se supun distilării fracționate, se folosesc în sinteza organică, iar cocsul – în

metalurgie. Cărbunii de pământ sunt unica sursă energetică a metalurgiei (consumul mondial în acest scop atinge 2 miliarde de tone anual).

Petrolul. Prin distilarea petrolului în laborator (fig. 2.48) s-a stabilit că el se separă în fracții: în recipient se acumulează la temperaturi mai joase lichidele cu temperaturi de fierbere mai mici, apoi, la temperaturi mai ridicate, se distilează hidrocarburi cu mase moleculare mai mari. Ca urmare a compoziției sale



foarte complexe, petrolul brut este supus distilării la presiune normală, numită *distilare primară*, și la presiune scăzută, numită *distilare secundară*.

Distilarea primară a petrolului se efectuează în instalații prevăzute cu coloane de fracționare.

Astfel, din petrol se obțin mai multe fracțiuni petroliere ce se culeg la anumite intervale de temperatură, fiind amestecuri din mai multe componente, utilizate în fond în calitate de carburanți și lubrifianți. Reziduul distilării primare este păcura, care ulterior se supune distilării la presiune scăzută (*tabelul 2.11*).

Tabelul 2.11. Principalele fracțiuni petroliere

Fracția	Intervalul de distilare, °C	Compoziția	Utilizare
<i>a) Distilare primară</i>			
Gaze	<40	$C_1 - C_4$	Combustibil gazos
Benzină ușoară (eter de petrol)	40-100	$C_5 - C_8$	Solvent, carburant lichid
Benzină grea (ligroină)	100-180	$C_7 - C_{10}$	Carburant, materie primă la prelucrarea secundară
White-spirit	150-190	$C_8 - C_{12}$	Carburant turboreactoare
Petrol lampant	200-270	$C_{10} - C_{15}$	Carburant tractoare
Motorină	270-360	$C_{16} - C_{20}$	Carburant Diesel, materie primă la prelucrarea secundară
Păcură	>360	$>C_{20}$	Combustibil lichid, materie primă la prelucrarea secundară
<i>b) Distilare secundară</i>			
Uleiuri	–	$C_{18} - C_{22}$	Lubrifiant pentru motoarele autovehiculelor
Parafină	–	$C_{23} - C_{29}$	Scopuri tehnice, medicină, lumânări
Bitum	–	reziduu	Acoperirea șoselelor

Prin distilarea secundară (fracționarea la presiune scăzută) a păcurii se obțin lubrifianți și uleiuri obișnuite, iar din păcură parafinoasă, după înlăturarea parafinei, uleiuri speciale pentru motoarele autovehiculelor și avioanelor. Reziduul de la distilarea păcurii constituie bitumul sau asfaltul utilizat la acoperirea șoselelor.

***Cifra octanică (C.O.)**. Benzina este folosită în calitate de combustibil pentru motoarele cu ardere internă ale automobilelor. Vaporii de benzină se amestecă cu aer în carburatorul motorului, apoi trec în cilindri, unde sunt supuși comprimării și aprinderii printr-o scânteie electrică. Adesea în timpul comprimării se produc detonații (autoinflamare prematură), care duc la uzarea motoarelor.

Capacitatea amestecului de vapori de benzină de a rezista la comprimări fără detonații este exprimată prin cifra octanică.

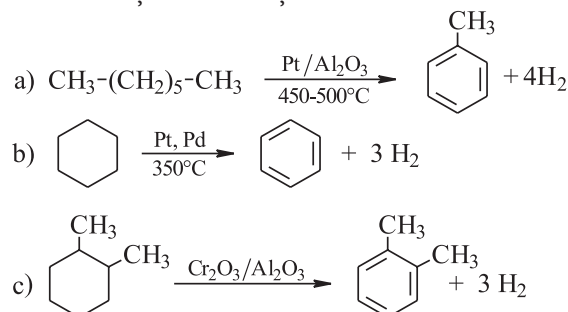
Benzinele obținute la distilare primară, provenind din petroluri parafinoase, au cifra octanică mică (50–70), în funcție de conținutul alcanilor cu structură liniară. Pentru mărirea cifrei octanice până la 100, ele se amestecă cu izooctan pur sau cu tetraetil – plumb, $Pb(C_2H_5)_4$. Însă plumbul este aruncat în atmosferă odată cu gazele de eșapament, constituind un factor grav de poluare a mediului.

Pentru satisfacerea cerințelor crescânde de benzină și de fracțiuni de hidrocarburi inferioare (C_2 – C_5), mai valoroase ca materie primă, se aplică diferite procedee cunoscute parțial din studiul hidrocarburilor: cracare, reformare catalitică, izomerizare, dehidrogenare, alchilare etc.

Procedeele industriale, numite procedee de *cracare termică* sau *catalitică*, pornesc de la benzinele de distilare, al căror punct de fierbere final este de circa 200°C.

***Cracarea termică** constă în încălzirea hidrocarburilor la temperatura de 500–600°C. În acest procedeu ca materie primă se folosește motorina și păcura. Se obțin: gaze (alcani și alchene inferioare C_2 – C_4), benzină de cracare.

***Cracarea catalitică** reprezintă, ca și cracarea termică, același proces de rupere a unor legături simple de tip C–C și C–H din hidrocarburi conținute în fracțiunile petroliere grele sub acțiunea unei temperaturi mai joase (450–500°C), dar în prezența catalizatorilor formați din silicați de aluminiu naturali sau sintetici:



La cracarea catalitică a motorinei (C_{12} – C_{20}) se obțin fracția (C_3 – C_5), gaze de rafinare și hidrocarburi aromatice. Cracarea catalitică se bazează pe proprietatea alcanilor de a se cicliza, formând în anumite condiții hidrocarburi aromatice (aromatizare) sau benzine de calitate superioară.

S-a constatat că diverși agenți termici prin ardere degajă diferite cantități de căldură. De aceea, pentru aprecierea unui combustibil se determină *căldura specifică de ardere a combustibilului*. Valoarea acestei mărimi indică căldura ce se degajă la arderea completă a 1kg de combustibil (sau a 1m³ de gaze) (tabelul 2.12).

Tabelul 2.12. Caracteristica unor agenți termici

	Combustibil	Conținutul de carbon, %	Căldura specifică de ardere, kJ/kg
1	Lemn	50	10 000
2	Cărbuni de pământ	50-70	42 000
3	Petrol	85,5	46 000
4	Gaz natural	85-95	40 000

Știi că ...

Cifra octanică (C.O.) este o valoare convențională ce constituie partea de masă a 2,2,4-trimetilpentanului (izooctan) dintr-un amestec sintetic format din izooctan (C.O. = 100) și heptan (C.O. = 0).

2.4.3.

Protecția mediului ambient de poluanții formați în urma utilizării gazului natural, petrolului și cărbunilor



Fig. 2.49. Poluarea aerului.

Intensificarea procesului de industrializare la scară mondială are urmări negative asupra mediului. În țările înalt dezvoltate problema poluării mediului a servit ca semnal de alarmă, necesitând elaborarea unor măsuri concrete de combatere a ei. Factorii naturali ai mediului supuși protecției sunt: aerul, apele, solul și subsolul, vegetația terestră și cea acvatică. De asemenea, necesită protecție așezările umane, precum și alți factori creați prin activitatea omului.

În funcție de natura activităților industriale, poluanții constituie particule solide, gaze sau vapori (fig. 2.49). Petrolul brut și produsele de prelucrare a lui adesea devin factori de poluare a mediului. Dintre aceștia cei mai importanți sunt:

1. Cantitățile enorme de **petrol brut**, care poluează solul și apele în urma numeroaselor accidente, ce au loc în timpul transportării lui de la locul de extragere spre rafinării.

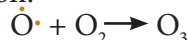
2. **Oxidul de carbon (II)** („gaz de căhlă”), ce se formează la arderea incompletă a diferitor tipuri de combustibil. Oxidul de carbon formează compuși stabili cu hemoglobina sângelui, exercitând o acțiune toxică asupra organismelor vii. Aflarea omului într-o încăpere închisă, în care concentrația acestui gaz constituie 10%, timp de 2 min., este mortală.

3. **Oxizii de azot și sulf**, ce nimeresc în aer în urma arderii combustibilului obținut din surse naturale. Din această cauză ei sunt considerați poluanți primari ai atmosferei. Compușii azotului și sulfului sunt prezenți în calitate de impurități în majoritatea tipurilor de combustibil ce conțin hidrocarburi. Interacționând cu oxigenul din aer, ei formează oxizi acizi (SO_2 , SO_3 , N_xO_y), ce conduc la poluarea dublă a mediului. În primul rând, dizolvându-se în apă, ei conduc la formarea acizilor, prin urmare produc ploile „acide” (fig. 2.50). În al doilea rând, acești oxizi, la acțiunea razelor ultraviolete solare, interacționează cu hidrocarburile din aer (aruncate în atmosferă în urma arderii incomplete a lor în motoarele cu ardere internă), formând un strat de aer intens poluat – *smogul*¹.

În aceste procese participă radicali ai oxigenului, ce inițiază reacții înlănțuite:



Radicalul format, interacționând cu molecula oxigenului, formează molecula de ozon:



Ozonul este un gaz toxic atât pentru animale, cât și pentru plante. Este un poluant secundar al atmosferei. În lipsa hidrocarburilor în atmosferă, ozonul interacționează cu oxidul de azot (II), formând oxid de azot (IV):



Fig. 2.50. Efectul ploilor acide.

¹ Smog – ceață persistentă ce conține poluanți în concentrații peste limitele admise sau aer puternic poluat cu transparență redusă, care stagnează într-o zonă mai multe zile în șir.

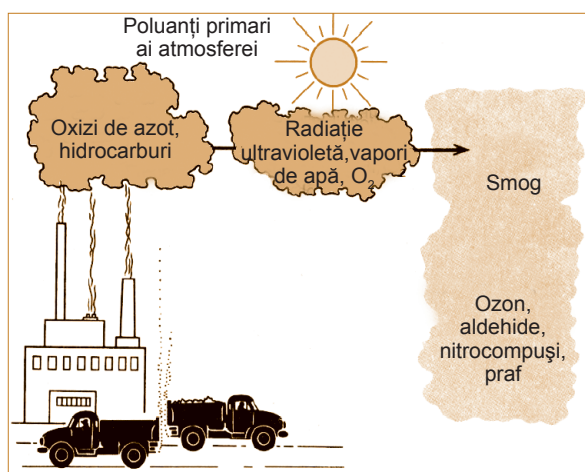


Fig. 2.51. Formarea smogului.

Astfel, în acest „ciclu închis” conținutul oxidului de azot (IV) în atmosferă se menține constant. Dacă, însă, în atmosferă sunt prezente hidrocarburi, ciclul se întrerupe: ozonul interacționează cu alchenele, formând radicali organici, care apoi interacționând cu oxizii de azot dau aldehide și nitroderivați ai alcanilor.

Ca și ozonul, aceste substanțe prezintă poluanți secundari ce alcătuiesc smogul (fig. 2.51).

4. Particulele solide de carbon (funinginea), ce nimeresc în

atmosferă în urma arderii incomplete a combustibilului. Ele, de asemenea, intră în componența smogului.

5. Compușii plumbului, ce produc poluarea atmosferică ca rezultat al utilizării tetraetilplumbului – $Pb(C_2H_5)_4$ în calitate de adaos antidetonator la benzinele cu cifra octanică joasă. Plumbul și compușii lui sunt foarte toxici. Nimerind în organele respiratorii sau în produsele alimentare și având proprietatea de a se acumula în organism, ei atacă sistemul nervos central. Cea mai mare parte din aceste gaze sunt concentrate în zonele urbane, unde conținutul plumbului în aer, în apele de ploaie și în produsele agricole este mai înalt decât cel admisibil. Organizațiile naționale și internaționale lansează cerințe dure în vederea protecției mediului.

Soluții de protecție a mediului ambiant de acțiunea poluanților

Diversitatea poluanților atmosferei, apelor și ai solului necesită corespunzător și o diversitate de metode de combatere a efectelor lor nocive.

Astfel, au fost stabilite norme sanitare de proiectare a întreprinderilor industriale, menite să reducă poluarea aerului prin deșeurile eliminate în atmosferă, elaborate instalații speciale pentru absorbirea deșeurilor industriale. Pentru captarea cenușii și funinginii se aplică sisteme uscate (electrofiltre, filtre cu jaluzele, baterii de cicloane) și umede (pânze de apă). Aplicarea lor reduce considerabil gradul de poluare a aerului cu particule solide de diverse substanțe.

Combaterea poluanților gazoși necesită instalații mult mai complicate. De aceea, pentru a reduce la minimum cantitatea de gaze toxice degajate în atmosferă, se recomandă utilizarea carburanților ce produc mai puțin fum în timpul arderii sau care ard complet.

Electrificarea și gazificarea întreprinderilor industriale, de asemenea, contribuie la reducerea poluării mediului.

Pentru a evita intoxicarea cu gaze de eșapament, se recomandă construirea drumurilor și șoselelor în afara localităților și crearea zonelor verzi de protecție.

Știi că ...

Un grăunte de uraniu²³⁸ produce o cantitate de energie termică echivalentă cu cea degajată la arderea a 2,7 tone de cărbune sau 1,9 tone de petrol.

2.4.4.*

Probleme de calcul la tema
Surse naturale de hidrocarburi
Problema 1

Ce volum de aer este necesar pentru arderea a 5 m³ de amestec gazos care conține 65% metan, 15% etan, 10% propan, 5% butan și 5% azot (după volum)? Partea de volum a oxigenului în aer este de 21%.

Se dă:

$$V_{\text{am.}} = 5 \text{ m}^3$$

$$\varphi(\text{CH}_4) = 65\%$$

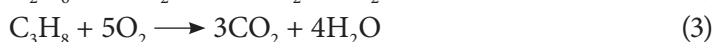
$$\varphi(\text{C}_2\text{H}_6) = 15\%$$

$$\varphi(\text{C}_3\text{H}_8) = 10\%$$

$$\varphi(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 5\%$$

$$\varphi(\text{N}_2) = 5\%$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 21\%$$

*Rezolvare:***1. Se scriu** ecuațiile reacțiilor de ardere a fiecărui gaz din amestec:

V(aer) - ?

2. Se calculează volumele gazelor din 5 m³ de amestec, aplicând relația:

$$\varphi_{(\text{gaz})} = \frac{V_{(\text{gaz})}}{V_{(\text{amestec})}} \cdot 100\%, \text{ de unde } V_{(\text{gaz})} = \frac{\varphi_{(\text{gaz})} \cdot V_{\text{amestec}}}{100\%}$$

$$V(\text{CH}_4) = \frac{65 \cdot 5}{100} = 3,25 \text{ m}^3; \quad V(\text{C}_2\text{H}_6) = \frac{15 \cdot 5}{100} = 0,75 \text{ m}^3; \quad V(\text{C}_3\text{H}_8) = \frac{10 \cdot 5}{100} = 0,5 \text{ m}^3;$$

$$V(\text{C}_4\text{H}_{10}) = \frac{5 \cdot 5}{100} = 0,25 \text{ m}^3; \quad V(\text{N}_2) = \frac{5 \cdot 5}{100} = 0,25 \text{ m}^3.$$

3. Se calculează volumul de oxigen necesar arderii fiecărui volum de gaz din amestec conform ecuațiilor reacțiilor (1-4).

Din ecuația (1) rezultă:

$$1V(\text{CH}_4) \text{ consumă } 2V(\text{O}_2)$$

$$3,25 \text{ m}^3 \text{ ————— } V_1(\text{O}_2)$$

$$V_1(\text{O}_2) = \frac{3,25 \cdot 2V(\text{O}_2)}{1V(\text{CH}_4)} = 3,25 \text{ m}^3 \cdot 2 = 6,5 \text{ m}^3$$

În mod analog, din ecuațiile reacțiilor (2), (3), (4) rezultă:

$$V_{(2)}(\text{O}_2) = 0,75 \text{ m}^3 \cdot 3,5 = 2,63 \text{ m}^3, \quad V_{(3)}(\text{O}_2) = 0,5 \text{ m}^3 \cdot 5 = 2,5 \text{ m}^3,$$

$$V_{(4)}(\text{O}_2) = 0,25 \text{ m}^3 \cdot 6,5 = 1,63 \text{ m}^3.$$

4. Se calculează volumul total de oxigen necesar arderii:

$$V_t(\text{O}_2) = V_{(1)}(\text{O}_2) + V_{(2)}(\text{O}_2) + V_{(3)}(\text{O}_2) + V_{(4)}(\text{O}_2);$$

$$V_t(\text{O}_2) = (6,5 + 2,63 + 2,5 + 1,63) \text{ m}^3 = 13,26 \text{ m}^3.$$

5. Se calculează volumul de aer necesar arderii:

$$V_{(\text{aer})} = \frac{V(\text{O}_2)}{\varphi(\text{O}_2)}; \quad V_{(\text{aer})} = \frac{13,26}{0,21} = 63,14 \text{ m}^3.$$

Răspuns: V(aerului) = 63,14 m³.

Problema 2

Să se calculeze volumul aerului necesar pentru arderea benzinei cu masa de 0,5 kg alcătuită integral din izomerii octanului.

Se dă:

$$m(\text{benzinei}) = 0,5 \text{ kg}$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 21\%$$

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația reacției de ardere a amestecului de izomeri ai octanului:



2. Se calculează cantitatea de substanță benzină constituită din octan:

$$M(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 114 \text{ g/mol}; \quad v(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 500 \text{ g} : 114\text{g/mol} = 4,39 \text{ mol.}$$

3. Se determină cantitatea de substanță și volumul oxigenului necesar pentru arderea izomerilor din componența benzinei conform reacției:

$$v(\text{O}_2) = 12,5 v(\text{C}_8\text{H}_{18}) = 12,5 \cdot 4,39 \text{ mol} = 54,875 \text{ mol};$$

$$V(\text{O}_2) = v \cdot V_m = 54,875 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ l/mol} = 1229,2 \text{ l.}$$

4. Se calculează volumul aerului, dacă se cunoaște că partea de volum al oxigenului din aer constituie 21%:

$$\varphi(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V(\text{aer})} \cdot 100\%; \quad V(\text{aer}) = \frac{V(\text{O}_2) \cdot 100\%}{\omega} = \frac{1229,2 \text{ l} \cdot 100\%}{21\%} = 5853,3 \text{ l sau } 5,853 \text{ m}^3.$$

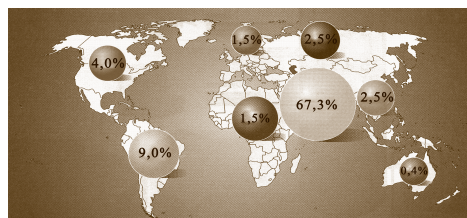
Răspuns: Pentru arderea a 0,5 kg benzină constituită din izomeri ai octanului sunt necesari 5,853 m³ de aer.

AUTOEVALUARE

1. Gazul natural conține 90% metan, 5% etan, 3% CO₂ și 2% N₂ (după volum). Ce volum de aer (c.n.) este necesar pentru arderea a 10 l de acest gaz? (R.: 94 l)
2. Ce volum de acetilenă arde complet într-un volum de 400 m³ de oxigen (c.n.)? (R.: 160 m³)
3. Ce volum de aer (c.n.) este necesar pentru arderea butadienei cu volumul de 15,48 l, dacă partea de volum a impurităților constituie 3%? (R.: 393,3 l)
4. Calculează volumul oxigenului (c.n.) necesar pentru arderea completă a unui amestec de etenă și etină cu volumul 6,72 l (c.n.), dacă raportul de volum al hidrocarburilor este 1 : 2. (R.: 17,92 l)
5. La arderea antracitului cu masa de 30 g s-a obținut CO₂ cu volumul de 53,2 l (c.n.). Să se determine partea de masă a carbonului în cărbunii de tipul antracit. (R.: 95%)
6. În benzina folosită pentru automobile partea de masă a izomerilor heptanului alcătuieste 80%, iar a izomerilor octanului – 20%. Ce volum de oxigen (c.n.) este necesar pentru arderea a 30 kg de această benzină? (R.: 73,9 m³)

Activitate în echipă Indicați regiunea cea mai bogată în petrol, utilizând datele din figura 2.52.

Fig. 2.52. Distribuția regională a rezervelor de petrol.



2.4.5.*

EVALUARE SUMATIVĂ

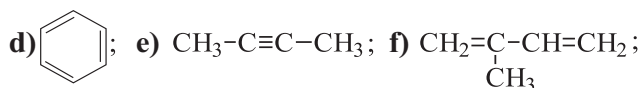
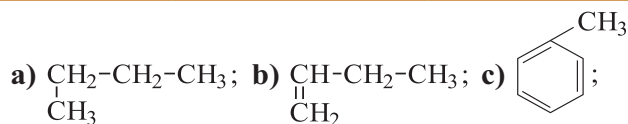
1. Explică:

Profil real

- a) deosebirea dintre noțiunile: distilarea și cracarea petrolului;
 b) care dintre hidrocarburi: C_3H_8 ; C_4H_6 ; C_6H_6 ; C_6H_{12} se vor supune reacțiilor de eliminare (dehidrogenare), clorurare, hidrogenare. Scrie schemele reacțiilor și numește produsele de reacție.

2. Selectează și completează tabelul de mai jos cu formulele substanțelor, indicând denumirile lor:

C_nH_{2n+2}	C_nH_{2n}	C_nH_{2n-2}	C_nH_{2n-6}



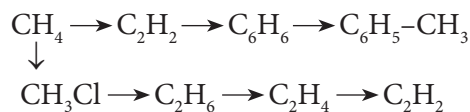
3. Indică pentru care dintre hidrocarburi sunt caracteristice reacțiile enumerate în tabelul de mai jos (indică cu "+" sau cu "-").

Reacția	Saturate		Nesaturate			Aromatice
	Alcani	Cicloalcani	Alchene	Alcadiene	Alchine	
Substituție						
Adiție						
Eliminare						
Oxidare						
Polimerizare						
Ardere						

4. Indică cum poate fi obținut:

- a) benzen din carbură de calciu; b) nitrobenzen din metan.

5. Scrie ecuațiile reacțiilor următoarelor transformări, indicând condițiile reacțiilor:



6. Scrie formulele de structură ale următorilor compuși:

- a) 1,4-dietilbenzen; b) izopropilbenzen;
 c) 1-etil-2-metilbenzen; d) 1,4-diclorobenzen.

7. Rezolvă:

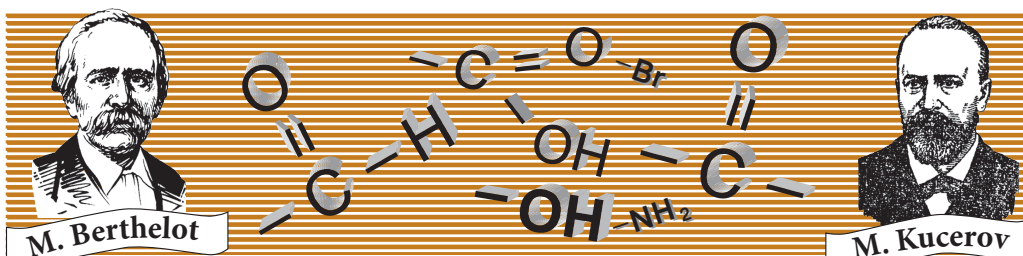
- A. Ce alchenă conține 85,71% carbon și are densitatea în raport cu aerul 1,94?
 (R.: C_4H_8)
 B. Din acetilenă cu volumul 3,36 l (c. n.) s-a obținut benzen. Determină masa bromobenzenului care se va obține la bromurarea benzenului. (R.: 7,85 g)



DERIVAȚI AI HIDROCARBURILOR

Compartimentul

3



Prin înlocuirea unuia sau a mai multor atomi de hidrogen în molecula hidrocarburilor cu atomi sau grupe de atomi, formate din alte elemente decât carbonul (numite grupe funcționale), se obțin derivați ai hidrocarburilor care formează clase de compuși organici. Grupele funcționale constituie, de fapt, centrii de reactivitate chimică ai moleculelor.

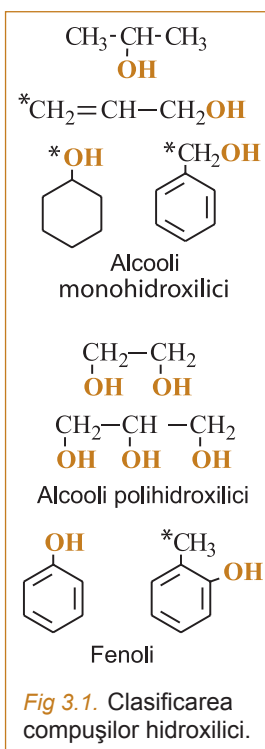
Denumirea clasei de compuși	Caracteristici	Formula generală
Alcooli	Derivați ai hidrocarburilor saturate, a căror moleculă conține una sau mai multe grupe hidroxil (-OH).	R-OH
Fenoli	Derivați ai benzenului, ce conțin cel puțin o grupă hidroxil, legată de inelul aromatic.	Ar-OH
Amine	Compuși organici, a căror moleculă conține una sau mai multe grupe amino (-NH ₂).	R-NH ₂ , R ₂ NH, R ₃ N
*Aldehide	Derivați ai hidrocarburilor cu oxigen, a căror moleculă conține grupa aldehydică (-CHO).	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$; $\text{Ar}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{H}$
*Cetone	Derivați ai hidrocarburilor, a căror moleculă conține grupa carbonil (>C=O), legată de doi radicali R sau Ar.	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}$; $\text{Ar}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{R}$; $\text{Ar}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{Ar}$
*Acizi carboxilici	Derivați ai hidrocarburilor, a căror moleculă conține cel puțin o grupă carboxil (-COOH).	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$; $\text{Ar}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{OH}$
*Esteri	Derivați ai acizilor carboxilici, a căror moleculă conține grupa esterică (-COO-), legată de doi radicali R sau Ar.	$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}$; $\text{Ar}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{R}$

Subcompetențe:

După studierea acestui compartiment vei fi capabil:

- Să clasifici și să denumești derivații hidrocarburilor.
- Să interpretezi comportamentul chimic al compușilor organici în funcție de grupa lor funcțională.
- Să aplici algoritmi necesari pentru rezolvarea unor tipuri de probleme de calcul.
- Să explici domeniile de utilizare a compușilor studiați.
- Să indici legătura genetică dintre hidrocarburi, alcooli, amine, *aldehide, *acizi carboxilici și *esteri.

3.1. Compuși hidroxicili



- ⊙ Ce se numește grupă funcțională?
- ⊙ Ce compuși care conțin grupă funcțională cunoști deja?

Definiție. Clasificare

Compușii hidroxicili sunt compuși organici ce derivă de la hidrocarburi, prin înlocuirea unui sau mai multor atomi de hidrogen cu grupa funcțională hidroxicil ($-\text{OH}$).

În funcție de numărul grupărilor hidroxicile, alcoolii se împart în:

- alcoolii monohidroxicili;
- alcoolii polihidroxicili (dioli, trioli, tetrolți etc.).

Astfel, formula generală a compușilor monohidroxicili este $\text{R}-\text{OH}$ (R – radical organic).

Alcoolii sunt compuși a căror grupă $-\text{OH}$ este legată de un atom de carbon saturat, adică în stare de hibridizare sp^3 . *Prin urmare, alcoolii se consideră și compușii a căror grupă $-\text{OH}$ este legată de partea saturată a catenei unei alchene sau de catena laterală a unei hidrocarburi aromatice. Dacă grupa $-\text{OH}$ este unită cu un atom de carbon al unui ciclu benzenic, se obțin **fenoli** (fig. 3.1).

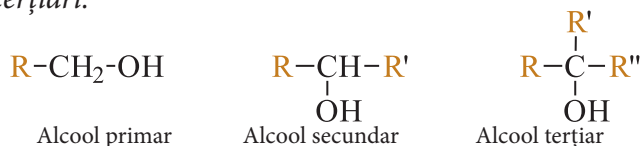
3.1.1. Alcoolii monohidroxicili saturați

Definiție. Omologie. *Clasificare

Alcoolii monohidroxicili saturați sunt compușii organici aciclici saturați, ce conțin în moleculă o grupă funcțională hidroxicil ($-\text{OH}$) și au formula generală $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$ sau $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$.

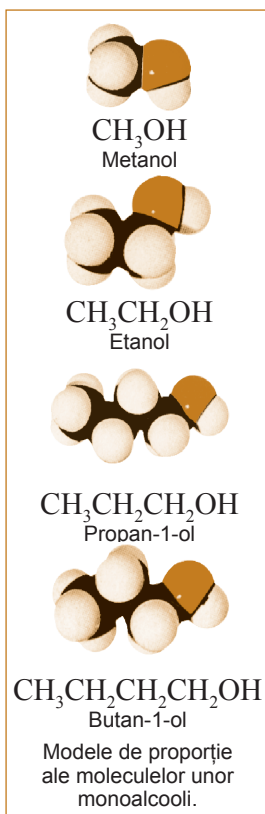
Pentru ei, de asemenea, este caracteristic fenomenul omologiei.

*În funcție de natura atomului de carbon, de care este legată grupa $-\text{OH}$, alcoolii se clasifică în: *primari*, *secundari* și *terțieri*:



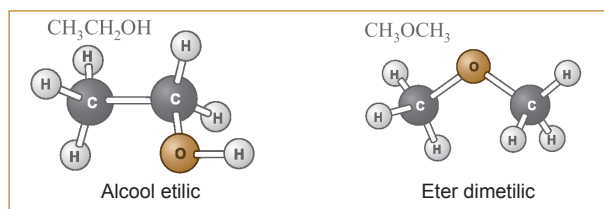
Nomenclatură. Izomerie

Denumirea sistematică a alcoolilor se formează de la numele alcanului cu același număr de atomi de carbon cu adăugarea sufixelor: *-ol* (pentru alcoolii monohidroxicili), *-diol* (pentru alcoolii dihidroxilici), *-triol* (pentru alcoolii trihidroxilici), anticipate de cifrele ce indică poziția grupelor $-\text{OH}$.



♦ Denumirea uzuală se formează de la cuvântul **alcool** și de la numele radicalului alchil, adăugând sufixul *-ic* (tabelul 3.1).

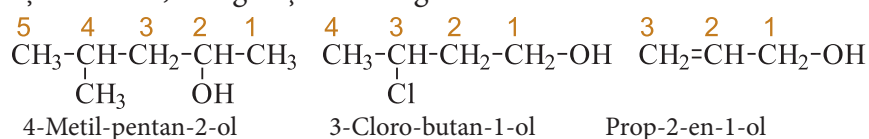
Izomeria alcoolilor este condiționată de poziția grupei –OH și de izomeria catenei carbonice. *Alcoolii sunt izomeri **de funcțiune** (de clasă) cu eterii – compuși cu formula generală R–O–R. Eterii se obțin la deshidratarea intermoleculară a alcoolilor:



Tabelul 3.1. Nomenclatura și izomeria alcoolilor

Formula moleculară	Formula de structură	Tipul de izomerie	Nomenclatura	
			Denumirea sistematică	Denumirea radicalo-funcțională
CH ₄ O	CH ₃ -OH	–	Metanol	Acool metilic
C ₂ H ₆ O	CH ₃ -CH ₂ -OH *CH ₃ -O-CH ₃	*de funcțiune cu dimetil-eterul.	Etanol Dimetil-eter	Alcool etilic
C ₃ H ₈ O	$\left. \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \\ \text{CH}_3\text{-}\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{-CH}_3 \\ \text{*CH}_3\text{-CH}_2\text{-O-CH}_3 \end{array} \right\}$	a) de poziție a grupei –OH; b)* de funcțiune cu etil-metil-eterul.	Propan-1-ol	Alcool propilic
			Propan-2-ol Etil-metil-eter	*Alcool izopropilic
C ₄ H ₁₀ O	$\left. \begin{array}{l} \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} \\ \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-}\underset{\text{OH}}{\text{CH}}\text{-CH}_3 \\ \text{CH}_3\text{-}\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}\text{-CH}_2\text{-OH} \\ \text{CH}_3\text{-}\underset{\text{CH}_3}{\underset{\text{CH}_3}{\text{C}}}\text{-OH} \end{array} \right\}$	a) de poziție a grupei –OH; b) de catenă; c)*de funcțiune cu dietil-eterul, metil-propil-eterul și izopropil-metil-eterul.	Butan-1-ol	Alcool butilic
			Butan-2-ol	♦ Alcool sec-butilic
			2-Metil-propan-1-ol	♦ Alcool izobutilic
			2-Metil-propan-2-ol	♦ Alcool terț-butilic

*Denumirea sistematică a alcoolilor cu structură mai complexă se formează astfel: se alege ca temelie cea mai lungă catenă carbonică ce conține gruparea –OH; poziția grupării –OH se precizează prin cel mai mic indice numeric, ea având prioritate față de alchil, halogen și dubla legătură:

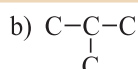
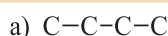


Algoritmul scrierii și denumirii sistematice a izomerilor compușilor hidroxilici și a* izomerilor de funcțiune ai acestora

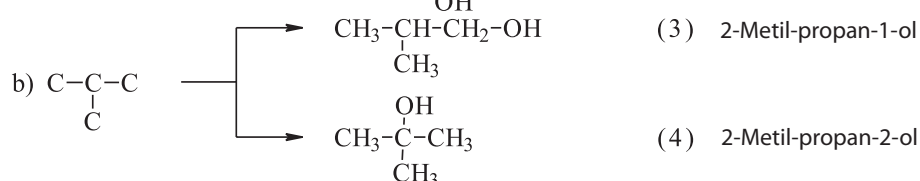
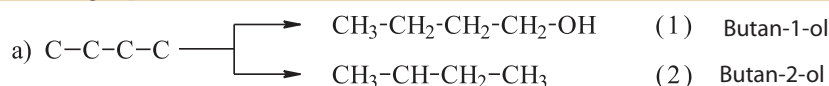
Exemplu: Să alcătuim formulele de structură ale compușilor cu compoziția $C_4H_{10}O$.

Rezolvare: Compusul conține un heteroatom – oxigenul. Deoarece nu este indicată clasa din care face parte compusul, se vor scrie izomerii posibili pentru clasa alcoolilor monohidroxilici C_4H_9OH și pentru clasa eterilor $R-O-R_1$, izomerie condiționată de poziția heteroatomului în catena carbonică.

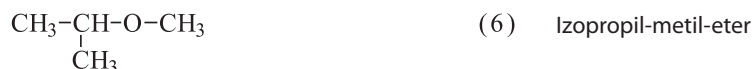
1 Scriem scheletul carbonic (liniar și ramificat) pentru substanța cu 4 atomi de carbon în catenă:



2 Amplasăm grupa hidroxil în fiecare schelet carbonic, obținând astfel izomerii de poziție ai grupei funcționale:



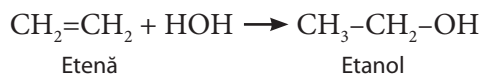
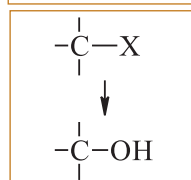
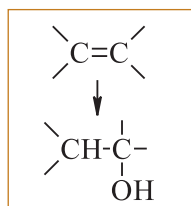
3* Alcătuim izomerii eterilor cu combinarea diferită a R și R_1 (suma atomilor de carbon fiind 4):



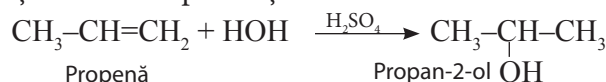
Astfel, avem **4 alcooli** monohidroxilici și **3 eteri** cu compoziția $C_4H_{10}O$.

Metode de preparare

1. Hidratarea alchenelor conduce la obținerea alcoolilor:

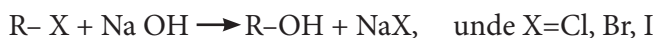


*Reacția are loc în prezența acidului sulfuric concentrat:



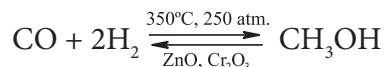
Tema 3.1. Explică de ce, pornind în mod similar de la propenă, se obține propan-2-ol, dar nu propan-1-ol.

2.* Hidroliza alcalină a derivaților monohalogenati este o metodă generală de obținere a alcoolilor:



Unii alcooli, importanți din punct de vedere tehnic, se obțin pe cale industrială prin metode specifice.

***Metanolul** se obține pe cale industrială pornind de la un amestec din oxid de carbon (II) și hidrogen („gaz de sinteză”), care se trece la temperatura de 300–350°C și 250 atm. peste un catalizator de oxizi de zinc și de crom:



Metanolul este o substanță foarte toxică chiar și în cantități mici. Doza de numai 10 ml metanol provoacă orbirea, iar în cantitate mai mare poate provoca moartea.

Etanolul alimentară se obține prin fermentarea glucozei din struguri, cereale sau cartofi, conform schemei reacției:



Etanolul are gust arzător, iar consumat în cantități mari este toxic.

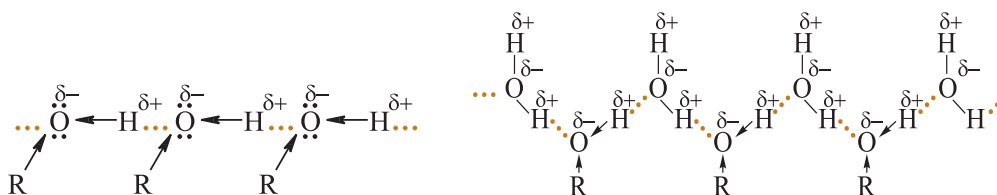
Organizația Mondială a Sănătății clasează alcoolul în grupa drogurilor.

Proprietăți fizice

După cum observi din *tabelul 3.2*, niciun alcool nu are starea de agregare gazoasă la temperatură obișnuită; alcoolii monohidrolici saturați până la C_{12} sunt lichide, iar mai sus – substanțe solide.

Punctele de fierbere ale alcoolilor inferiori sunt foarte înalte, comparativ cu cele ale hidrocarburilor sau ale eterilor cu mase moleculare identice. *Proprietățile fizice specifice ale alcoolilor se datorează unor asocieri moleculare între moleculele de alcool. Astfel, între atomul de hidrogen electropozitiv ($\delta+$) al unei grupe hidroxil și atomul de oxigen electronegativ ($\delta-$) al altei grupe apar atracții de natură electrostatică. În stare lichidă și solidă alcoolii formează asociații moleculare, compuse dintr-un număr variabil de molecule unite prin *legături de hidrogen* mai puternice decât legăturile Van der Waals, dar mai slabe decât cele covalente.

În mod asemănător se realizează legăturile de hidrogen și cu moleculele apei, ceea ce explică cauza solubilității alcoolilor cu masa moleculară mică în apă:



Existența legăturilor de hidrogen este cauza unei ridicări pronunțate a punctelor de fierbere ale alcoolilor. De exemplu: alcoolul etilic $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ fierbe la +78°C, iar izomerul lui – dimetil-eterul CH_3OCH_3 fierbe la -24°C.

Legăturile de hidrogen nu modifică proprietățile chimice ale substanțelor; ele influențează doar asupra anumitor proprietăți fizice ale lor.

Datorită legăturilor de hidrogen, alcoolii sunt mai puțin volatili și au solubilități mai mari în apă (*tabelul 3.2*). La fierberea alcoolilor legăturile de hidrogen se rup.

Solubilitatea în apă scade odată cu creșterea numărului de atomi de carbon în moleculă. Alcoolii monohidroxic superiori sunt insolubili în apă. Solubilitatea alcoolului crește odată cu creșterea numărului de grupări hidroxil.

Tabelul 3.2. Constante fizice ale unor alcoolii monohidroxic

Formula de structură	*Geometria moleculei	Temperatura, °C		Densitatea ρ , g/cm ³	S ¹ , g/100 g H ₂ O (20°C)
		de topire	de fierbere		
CH ₃ OH	—OH	- 97	64,7	0,792	∞
CH ₃ -CH ₂ OH		- 115,0	78,3	0,789	∞
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ OH		- 127	97,2	0,804	∞
CH ₃ -CH(OH)-CH ₃		- 86	82,4	0,786	∞
CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ OH		- 90	117,5	0,810	7,9
CH ₃ -CH ₂ -CH(OH)-CH ₃		- 11,4	99,5	0,806	12,5
$\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2\text{OH} \end{matrix}$		- 108	108	0,802	10,0
$\begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{matrix}$		25,5	83	0,789	∞

S¹ - solubilitate

Problemă creativă Analizează și compară punctele de fierbere ale izomerilor alcoolului cu 4 atomi de carbon (tabelul 3.2). Trage concluzii. Construiește graficul acestei corelații: pe coordonata X – denumirea alcoolului, pe coordonata Y – temperaturile de fierbere. Argumentează forma graficului obținut cu trănicia legăturilor de hidrogen dintre molecule.

Alcoolul etilic nu poate fi separat de apă prin distilare. Etanolul fără apă, numit „alcool absolut”, se obține prin fierbere cu substanțe chimice care se combină cu apa, de exemplu CaO (var nestins) sau CuSO₄ anhidru, apoi se distilează.

Corelația dintre structură, proprietăți și utilizarea alcoolilor

În corelație cu proprietățile chimice ale alcoolilor și utilizarea lor este foarte diversă. Alcoolul etilic în amestec cu aerul lichid este folosit în calitate de carburant pentru avioanele cu reacție, în medicină – pentru dezinfectia instrumentelor chirurgicale și a mâinilor chirurgului înainte de operații. Etanolul utilizat în scopuri industriale este denaturat prin amestecare cu metanol și coloranți, spre a-l face imposibil pentru băuturi alcoolice. Alcoolul metilic, care se deosebește doar cu o grupare (-CH₂-), este foarte toxic: deoarece în organism, la acțiunea enzimelor, ușor se oxidează trecând în aldehydă formică, apoi în acid formic (substanțe foarte toxice care atacă celulele retinei, provocând orbirea sau chiar moartea), însă are aplicare foarte largă în industria chimică. Din metanol (care se obține din gazul de sinteză) se produce aldehydă formică, utilizată la fabricarea maselor plastice (rășini fenolformaldehidice).

AUTOEVALUARE

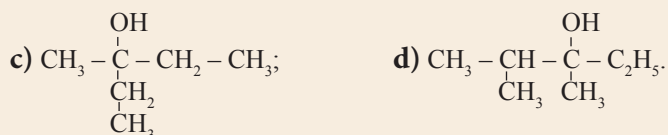
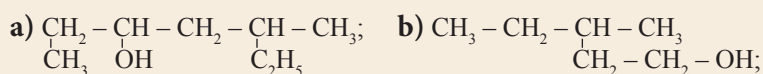
1. Definește noțiunile:

- a) compuși hidroxilici, formula lor generală, grupa funcțională;
- b) alcooli monohidroxilici saturați, formula lor generală;
- c) alcooli di- și polihidroxilici.

2. Explică:

- a) clasificarea compușilor hidroxilici după natura radicalului R din formula generală (alcooli și fenoli);
- b) seria omoloagă a alcoolilor monohidroxilici saturați;
- c)* clasificarea alcoolilor monohidroxilici (primari, secundari, terțiari);
- d) nomenclatura alcoolilor monohidroxilici saturați;
- e) tipurile de izomerie: de catenă, de poziție a grupei OH, *de funcțiune.

3. Numește alcoolii cu următoarele formule de structură:



4. Reprezintă formulele de structură ale următorilor alcooli:

- a) propan-1-ol;
- b) 2-metil-pentan-1-ol;
- c) *3-etil-hexan-3-ol;
- d) 2,2-dimetil-pentan-3-ol.

*Indică alcoolii primari, secundari și terțiari.

5. Scrie ecuațiile reacțiilor ce permit următoarele transformări:

- a) metan → metanol;
- b) etan → etanol;
- c)* propan → propan-2-ol.

6. Răspunde cu **A**, dacă afirmația este adevărată, și cu **F**, dacă afirmația este falsă:

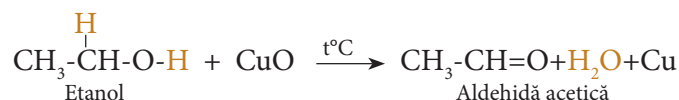
- a) *Legătura C–O din molecula CH₃OH se scindează mai ușor decât legătura C–H din CH₄.
- b) *Etanolul este izomer de funcțiune cu eterul dietilic.
- c) Alcoolul etilic este un lichid bine solubil în apă, deoarece formează legături de hidrogen cu apa.
- d) Temperaturile de fierbere înalte ale alcoolilor sunt determinate de prezența legăturilor de hidrogen dintre molecule.
- e) *Legăturile de hidrogen modifică proprietățile chimice ale substanțelor.

	A	F
a)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Rezolvă:

Ce cantitate de fructe ce conțin 28% glucoză este necesară pentru a obține 2 l etanol de 40% ($\rho = 1,02 \text{ g/cm}^3$)?

(R.: 5701,86 g)



*Oxidarea blândă a alcoolilor primari până la aldehyde, care pot trece în acizi carboxilici cu același număr de atomi de carbon, poate fi efectuată și cu amestec de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ și H_2SO_4 (amestec cromic). În realitate oxidarea alcoolului decurge în două etape: la prima se formează aldehida, care apoi trece ușor în acid:

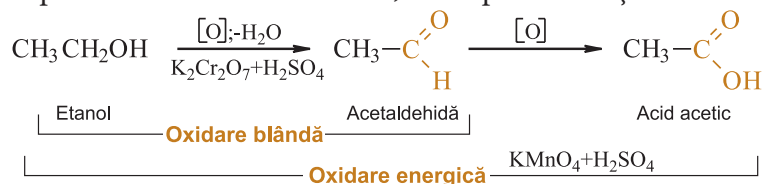
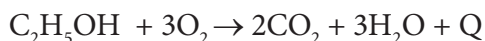


Fig 3.2. Principiul funcționării alcooltestului.

Culoarea inițială a amestecului cromic este portocalie. În urma oxidării alcoolului culoarea soluției devine verde (culoarea ionilor Cr^{3+}). Schimbarea evidentă a culorii în timpul acestei reacții se folosește la depistarea alcoolului (alcooltestul) în aerul expirat de conducătorii auto (fig.3.2).

b) oxidarea totală (ardere).

Alcoolii ard complet cu flacără slab vizibilă (albăstruie) cu degajare de căldură:



Alcoolii inferiori se utilizează în unele țări în calitate de combustibil pentru automobile.

Alcoolul etilic se poate oxida sub acțiunea oxigenului din aer, în prezența anumitor enzime sau bacterii. Fenomenul acesta se întâlnește în natură: alcoolul prezent în vin se oxidează până la acid acetic (oțetirea vinului), (fig.3.3):

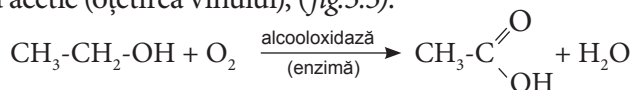


Fig 3.3. Vinurile conțin 10-12% alcool.



EXPERIMENT DEMONSTRATIV

*Oxidarea alcoolilor primari

a) cu oxidul de cupru (II)

1. **Încălzește** la flacăra arzătorului o spirală de cupru până se acoperă cu un strat negru de oxid de cupru (CuO).
2. **Introdu** spirala fierbinte într-o eprubetă ce conține 2-3 ml de alcool etilic (fig. 3.4).
3. **Observă** dispariția culorii negre a oxidului de cupru și apariția culorii roșiatice a cuprului metalic (Cu).

b) cu amestec cromic ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ și H_2SO_4)

1. **Toarnă** într-o eprubetă 1 ml de soluție 10% de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, apoi adaugă 0,5 ml de H_2SO_4 concentrat.
2. **Adaugă** la soluția de bicromat de potasiu acidulată (culoare portocalie) câteva picături de alcool etilic.
3. **Agită** conținutul eprubetei, constată trecerea culorii portocalii în verde (ionii de Cr^{3+}) și mirosul aldehidei (mere verzi).

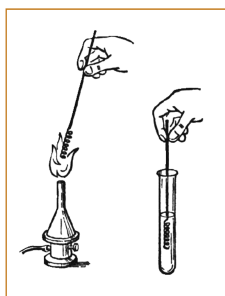


Fig 3.4. Oxidarea alcoolilor primari.

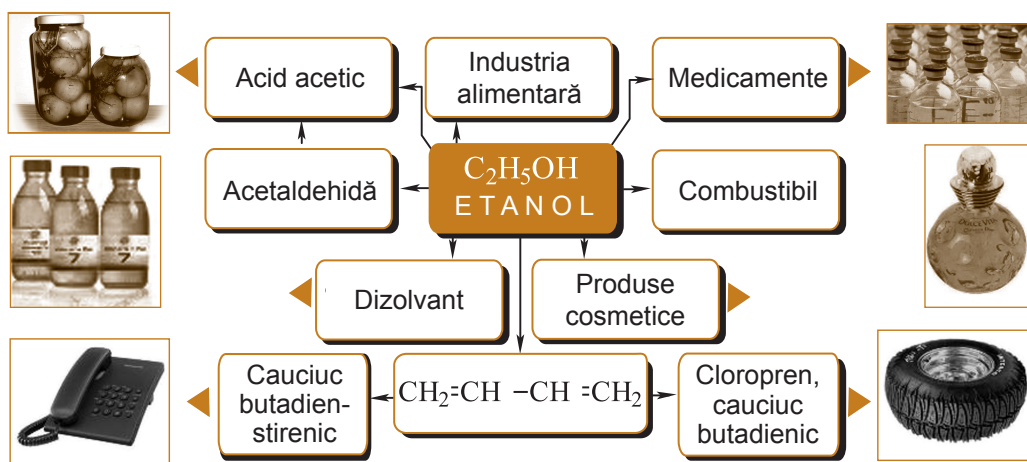
Alcooli mai importanți și utilizarea lor

Metanolul este un bun dizolvant pentru rășini, grăsimi și unii coloranți.

Etanolul se folosește în industria chimică și farmaceutică, la obținerea eterului etilic și a esterilor, la conservarea preparatelor anatomice, în parfumerie.

Mari cantități de alcool etilic se consumă la obținerea butadienei (schema 3.1).

Schema 3.1. Utilizarea etanolului



Acțiunile fiziologice nocive ale alcoolilor

Unele documente istorice denotă că băuturile obținute în urma fermentării diferitor substanțe sunt cunoscute din cele mai vechi timpuri, vița-de-vie fiind principala sursă de băuturi alcoolice.

Consumat în cantități moderate, alcoolul este un stimulent, în timp ce consumul lui în exces constituie un factor nociv asupra sănătății omului. Efectele negative ale băuturilor alcoolice asupra organismului uman au fost studiate de un șir de savanți fiziologi, chimiști și medici. Rezultatele cercetărilor au constatat o relație strânsă între alcoolism și tumorile localizate în cavitatea bucală, laringe, esofag, ficat și plămâni.

Datele statistice denotă că alcoolismul prezintă a treia cauză a mortalității după bolile cardiovasculare și cancer.

Băuturile alcoolice consumate frecvent și în doze mari afectează grav organismul uman, în special organele interne. Ele pot produce dereglări serioase ale funcției ficatului, pancreasului, stomacului, rinichilor etc. Deși nu este considerat drog, alcoolul poate provoca dependență psihică, uneori și fizică. Orice exces de alcool favorizează distrugerea substanței cenușii a creierului (neuronilor), care nu regenerează, și în consecință omul acuză tulburări de memorie, își pierde capacitățile intelectuale sau chiar și cele mintale.

Știi că ...

0,33 l de bere (4% alcool), 0,01 l rachiu (38% alcool) și 0,125 l vin (11% alcool) au aceeași acțiune nefastă asupra organismului uman.

AUTOEVALUARE

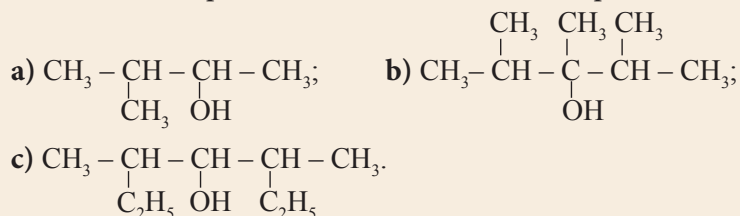
1. Definește noțiunile:

- a) aciditate (acizi minerali);
- b) aciditatea alcoolilor (R-OH);
- c) alcoolați.

2. Explică:

- a) care sunt reacțiile chimice ce pun în evidență că proprietățile acide ale alcoolilor sunt mai slab pronunțate decât cele ale apei;
- b) *ce sunt esterii și cum se formează ei;
- c) reacțiile de deshidratare intra- și *intermoleculară pe exemplul propan-2-olului.

3.* Alege formula ce corespunde denumirii 2,3,4-trimetilpentan-3-ol:



4. Scrie:

- a) ecuațiile chimice care denotă proprietățile chimice ale propan-1-olului (deshidratare, oxidare, ardere);
- b) ecuațiile reacțiilor alcoolului etilic (dacă au loc) cu: NaOH, H₂, Na, Cu(OH)₂.

5. Alege răspunsul corect:

- A. La oxidarea alcoolilor primari se formează aldehide/cetone.
- B. Etanolul arde în aer cu o flacără luminoasă cu degajare de căldură/ nu arde în aer.
- C. La arderea a 32 g de metanol se consumă un volum de oxigen egal cu:
 - a) 11,2 l; b) 22,4 l; c) 33,6 l; d) 42 l.

6. Completează spațiile libere din afirmațiile:

- a) La deshidratarea etanolului intramolecular se obține și intermolecular
- b) La interacțiunea alcoolului metilic cu sodiul metalic se degajă și se formează
- c) Domeniile de utilizare a metanolului și etanolului sunt

7. Scrie ecuațiile reacțiilor din transformările:

carbură de calciu → etină → etenă → etanol → *eter dietilic.

8. Rezolvă:

A. Soluția de alcool etilic în benzen cu masa 115 g a interacționat cu sodiul metalic și s-a degajat un volum de hidrogen egal cu 6,72 l (c.n.). Să se calculeze partea de masă a alcoolului din soluție.

(R.:24%)

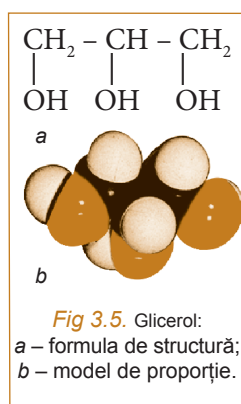
B. Să se calculeze volumul hidrogenului (c.n.) care se degajă la interacțiunea a 6,9 g de sodiu metalic cu 16 g de metanol „absolut” (fără apă).

(R.: 3,36 l)

3.1.3. Alcoolii polihidroxicilici saturați

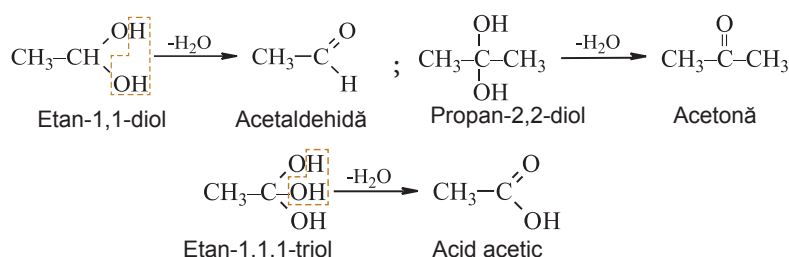
Definiție, structură*, nomenclatură*

Compușii organici care derivă de la hidrocarburi saturate, prin înlocuirea a doi sau a mai multor atomi de hidrogen, de la diferiți atomi de carbon, cu grupe funcționale $-OH$, se numesc **alcooli polihidroxicilici**.



Alcoolii care conțin în moleculă două grupe hidroxil se numesc *dioli* sau *glicoli*. Primul reprezentant al lor este diolul cu doi atomi de carbon.

Compușii hidroxicilici cu două sau trei grupe hidroxil la același atom de carbon sunt instabili și trec în aldehide, cetone sau acizi carboxilici:



După poziția grupelor $-OH$, diolii pot fi: *geminali* (*instabili*), *vicinali* (1,2) și *disjuncti* (1,3; 1,4 etc.) (tabelul 3.3). Dintre compușii hidroxicilici care conțin mai mult de două grupe hidroxil în moleculă face parte și glicerolul (fig. 3.5).

Denumirea sistematică a alcoolilor polihidroxicilici se formează de la denumirea alcanului cu numărul respectiv de atomi de carbon, urmat de cifrele ce indică pozițiile grupelor $-OH$ și prefixele *di-*, *tri-*, *tetra-* etc., și sufixul *-ol*.

Denumirea nesistematică a diolilor provine de la denumirea nesistematică a alchenei corespunzătoare la care se adaugă cuvântul *glicol*, specificând poziția relativă a grupelor $-OH$ prin literele α , β , γ etc. (tabelul 3.3).

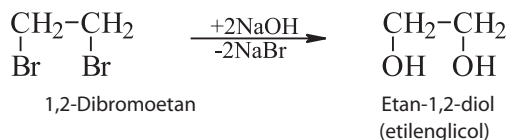
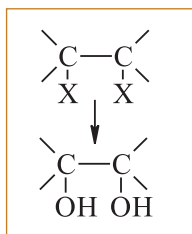
Tabelul 3.3. Nomenclatura și unele constante fizice ale alcoolilor polihidroxicilici

Formula	Nomenclatura		Temperatura de fierbere, °C	Solubilitatea în apă, 25°C (g/100 g)
	Denumirea sistematică	§ Denumirea nesistematică		
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	Etan-1,2-diol	§ Etilenglicol	197	∞
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	Propan-1,2-diol	§ α -Propilenglicol	187	∞
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \quad \text{OH} \end{array}$	Propan-1,3-diol	§ β -Propilenglicol	215	∞
$\begin{array}{c} \text{CH}_2-\text{CH}-\text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$	Propan-1,2,3-triol	Glicerol	290	∞

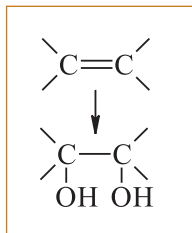
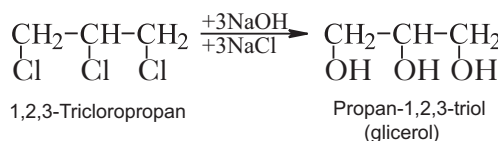
Etilenglicolul și glicerolul**Metode de sinteză**

Unele metode de preparare a alcoolilor polihidroxicici sunt asemănătoare cu cele ale alcoolilor monohidroxicici.

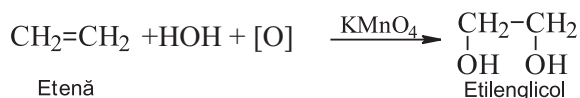
1. *Hidroliza cu soluție apoasă de NaOH a derivaților dihalogenați vicinali:



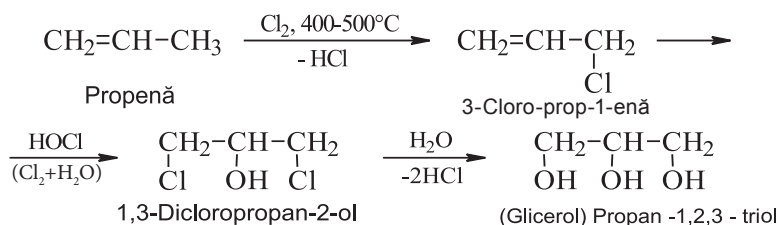
În mod similar se obține și propan-1,2,3-triolul:



2. *Oxidarea blândă a alchenelor conduce la dioli:



3. ♦ Sinteza industrială a propan-1,2,3-triolului (glicerolul) începe de la propenă (care se obține din gazele de cracare) și constă în transformarea ei succesivă în glicerol:



Există și alte metode industriale de obținere în care este evitată etapa cu clor, acesta fiind toxic.

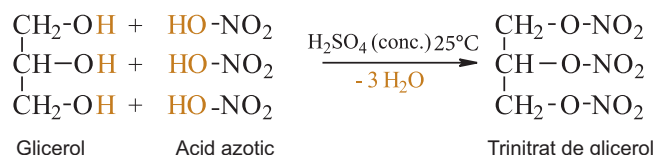
Cele mai mari cantități de glicerol se obțin, însă, prin saponificarea grăsimilor.

Proprietăți fizice

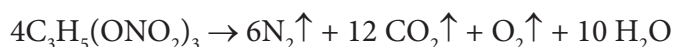
Odată cu creșterea numărului de grupe hidroxil dispăre mirosul caracteristic alcoolilor monohidroxicici saturați, apare gustul dulce și scade toxicitatea.

Etilenglicolul și glicerolul sunt lichide incolore cu viscozitate mare. Datorită prezenței mai multor grupe -OH, prin urmare și a asocierii moleculare mai pronunțate, crește temperatura de fierbere a polioliilor, care sunt mai solubili în apă decât alcoolii monohidroxicici (tabelul 3.3).

***Glicerolul** interacționează cu acidul azotic în prezența H_2SO_4 (conc.), în consecință obținându-se trinitrat de glicerol, care este un ester al acidului azotic și al glicerolului:



‡ **Trinitratul de glicerol** este un lichid, care explodează adesea spontan cu eliminare de produse gazoase:



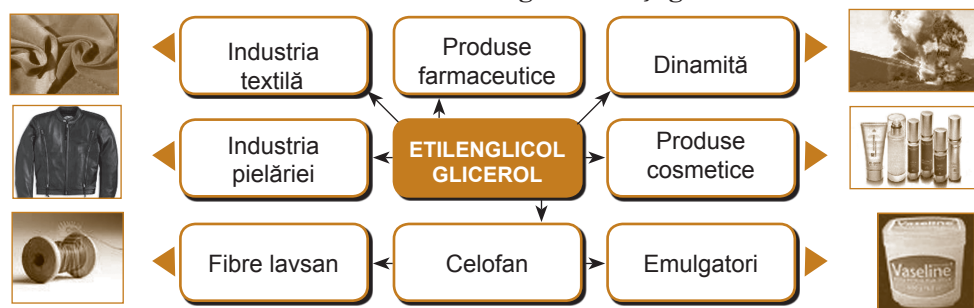
Trinitroglicerolul este componenta de bază a „dinamitei”, fiind obținut pentru prima dată, în 1847, de chimistul italian A. Sobrero. Mai târziu, Alfred Nobel descoperă că la combinarea nitroglicerolului lichid cu dioxidul de siliciu poros (kieselguhr) se formează o pastă, care este în continuare explozivă, dar mult mai sigur de manipulat. El numește noul produs „dinamită”. În 1867, A. Nobel își brevetează invenția.

Utilizarea etilenglicolului și glicerolului

Etilenglicolul are utilizare largă ca anticongelant („antigel”) în radiatoarele motoarelor, în diferite sinteze organice. De asemenea, se folosește la producerea fibrelor lavsan, celofanului, emulgatorilor. Este foarte toxic.

Glicerolul (glicerina) intră în componența grăsimilor. Are numeroase utilizări. Cantități mari se folosesc la obținerea trinitroglicerolului (dinamitei) și a unor materiale plastice, în farmaceutică și în cosmetică, în industria cauciucului, la înmuierea țesăturilor și a pieilor. Soluțiile diluate de trinitrat de glicerol se utilizează în medicină în calitate de vasodilatatoare.

Schema 3.2. Utilizările etilenglicolului și glicerolului



Tema 3.4. Descrie domeniile de utilizare ale etilenglicolului și glicerolului, folosind schema 3.2.

Știi că ...



Alfred Nobel (1833-1896), inginer și inventator suedez, este considerat inventatorul dinamitei, fapt pentru care a fost menționat cu numeroase distincții și a câștigat importante fonduri. A creat Fundația Nobel în cadrul Academiei Regale de Științe a Suediei și a instituit Premiul Nobel ce se acordă anual, începând din 1901, pentru realizări remarcabile în domeniul fizicii, chimiei, fiziologiei și medicinei, literaturii, precum și pentru activitatea de promovare a păcii în lume, iar din 1968 și pentru lucrări în domeniul științelor economice.

AUTOEVALUARE

1. Definește noțiunile:

- a) alcooli di- și trihidroxilici;
- b) \diamond dioli vicinali și disjuncti;
- c) \diamond dioli și trioli geminali.

2. Explică:

- a) cum se formează denumirea sistematică a alcoolilor polihidroxilici;
 - b) *prin ce se manifestă influența reciprocă a grupelor hidroxil în polialcooli;
 - c) *care este diferența dintre un alcool terțiar și un triol; Dă exemple;
 - d) *de ce alcoolii monohidroxilici saturați nu reacționează cu hidroxidul de cupru (II) și hidroxidul de sodiu, spre deosebire de di- și trioli;
3. ***Aranjează** în ordinea creșterii acidității următorii compuși hidroxilici: etilen-glicol, glicerol, etanol, 2-metil-propan-2-ol.
4. ***Asociază** numărul de ordine al reactivilor cu cel puțin două litere ce marchează substanțele cu care vor reacționa:

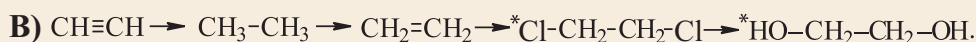
- | | |
|---|------------------|
| 1. Apă de brom | a) etan |
| 2. $\text{Cu}(\text{OH})_2$ | b) etenă |
| 3. Ag_2O (soluție amoniacală) | c) etanol |
| 4. Na | d) etan-1,2-diol |
| | e) etină |

5. Scrie succesiunea ecuațiilor reacțiilor ce permit următoarele transformări:

- a) etanol \rightarrow etan-1,2-diol;
- b) butan-2-ol \rightarrow butan-2,3-diol.

6. Scrie ecuațiile reacțiilor:

- a) * glicerolului cu următorii reagenți: a) Na; b) acid azotic; c) $\text{Cu}(\text{OH})_2$;
- b) cu ajutorul cărora pot fi realizate următoarele transformări:



7. Rezolvă:

A. *Ce volum de hidrogen (c.n.) se elimină la interacțiunea a 40 g de glicerol cu sodiu metalic cu masa 40 g?

(R.: 14,5 l)

B. *La nitrarea glicerolului cu masa 55,2 g se obține trinitrat de glicerol. Să se calculeze masa produsului reacției.

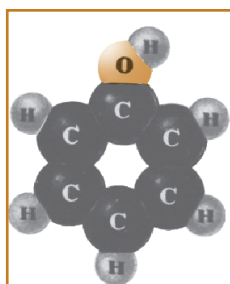
(R.: 136 g)

C. *Etilenglicolul se obține conform schemei: etenă \rightarrow 1,2-dicloroetan \rightarrow etan-1,2-diol. Să se scrie ecuațiile reacțiilor și să se calculeze masa etilenglicolului obținut și volumul clorului folosit la clorurarea a 3,36 l (c.n.) de etenă.

(R.: 9,3 g; 3,36 l)

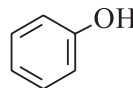
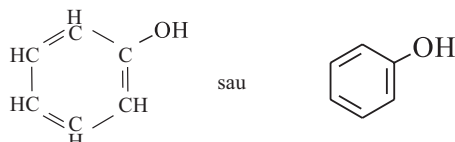
3.1.4.

Fenolul

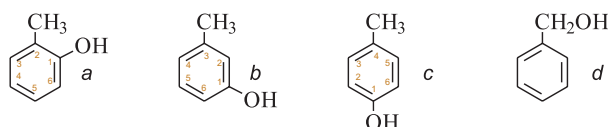
**Definiție. Nomenclatură**

Fenolul este compusul hidroxilic la care grupa hidroxil $-OH$ este legată direct de un atom de carbon din inelul aromatic (C_6H_5OH).

Formula de structură a fenolului, prin analogie cu benzenul, poate fi redată astfel:



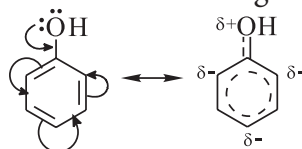
♦ Fenolul (C_6H_5OH) este primul reprezentant al seriei omoloage a fenolilor. Omologul lui imediat superior, cu formula C_7H_7OH , are patru izomeri: trei – după poziția substituenților în nucleul aromatic (cresoli, *a, b, c*) și un alcool aromatic (alcool benzolic, *d*) cu proprietăți specifice alcoolilor:



Denumirea **sistematică** a omologilor fenolului se formează de la cuvântul *fenol*, adăugând înaintea lui denumirea și poziția (cu cifre) a substituentului. Numerotarea se începe de la grupa $-OH$.

Tema 3.5. ♦ Formulează denumirea sistematică a crezolilor *a-c*.

***Structura fenolului.** Ca și alcoolii, fenolul posedă gruparea $C \rightarrow \ddot{O} \leftarrow H$, ce conține două legături polare și două perechi de electroni neparticipanți la oxigen. S-ar părea, că reactivitatea chimică a fenolului e analoagă cu cea a alcoolilor. În realitate, însă, nu este așa, deoarece cele două perechi de electroni neparticipanți ai oxigenului se întrepătrund cu sextetul de electroni π ai inelului aromatic. Ca rezultat, are loc deplasarea electronilor de la oxigen spre inelul benzenic:



Apariția sarcinii parțial pozitive ($\delta+$) pe oxigen conduce la polarizarea puternică a legăturii O-H, favorizând desprinderea protonului (disocierea). Într-adevăr, fenolii sunt acizi mai tari decât alcoolii. Ei disociază mai ușor, de aceea fenolul mai este numit *acid carbolic*:



Echilibrul reacției de disociere la fenol este deplasat mai mult spre dreapta, comparativ cu alcoolii.

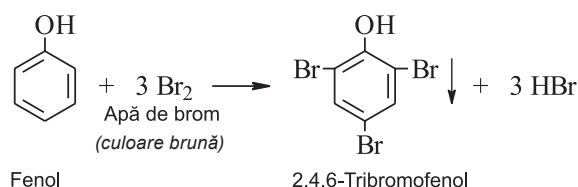
Știi că ...

Aciditatea fenolului în soluții apoase este de 10 mii ori mai mare ca aciditatea apei.

***B. Reacții ale ciclului benzenic**

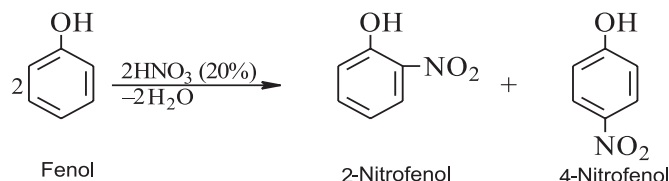
Ciclul benzenic al fenolului prezintă, în ansamblu, proprietățile chimice descrise la tema *Arene*. Însă prezența grupei hidroxil modifică comportamentul acestuia: grupa $-OH$ activează ciclul benzenic în care se află și substituția are loc în pozițiile 2,4,6 față de acesta. Reacțiile acestea decurg mult mai ușor decât la benzen.

2. **H a l o g e n a r e a**. Prin tratarea fenolului cu apă de brom are loc decolorarea soluției cu formarea a 2,4,6-tribromofenolului – precipitat alb cristalin:

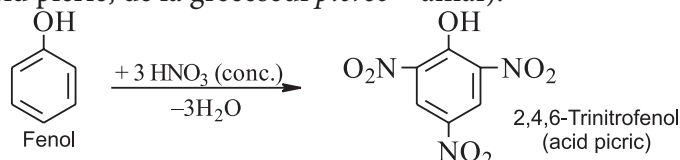


Această reacție servește la determinarea calitativă și cantitativă a fenolului.

3. **N i t r a r e a** fenolului decurge foarte ușor cu acid azotic diluat la temperatura camerei și dă un amestec de 2- și 4- nitrofenoli:



Nitrarea fenolului cu acid azotic concentrat, luat în exces, conduce la 2,4,6-trinitrofenol (acid picric, de la grecescul *picros* – amar):



Nitrofenolii sunt substanțe de culoare galbenă, utilizate în calitate de coloranți.

4. **R e a c ț i i d e c u l o a r e**. Fenolul formează cu soluția apoasă de clorură de fier (III) o culoare caracteristică (roșu-violet) ce servește la recunoașterea lui.

Atenție !

Fenolul, nimerind pe piele, produce arsuri.

**EXPERIMENT DEMONSTRATIV****Reacția de culoare a fenolului**

1. **Introdu** într-o eprubetă câteva cristale de fenol, apoi adaugă 1–2 ml de alcool, în care fenolul se dizolvă.
2. **Adaugă** cu pipeta la soluția obținută 1–2 picături soluție clorură de fier (III) de 5%.
3. **Observă** apariția culorii caracteristice (roșu-violet).

Știi că ...

Acidul picric este primul colorant sintetic utilizat la vopsirea țesăturilor (1849); până atunci se utilizau doar coloranți naturali.



Fig. 3.6. Utilizarea fenolului și a derivaților lui: 1 – coloranți parfumerici; 2 – insecticide; 3 – medicamente; 4 – textolit sticlos.

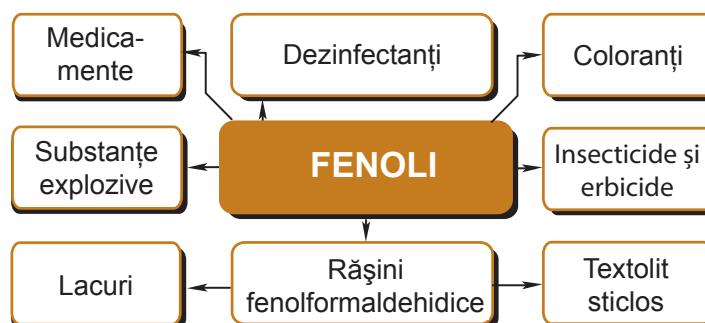
Utilizările fenolilor

Fenolul este o materie primă importantă pentru industria chimică organică (*schema 3.3*). Mari cantități de fenol se utilizează la fabricarea medicamentelor (acidului salicilic), coloranților, produselor cosmetice, explozivelor (sărurile acidului picric). Împreună cu formaldehida se folosește la obținerea bachelitei (*vezi pag. 169*). Soluția diluată de fenol este utilizată ca dezinfectant.

Masele plastice pe bază de rășini fenolformaldehidice (fenoplaste) au duritate și stabilitate înaltă, proprietăți electro-izolatoare. Din ele se confecționează piese pentru aparatele radiotehnice și se prepară aparataj pentru laboratoarele chimice. Mari cantități de fenol se aplică la obținerea fibrelor sintetice (capron, neilon) și a erbicidelor (*fig. 3.6*).

Fenolul este utilizat și pentru protejarea obiectelor din lemn (mobilă, icoane etc.).

Schema 3.3. Utilizarea fenolilor



Tema 3.6. Descrie domeniile de utilizare a fenolului, folosind *schema 3.3*.

Protecția mediului ambiant. Ținând cont de faptul că fenolii sunt substanțe toxice (limita concentrației admisibile – $5\text{mg}/\text{m}^3$), la obținerea și utilizarea industrială a lor este necesar să fie respectate anumite reguli de protecție a mediului ambiant. Deversarea reziduurilor fenolice în bazinele acvatice este foarte periculoasă pentru flora microbiană. Nimerind în apă, fenolul interacționează cu oxigenul dizolvat în ea, ceea ce duce la pieirea faunei și florei acvatice. Întreprinderile industriale, care neglijează legislația privind protecția mediului ambiant poluându-l cu deversări de fenoli, sunt penalizate.

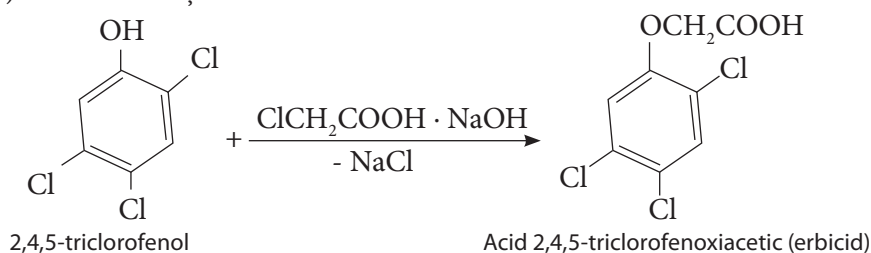
Unele măsuri de prevenire a poluării cu fenol:

- optimizarea tehnologiilor cu utilizarea fenolului;
- modernizarea utilajului aplicat;
- stocarea în bazine speciale a apelor reziduale fenolice;
- purificarea apelor reziduale prin metode chimice și biologice.

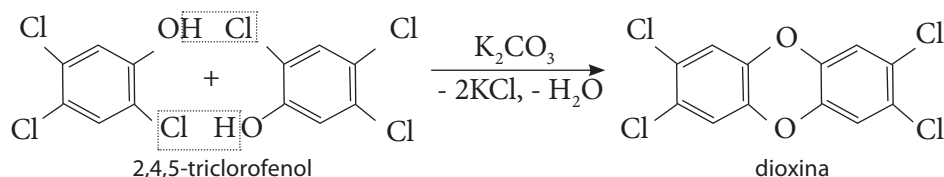
STUDIUL
DE CAZ**Influența compușilor clorurați ai fenolului
asupra sănătății și calității vieții**

Fenolul este o substanță foarte importantă pentru industria chimică, deoarece este materia primă pentru sinteza unui șir de substanțe cu acțiune pesticidă.

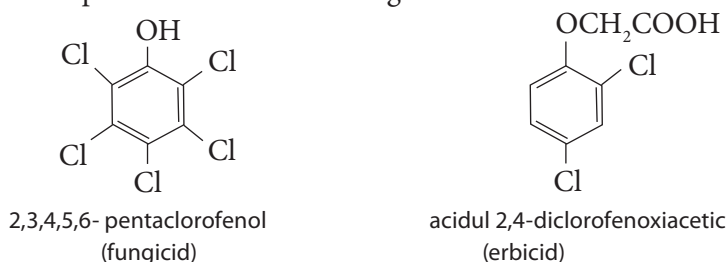
De exemplu: din 2,4,5 triclorofenol se obține acidul 2,4,5-triclorofenoxiacetic (2,4,5T) care se folosește ca erbicid:



Însă, s-a constatat că acest erbicid eficient în anumite condiții se poate transforma într-o substanță foarte toxică – dioxina – una dintre cele mai toxice substanțe sintetizate:

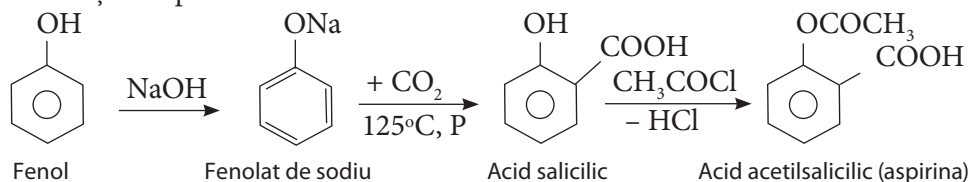


Dioxina este de 100 000 de ori mai toxică decât cianura de sodiu. Alte exemple de clorofenoli care prezintă activitate fiziologică sunt:



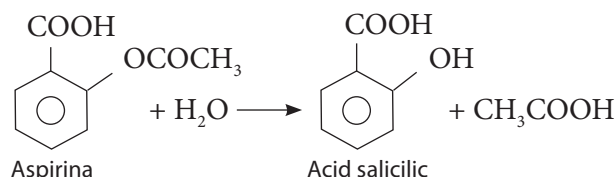
Insecticidele și erbicidele pe bază de fenol utilizate în agricultură în cantități excesive duc la poluarea mediului ambiant, producând ulterior grave dereglări ale proceselor vitale la om și animale. Din categoria substanțelor cu o toxicitate deosebit de ridicată fac parte și clorofenolii descriși.

Fenolul este o materie primă prețioasă și pentru industria farmaceutică. De exemplu, la carboxilarea fenoxidului de sodiu se obține acidul salicilic, iar la acilarea lui se obține aspirina:



Aspirina are acțiune antiinflamatoare și antifebră (reduce temporar temperatura corpului). Este medicamentul cel mai vândut în lume (cca 20 mln. kg/an).

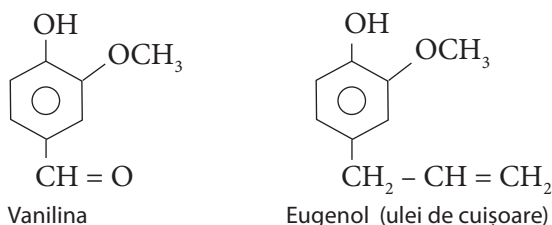
Aspirina este o substanță solidă, albă, fără miros, stabilă în absența umidității. În mediu umed sau în stomacul uman ea se hidrolizează cu formare de acid salicilic și acid acetic:



Consumată în cantități mari, fără recomandarea medicului, aspirina poate cauza ulcer gastric, hemoragii stomacale etc. Ea trebuie administrată cu atenție, deoarece în stomac aciditatea crește și în timp, prin folosirea repetată, poate provoca ulcerul stomacal.

Atenție! Dacă pastilele de aspirină au miros ușor de oțet (acid acetic), înseamnă că ele sunt hidrolizate (au termenul de utilizare depășit) și nu pot fi utilizate ca medicament.

Unele plante în procesul de dezvoltare produc fenoli, care, de obicei, au miros puternic caracteristic:



În ceaiul verde, în struguri, în piper se găsesc substanțe din clasa fenolilor cu proprietăți anticancerigene.

Problemă creativă Propune o reacție chimică cu efect vizual, ce ar demonstra prezența nucleului benzenic în molecula aspirinei. Ce reagent chimic transformă culoarea albă a aspirinei în galben intens?



EXPERIMENT DEMONSTRATIV

Identificarea grupei fenolice în urma reacției de hidroliză a aspirinei (acidul acetilsalicilic)

- 1. Introdu** o pastilă de aspirină în 5 ml de apă distilată și încălzește conținutul eprubetei 2-3 min. într-o baie de apă.
- 2. Decantează** soluția transparentă în altă eprubetă.
- 3. Adaugă** în soluția obținută 2-3 picături soluție de 5% de FeCl_3 proaspăt pregătită.
- 4. Constată** apariția colorației violet, caracteristică grupei $-\text{OH}$ din fenol.

AUTOEVALUARE

1. **Definește** noțiunea: fenol.

2. **Explică:**

aciditatea fenolului ca rezultat al influenței reciproce a grupelor C_6H_5- și $-OH$ din moleculă.

3. ***Scrie** ecuațiile reacțiilor de obținere a fenolului din benzen.

4. **Completează** spațiile libere din afirmațiile:

a) Molecula de fenol este alcătuită din grupa hidroxil și, ce manifestă influență

b) *Compusul cu formula C_7H_7OH este fenolului (C_6H_5OH).

c) *Mononitrofenolii se obțin în urma reacției de a fenolului cu

5. **Reprezintă*** formulele de structură ale următorilor compuși:

a) *4-nitrofenol;

b) 2-clorofenol;

c) 4-bromofenol;

d)* 2,4,6-trinitrofenol.

6. **Scrie** ecuațiile reacțiilor fenolului cu următorii reagenți:

a) Na;

b) NaOH;

c) * $Br_2(H_2O)$;

d) * HNO_3 (concentrat).

7. **Răspunde** cu **A** (adevărat) sau **F** (fals) la următoarele afirmații:

A **F**

a) *Fenolul manifestă aciditate mai pronunțată ca alcoolii și interacționează cu bazele alcaline.

--	--

b) Fenolul cu soluția de clorură de fier (III) formează o colorație roșu-violet.

--	--

c) *La tratarea fenolului cu apă de brom se formează 2,4,6-tribromofenol, precipitat alb.

--	--

d) Fenolul este o substanță albă cristalină ce își schimbă culoarea la păstrare.

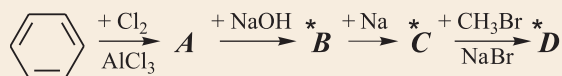
--	--

e) *La tratarea fenolului cu HNO_3 (c) se formează acid picric.

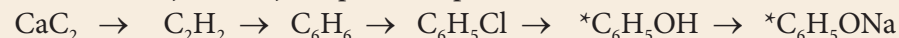
--	--

8. **Se dau schemele reacțiilor:**

a) Scrie ecuațiile reacțiilor și denumește produsele **A**, **B**, **C**, **D**.



b) Scrie ecuațiile reacțiilor prin care pot fi realizate următoarele transformări:



9. **Rezolvă:**

Ce volum de hidrogen (c.n.) se degajă la interacțiunea excesului de sodiu cu 0,1 mol de fenol?

(R.: 1,12 l)

3.1.5.-3.1.6.

Probleme de calcul la tema
Compuși hidroxilici

I. Probleme de calcul la determinarea formulei moleculare a compușilor hidroxilici după formula generală.

Problema 1

Un alcool monohidroxilic saturat conține 21,62% O. Să se stabilească formula moleculară a alcoolului.

Se dă:

$$\omega(\text{O}) = 21,62\%$$

Formula?

Rezolvare:

1. Se scrie formula generală a alcoolilor monohidroxilici saturați:



2. Se calculează masa moleculară a alcoolului:

$$\text{Mr}(\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}) = 12n + 2n + 2 + 16 = 14n + 18$$

3. Se calculează valoarea lui n din relația:

$$\omega(\text{E}) = \frac{m(\text{E}) \cdot \text{Ar}(\text{E})}{\text{Mr}} \cdot 100\% \quad \omega(\text{O}) = \frac{1 \cdot 16}{14n + 18} \cdot 100\%, \quad 21,62 = \frac{1600}{14n + 18}, \text{ de unde } n = 4.$$

4. Se înlocuiește valoarea lui n în formula generală a alcoolilor monohidroxilici: $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$.

Răspuns: Formula moleculară a alcoolului este $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ sau $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$.

***Problema 2**

La arderea a 1,2 g alcool monohidroxilic saturat secundar s-au obținut 2,64 g CO_2 . Să se stabilească formula moleculară și structurală a alcoolului.

Se dă:

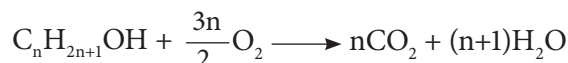
$$m(\text{ROH}) = 1,2 \text{ g}$$

$$m(\text{CO}_2) = 2,64 \text{ g}$$

Formula?

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația generală de ardere a alcoolilor monohidroxilici saturați:



2. Se determină cantitatea de substanță alcool și cantitatea de substanță CO_2 :

$$\text{Mr}(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}) = 12n + 2n + 1 + 17 = 14n + 18$$

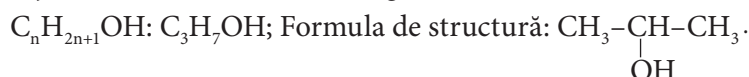
$$\text{Mr}(\text{CO}_2) = 44.$$

$$v = \frac{m}{M}; \quad v(\text{alcool}) = \frac{1,2}{14n + 18}; \quad v(\text{CO}_2) = \frac{2,64}{44n}$$

3. Din ecuația reacției rezultă:

$$v(\text{alcool}) = v(\text{CO}_2); \quad \frac{1,2}{14n + 18} = \frac{2,64}{44n}, \text{ de unde } n = 3.$$

4. Se înlocuiește valoarea lui n în formula generală:



Răspuns: Formula moleculară este $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$, iar cea de structură: $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{OH}) - \text{CH}_3$.

II. Calcularea masei substanței inițiale după cantitatea de substanță a produsului de reacție.

Problema 3

Să se calculeze masa fenolatului de potasiu ce se obține la interacțiunea a 2,82 g de fenol cu 5,6 g soluție de KOH cu partea de masă 40%.

Se dă:

$$\begin{aligned} m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) &= 2,82 \text{ g} \\ m(\text{sol.}) \text{ KOH} &= 5,6 \text{ g} \\ \omega(\text{sol. KOH}) &= 40\% \end{aligned}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) - ?$$

Rezolvare:

1. Se calculează masa de KOH din soluție:

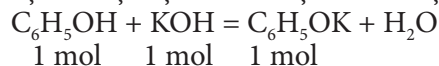
$$\omega = \frac{m(\text{subst.})}{m(\text{sol.})} \cdot 100\%; \quad m(\text{KOH}) = \frac{m(\text{sol.}) \cdot \omega}{100\%} = \frac{5,6 \text{ g} \cdot 40\%}{100\%} = 2,24 \text{ g.}$$

2. Se determină cantitatea de substanță $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ și KOH.

$$M(\text{KOH}) = 56 \text{ g/mol}; \quad M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 94 \text{ g/mol};$$

$$v(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})}{M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})} = \frac{2,82 \text{ g}}{94 \text{ g/mol}} = 0,03 \text{ mol}; \quad v(\text{KOH}) = \frac{m(\text{KOH})}{M(\text{KOH})} = \frac{2,24 \text{ g}}{56 \text{ g/mol}} = 0,04 \text{ mol.}$$

3. Se scrie ecuația reacției și se stabilește substanța luată în exces:



Din ecuația reacției rezultă: $v(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = v(\text{KOH})$; conform calculelor efectuate în baza datelor problemei, $0,03 \text{ mol} < 0,04 \text{ mol}$. Prin urmare, calculele se vor efectua pe baza fenolului, deoarece KOH este în exces.

4. Se determină cantitatea de substanță și masa fenolatului de potasiu.

Conform ecuației reacției:

$$v(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = v(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = 0,03 \text{ mol}; \quad M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = 132 \text{ g/mol};$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OK}) = v \cdot M = 0,03 \text{ mol} \cdot 132 \text{ g/mol} = 3,96 \text{ g.}$$

Răspuns: Masa fenolatului de potasiu este egală cu 3,96 g.

III. *Calcul pe baza proprietăților chimice ale compușilor hidroxilici dintr-un amestec.

Problema 4

La tratarea unui amestec de etanol și fenol cu exces de apă de brom s-a obținut un sediment alb cu masa 33,1 g. Aceeași masă de amestec a interacționat cu sodiu metallic. În urma reacției s-a degajat hidrogen cu volumul 2,24 l (c.n.). Să se calculeze masa amestecului inițial, masa etanolului și masa fenolului.

Se dă:

$$\begin{aligned} m(\text{precipitat}) &= 33,1 \text{ g} \\ V(\text{H}_2) &= 2,24 \text{ l} \end{aligned}$$

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) - ?$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) - ?$$

$$m(\text{amestec}) - ?$$

Rezolvare:

Din acest amestec cu brom va interacționa doar fenolul.

1. Se scrie ecuația reacției:



$$M(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 94 \text{ g/mol}; \quad M(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = 331 \text{ g/mol.}$$

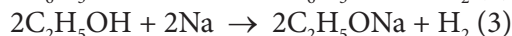
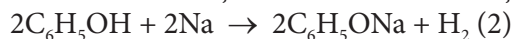
2. Se calculează cantitatea de substanță tribromofenol, fenol și masa fenolului:

$$v(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = \frac{33,1 \text{ g}}{331 \text{ g/mol}} = 0,1 \text{ mol.}$$

Conform ecuației reacției (1): $v(\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OH}) = v(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0,1 \text{ mol};$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = v \cdot M = 0,1 \text{ mol} \cdot 94 \text{ g/mol} = 9,4 \text{ g.}$$

3. Cu sodiul interacționează atât fenolul, cât și etanolul, conform ecuațiilor reacțiilor (2 și 3):



4. Se determină cantitatea de substanță hidrogen, etanol și masa etanolului:

$$v(H_2) = \frac{V}{V_m} = \frac{2,24 \text{ l}}{22,4 \text{ l/mol}} = 0,1 \text{ mol}; M(C_2H_5OH) = 46 \text{ g/mol.}$$

Din ecuația (2) rezultă că: din 2 mol C_6H_5OH se obține 1 mol de H_2 ,
iar din 0,1 mol C_6H_5OH ——— 0,05 mol H_2 .

În urma reacției (3) se vor degaja 0,05 mol H_2 (0,1 mol – 0,05 mol).

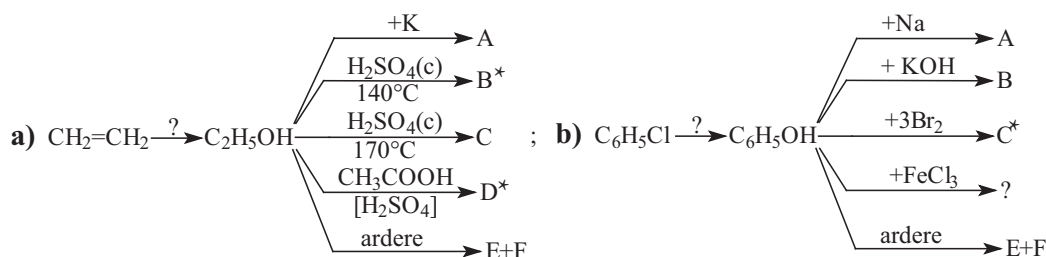
Deci, $v(C_2H_5OH) = 0,1 \text{ mol}$; $m(C_2H_5OH) = v \cdot M = 0,1 \text{ mol} \cdot 46 \text{ g/mol} = 4,6 \text{ g}$.

Răspuns: Masa amestecului constituie: $m(C_6H_5OH) + m(C_2H_5OH) = 9,4 \text{ g} + 4,6 \text{ g} = 14 \text{ g}$.

AUTOEVALUARE

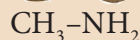
1. Scrie succesiunea de reacții chimice pentru realizarea următoarelor transformări:
a. metan \rightarrow fenol; b.* etan \rightarrow 2,4,6-tribromofenol.
2. Un alcool monohidroxilic secundar conține 13,34% H. Să se identifice alcoolul.
(R.: C_3H_7OH)
3. Ce masă de etanol se va obține la hidratarea a 6,72 l de etenă (c.n.)? (R.: 13,82 g)
4. Se dă un amestec echimolar de alcool metilic și alcool etilic cu masa 39 kg. Să se determine partea de masă a fiecărui alcool din amestec.
(R.: 41% CH_3OH ; 59% C_2H_5OH)
- 5.* Să se calculeze volumul de hidrogen (c.n.) ce se obține la interacțiunea a 1,24 g de etilenglicol cu 1,15 g de sodiu metallic. (R.: 0,448 l)
6. Ce volum de soluție a fenolului în benzen cu partea de masă 9,4% și $\rho=0,9 \text{ g/ml}$ este necesar să interacționeze cu sodiu metallic pentru a obține hidrogenul necesar la hidrogenarea catalitică completă a 1,12 l (c.n.) de acetalenă? (R.: 222 ml)
- 7.* La tratarea a 64 g de alcool monohidroxilic saturat cu acid sulfuric la încălzire s-au obținut 46 g de eter. Să se stabilească formula alcoolului și eterului.
(R.: CH_3-O-CH_3)
- 8.* În medicină se utilizează soluția alcoolică de trinitroglicerol cu partea de masă 1% în calitate de preparat care dilată vasele sangvine. Să se calculeze masa de trinitroglicerol necesar pentru obținerea acestei soluții cu masa de 1,5 kg.
(R.: 15 g)

Activitate în echipă Două echipe formate din câte 5 elevi vor scrie ecuațiile reacțiilor indicate în următoarele scheme de transformări, numind produsele respective (A-F):



3.1.7.

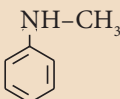
Amine



Amină alifatică



Amină aromatică

Amină arilalifatică
(mixtă)

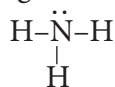
Aminele sunt compuși organici cu azot. Atomul de azot este direct unit cu unul sau mai mulți atomi de carbon.

Definiție

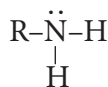
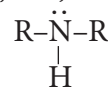
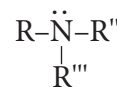
Aminele sunt derivați ai amoniacului, în care atomii de hidrogen sunt substituiți cu radicali de hidrocarbură.

Clasificare

În funcție de numărul de atomi de hidrogen substituiți (numărul radicalilor organici legați de azot) se disting amine *primare*, *secundare* și *terțiare*:



Amoniac

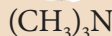
Amină
primarăAmină
secundarăAmină
terțiară

R, R', R'' pot fi identici sau diferiți.

Amintește-ți:

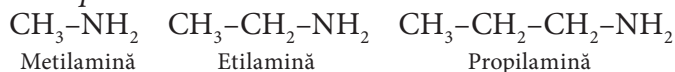
- ⊙ La ce clasă de compuși ai mai întâlnit o astfel de clasificare?
- ⊙ Explică expresiile „primar”, „secundar” și „terțiar”, în cazul alcoolilor, și compară-le cu expresiile similare cu privire la amine.

În funcție de natura radicalului se cunosc amine *alifatic*, *aromatic* și *arilalifatic*.

**Nomenclatura aminelor alifatic (alchilaminelor)**

Denumirea aminelor primare, R-NH₂, se formează prin adăugarea sufixului *amină* la numele radicalului de hidrocarbură (R).

Exemple:

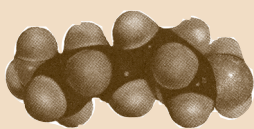
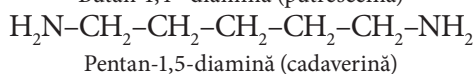


*Denumirea aminelor secundare și terțiare simetrice R₂NH, R₃N se formează prin adăugarea sufixului *-amină* și a unui prefix *di-*, respectiv *tri-*, la numele radicalului.

Exemple:



*Există amine ce conțin în moleculă două grupe -NH₂. La baza denumirii sistematice a diaminelor alifatic se ia denumirea alcanului corespunzător urmat de cifrele ce indică poziția grupelor NH₂ cu adăugarea prefixului *di-* la sufixul *-amină*; în paranteze sunt indicate denumirile uzuale:



Acești compuși pot fi priviți ca hidrocarburi în care doi atomi de hidrogen sunt înlocuiți cu grupe NH₂. Putresceina și cadaverina se formează din aminoacizii din proteine la descompunerea cadavrelor.

***Izomeria alchilaminelor**

Pentru aminele primare este caracteristică: a) izomeria de catenă a scheletului carbonic legat de grupa NH_2 și b) izomeria de poziție a grupei funcționale $-\text{NH}_2$.

Tema 3.6. Scrie formulele de structură a compușilor izomeri cu compoziția $\text{C}_4\text{H}_{11}\text{N}$.

Structura aminelor este asemănătoare cu cea a amoniacului. În amine, ca și în amoniac, atomul de azot formează trei legături σ și are o pereche de electroni neparticipanți, care ocupă un alt orbital. Aminele, ca și amoniacul, au structura unui tetraedru cu azotul în centru și cu perechea de electroni neparticipanți la unul din vârfuri:

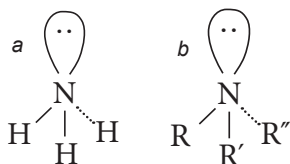


Fig. 3.7. Structura moleculelor de: a – amoniac; b – amină terțiară.

Metode de obținere

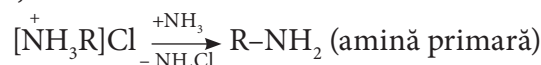
1. În natură aminele alifactice se formează în urma proceselor de descompunere (putrefacție) a substanțelor ce conțin azot, în general, a aminoacizilor din proteine. Astfel de procese decurg și în intestinalele omului și animalelor. În plante, de asemenea, au fost descoperite unele amine.

2. Obținerea aminelor din halogenoderivați și amoniac.

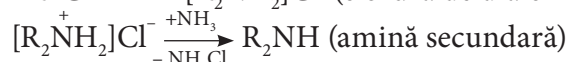
Cunoști deja că amoniacul interacționează cu halogenurile de hidrogen cu formare de săruri de amoniu. Tot în acest mod amoniacul reacționează cu halogenoderivații hidrocarburilor ($\text{R}-\text{Cl}$) cu formare de clorură de alchilamoniu:



Dacă amoniacul este în exces, atunci el scoate din clorura de alchilamoniu clorura de hidrogen, formând clorură de amoniu:



*În urma reacțiilor descrise se obține amină primară. În același mod, se obțin amine secundare, dacă amina primară formată reacționează cu încă un mol de derivat halogenat:

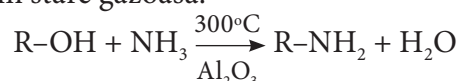


*Analog se obține amina terțiară:

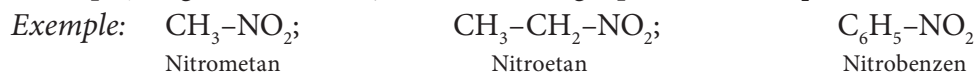


Practic, în urma interacțiunii amoniacului cu derivații halogenați se obține un amestec de amine primare, secundare și terțiare, care deseori se separă foarte greu.

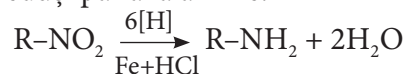
3.* Obținerea aminelor din alcooli. Reacția unui alcool cu amoniacul are loc la temperaturi înalte, în stare gazoasă:



***4. Sinteza aminelor prin reacții de reducere a nitroderivaților.** Nitroderivații sunt compuși organici care conțin în moleculă grupa *nitro*, – NO₂.



Nitroderivații pot fi reduși până la amine:



Hydrogenul necesar pentru reducere se obține din reacția acizilor cu metalele (Zn sau Fe).

Proprietățile fizice ale alchilaminelor

Aminele sunt substanțe cu miros neplăcut; cele inferioare au miros de amoniac, iar cele superioare – miros de pește. Aminele există în toate cele trei stări de agregare: gazoasă, lichidă sau solidă, în funcție de masa moleculară (tabelul 3.4).

Tabelul 3.4. Proprietățile fizice ale unor amine alifaticе (alchilamine)

Denumirea	Formula	Temperatura, C		K _b (25°C)
		de topire	de fierbere	
Metilamină	CH ₃ NH ₂	-92,5	-6,5	4,4 · 10 ⁻⁴
Dimetilamină	(CH ₃) ₂ NH	-96	7,4	5,2 · 10 ⁻⁴
Trimetilamină	(CH ₃) ₃ N	-124	3,5	6,5 · 10 ⁻⁵

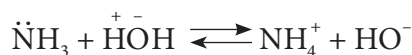
Temperatura de fierbere a aminelor crește odată cu masa moleculară a lor. Moleculele aminelor primare inferioare sunt asociate, formând legături de hidrogen. Aceste legături, însă, sunt mai slabe decât în cazul alcoolilor.

Aminele inferioare (gazoase și lichide) sunt solubile în apă, iar cele solide – solubile doar în solvenți organici.

Tema 3.7. Compară temperaturile de fierbere ale aminelor cu cele ale hidrocarburilor și alcoolilor cu același număr de atomi de carbon. Formulează concluzii.

*Proprietățile chimice

A. B a z i c i t a t e a a m i n e l o r. Deoarece aminele sunt derivați ai amoniacului, ele vor avea proprietățile bazice specifice lui. Bazicitatea unui compus se caracterizează prin capacitatea lui de a lega coordinativ un proton. Amoniacul are proprietatea de a fixa un proton la perechea de electroni neparticipanți în reacția cu apa, formând soluții bazice:



Ca și amoniacul, aminele sunt baze și în reacția cu apa, de asemenea, formează ioni hidroxil, reacțiile fiind reversibile:



Tăria unei baze se determină cu ajutorul constantei de bazicitate (K_b) conform relației:

$$K_b = \frac{[\text{R-NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{R-NH}_2]}$$

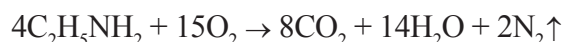
Cu cât K_b are valoare mai mare, cu atât baza este mai tare (tabelul 3.4).

Bazicitatea aminelor se apreciază comparativ cu cea a amoniacului.

S-a constatat că aminele alifaticе sunt baze mai tari decăt amoniacul. Aminele secundare alifaticе sunt baze mai tari decăt cele primare, iar terciare, mai slabe decăt cele secundare. La acțiunea acizilor minerali, aminele, ca și amoniacul, formează săruri solubile în apă:

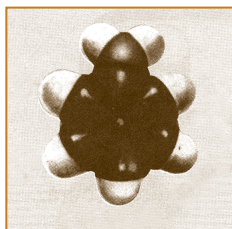


B. Arderea aminelor în aer conduce la oxid de carbon (IV), apă și azot:



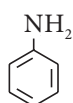
3.1.8.

Amine aromatice

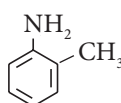


Aminele aromatice sunt compuși în care grupa *amino* (NH_2) este legată direct de un atom de carbon din inelul aromatic.

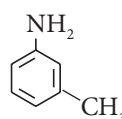
Denumirile nesistematice ale aminelor se alcătuiesc pe baza denumirii primului reprezentant al șirului omolog – anilina.



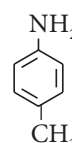
Anilină



2-Metilanilină



3-Metilanilină



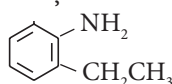
4-Metilanilină



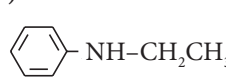
N. Zinin
(1818-1880)

Chimist rus, cunoscut prin cercetările sale în domeniul nitrocompușilor aromatici. A efectuat pentru prima dată sinteza anilinei.

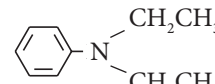
*În cazul aminelor mixte, pentru a indica că grupa alchil este legată de atomul de azot, și nu de inelul aromatic, înaintea denumirii radicalului alifatic se scrie litera N (compară 2-etilanilină și N-etilanilină):



2-Etilanilină



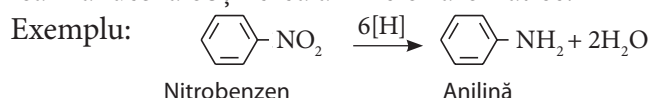
N-Etilanilină



N,N-Dietilanilină

Obținerea aminelor aromatice

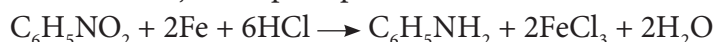
Reducerea nitroderivaților este metoda ce se aplică mai des la obținerea aminelor aromatice:



Nitrobenzen

Anilină

Hidrogenul necesar reducerii se obține în urma reacției acizilor cu metale (Zn sau Fe), prin urmare, reacția completă poate fi scrisă astfel:



Tema 3.8. Scrie ecuația reacției de reducere a 4-cloronitrobenzenului. Numește produsele reacției.

Dovadă că proprietățile bazice ale aminelor aromatice sunt mai slab pronunțate servește faptul că soluția de anilină nu indică mediul bazic, pe când soluțiile apoase ale aminelor alifaticе și a amoniacului schimbă culoarea fenolftaleinei sau a metiloranjului. Despre aceea că amoniacul este o bază mai tare decât anilina o confirmă următoarea reacție:

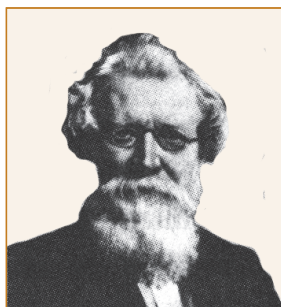


Datorită acestui fapt amoniacul pune în libertate anilina.

Aminele alifaticе sunt baze mai tari decât amoniacul, iar cele aromatice – mai slabe decât amoniacul.

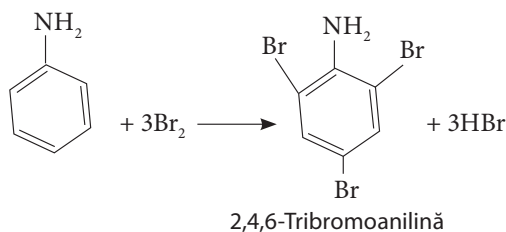
Interacțiunea anilinei cu apa de brom. Ciclul benzenic al anilinei prezintă în general proprietățile chimice ale benzenului. Însă grupa NH_2 influențează asupra reactivității inelului aromatic, datorită cărui fapt reacțiile de substituție decurg mai ușor decât la benzen în pozițiile 2,4,6 (ca în cazul fenolului).

Apa de brom reacționează cu anilina, formând 2,4,6-tribromoanilină (precipitat alb):

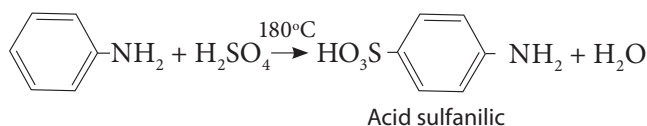


A. Hofmann
(1818-1892)

Chimist german cunoscut prin cercetările sale în domeniul compușilor organici cu azot, îndeosebi ai coloranților azoici.



*La încălzire cu acid sulfuric concentrat (la 180°C) se obține acidul p-anilinsulfonic (acid sulfanilic) utilizat în sinteza coloranților:



Utilizarea anilinei

Pentru prima dată anilina a fost sintetizată prin reducerea nitrobenzenului cu sulfură de amoniu (N. Zinin, 1842).

Anilina este utilizată în industrie la fabricarea materialelor colorate sintetice. Prin oxidare cu bicromat de potasiu ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) în mediu de acid sulfuric, soluția se colorează în albastru-negru cu formarea unui colorant „negru de anilină”, folosit pentru vopsirea pielii și a țesăturilor de bumbac. Majoritatea coloranților organici de sinteză au în molecula lor grupa amino – NH_2 . Unii coloranți ca albastrul de metilen, violetul de metil sunt utilizați în laborator pentru colorări biologice. În afară de aceasta, anilina se folosește pe larg la fabricarea unor medicamente (preparate din clasa sulfamidelor) – streptocidul alb, etazolul, sulfadimezina etc.

AUTOEVALUARE

1. Definește noțiunile:

- amine alifaticе;
- amine aromatice;
- * amine mixte (arilalifaticе).

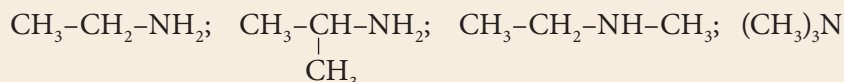
Dă câte un exemplu de fiecare tip de compus cu azot.

2. Explică:

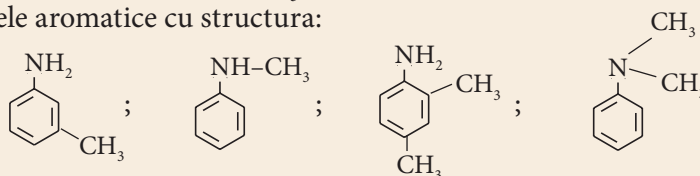
- clasificarea aminelor după numărul de atomi de hidrogen din amoniac înlocuiți cu radicalii de hidrocarbură;
- seria omoloagă a aminelor primare alifaticе;
- nomenclatura aminelor alifaticе;
- * tipurile de izomerie (pentru aminele primare): de catenă, de poziție a grupei $-NH_2$.

3. Numește:

- aminele alifaticе cu structura:



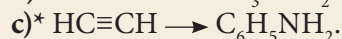
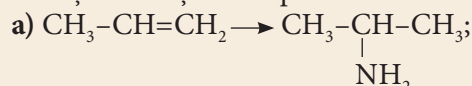
- * aminele aromatice cu structura:



- indică aminele primare, *secundare, *terțiare din **a** și **b**.

4.* Scrie și numește aminele izomere cu formula moleculară $C_4H_{11}N$. Câte amine primare cu această formulă există? dar amine secundare?

5. Scrie ecuațiile reacțiilor ce permit următoarele transformări (în câteva etape):



6. Răspunde cu **A**, dacă afirmația este adevărată, cu **F**, dacă afirmația este falsă:

- Aminele sunt derivați ai amoniacului.
- * Diaminele conțin 2 grupe NH_2 .
- * Aminele terțiare conțin 3 grupe amino ($-NH_2$) în moleculă.
- Aminele alifaticе au proprietăți bazice mai pronunțate decât cele aromatice.
- * Substanța care se formează în urma reacției dintre anilină și un acid mineral este o bază.

A **F**

7. Rezolvă: Ce masă de 2,4,6-tribromoanilină se poate obține din 37,2 g de anilină și 208 g de brom? (R.: 132 g)

3.1.9.

Probleme de calcul pe baza ecuațiilor reacțiilor caracteristice aminelor

Problema 1

Să se determine masa moleculară și structura aminei primare alifatică, dacă clorhidratul acestei amine conține 43,55%Cl.

Se dă:

$$\omega(\text{Cl}) = 43,55\%$$

$$[\text{R}^+\text{NH}_3]\text{Cl}^-?$$

Rezolvare:

1. Se calculează masa molară a radicalului R din formula clorurii de alchilamoniu, utilizând relația:

$$\omega(\text{Cl}) = \frac{\text{Ar}(\text{Cl})}{\text{Mr}[(\text{RNH}_3^+)\text{Cl}^-]} \cdot 100\%; \quad 43,55 = \frac{35,5}{\text{R} + 14 + 3 + 35,5} \cdot 100\%$$

$$43,55(\text{R} + 52,5) = 3550, \text{ de unde } \text{R} = 29; \quad \text{C}_n\text{H}_{2n+1} = 29; \quad 12n+2n+1 = 29; \quad n=2; \quad \text{R} = \text{C}_2\text{H}_5-$$

Formula moleculară: $[\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+]\text{Cl}^-$ $M(\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2) = 45 \text{ g/mol}$.

Răspuns: Structura aminei este $\text{C}_2\text{H}_5\text{-NH}_2$; masa moleculară este egală cu 45 g/mol.

Problema 2

Să se calculeze volumul de oxigen (c.n.) necesar pentru arderea completă a 11,2 l de metilamină.

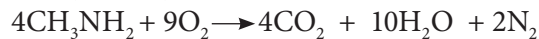
Se dă:

$$V(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 11,2 \text{ l}$$

$$V(\text{O}_2) - ?$$

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația reacției de ardere a metilaminei:



2. Se calculează cantitatea de substanță metilamină:

$$v = V / V_m; \quad v(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 11,2 \text{ l} : 22,4 \text{ l/mol} = 0,5 \text{ mol}.$$

3. Se alcătuieste proporția conform ecuației reacției de ardere:

$$\begin{array}{l} \text{pentru } 4 \text{ mol CH}_3\text{NH}_2 \text{ -----} 9 \text{ mol O}_2 \\ \quad \quad \quad 0,5 \text{ mol CH}_3\text{NH}_2 \text{ -----} x \text{ mol O}_2 \end{array} \quad x = \frac{0,5 \cdot 9}{4} = 1,125 \text{ mol}$$

4. Se calculează volumul oxigenului necesar, aplicând formula:

$$v = V / V_m; \quad V = v \cdot V_m = 1,125 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ l/mol} = 25,2 \text{ l}.$$

Răspuns: Volumul oxigenului este 25,2 l.

***Problema 3**

O amină primară alifatică cu masa 4,5 g a fost supusă arderii, iar produsele de ardere au fost trecute prin soluția de hidroxid de calciu. Volumul gazului care n-a interacionat constituie 1,12 l (c.n). Să se stabilească formula aminei care a fost supusă arderii.

Se dă:

$$m(\text{amini}) = 4,5 \text{ g}$$

$$V(\text{gaz}) = 1,12 \text{ l}$$

Formula - ?

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația generală a reacției de ardere a aminelor:



Derivați ai hidrocarburilor

Este evident că gazul care n-a interacționat cu hidroxidul de calciu este azotul.

2. Se calculează cantitatea de substanță azot:

$$v(N_2) = \frac{V(N_2)}{V_m} = \frac{1,12 \text{ l}}{22,4 \text{ l/mol}} = 0,05 \text{ mol}$$

3. Se determină cantitatea de substanță amină conform ecuației reacției:

$$v(\text{amină}) = 2v(N_2) = 2 \cdot 0,05 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}$$

4. Se calculează masa molară a aminei din relația:

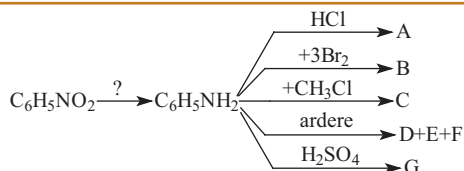
$$v(\text{amină}) = \frac{m(\text{amină})}{M(\text{amină})}; \quad M(\text{amină}) = \frac{m}{v} = \frac{4,5 \text{ g}}{0,1 \text{ mol}} = 45 \text{ g/mol}$$

5. Se aplică formula generală a aminei pentru a determina valoarea lui n:

$M_r(C_nH_{2n+1}NH_2) = 12n + 2n + 1 + 16 = 14n + 17$; $14n + 17 = 45$; $n=2$, înlocuim n în formula $C_nH_{2n+1}NH_2 \rightarrow C_2H_5NH_2$

Răspuns: Formula aminei este $C_2H_5NH_2$ – etilamina.

***Activitate în echipă** Scrieți ecuațiile reacțiilor indicate în următoarea schemă de transformări, numind produsele respective (A-G):



AUTOEVALUARE

1. Ce volum de hidrogen (c.n.) este necesar pentru a obține 186 g de anilină prin reducerea nitrobenzenului? (R.: 134,4 l)
2. Ce volum de azot (c.n.) se formează la arderea propilaminei cu masa de 10,8 g? (R.: 2,05 l)
3. Ce volum de aer se consumă pentru arderea completă a 5,6 l (c.n.) de metilamină? (R.: 60 l)
- 4.* Gazul ce se formează la bromurarea benzenului a fost trecut prin soluția apoasă de metilamină. După evaporarea lichidului reziduul cântărea 11,2 g. Ce cantitate de benzen a fost luată și câte grame de bromobenzen s-au format dacă reacțiile decurg cantitativ? (R.: 7,8 g C₆H₆; 15,7 g C₆H₅Br)
5. Să se calculeze volumul de aer necesar pentru arderea a 10 l de propilamină (c.n.). (R.: 262,5 l)
- 6.* Prin amestecul format din benzen, anilină și fenol cu masa de 10 g a fost barbotat un curent de clorură de hidrogen C. Ca rezultat s-au format 1,3 g de sediment. La neutralizarea aceleiași cantități de amestec s-au consumat 3,35 ml soluție NaOH cu partea de masă 20% și densitatea 1,2 g/ml. Care este compoziția amestecului inițial? (R.: 7,19 g C₆H₆; 0,93 g C₆H₅NH₂; 1,88 g C₆H₅OH)

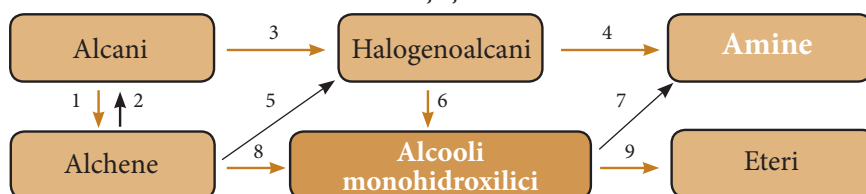
Problemă creativă Mama a cumpărat de la magazin carne proaspătă ambalată în pungă de polietilenă. Acasă mama a constatat că produsul are un miros ușor neplăcut. Ce substanțe chimice au provocat acest miros? Ce sfaturi i-ați da mamei pentru a înlătura mirosul neplăcut al cărnii?

3.1.10.

Legătura genetică dintre hidrocarburi, compuși hidroxilici și amine

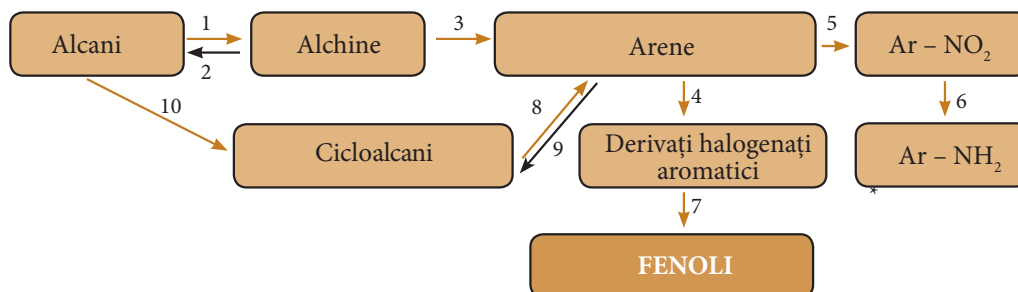
Până în prezent ai luat cunoștință de diversitatea hidrocarburilor care au fost grupate în diferite serii omoloage. Ai elucidat legătura reciprocă a tuturor seriilor de hidrocarburi. După studierea compartimentului 2 ai dedus că hidrocarburile pot servi ca materie primă pentru obținerea derivaților acestora, compușilor hidroxilici și aminelor. Legătura genetică dintre tipurile de hidrocarburi studiate, compuși hidroxilici și amine este redată în schemele 3.4 și 3.5.

Schema 3.4. Legătura genetică dintre alcani, alchene, alcooli monohidroxilici saturați și amine



Tema 3.10. Copiază pe caiet schema 3.4 și completează careurile cu formulele generale respective.

Schema 3.5. Legătura genetică dintre alcani, cicloalcani, alchine, arene, fenoli și amine aromatice



Tema 3.11. Copiază pe caiet schemele și completează careurile din schemă cu formulele generale respective, apoi cu exemple de formule concrete. Pe săgețile dintre careuri indică reagentul și condițiile în care are loc transformarea. Scrie ecuațiile reacțiilor.

Exerciții și probleme pentru rezolvare pe baza schemelor 3.4 și 3.5.

1. Scrie ecuațiile reacțiilor prin care pot fi realizate următoarele transformări:
 - a) metan → etan → etenă → etanol; b) etan → etenă → cloroetan → etilamină;
 - c) etan → cloroetan → etanol → etilamină.
2. Scrie ecuațiile reacțiilor prin care pot fi realizate următoarele transformări:
 - a) metan → etină → benzen → clorobenzen → fenol;
 - b)* hexan → ciclohexan → benzen → bromobenzen → fenol → 2,4,6-tribromofenol;
 - c) metan → etină → benzen → nitrobenzen → anilină → 2,4,6-tribromoanilină.
- 3.* Ce cantitate de substanță (mol) și ce masă (g) de fiecare produs se obține în urma transformărilor: metan → etină → benzen → clorobenzen → fenol, dacă volumul metanului (CH_4) este egal cu 67,2 l (c.n.)?

3.1.11.*

EVALUARE SUMATIVĂ
(COMPUȘI HIDROXILICI, AMINE)

Profil real

1. Explică:

- a) care este criteriul de clasificare a derivaților hidrocarburilor cu funcțiuni simple;
b) influența grupei $-OH$ și $-NH_2$ asupra reactivității chimice a inelului benzenic din molecula lor.

2. Selectează compușii cu următoarele formule de structură după clasele respective și subliniază grupa funcțională caracteristică fiecărei clase:

- a) $CH_3 - OH$ b) $C_6H_5NH_2$ c) $(CH_3)_2C = O$
d) C_2H_5Cl e) C_6H_5OH f) $\begin{array}{c} CH_2 - CH_2 \\ | \quad | \\ OH \quad OH \end{array}$
g) $*CH_3 - CH_2 - NH_2$ h) $C_2H_5 - NH - CH_3$

3. Scrie formulele de structură ale următorilor compuși:

- a) bromoetan; b) propan-2-ol; c) 3-metil-pentan-3-ol; d) 2,4-dinitrofenol;
e) trietil-amină; f) N-metil-anilină; g) propan-1,3-diol.

4. Alege răspunsul corect:

A. La tratarea but-2-enei cu apă se formează:

- a) butan-1-ol; b) butan-2-ol; c) etan-1,2-diol.

B. În câte grame de apă se găsește aceeași cantitate de oxigen ca în 68 g de metanol:

- a) 16 g; b) 32 g; c) 18 g.

C. Partea de masă a carbonului în fenol (C_6H_5OH) constituie:

- a) 60,3%; b) 71,7%; c) 76,6%.

D. Cu HCl va reacționa:

- a) propena; b) propina; c) benzenul; d) anilina.
e) fenolul; f) metilamina; g) amoniacul.

5. Determină corespondența compus – proprietate – metode de obținere.

Compusul	Proprietatea	Metode de obținere	Răspuns
1. Etanol	a. Cu apa de brom formează un precipitat alb insolubil în apă.	A. În industrie se obține din propenă.	1, c, B
2. Etilenglicol	b. Cu acidul azotic formează o substanță explozivă.	B. Se obține la hidratarea etenei.	
3. Glicerol	c. Participă la reacția de esterificare.	C. Se obține din gudroanele cărbunilor de pământ.	
4. Fenol	d. Cu acidul clorhidric formează sare.	D. Se obține la reducerea nitrobenzenului.	
5. Anilină	e. Cu $Cu(OH)_2$ formează o soluție de culoare albastră.	E. Se formează la hidroliza derivaților dihalogenați vicinali.	

6. Rezolvă:

- A. Câți litri de etenă se pot obține din 40 g etanol de 92%? (R.: 17,9 l)
B. Amestecul format din fenol și etanol cu masa 18,6 g a fost tratat cu sodiu metallic. În urma reacției s-a degajat un gaz cu volumul 3,36 l (c.n.). Să se calculeze masa fenolului din amestec. (R.: 9,4 g)

EVALUARE SUMATIVĂ

Profil umanist

1. Definiște noțiunile:

- a) alcooli monohidroxilici saturați;
- b) alcooli polihidroxilici;
- c) fenol;
- d) amine.

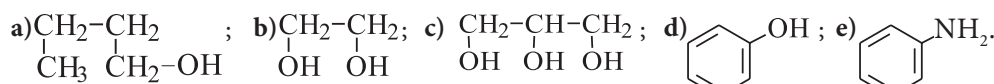
2. Explică:

- a) clasificarea alcoolilor după numărul grupelor $-OH$;
- b) seria omologă a alcoolilor monohidroxilici saturați;
- c) clasificarea aminelor.

3. Scrie formulele de structură ale următorilor compuși:

- a) 2-metil-propan-1-ol; b) 2-etil-butan-1-ol; c) etilmetilamină.

4. Denumeste substanțele:



5. Scrie:

- A. formulele de structură a 3 omologi și a unui izomer al propan-1-ol-ului;
- B. ecuațiile reacțiilor ce permit transformările:
 - a. $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow C_2H_4 \rightarrow C_2H_5OH \rightarrow CO_2$
 - b. $C_2H_2 \rightarrow C_6H_6 \rightarrow C_6H_5NO_2 \rightarrow C_6H_5NH_2$

6. Completează spațiile libere din afirmațiile:

- a) Metanolul este ... etanolului.
- b) Molecula fenolului conține ... atomi de carbon, ... atomi de hidrogen și un atom de oxigen.
- c) Reacția de identificare a polialcoolilor este reacția cu... .
- d) Alcoolii monohidroxilici conțin în moleculă grupa funcțională... .
- e) Aminele sunt derivați ai

7. Alege răspunsul corect:

- A. Etanolul reacționează cu:
 - a) HCl; b) Na; c) NaOH; d) H_2 .
- B. Substanța ce face parte din clasa alcoolilor este:
 - a) C_2H_6 ; b) C_3H_8 ; c) C_6H_5OH .

8. Rezolvă:

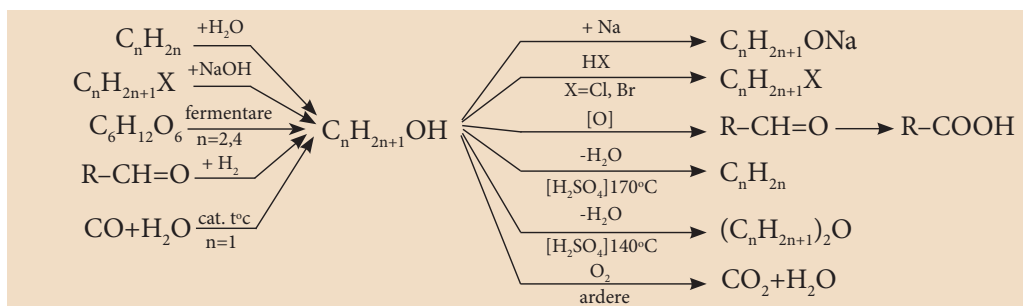
Să se calculeze volumul hidrogenului (c.n.) care se degajă la interacțiunea a 4,6 g de etanol „absolut” cu sodiul metalic.

(R.: 1,12 l)

REPETĂ ȘI CONSOLIDEAZĂ: ALCOOLI, FENOLI, AMINE

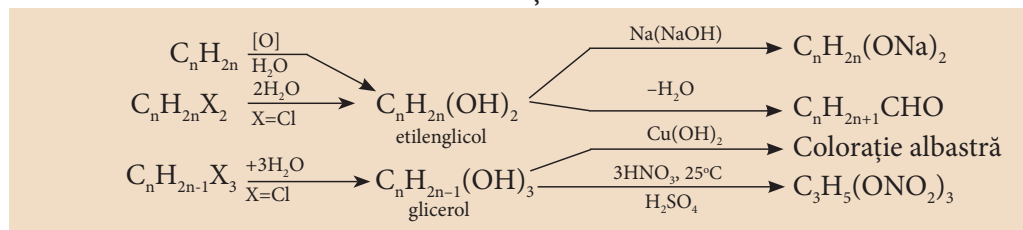
- ◆ **Alcoolii** sunt derivați ai hidrocarburilor saturate, a căror moleculă conține o grupă hidroxil ($-\text{OH}$). *După natura atomului de carbon de care se leagă grupa $-\text{OH}$, alcoolii se clasifică în: *primari*, *secundari* și *terțiari*. Alcoolii monohidroxic saturati alcătuiesc o serie omoloagă cu formula generală $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$.
- ◆ **Nomenclatura.** Denumirea sistematică a alcoolilor se formează de la numele alcanului cu același număr de atomi de carbon cu adăugarea sufixelor: *-ol*, *-diol* sau *-triol*, iar înaintea lor prin cifre se indică poziția grupelor $-\text{OH}$.
- ◆ **Proprietăți fizice.** Alcoolii sunt lichide cu puncte de fierbere relativ înalte. Aceasta se datorează unor asocieri moleculare între moleculele de alcool unite prin legături de hidrogen. Formarea legăturilor de hidrogen dintre moleculele de alcool și apă explică solubilitatea lor în apă.
- ◆ **Metodele de obținere** și proprietățile chimice ale alcoolilor monohidroxic sunt prezentate în *schema 3.6*.

Schema 3.6. Metode de obținere și proprietățile chimice ale alcoolilor monohidroxic



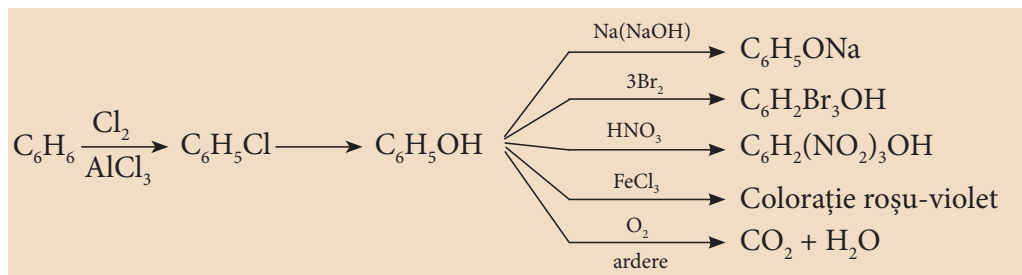
- ◆ **Alcoolii di- și trihidroxilici** conțin în moleculă două sau trei grupe $-\text{OH}$, unite cu diferiți atomi de carbon din catenă. Principalii reprezentanți sunt etan-1,2-diolul sau etilenglicolul și propan-1,2,3-triolul sau glicerolul. Acești compuși în condiții obișnuite sunt lichide vâscoase, dulci la gust, solubile în apă.
- ◆ **Proprietățile chimice** ale alcoolilor polihidroxic sunt determinate de prezența grupelor $-\text{OH}$, însă ei manifestă proprietăți acide mai pronunțate: legăturile $\text{O}-\text{H}$ sunt mai polarizate și interacționează cu hidroxidul de cupru (II), formând culoare albastru intens.
- ◆ **Metodele de obținere** și proprietățile chimice ale alcoolilor di- și trihidroxilici sunt redată în *schema 3.7*.

Schema 3.7. Metode de obținere și proprietățile chimice ale alcoolilor di- și trihidroxilici



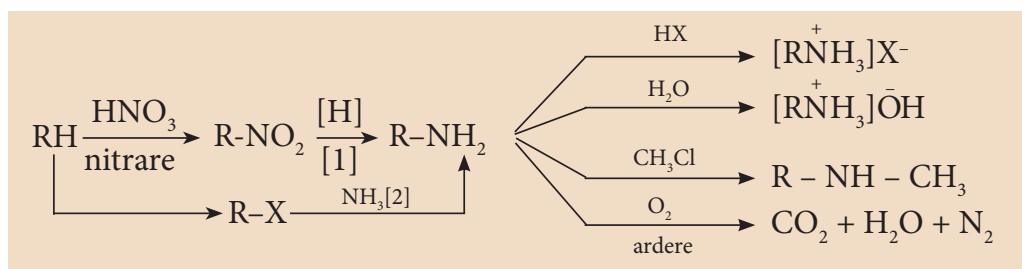
- ◆ **Fenolul** este compusul hidroxilic la care grupa funcțională ($-OH$) este legată de inelul benzenic, de aceea el manifestă proprietăți caracteristice benzenului și alcoolilor. Fenolul manifestă proprietăți acide mai pronunțate ca alcoolii, deoarece sub influența ciclului benzenic legătura $O-H$ din molecula fenolului ușor se scindează.
- ◆ **Metodele de obținere** și proprietățile chimice ale fenolului sunt redată în *schema 3.8*.

Schema 3.8. Metode de obținere și transformările chimice ale fenolului



- ◆ **Aminele** se obțin formal prin înlocuirea unuia sau a mai multor atomi de hidrogen din molecula amoniacului cu radicali de hidrocarbură (alchil sau aril). În funcție de numărul de atomi de hidrogen substituiți se disting amine primare, secundare și terțiare. Anilina este amina la care grupa NH_2 este legată de inelul benzenic (amină aromatică).
- ◆ **Aminele** au structură tetraedrică asemănătoare moleculei de amoniac. Structura electronică a atomului de azot presupune existența unei perechi de electroni liberi, care se regăsesc și în molecula amoniacului, și a aminelor.
- ◆ **Prezența perechii de electroni la azot** conferă aminelor proprietăți bazice. Cele mai importante metode de obținere și proprietăți chimice ale aminelor sunt rezumate în schema ce urmează.

Schema 3.9. Metode de obținere și proprietățile chimice ale aminelor



Metoda (1) se aplică pentru obținerea aminelor aromatice, iar metoda (2) – pentru cele alifatiche.

- ◆ **Utilizarea alcoolilor, fenolilor și aminelor.** Alcoolii, fenolii și aminele se utilizează ca materie primă la fabricarea coloranților, medicamentelor, produselor cosmetice, substanțelor explozive, maselor plastice. Se folosesc, de asemenea, ca dizolvanți și dezinfectanți.

3.2.*

Compuși carbonilici (aldehide și cetone)

Compușii carbonilici saturați derivă formal de la alcani, în care doi atomi de hidrogen de la același atom de carbon sunt înlocuiți cu un atom de oxigen.

Prin urmare, formula generală a compușilor carbonilici saturați este $C_nH_{2n}O$.

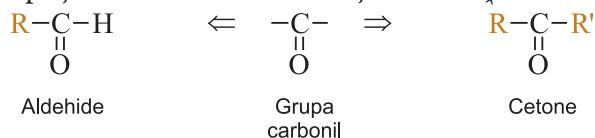
Compușii carbonilici reprezintă o clasă de substanțe organice ce conțin în molecula lor grupa funcțională carbonil $>C=O$.

Definiție. Clasificare

Compușii carbonilici, în care atomul de carbon al grupării carbonil este legat cu un radical organic și cu un atom de hidrogen (cu excepția metanalului), se numesc **aldehide**.

Compușii carbonilici, în care atomul de carbon al grupării carbonil este legat cu doi radicali organici identici sau diferiți, se numesc ***cetone**.

Deci, gruparea carbonil determină existența a două serii de compuși carbonilici: aldehide și *cetone:



R : H, alchil sau aril; R : R', alchil sau aril.

Aldehidele și cetonele sunt două clase de compuși care manifestă un șir de analogii în comportarea chimică, cauzate de prezența unei grupări funcționale comune.

3.2.1. Aldehide monocarbonilice saturate

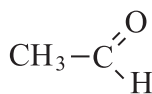
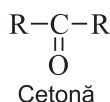
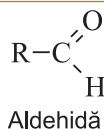
Nomenclatură și izomerie

Aldehidele monocarbonilice saturate conțin în moleculă o grupare funcțională $-CH=O$, legată de un radical ce provine de la o hidrocarbură saturată, cu excepția primului termen al seriei.

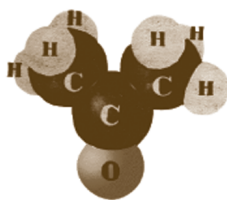
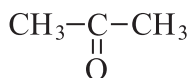
Aldehidele monocarbonilice saturate alcătuiesc o serie omoloagă cu formula generală $C_nH_{2n+1}CHO$.

Prin urmare, primul termen al seriei omoloage a aldehideilor, fiind derivat al metanului, conține un atom de carbon ($H-CH=O$). Aceasta este unica aldehydă la care grupa carbonil este legată cu doi atomi de hidrogen. Celelalte aldehide din această serie de omologi au structura ce corespunde formulei generale $RCHO$. După compoziție ele diferă printr-o grupă CH_2- , numită diferență de omologie, sau printr-un multiplu al ei (tabelul 3.6).

Denumirea sistematică a aldehidelor și *cetonelelor se formează de la numele alcanului cu același număr de atomi de carbon (ca în catena principală a compusului carbonilic), adăugând sufixul *-al* (pentru aldehide) sau *-onă* (pentru cetone).



Etanal



Propanonă

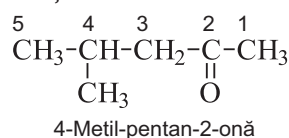
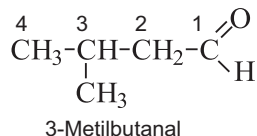
◆ *Denumirea nesistematică a aldehidelor* provine de la denumirile nesistematice ale acizilor, care se obțin la oxidarea lor (acid formic → formaldehidă, acid acetic → acetaldehidă).

◆ *Denumirea radico-funcțională a cetonelor* se formează de la denumirea celor doi radicali, adăugând cuvântul *cetonă* care se separă prin cratimă ($\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$ dimetil-cetonă, $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CO-C}_2\text{H}_5$ dietil-cetonă). În cazul unor radicali diferiți, aceștea se enumeră în ordine alfabetică ($\text{CH}_3\text{-CO-C}_2\text{H}_5$ etil-metil-cetonă, $\text{C}_2\text{H}_5\text{-CO-C}_6\text{H}_5$ etil-fenil-cetonă). În tabelul 3.6 se dau denumirile mai uzuale ale unor aldehide și cetone.

Tabelul 3.6. Șirul omolog al compușilor carbonilici saturați și nomenclatura lor

Nomenclatura					
Aldehide			*Cetone		
Formula	Denumire		Formula	Denumire	
	sistematică	nesistematică		sistematică	radico-funcțională
$\text{H}-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$	Metanal	Formaldehidă	-		
$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$	Etanal	Acetaldehidă	-		
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$	Propanal	Propionaldehidă	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}_3$	Propan-2-onă	Dimetilcetonă (acetona)
$\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$	Butanal	Butiraldehidă	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Butan-2-onă	Etil-metilcetonă
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$	Pentanal	Valeraldehidă	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Pentan-2-onă	Metil-propilcetonă
$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\underset{\text{H}}{\text{C}}}$	Hexanal	Caproaldehidă	$\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\underset{\text{O}}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	Hexan-2-onă	Butil-metilcetonă

◆ În catenele mai lungi ale aldehidelor și cetonelor poziția grupei carbonil se notează cu cifra cea mai mică, ea având prioritate față de radicalul alchil:



Izomeria aldehidelor este determinată doar de structura radicalului hidrocarburi, iar *izomeria cetonelor – și de poziția grupei carbonil în catena hidrocarburi.

*Aldehidele și cetonelile sunt izomeri de funcțiune cu formula generală $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}$.

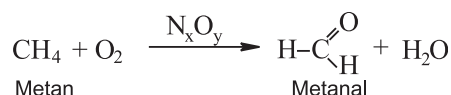
3.2.2.

Metode de obținere a aldehydelor și *cetonelor

La temele anterioare ai luat cunoștință de unele reacții ce pot servi ca metode de obținere a aldehydelor și *cetonelor. Compușii carbonilici se obțin prin mai multe metode. Însă cele mai des utilizate sunt metodele oxidative și cele hidrolitice.

A. Metode oxidative (acțiunea oxidanților).

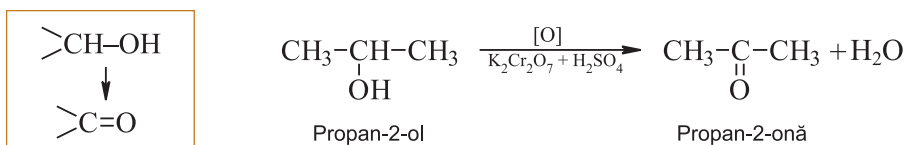
1. *Oxidarea metanului este o importantă metodă de obținere a metanalului (formaldehidei). Reacția are loc în prezența oxizilor de azot:



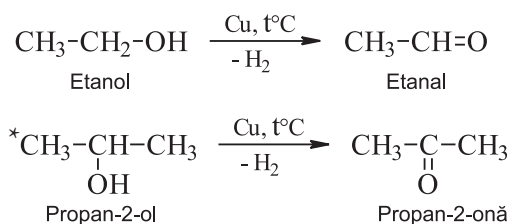
2. Oxidarea alcoolilor primari cu oxidanți moderați, de asemenea, permite de a obține aldehyde (vezi *Alcoolii*):



*Oxidarea alcoolilor secundari are loc mai greu. Ei se oxidează cu oxidanți mai activi ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4$). În urma reacției se obțin cetone:



3. *Dehidrogenarea în prezența cuprului metallic, de asemenea, permite de a obține compuși carbonilici:



Această metodă de obținere a compușilor carbonilici se aplică pe larg în industrie.

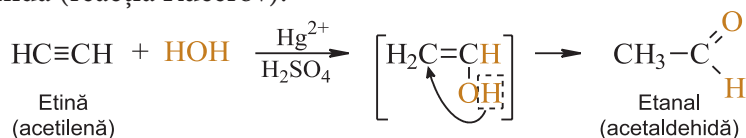
Tema 3.12.* Scrie ecuațiile reacțiilor de oxidare și de dehidrogenare a butan-1-ol-ului. Numește produsele reacțiilor.

B. Metode hidrolitice (acțiunea apei).

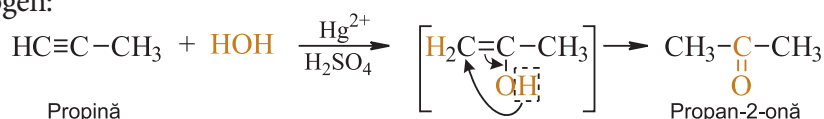
☉ Ce înțelegi prin noțiunile: *hidratare, hidroliză*?

4. Hidratarea alchinelor este o metodă folosită pe larg în industrie la obținerea acetaldehidei și a *cetonelor.

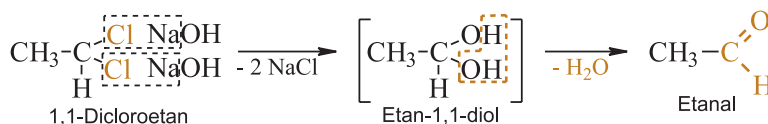
Acetilena adăunează apă la încălzire în prezența acidului sulfuric și a sulfatului de mercur. Intermediar se formează un produs nestabil (enol) care trece în acetaldehidă (reacția Kucerov):



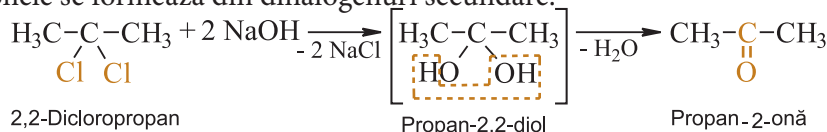
*Omologii acetilenei, adăunând apă, formează cetone (adiția are loc conform regulii lui Markovnikov), grupa -OH din molecula apei se leagă la atomul mai sărac în hidrogen:



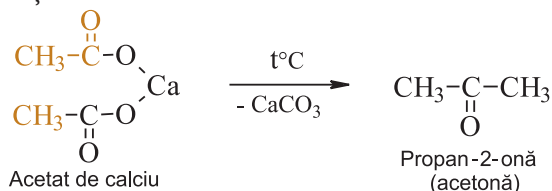
5. **Hidroliza** derivaților dihalogenați geminali. Aldehidele se obțin din dihalogenuri primare. Intermediar se formează un produs instabil care elimină apa și trece în aldehidă:



Cetonele se formează din dihalogenuri secundare:



6. **Distilarea uscată** (descompunere termică) a acetatului de calciu este o metodă de obținere a acetonei:



EXPERIMENT DEMONSTRATIV

Obținerea acetonei prin descompunerea acetatului de calciu

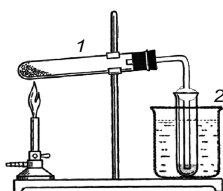


Fig. 3.8. Obținerea acetonei.

1. **Introdu** într-o eprubetă uscată (1) aproximativ 0,5 g acetat de calciu anhidru. Închide eprubeta cu dop cu tub de evacuare a gazelor, iar capătul tubului introdu-l în altă eprubetă (2) cu 0,5 ml apă (fig. 3.8).

2. **Încălzește** atent la flacăra arzătorului conținutul eprubetei 1. În eprubeta cu apă (2) se condensează acetona.

3. **Constată** mirosul specific.

4. **Adaugă** 1 ml de acid clorhidric la reziduul eprubetei 1 după răcire. Ce se elimină?

5. **Scrive** ecuațiile reacțiilor ce au loc.

AUTOEVALUARE

1. Definește noțiunile:

- a) compuși carbonilici;
 a) grupă funcțională aldehydă și grupă funcțională *cetonă.

2. Explică:

- a) de ce aldehidele și cetonile sunt compuși ce participă la multe reacții comune;
 b) algoritmul denumirii compușilor carbonilici, utilizând *tabelul 3.6*;
 c) tipurile de izomerie caracteristice aldehidelor și *cetonelor;
 d) noțiunea „izomeri de funcțiune” prin exemple concrete.

3. Se cere pentru compusul carbonilic cu formula moleculară C_4H_8O :

- a) să scrii și să denumești izomerii posibili;
 b) să precizezi clasele de compuși organici din care fac parte substanțele izomere;
 c) să scrii ecuația reacției de adiție a hidrogenului la propan-2-onă și să numești produsul obținut.

4*. Alege formulele moleculare care corespund unor compuși carbonilici saturați:

- a) $C_4H_{10}O$; b) $C_7H_{14}O$; c) C_3H_6O ; d) $C_6H_{12}O$.

5. Răspunde la următoarele afirmații cu **A** (adevărat) sau **F** (fals):

- | | A | F |
|---|--------------------------|--------------------------|
| a) Legătura $C = O$ în compușii carbonilici este polară. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) Izomeria cetonelor este determinată și de poziția grupei carbonil. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) La oxidarea totală a metanului se obține metanal. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) Etanalul se obține la hidroliza 1,2-dicloroetanului. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) La hidratarea etinei se obține etanal. | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

6. Scrie ecuațiile reacțiilor prin care pot fi realizate următoarele transformări:

- a) $C \rightarrow CH_4 \rightarrow CH_3Cl \rightarrow CH_3OH \rightarrow HCH=O$
 b) $C \rightarrow CaC_2 \rightarrow H-C \equiv C-H \rightarrow CH_3-CH=O$
 *c) $CH_3-CH=CH_2 \rightarrow CH_3-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-CH_3 \rightarrow CH_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-CH_3 \rightarrow CH_3-\underset{\text{O}}{\text{C}}-CH_3$

7. Rezolvă:

A. Câte grame de etanal se va obține la hidratarea etinei cu volumul de 4,48 l (c.n.)?

(R.: 8,8 g)

B. Aldehida formică ce s-a format în urma oxidării a 3 g de alcool metilic a fost dizolvată în 150 g de apă. Care este partea de masă a soluției obținute?

(R.: 1,84%)

3.2.3.

Proprietățile fizice și chimice ale compușilor carbonilici saturați. Utilizarea lor**Proprietăți fizice**

Aldehidele, cu excepția formaldehidei care este un gaz, la temperatură obișnuită sunt substanțe lichide sau chiar solide cu miros specific. Termenii inferiori sunt solubili în apă, însă odată cu creșterea masei moleculare solubilitatea în apă a aldehidelor descrește. Termenii superiori se dizolvă numai în solvenți organici. Punctele lor de fierbere sunt mai joase decât ale alcoolilor și acizilor cu același număr de atomi de carbon în moleculă (*de ce?*).

*Cetonele sunt substanțe lichide sau solide. Au puncte de fierbere mai înalte decât ale aldehidelor cu același număr de atomi de carbon, dar mai joase decât cele ale alcoolilor corespunzători (*tabelul 3.7*).

Tabelul 3.7. Constante fizice ale unor aldehide și cetone

Denumirea	Formula de structură	Geometria moleculei	Temperatura de fierbere, °C	Densitatea ρ , g/cm ³	Solubilitatea în apă g/100 g
Metanal		$=O$	- 19,2	0,815	∞
Etanal			+ 20,8	0,781	∞
Propanal			+ 49,1	0,807	20
Butanal			+ 75,0	0,817	15
*Propan-2-onă			+ 56,0	0,781	∞

Proprietăți chimice

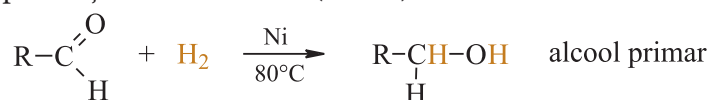
Compușii carbonilici sunt combinații cu reactivitate chimică ridicată. Reactivitatea deosebită a aldehidelor și cetonele este determinată de prezența dublei legături în grupa funcțională $>C=O$.

Aldehidele și cetonele participă la multe reacții comune, deoarece au aceeași grupă funcțională, dar prezintă și reacții specifice prin care pot fi identificate și separate.

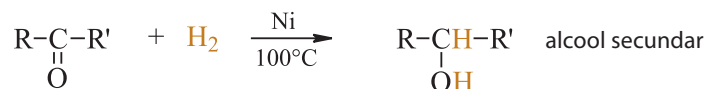
A. Reacții de adiție

În reacțiile de adiție aldehidele sunt mai reactive decât cetonele.

Adiția hidrogenului (numită hidrogenare sau reducere) la dubla legătură carbonilică în prezența catalizatorilor (Ni, Pt) transformă aldehidele în alcooli primari:



*Cetonele la reducere formează alcooli secundari:

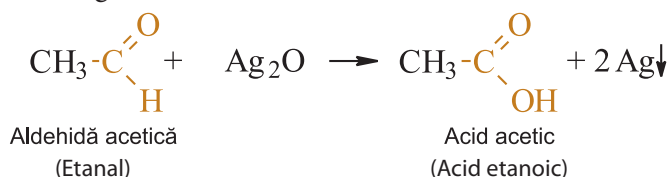


B. Reacții de oxidare

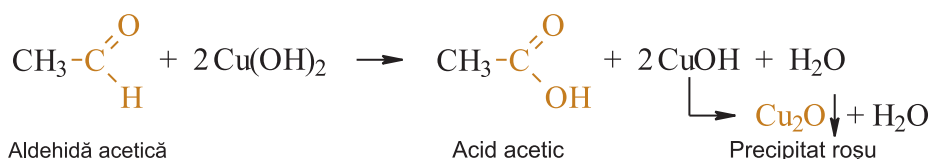
Reacțiile de oxidare a compușilor carbonilici decurg diferit și pot servi la identificarea și separarea lor.

Oxidarea aldehydelor. Spre deosebire de cetone, aldehydele se oxidează ușor chiar și cu oxidanți slabi, de exemplu, cu soluția amoniacală de oxid de argint proaspăt pregătită (reactivul Tollens):

Reactivul Tollens la încălzire în soluție apoasă cu aldehyde depune argintul metallic sub forma unei oglinzi strălucitoare, iar aldehida este oxidată până la acid (reacția „oglinzii de argint”):



Aldehydele se oxidează ușor și cu hidroxidul de cupru (II) (precipitat de culoare albastru-deschis). În urma oxidării $\text{Cu}(\text{OH})_2$ se reduce până la CuOH (precipitat de culoare galbenă), care la încălzire se descompune în oxid de cupru (I) (precipitat de culoare roșu-cărămiziu):



Aceste reacții se folosesc la identificarea grupei aldehide ($-\text{CH}=\text{O}$).



s EXPERIMENT DEMONSTRATIV

Identificarea aldehydelor

A)1. Toarnă într-o eprubetă curată 5 ml soluție apoasă de azotat de argint 2%, apoi picură soluție apoasă de hidroxid de sodiu 5%.

2. Adaugă în picături soluție apoasă de amoniac 2% până la dizolvarea precipitatului format de Ag_2O , obținând astfel reactivul Tollens.

3. Toarnă 2 ml soluție de formaldehidă (40%) la reactivul Tollens și încălzește conținutul eprubetei într-o baie de apă la 50–60°C. Ce observi?

B) 1. Toarnă într-o eprubetă 1 ml de soluție de CuSO_4 2%, apoi 2 ml de soluție de NaOH 10%.

2. Adaugă câteva picături de aldehydă acetică sau soluție de formaldehidă (40%) la precipitatul de $\text{Cu}(\text{OH})_2$ format și încălzește atent conținutul eprubetei până aproape de fierbere.

3. Observă pe pereții eprubetei formarea oglinzii roșiatice din cupru metallic.

4. Scrie ecuațiile reacțiilor din punctele A și B, indică oxidantul și reducătorul.

AUTOEVALUARE

1. Definește noțiunile:

- a) hidrogenare;
b) hidratare.

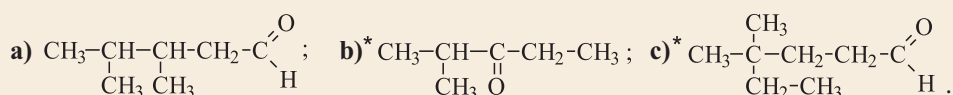
2. Explică:

- a) de ce aldehidele au puncte de fierbere mai joase decât cele ale alcoolilor cu același număr de atomi de carbon în moleculă;
b) *de ce **compușii** carbonilici sunt **compuși** cu reactivitate chimică înaltă;
c) *ce au în comun și prin ce se deosebesc legăturile duble $C = C$ și $C = O$;
d) oxidarea și reducerea aldehidelor și *cetonelor;
e) cum pot fi identificate substanțele din trei eprubete ce conțin:
1) etanal; 2) etanol; 3) etan-1,2-diol.

3. Alege varianta corectă:

- A. Aldehidele se formează la oxidarea alcoolilor primari/secundari.
B. Metanalul este un gaz insolubil/solubil în apă.
C. Adiția hidrogenului la compușii carbonilici determină obținerea de alcooli/dioli.

4. Numește următorii compuși carbonilici:



5. Scrie formulele de structură ale compușilor:

- a) propanal; b) 2-metilpropanal; c*) butan-2-onă.

6. Răspunde cu **A** (adevărat) și **F** (fals) la următoarele afirmații:

- a) Propanalul este izomer de funcțiune cu propanona.
b) Butanalul și butan-2-ona se oxidează la acțiunea reactivului Tollens.
c) Produsele rezultate prin procesul de policondensare a fenolului cu aldehida formică sunt numite fluoroplaste.
d) Oxidarea aldehidelor cu oxidul de argint amoniacal (reactivul Tollens) pune în evidență caracterul reducător al lor.
e) Etanalul se utilizează la obținerea acidului acetic (prin oxidare) și la obținerea alcoolului etilic (prin reducere).
f) *Acetona se obține industrial la oxidarea propan-1-olului.

	A	F
a)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Scrie ecuațiile reacțiilor conform schemei:

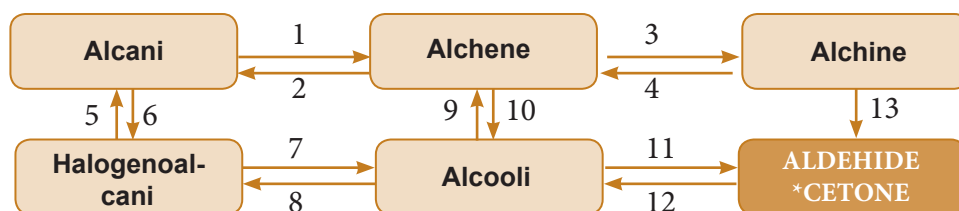
- a) metan \rightarrow clorometan \rightarrow metanol \rightarrow metanal;
b) metan \rightarrow etină \rightarrow etanal \rightarrow etanol.

3.2.4.

Legătura genetică dintre alcani, alchine, alcooli și compuși carbonilici

Legătura genetică dintre alcani, alchine, alcooli și compuși carbonilici este prezentată în *schema 3.10*.

Schema 3.10. Legătura genetică dintre alcani, alchine, alcooli și compuși carbonilici



Tema 3.13. Copiază pe caiet și completează careurile din *schema 3.10* cu formulele generale respective, apoi cu exemple de formule concrete. Pe săgețile dintre careuri indică reagentul sau condițiile în care are loc transformarea.

Exerciții și probleme pentru rezolvări pe baza schemei 3.10.

1. **Scrive** ecuațiile reacțiilor prin care pot fi realizate următoarele transformări:

- metan → etină → etanal → etanol → etanal;
- clorometan → metanol → metanal → metanol;
- etan → cloroetan → etenă → etanol → etanal;
- propenă → propan-2-ol → propan-2-onă → $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$;
- $\text{CH}_4 \rightarrow \text{CH}_2=\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$;
- $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CHO}$.

2. **Scrive** formula de structură a substanței cu compoziția $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}$, dacă se știe că ea adăunează hidrogen în prezența catalizatorilor, iar la încălzire cu hidroxid de cupru (II) proaspăt pregătit formează un precipitat roșu-cărămiziu. Numește substanța. **Scrive** ecuațiile reacțiilor respective.

3. **Scrive** ecuațiile reacțiilor de obținere a propanonei din propanal, folosind la etapa inițială reactivi anorganici.

4. **Propune** modul de identificare a următoarelor substanțe:

- etină;
- etenă;
- etanal;
- etanol.

Scrive ecuațiile reacțiilor respective.

5. Să se calculeze masa produsului, format în urma oxidării a 6 g propan-1-ol cu exces de oxid de cupru (II).

(R.: 5,8 g)

3.2.5.

Probleme de calcul după ecuațiile reacțiilor chimice caracteristice compușilor carbonilici

I. Determinarea formulei compusului carbonilic pe baza proprietăților chimice ale acestora.

Problema 1

La oxidarea unei probe cu masa 1,8 g de substanță organică ce conține oxigen, cu soluția amoniacală de oxid de argint, s-a obținut argint cu masa 5,4 g. Ce substanță a fost supusă oxidării?

Se dă:

$$m(\text{subst.}) = 1,8 \text{ g}$$

$$m(\text{Ag}) = 5,4 \text{ g}$$

Formula substanței - ?

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația generală a reacției:



2. Se determină cantitatea de substanță argint și cantitatea de

substanță aldehydă: $v(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag})}{M(\text{Ag})} = \frac{5,4 \text{ g}}{108 \text{ g/mol}} = 0,05 \text{ mol}$; din ecuația reacției rezultă:

$$v(\text{aldehydă}) = \frac{1}{2} v(\text{Ag}) = \frac{0,05 \text{ mol}}{2} = 0,025 \text{ mol}.$$

3. Se calculează masa molară a aldehydei din relația:

$$v(\text{aldehydă}) = \frac{m}{M}; \quad M = \frac{m}{v} = \frac{1,8 \text{ g}}{0,025 \text{ mol}} = 72 \text{ g/mol}.$$

4. Se stabilește valoarea lui n , folosind formula generală a aldehydelor saturate:

$$Mr(\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{CHO}) = 14n + 30; \quad 14n + 30 = 72; \quad n = 3.$$

Răspuns: Formula substanței este $\text{C}_3\text{H}_7\text{CHO}$ sau $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{O}$ - butanal.

II. Calcularea masei produsului de reacție după masa reactantului.

Problema 2

Ce masă de etanal se va obține la oxidarea a 6,9 g etanol?

Se dă:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 6,9 \text{ g}$$

$$m(\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}) - ?$$

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația reacției de oxidare a etanolului:



2. Se calculează cantitatea de substanță etanol și etanal:

$$v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{m}{M} = \frac{6,9 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} = 0,15 \text{ mol}.$$

Din ecuația reacției rezultă: $v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = v(\text{CH}_3\text{CH}=\text{O})$;

$$v(\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}) = 0,15 \text{ mol}.$$

3. Se determină masa etanalului:

$$m(\text{CH}_3\text{CHO}) = v \cdot M = 0,15 \text{ mol} \cdot 44 \text{ g/mol} = 6,6 \text{ g}.$$

Răspuns: Masa etanalului obținut în urma reacției este 6,6 g.

III. Calcule pe baza proprietăților chimice distincte ale aldehidelor și cetonilor.

Problema 3

Un amestec format din propanal și propanonă cu masa 14,5 g a fost tratat cu Ag_2O , soluție amoniacală (reactivul Tollens). În urma reacției s-au format 32,4 g de argint metalic. Să se calculeze partea de masă a celor doi izomeri.

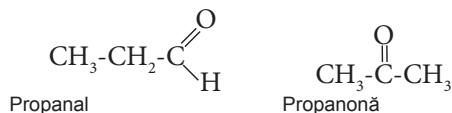
Se dă:

$$\begin{aligned} m(\text{amestec.}) &= 14,5 \text{ g} \\ m(\text{Ag}) &= 32,4 \text{ g} \end{aligned}$$

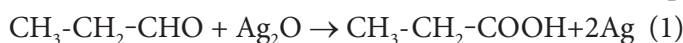
$$\begin{aligned} \omega(\text{propanal}) &- ? \\ \omega(\text{propanonă}) &- ? \end{aligned}$$

Rezolvare:

1. Se scriu formulele celor doi izomeri de funcțiune:



2. Se scrie ecuația reacției cu reactivul Tollens (va reacționa doar propanalul):



3. Se calculează cantitatea de substanță argint, cantitatea de substanță propanal, masa propanalului și masa propanonei:

$$v(\text{Ag}) = \frac{m(\text{Ag})}{M(\text{Ag})} = \frac{32,4 \text{ g}}{108 \text{ g/mol}} = 0,03 \text{ mol}; \text{ din (1): } v(\text{propanal}) = \frac{1}{2} v(\text{Ag}) = \frac{0,03 \text{ mol}}{2} = 0,015 \text{ mol};$$

$$m = v \cdot M; \quad m(\text{propanal}) = 0,015 \text{ mol} \cdot 58 \text{ g/mol} = 8,7 \text{ g};$$

$$m(\text{propanonă}) = m(\text{amestec.}) - m(\text{propanal}) = 14,5 \text{ g} - 8,7 \text{ g} = 5,8 \text{ g}.$$

4. Se determină partea de masă a componentilor din amestec.

$$\omega(\text{propanal}) = \frac{m(\text{propanal})}{m(\text{amestec.})} \cdot 100\% = \frac{8,7 \text{ g}}{14,5 \text{ g}} \cdot 100\% = 60\%;$$

$$\omega(\text{propanonă}) = \frac{m(\text{propanonă})}{m(\text{amestec.})} \cdot 100\% = \frac{5,8 \text{ g}}{14,5 \text{ g}} \cdot 100\% = 40\%.$$

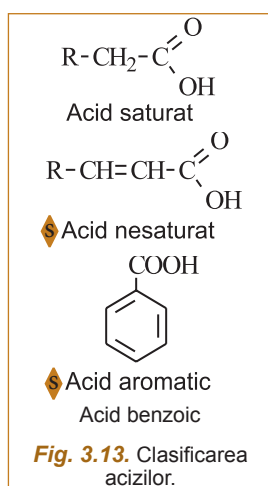
Răspuns: Partea de masă a propanalului și propanonei este egală, respectiv, cu 60% și 40%.

AUTOEVALUARE

- Ce masă de alcool propilic trebuie oxidată pentru a obține 87 g de propanal?
(R.: 90 g)
- Prin oxidarea unui compus carbonilic cu masa 12 g cu Ag_2O (soluție amoniacală) s-au obținut 58,9 g de Ag. Să se stabilească formula compusului carbonilic.
(R.: $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$)
- Un amestec echimolar de metanal și etanal interacționează complet cu 69,6 g de oxid de Ag (soluție amoniacală). Să se determine masa amestecului.
(R.: 11,1 g)
- Să se determine masa moleculară și să se scrie formulele de structură posibile ale compusului oxigenat, dacă se știe că la interacțiunea a 7,4 g de această substanță cu sodiu metalic se elimină 1,12 l de hidrogen (c.n.), iar la oxidarea ei cu CuO se formează un compus ce dă reacția „oglinzii de argint”.
(R.: $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$; 74 g/mol)
- Să se calculeze volumul metanalului (c.n.) ce se obține la oxidarea a 16,16 cm^3 de metanol ($\rho = 0,792 \text{ g/cm}^3$).
(R.: 8,96 l)

3.3.*

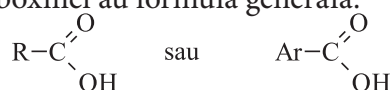
Acizi carboxilici



Definiție. Clasificare

Compușii care derivă formal de la hidrocarburi, prin înlocuirea unui sau mai multor atomi de hidrogen cu gruparea funcțională carboxil ($-\text{COOH}$), se numesc **acizi carboxilici**.

Acizii carboxilici au formula generală:



În funcție de natura radicalului de hidrocarbură (R-) acizii se clasifică în: *acizi saturați*, *nesaturați* și *aromatici* (fig. 3.13), după numărul grupelor $-\text{COOH}$ – în acizi mono- și policarboxilici.

3.3.1. Acizi monocarboxilici saturați

Acizi monocarboxilici saturați se numesc substanțele care conțin în moleculă o singură grupare funcțională $-\text{COOH}$, legată de un radical ce provine de la o hidrocarbură saturată, cu excepția primului termen al seriei.

Acizii monocarboxilici saturați alcătuiesc o serie omoloagă cu formula generală: $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$ sau $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$.

Prin urmare, seria omoloagă a acizilor monocarboxilici saturați va începe cu acidul care are un singur atom de carbon în moleculă, iar ceilalți diferă prin o grupă $-\text{CH}_2-$ sau un multiplu al ei (tabelul 3.8). În tabelul 3.8 sunt incluși acizii monocarboxilici saturați mai uzuali.

Nomenclatură și izomerie

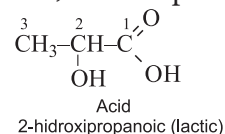
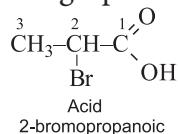
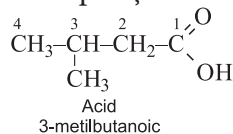
Denumirea sistematică a acizilor monocarboxilici se formează de la cuvântul *acid*, numele hidrocarbunii cu același număr de atomi de carbon ca în catena principală a acidului, cu adăugarea sufixului *-oic* (fig. 3.14).

În practică se folosesc și *denumiri nesistematice* (uzuale) legate de sursa din care a fost izolat acidul (tabelul 3.8).

Acizii monocarboxilici saturați cu catenă normală de la C_4 în sus, ce au un număr par de atomi de carbon în moleculă, se mai numesc *acizi grași*, deoarece ei sunt componente ale grăsimilor.

La acizii cu catene ramificate sau cu substituenți (alchil, halogen, hidroxil) în moleculă numerotarea pozițiilor începe de la gruparea carboxil, care are prioritate.

Exemple:



Știi că ...

Produsele alimentare conțin diverși acizi organici. Spre exemplu, strugurii conțin acid tartric, lămâile – acid citric, laptele acru – acid lactic, măcrișul – acid oxalic, merele verzi – acid malic.

În seria omoloagă a acizilor monocarboxilici saturați **izomeria** este determinată de structura catenei carbonice. Acizii carboxilici sunt izomeri de funcțiune cu esterii.

Tabelul 3.8. Acizi monocarboxilici saturați mai uzuali

Formula	Nomenclatura		Temperatura, °C		Solubilitatea în apă, g/100 g
	Denumire sistematică	Denumire nesistematică	de topire	de fierbere	
H-COOH	Acid metanoic	Acid formic	8,6	101	∞
CH ₃ -COOH	Acid etanoic	Acid acetic	16,6	118	∞
CH ₃ -CH ₂ -COOH	Acid propanoic	Acid propionic	- 22,0	141	∞
CH ₃ -(CH ₂) ₂ -COOH	Acid butanoic	Acid butiric	- 4,0	164	∞
CH ₃ -(CH ₂) ₃ -COOH	Acid pentanoic	Acid valeric	- 35,0	186	Insolubil
CH ₃ -(CH ₂) ₄ -COOH	Acid hexanoic	Acid capronic	- 2,0	205	Insolubil
CH ₃ -(CH ₂) ₁₄ -COOH	Acid hexadecanoic	Acid palmitic	64,0	390 (desc.)	Insolubil
CH ₃ -(CH ₂) ₁₆ -COOH	Acid octadecanoic	Acid stearic	69,4	360	Insolubil

Tema 3.14. Scrie formulele de structură și numește acizii izomeri cu formula C₅H₁₀O₂.

Metode de obținere a acizilor monocarboxilici saturați

În natură există un număr mare de acizi monocarboxilici saturați. Ei reprezintă produsele finale ale multor reacții de oxidare, prin urmare, sunt compuși cu stabilitate înaltă.

Studiind alte clase de compuși organici, ai luat cunoștință de numeroase reacții de oxidare în urma cărora se obțin acizi.

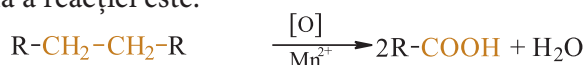
♦ **Tema 3.15.** Scrie ecuațiile reacțiilor de oxidare energetică a următorilor compuși: a) butan, b) toluen; c) etanol; d) etanal (*din ce clase fac parte?*). Numește produsele obținute.

Dintre metodele de obținere a acizilor carboxilici mai importante sunt metodele oxidative și metodele de hidroliză.

A. Metode oxidative.

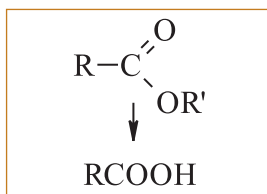
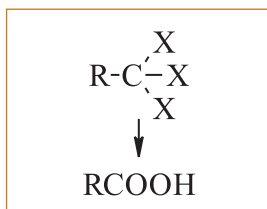
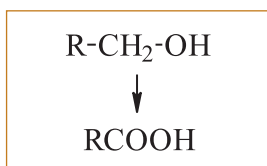
Oxidarea se efectuează cu agenți oxidanți puternici, cum sunt, de exemplu, permanganatul de potasiu în mediu acid, aerul în prezența catalizatorilor, reactivul Tollens ș.a.

1. Oxidarea alcanilor. O importanță tehnică deosebită are oxidarea alcanilor superiori obținuți din petrol, din care apoi se obțin acizi carboxilici superiori cu structură liniară. Oxidarea decurge prin suflarea aerului în parafină încălzită la 200° C în prezența catalizatorilor de mangan. În acest proces are loc scindarea legăturilor C – C din alcani cu formarea acizilor cu un număr mai mic de atomi de carbon. Schema generală a reacției este:

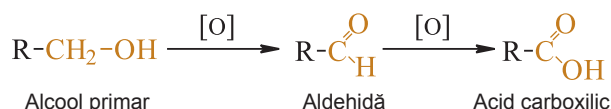


Tema 3.16. Scrie ecuația reacției de oxidare a alcanului cu patru atomi de carbon. Numește produsul reacției.

2. Oxidarea hidrocarburilor aromatice cu catena laterală (omologilor benzenului). Oxidarea se poate produce cu permanganat de potasiu la încălzire sau cu aer în prezența catalizatorilor cu formarea acidului benzoic (vezi *Arenele*).



3. Oxidarea alcoolilor primari conduce la aldehide, care apoi ușor se oxidează până la acizi carboxilici conform schemei:

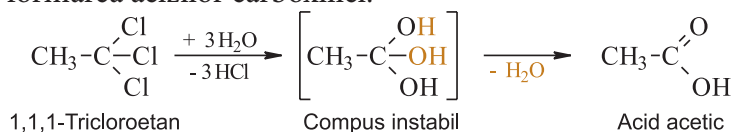


În calitate de agent oxidant poate fi utilizat KMnO_4 sau $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (soluții acidulate).

Tema 3.17. Dă denumirea sistematică a compușilor din schema de mai sus când R este C_2H_5 .

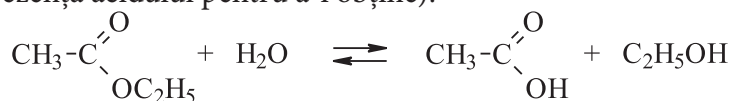
B. Metode de hidroliză.

4. Hidroliza trihalogenurilor geminale, metodă frecvent aplicată în industrie, conduce la formarea acizilor carboxilici:

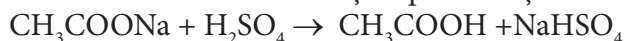


Tema 3.18. Scrie succesiunea de reacții pentru obținerea acidului propanoic, pornind de la propan.

5. Hidroliza sau saponificarea esterilor poate fi utilizată la obținerea acizilor în cazul când esterul este produs natural (în caz contrar este necesară prezența acidului pentru a-l obține):



Această metodă se aplică la scară industrială în special la obținerea acizilor grași din grăsimile vegetale sau animale, în care se găsesc sub formă de esteri ai glicerolului. În laborator acidul acetic se obține prin reacția:



EXPERIMENT DEMONSTRATIV

Obținerea acidului acetic din acetat de sodiu

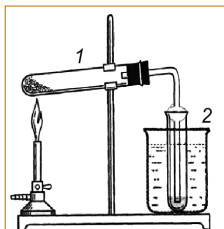


Fig. 3.15. Obținerea acidului acetic.

1. **Introdu** în eprubeta (1) 1 g de acetat de sodiu (fig. 3.15).
2. **Adaugă** 2 ml soluție de H_2SO_4 concentrat.
3. **Introdu** 2-3 bucățele de porțelan (pentru fierbere lentă).
4. **Închide** eprubeta cu un dop prevăzut cu tub de evacuare a gazelor.
5. **Fixează** eprubeta (1) în cleștarul stativului metalic.
6. **Introdu** capătul liber al tubului de evacuare într-o eprubetă-recipient (2).
7. **Introdu** eprubeta (2) într-un pahar cu apă rece.
8. **Acoperă** gura eprubetei (2) cu un tampon de vată umezită (pentru a evita eliminarea vaporilor de acid acetic în aer).
9. **Încălzește** atent și uniform conținutul eprubetei (1) până când în eprubeta-recipient (2) se va aduna cca 1 ml de acid acetic.

AUTOEVALUARE

1. Definește noțiunile:

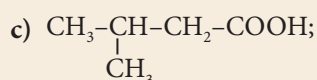
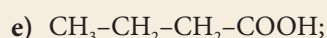
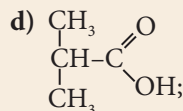
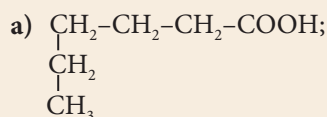
- a) acizi carboxilici;
- b) acizi monocarboxilici;
- c) acizi carboxilici saturați.

2. Explică:

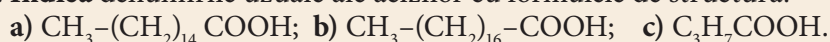
- a) seria omoloagă a acizilor monocarboxilici saturați și formula generală a acestora;
- b) modul de formare a denumirii acizilor monocarboxilici saturați;
- c) denumirile uzuale ale primilor 6 omologi ai acizilor monocarboxilici saturați;
- d) tipurile de izomerie caracteristice acestei clase de compuși.

3. Numește substanțele cu următoarele formule de structură. Selectează aparte:

A. omologii; B. izomerii.



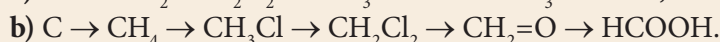
4. Indică denumirile uzuale ale acizilor cu formulele de structură:



Care acizi se numesc acizi grași?

5. Alcătuieste formulele de structură ale tuturor acizilor izomeri cu catena principală formată din 5 atomi de carbon cu compoziția $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$.

6. Scrie ecuațiile reacțiilor prin care pot fi realizate următoarele transformări:



7. Indică 2 metode de obținere a acidului etanoic, folosind ca materie primă metanul.

8. Rezolvă:

A. Ce masă de acid formic se obține prin oxidarea energetică a alcoolului metilic cu 56 l oxigen și cât alcool metilic se consumă?

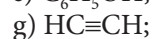
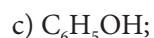
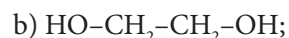
(R.: 115 g HCOOH ; 80 g CH_3OH)

B. Câte tone de acid acetic cu partea de masă 80% pot fi obținute la oxidarea a 11 tone de aldehydă acetică?

(R.: 18,75 t)

Problemă creativă

Scrie ecuațiile reacțiilor ce denotă că următoarele substanțe au proprietăți acide:



Aranjează compușii a-h în ordinea creșterii acidității.

3.3.2.

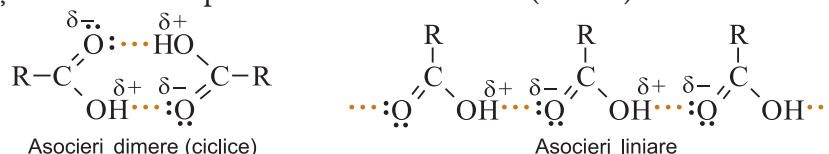
Proprietățile acizilor monocarboxilici saturați și utilizarea lor

Proprietăți fizice

Acizii monocarboxilici saturați inferiori sunt lichide, iar începând cu acidul cu nouă atomi de carbon în moleculă – substanțe solide.

Tema 3.19. Analizează tabelul 3.8 și concluzionează cum se schimbă constantele fizice ale acizilor monocarboxilici saturați odată cu creșterea numărului de atomi de carbon în moleculă.

Determinările maselor moleculare ale acizilor la temperatura camerei au indicat o valoare numerică dublă ce denotă existența unor asociații de molecule. Numai la temperaturi înalte masa moleculară corespunde formulei R-COOH. Cauza acestor asociații moleculare este prezența în moleculă a grupei -OH, care ca și în cazul apei sau al alcoolilor poate forma *legături de hidrogen*. Asociațiile moleculare pot avea structură ciclică (dimeri) sau liniară:

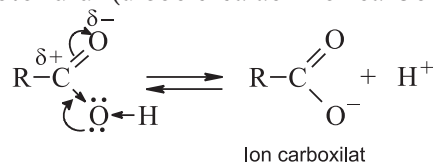


Legăturile de hidrogen sunt mai puternice în cazul acizilor decât în cazul alcoolilor. Prezența asocierilor moleculare explică punctele de fierbere anormal de ridicate ale acizilor și alte proprietăți fizice specifice acizilor carboxilici.

Proprietăți chimice

Proprietatea cea mai caracteristică a acizilor organici este aciditatea grupei carboxil. După cum ai observat, gruparea carboxil -COOH este formată din combinarea grupelor carbonil (>C=O) și hidroxil (-OH), ce se influențează reciproc.

Structura grupei carboxil. Disocierea. În gruparea carboxil neionizată oxigenul grupei C=O atrage densitatea de electroni, creând o insuficiență de electroni pe atomul de carbon (δ^+), care la rândul său conduce la deplasarea de electroni de la atomul de oxigen al grupei hidroxil. Aceasta contribuie la slăbirea legăturii O-H, favorizând ruperea protonului (disocierea acizilor carboxilici):

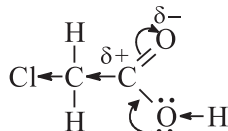


Acizii carboxilici sunt acizi slabi, comparativ cu acizii minerali. Echilibrul reacției de disociere a unui acid carboxilic este deplasat mai mult spre stânga. Tăria acizilor carboxilici scade odată cu creșterea catenei carbonice. Acizii organici schimbă culoarea indicatorilor (metiloranj, turnesol). În seria omoloagă a acizilor saturați acidul formic este cel mai tare. Este mai tare ca acidul carbonic și fenolul.

Tema 3.20. Explică de ce sunt posibile următoarele reacții:

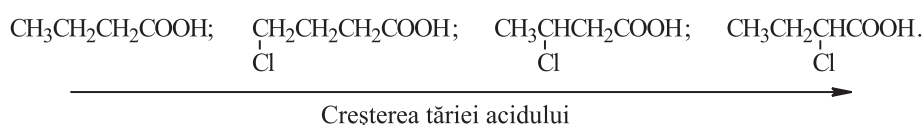


◆ Substituția unui atom de hidrogen din grupa metil cu un atom de halogen are o influență mare asupra tăriei acidului. Halogenul atrage electronii legăturii covalente și mărește aciditatea acidului carboxilic. Astfel, de exemplu, acidul monocloroacetic e de 10 ori mai tare decât cel acetic:



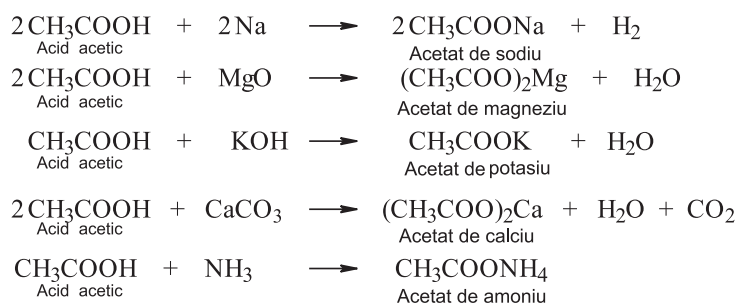
Influența atomului de Cl se transmite prin catenă la distanță de maximum trei atomi de carbon.

Tema 3.21. Explică ordinea creșterii tăriei următorilor acizi, ținând cont de poziția halogenului în catenă:



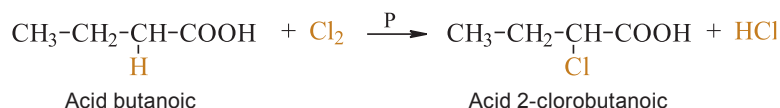
Majoritatea reacțiilor acizilor carboxilici au loc cu participarea grupei $-\text{COOH}$.

1. Formarea sărurilor este o proprietate comună cu cea a acizilor anorganici:



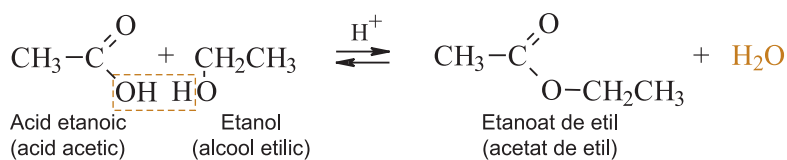
Sărurile acizilor carboxilici sunt solubile în apă, cu excepția sărurilor metalelor grele. Sărurile metalelor alcaline (K,Na) se descompun la încălzire (se decarboxilează) cu formare de hidrocarburi (vezi pag. 43).

2. Halogenarea acizilor monocarboxilici are loc la acțiunea halogenilor (clor sau brom), în prezența fosforului, cu formarea acizilor halogenocarboxilici:



Această reacție are o deosebită însemnătate, deoarece stă la baza unei metode de obținere a aminoacizilor.

3. Esterificarea este reacția caracteristică acizilor carboxilici (dar și acizilor minerali tari) cu alcoolii, în urma căreia se formează esteri. Esterii sunt derivați ai acizilor carboxilici. Reacția acizilor carboxilici cu alcoolii decurge la încălzire, în prezența acidului sulfuric concentrat (catalizator). Este o reacție reversibilă.



Tema 3.22. Scrie ecuația reacției de esterificare dintre acidul acetic și propan-2-ol.

Cele mai importante reacții ale acizilor carboxilici sunt reacțiile în care se formează derivați ai acizilor.

Acizi monocarboxilici saturați mai importanți. Utilizarea lor



Fig. 3.16. Ace de pin.

Acidul formic sau **acidul metanoic** (H-COOH) se întâlnește în natură în acele verzi ale pinilor (fig. 3.16), în frunzele urzicilor; a fost obținut din furnicile roșii. Denumirea acidului provine de la cuvântul latin *formica* – furnică (fig. 3.17). O metodă industrială cunoscută de preparare a acidului formic este sinteza lui M. Berthelot (1855): oxidul de carbon (II) se trece peste hidroxidul de sodiu încălzit la temperatură înaltă și presiune:

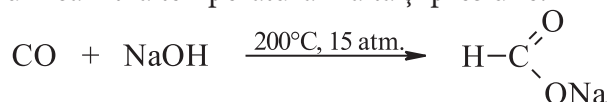


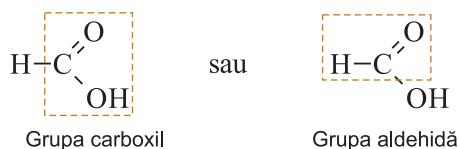
Fig. 3.17. Furnici roșii.

Formiatul de sodiu obținut se tratează cu acid sulfuric, care pune în libertate acidul formic:

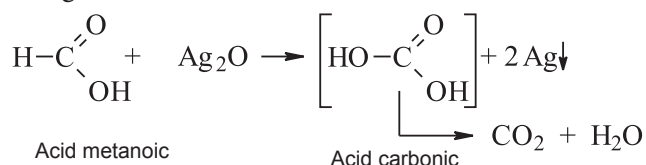


Acidul formic dă toate reacțiile caracteristice acizilor carboxilici. Spre deosebire de ceilalți reprezentanți ai seriei omoloage a acizilor monobazici saturați, el manifestă și proprietăți specifice determinate de unirea grupei carboxil cu un atom de hidrogen.

Acidul formic poate fi considerat ca aldehydă și alcool (hidroxialdehydă):



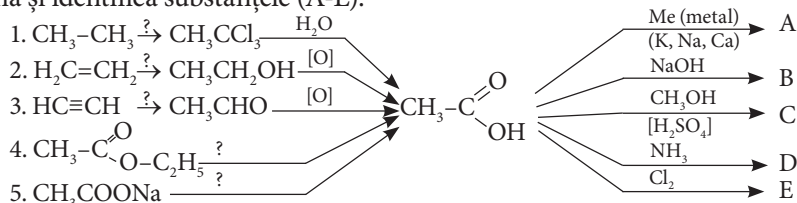
Ca și aldehydele, acidul formic se oxidează. Astfel, cu Ag₂O (soluție amoniacală) dă reacția „oglinzii de argint”:



Această reacție servește pentru identificarea acidului formic.

Tema 3.23. Indică, cum poate fi distins acidul formic de cel acetic.

Activitate în echipă Fiecare echipă alcătuită din 5 elevi scrie ecuațiile reacțiilor indicate în schemă și identifică substanțele (A-E):

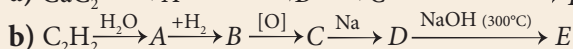
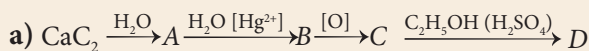


AUTOEVALUARE

1. Explică:

- cum poate fi apreciată tăria unui acid (dă exemple);
- proprietățile comune ale acizilor organici cu cele ale acizilor anorganici;
- formarea esterilor;
- obținerea acidului formic în industrie;
- de ce acidul formic dă reacția „oglinzii de argint”.

2. **Alcătuiește** ecuațiile reacțiilor prin care pot fi realizate transformările și stabilește produsele A-E în fiecare șir:



3. **Indică** ce proprietăți chimice vor manifesta acizii organici cu următoarele formule de structură:

- a) $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$; b) COOH ; c) $\text{ClCH}_2-\text{COOH}$; d) $\text{CH}_3-\text{CH}-\text{COOH}$.



4. **Notează** prin **A** afirmația adevărată și prin **F** - afirmația falsă:

a) Acizii carboxilici superiori se obțin în urma oxidării parțiale a alcanilor superiori.

A	F
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b) Acidul formic nu dă reacția „oglinzii de argint”.

c) Acizii monocarboxilici saturați și esterii lor au aceeași formulă generală ($\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$).

d) La oxidarea omologilor benzenului se obține acid benzoic.

e) În comparație cu acizii minerali, acizii carboxilici sunt acizi slabi.

5. **Alege** răspunsul corect:

A. Acidul formic reacționează cu:

a) HCl; b) NaOH; c) H_2 ; d) Ag_2O (soluție amoniacală); e) $\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa}$.

B. Câte substanțe (acizi și esterii) au formula $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$: a) 4; b) 5; c) 6; d) 7.

6. **Rezolvă:**

A. O probă de substanță organică cu masa 1,065 g a fost supusă analizei elementare și a dat următoarele rezultate: 1,018 g CO_2 și 0,415 g H_2O . Se știe că substanța conține oxigen și că din 1,214 g de substanță s-au obținut 0,946 g de apă. Să se determine formula de structură a acestei substanțe, dacă $M=46$ g/mol. Să se scrie structura altor substanțe cu această masă moleculară. (R.: CH_2O_2)

B. Să se calculeze volumul de CO_2 (c.n.) care se elimină la interacțiunea a 240 ml soluție de 7% ($\rho=1,07$ g/mol) oțet cu 16,8 g de sodă alimentară (NaHCO_3). Care dintre aceste substanțe este în exces? (R.: $V=4,48$ l CO_2 ; exces de CH_3COOH)

3.3.3.-3.3.4.

Rezolvarea exercițiilor și a problemelor
la tema *Acizi carboxilici***Exercițiul 1**

Pentru acidul cu formula moleculară $C_5H_{10}O_2$ se cere: a) să scrii formula de structură a acidului cu catenă liniară; b) să scrii formula unui izomer și a unui omolog al lui; c) să numești compușii respectivi după denumirea sistematică.

Rezolvare:

1. **Se scriu** formulele respective și se numesc după nomenclatura sistematică:

- a) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$ Acid pentanoic;
 b) $CH_3-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{CH}-CH_2-COOH$ Acid 3-metilbutanoic (izomer);
 c) CH_3-CH_2-COOH Acid propanoic (omolog).

Exercițiul 2

Trei eprubete numerotate conțin soluții apoase de: acid metanoic, etanol și etilenglicol. Propune modul de identificare a conținutului fiecărei eprubete.

Rezolvare:

1. **Se scriu** formulele de structură ale substanțelor propuse. Se menționează clasele de compuși din care fac parte aceste substanțe:

$HCOOH$ – acid monocarboxilic;

C_2H_5OH – alcool monohidroxilic saturat;

$HO-CH_2-CH_2-OH$ – alcool dihidroxilic saturat.

2. Pentru testarea acidului metanoic **se va folosi** Ag_2O , deoarece el manifestă și proprietăți specifice alchidelor (cărora le este caracteristică reacția „oglinzii de argint”, pag. 180).

3. Etilenglicolul **se identifică** cu reactivul $Cu(OH)_2$ (se obține în urma reacției dintre $CuSO_4$ și $NaOH$). El va dizolva sedimentul $Cu(OH)_2$ și ca urmare se va intensifica culoarea albastră.

4. Etanolul nu va da nicio reacție analitică (vizuală) cu reactivii de mai sus.

Problema 1

O probă de sodă alimentară ($NaHCO_3$) a fost tratată cu soluție de acid etanoic (acetic) cu masa 200 g și partea de masă 6%. Ce volum de CO_2 (c.n.) se va degaja în urma reacției?

Se dă:

$$m(\text{sol.}) = 200 \text{ g}$$

$$\omega = 6\%$$

$$V(CO_2) - ?$$

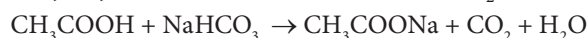
Rezolvare:

1. **Se determină** masa și cantitatea de substanță a acidului din soluție:

$$\omega = \frac{m(\text{subst.})}{m(\text{sol.})} \cdot 100\%; \quad m(CH_3COOH) = \frac{m(\text{sol.})(CH_3COOH) \cdot \omega}{100\%} = \frac{200 \text{ g} \cdot 6\%}{100\%} = 12 \text{ g};$$

$$v(CH_3COOH) = \frac{m(CH_3COOH)}{M(CH_3COOH)} = \frac{12 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 0,2 \text{ mol.}$$

2. **Se scrie** ecuația reacției și **se determină** volumul lui CO_2 :



Conform ecuației reacției: $v(\text{CH}_3\text{COOH}) = v(\text{CO}_2) = 0,2 \text{ mol}$;

$$v = \frac{V}{V_m}; \quad V(\text{CO}_2) = v \cdot V_m = 0,2 \text{ mol} \cdot 22,4 \text{ l/mol} = 4,48 \text{ l}.$$

Răspuns: Volumul CO_2 este egal cu 4,48 l.

Problema 2

La neutralizarea unui amestec de acid metanoic și acid etanoic cu masa 8,3 g s-au consumat 6 g NaOH. Să se calculeze partea de masă a acidului metanoic și a acidului etanoic din amestec.

Se dă:

$$m(\text{amestec.}) = 8,3 \text{ g}$$

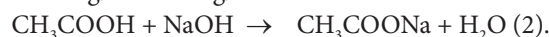
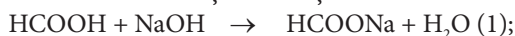
$$m(\text{NaOH}) = 6 \text{ g}$$

$$\omega(\text{HCOOH}) - ?$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) - ?$$

Rezolvare:

1. Se scriu ecuațiile reacțiilor:



2. Se notează prin x – masa HCOOH; atunci: $\frac{x}{46}$ – cantitatea de substanță HCOOH;

$(8,3 - x)$ – masa CH_3COOH ; $\frac{8,3-x}{60}$ – cantitatea de substanță CH_3COOH .

3. Se stabilește că în conformitate cu ecuațiile (1) și (2):

$$v(\text{HCOOH}) = v(\text{NaOH}) = \frac{x}{46} \text{ mol}; \quad v(\text{CH}_3\text{COOH}) = v(\text{NaOH}) = \frac{8,3-x}{60};$$

$$v(\text{NaOH}) = \frac{6 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0,15 \text{ mol}.$$

4. Se alcătuieste ecuația și se rezolvă:

$$\frac{x}{46} + \frac{8,3-x}{60} = 0,15; \quad x = 2,3 \text{ g (HCOOH)}.$$

5. Se calculează masa CH_3COOH și părțile de masă din amestec ale fiecărui acid:

$$m(\text{HCOOH}) = 2,3 \text{ g}; \quad m(\text{CH}_3\text{COOH}) = 8,3 - 2,3 = 6 \text{ g};$$

$$\omega(\text{HCOOH}) = \frac{2,3 \text{ g}}{8,3 \text{ g}} \cdot 100\% = 27,7\%; \quad \omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{6 \text{ g}}{8,3 \text{ g}} \cdot 100\% = 72,3\%.$$

Răspuns: Partea de masă a acidului metanoic și cea a acidului etanoic constituie, respectiv, 27,7% și 72,3%.

Problema 3

La calcinarea sării de sodiu a unui acid monocarboxilic saturat cu NaOH s-au eliminat 11,2 l de substanță organică gazoasă, 1 l de acest gaz are masa 1,965 g. Să se determine masa sării care a fost calcinată și ce gaz s-a eliminat în urma calcinării.

Se dă:

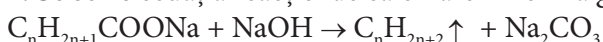
$$V(\text{gaz}) = 11,2 \text{ l}$$

$$m(1 \text{ l}) = 1,965 \text{ g}$$

$$m(\text{sării}) - ?$$

Rezolvare:

1. Se scrie ecuația reacției de calcinare în formă generală:



2. Se calculează masa moleculară a gazului din proporția:

$$1 \text{ l} \dots\dots\dots 1,965 \text{ g}, \text{ de unde } M_r = V_m \cdot \rho = 22,4 \cdot 1,965 = 44 \text{ g/mol}.$$

$$22,4 \text{ l} \dots\dots\dots M_r$$

3. Se determină valoarea lui n din formula generală a alcanului:

$$Mr(C_nH_{2n+2}) = 12n + 2n + 2; \quad 14n + 2 = 44; \quad n = 3.$$

Prin urmare, gazul obținut este propanul – C_3H_8 , iar sarea – C_3H_7COONa .

4. Se calculează masa sării (C_3H_7COONa); din ecuația reacției rezultă:

$$v(\text{gaz}) = v(\text{sare}); \quad v(\text{gaz}) = \frac{11,2 \text{ l}}{22,4 \text{ l/mol}} = 0,5 \text{ mol}; \quad v(\text{sare}) = 0,5 \text{ mol};$$

$$m(C_3H_7COONa) = v \cdot M(C_3H_7COONa) = 0,5 \text{ mol} \cdot 110 \text{ g/mol} = 55 \text{ g}.$$

Răspuns: $m(C_3H_7COONa) = 55 \text{ g}$; gazul – C_3H_8 .

AUTOEVALUARE

- Scrie ecuațiile reacțiilor acidului metanoic cu următorii reagenți:
a) Na; **b)** NaOH; **c)** CaO; **d)** NH_3 ; **e)** $CH_3OH(H_2SO_4)$.
 Numește produsele reacțiilor respective.
- În trei eprubete numerotate se află soluții apoase de:
a) etanol, acid formic, acid acetic; **b)** etilenglicol, fenol, acid acetic.
 Cum poate fi identificat experimental conținutul fiecărei eprubete?
 Scrie ecuațiile reacțiilor respective și indică efectele lor analitice (vizuale).
- Scrie schemele reacțiilor prin care pot fi realizate transformările:
 $CH_4 \rightarrow C_2H_2 \rightarrow CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH \rightarrow ClCH_2COOH$.
- Un compus organic oxigenat A denotă următoarele proprietăți:
a) reduce soluția amoniacală de Ag_2O la argint metallic;
b) reacționează cu etanol, formând un singur compus organic cu formula $C_3H_6O_2$;
c) degajă hidrogen în reacția cu sodiu metallic. Care este structura compusului organic A?
- Un acid monocarboxilic saturat cu masa 8,8 g a interacționat cu sodiu metallic și s-a obținut un volum de hidrogen egal cu 1,12 l (c.n.). Să se stabilească formula de structură a acidului.
 (R.: C_3H_7COOH)
- Un amestec de acid etanoic și etanol cu masa 5,3 g a interacționat cu Na_2CO_3 și s-a degajat un gaz cu volumul 0,56 l (c.n.). Să se calculeze partea de masă a componentelor din amestec.
 (R.: 56,6%; 43,4%)
- La interacțiunea a 35,55 g soluție de acid monocarboxilic saturat cu partea de masă de 10% cu exces de hidrogenocarbonat de sodiu s-au eliminat 3,36 l gaz (c.n.). Să se determine structura acidului organic.
 (R.: $C_3H_6O_2$)
- Să se determine formula moleculară, apoi să se scrie formula structurală a acidului monocarboxilic saturat, dacă la neutralizarea a 0,37 g de acest acid s-au consumat 10 g soluție de NaOH cu partea de masă 2%.
 (R.: C_2H_5COOH)
- Ce masă de acid propanoic și alcool metilic se va consuma pentru a obține 25,6 g de ester?
 (R.: 21,46 g; 9,28 g)
- Partea de masă a carbonului în molecula unui acid monocarboxilic saturat constituie 54,54%. Să se determine formula de structură a acidului carboxilic.
 (R.: $C_4H_8O_2$)
- Ce acid monocarboxilic saturat formează o sare de argint cu partea de masă a argintului 29,75%?
 (R.: $CH_3(CH_2)_{14}COOH$)

3.3.5. Studierea proprietăților acidului acetic

Lucrarea practică nr.3

Ustensile: spirtieră, chibrituri, stativ metalic cu cleștar, stativ cu eprubete, dop cu tub de evacuare a gazelor, bucățele de porțelan, tampon de vată, pahar chimic, baghetă de sticlă.

Reactivi: soluție de acid sulfuric (1:1), turnesol, fenolftaleină, pilitură de magneziu, granule de zinc, hidroxid de sodiu, hidrogenocarbonat de sodiu (sodă alimentară), soluție NaOH de 10%, alcool etilic, acid acetic concentrat (glacial), acid sulfuric concentrat.

Modul de lucru

a) Acțiunea asupra indicatorilor

1. **Toarnă** în două eprubete câte 1 ml soluție de: 1 – acid acetic; 2 – H_2SO_4 (1:1).
2. **Adaugă** câteva picături de turnesol în ambele eprubete.
3. **Constată** schimbarea culorii turnesolului și a intensității ei în fiecare caz.

b) Interacțiunea cu unele metale

1. **Toarnă** în două eprubete câte 1 ml soluție de: 1 – acid acetic; 2 – acid sulfuric.
2. **Adaugă** în ambele eprubete puțină pilitură de Mg sau introdu câte o granulă de Zn.
3. **Compară** vitezele acestor reacții (după viteza de degajare a gazului ce se elimină).

c) Interacțiunea cu oxizii și bazele

1. **Toarnă** în două eprubete câte 1 ml soluție de acid acetic, iar în altele două – câte 1 ml H_2SO_4 (1:1) și adaugă, în prealabil, câteva picături de turnesol în toate patru eprubete.

2. **Adaugă** în una din eprubetele cu acid acetic puțin praf de oxid de calciu, iar în cea de a doua toarnă 1 ml soluție diluată de hidroxid de sodiu și exact aceleași cantități de aceste substanțe adaugă în cele două eprubete cu H_2SO_4 .

3. **Explică** cauza schimbării culorii în toate eprubetele, indicând ce substanțe se obțin în aceste cazuri.

4. **Constată** în ce caz s-a consumat mai multă bază. De ce?

d) Interacțiunea acidului acetic cu unele săruri

1. **Introdu** într-o eprubetă (1) 1 ml acid acetic și adaugă 1 g praf de $NaHCO_3$.

2. **Închide** rapid eprubeta cu un dop prevăzut cu tub de evacuare a gazului, introdu capătul tubului în eprubeta (2) ce conține apă de var (fig. 3.21).

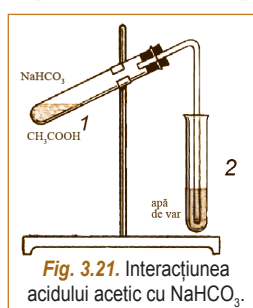


Fig. 3.21. Interacțiunea acidului acetic cu $NaHCO_3$.

3. **Observă** schimbările care au loc în ambele eprubete.

4. **Repetă** experiența după același algoritm, dar cu acid sulfuric. Ce observi?

5. **Concluzionează**, în baza observărilor, care acid este mai tare.

e) Interacțiunea cu alcoolii

1. **Toarnă** într-o eprubetă consecutiv 2 ml de acid acetic concentrat, 2 ml alcool etilic și 1 ml acid sulfuric concentrat.

2. **Agită** conținutul eprubetei și încălzește-l ușor la baia de apă fierbinte.

3. **Adaugă** 2-3 ml soluție saturată de NaCl la amestecul obținut.

4. **Constată** mirosul plăcut al esterului format.

5. **Formulează** concluzii pe baza experiențelor efectuate și copiază pe caiet tabelul de mai jos, completând rubricile respective.

Ustensile și reactivi	Modul de lucru. Desenul schematic al instalației	Observări. Motivarea celor observate	Ecuatiile reacțiilor. Concluzii

3.3.6.

Esteri ai acizilor carboxilici

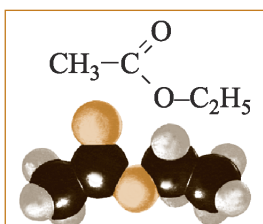
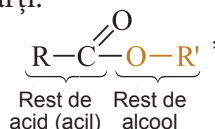


Fig. 3.22. Formula de structură și modelul de proporție a etanoatului de etil.

Definiție

Esterii sunt derivați ai acizilor carboxilici care se formează prin înlocuirea grupei $-OH$ din grupa carboxil cu un rest alcoolic ($-OR$) sau fenolic ($-OAr$).

Prin urmare, formula generală a esterilor organici este alcătuită din două părți:



în care cei doi radicali R , R' pot fi identici sau diferiți, printre care și Ar . Formula lor generală este identică cu cea a acizilor monocarboxilici: $C_nH_{2n}O_2$.

Nomenclatură și izomerie

⊙ Cum se formează denumirile sistematice și nesistematice ale acizilor monocarboxilici saturați?

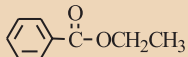
Nomenclatura IUPAC a esterilor include câteva tipuri de denumiri.

Denumirea sistematică a esterilor se formează de la denumirea sistematică a acidului prin înlocuirea terminației *-oic* cu *-oat*, urmată de prepoziția *de* și denumirea radicalului alcoolului. De exemplu, esterul format din acid etanoic și alcool etilic se numește etanoat de etil (fig. 3.22).

⚡ **Denumirea nesistematică** a esterilor se formează de la denumirile nesistematice ale acidului și alcoolului din care s-a format molecula în urma reacției de esterificare. De exemplu, esterul format din acid formic și alcool metilic se va numi esterul metilic al acidului formic.

Conform **denumirii semisistematice**, esterii se denumesc prin analogie cu sărurile acizilor carboxilici, indicând și numele radicalilor din alcoolii (tabelul 3.9).

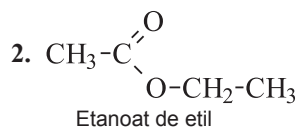
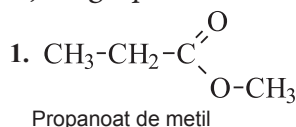
Tabelul 3.9. Nomenclatura IUPAC a esterilor

Formula	Denumirea		
	sistematică	nesistematică	semisistematică
$H-\overset{O}{\underset{ }{C}}-OCH_3$	Metanoat de metil	Esterul metilic al acidului formic	Formiat de metil
$CH_3-\overset{O}{\underset{ }{C}}-OCH_3$	Etanoat de metil	Esterul metilic al acidului acetic	Acetat de metil
$CH_3CH_2-\overset{O}{\underset{ }{C}}-OCH_3$	Propanoat de metil	Esterul metilic al acidului propionic	Propionat de metil
$CH_3-\overset{O}{\underset{ }{C}}-OCH_2CH_3$	Etanoat de etil	Esterul etilic al acidului acetic	Acetat de etil
$CH_3-\overset{O}{\underset{ }{C}}-OCH_2CH_2CH_3$	Etanoat de propil	Esterul propilic al acidului acetic	Acetat de propil
	Benzoat de etil	Esterul etilic al acidului benzoic	Benzoat de etil

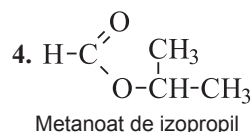
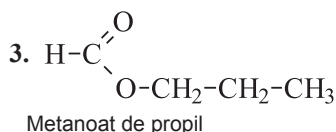
Esterilor le sunt caracteristice următoarele tipuri de izomerie: a) de poziție a grupei esterice $-\text{COO}-$ între cei doi radicali; b) de catenă, determinată de structura radicalului acidului și a radicalului alcoolului; c) de funcțiune cu acizii monocarboxilici.

Exemple de izomeri pentru compoziția $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$:

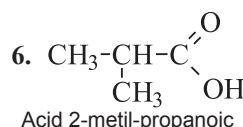
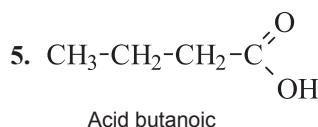
a) de poziție a grupei esterice $-\text{COO}-$:



b) de catenă a radicalului alcoolului:



c) de funcțiune cu următorii acizi carboxilici:



Tema 3.25 Indică denumirile nesistematice ale esterilor prezentați mai sus (consultând tabelul 3.9).

Izomerii de catenă și de poziție a grupei esterice ai esterilor diferă unul de altul doar prin proprietățile fizice, pe când cei de funcțiune se deosebesc esențial și prin proprietățile lor chimice, deoarece sunt substanțe din diferite clase de compuși organici: acizi și esteri.

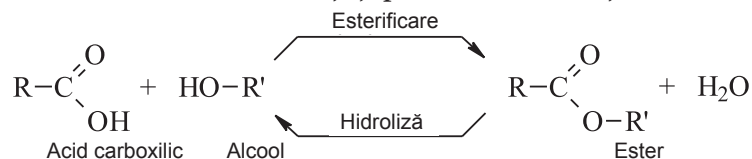
Tema 3.26. Scrie și numește izomerii substanței cu formula moleculară $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$.

Obținerea esterilor

Din temele studiate anterior cunoști că esterii se prepară prin reacții dintre un alcool și un acid (acidul poate fi mineral sau organic).

Reacția dintre un acid carboxilic și un alcool se numește **reacție de esterificare**.

Reacția de esterificare are loc prin încălzirea acidului carboxilic cu alcool, în prezența acidului sulfuric concentrat în cantități catalitice, și decurge până la stabilirea unui echilibru între reactanți și produsele de reacție:



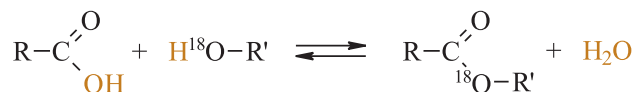
Constanta de echilibru a reacției de mai sus se exprimă prin relația:

$$K_e = \frac{[\text{RCOOR}'] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{RCOOH}] \cdot [\text{R}'\text{OH}]}$$

Pentru deplasarea echilibrului în sensul formării esterului se ia în exces unul dintre reactanți (alcoolul sau acidul) sau se îndepărtează din mediul de reacție unul dintre

produse (apa sau esterul) pe măsură ce se formează. În practică echilibrul se deplasează, îndepărtând continuu din mediul reacției, prin distilare, apa (componentul cu punctul de fierbere mai jos).

În ceea ce privește modul de eliminare a apei, folosind un alcool marcat cu izotopul ^{18}O , s-a demonstrat că acesta se regăsește în ester:



Rezultatul obținut atestă că eliminarea apei implică scindarea grupei $-\text{OH}$ din acid și a protonului din alcool. În lipsa catalizatorilor (acizilor tari) esterificarea decurge cu viteză mică.



EXPERIMENT DEMONSTRATIV

Obținerea acetatului de etil

1. **Introdu** într-o eprubetă 1 ml de acid acetic concentrat.
2. **Adaugă** 0,5 ml de H_2SO_4 concentrat și 2 ml alcool etilic.
3. **Introdu** 2–3 bucățele de porțelan (pentru fierbere lentă).
4. **Încălzește** atent și uniform conținutul eprubetei prin mișcări de rotație la flacăra spirtierei.
5. **Constată** mirosul plăcut al esterului obținut.

Proprietăți fizice

În funcție de masa moleculară, esterii sunt substanțe lichide sau solide. Omologii inferiori ai esterilor sunt lichide volatile cu miros plăcut de flori sau fructe. Ei sunt puțin solubili în apă, mult mai puțin solubili decât alcoolii și acizii din care s-au format. De exemplu, etanolul și acidul acetic se amestecă cu apa în orice proporții, pe când esterul lor – acetatul de etil – se dizolvă doar în proporție de 8 g la 100 ml de apă.

Aceasta se datorește structurii deosebite a esterilor (nu conțin grupe $-\text{OH}$), ce ar favoriza formarea legăturilor de hidrogen și asocierea moleculelor ca la alcoolii și acizii. În solvenți organici esterii se dizolvă bine.

Proprietăți chimice

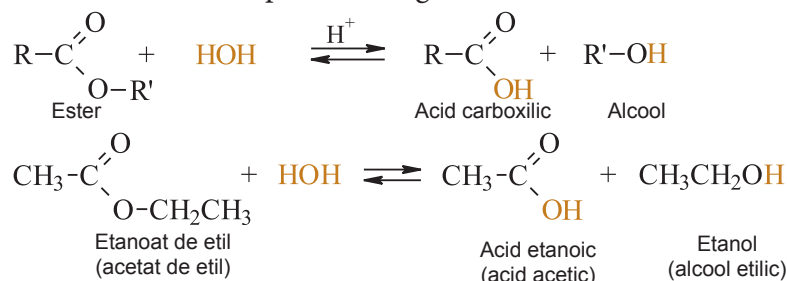
Proprietățile chimice ale esterilor depind de natura acidului și a alcoolului din care s-au format.

Știi că ...

Mulți esterii au miros plăcut și servesc ca esențe de fructe obținute sintetic. Astfel, butanoatul de etil are miros de ananas, metanoatul de amil – de rom, izovaleratul de izoamil – de măr, etanoatul de octil – de portocală, etanoatul de amil – de banană, butanoatul de amil – de caise etc.



Hidroliza, reacția inversă esterificării, este cea mai importantă proprietate chimică a esterilor. Ea poate decurge în mediu acid, neutru sau bazic:



În practică, de obicei, se realizează în mediu bazic, deoarece are loc deplasarea echilibrului spre dreapta, formând sarea acidului și alcoolul respectiv (reacția devine ireversibilă):

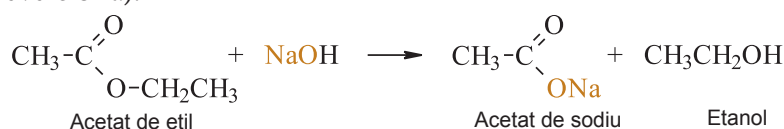


Fig. 3.23. Esențe de esteri.



Fig. 3.24. Produse cosmetice.



Fig. 3.25. Produse de cofetărie și băuturi cu arome de fructe și flori.



Fig. 3.26. Solvenți.

Reprezentanți importanți ai esterilor. Utilizarea lor

Acetatul de etil, $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$, este un lichid incolor cu p.f.=77 °C, puțin solubil în apă (8,5% la 20 °C).

Se obține prin reacția de esterificare dintre acidul acetic și etanol. Se aplică pe larg în calitate de dizolvant al unui șir de polimeri, grăsimi, parafine etc. Se utilizează pentru obținerea esențelor alimentare (fig. 3.23).

Acetatul de izoamil, $\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$, reprezintă un lichid cu miros de pere cu p.f.=142 °C, foarte puțin solubil în apă (2%).

Se obține prin esterificare din acid acetic și alcool izoamilic. Se utilizează în calitate de solvent, în industria cosmetică și parfumerică (fig. 3.24).

Un șir de esteri sunt componente ale esențelor sintetice care se aplică în industria alimentară pentru a conferi produselor de cofetărie și patiserie arome de pere, mere, vișine, rom, portocale, ananași etc. Esențele sintetice se folosesc la obținerea băuturilor răcoritoare cu arome de fructe și flori (fig. 3.25).

Esterii sunt substanțe larg răspândite în natură. Esterii inferiori se află în componentele florilor, fructelor, pomușoarelor, conferindu-le arome specifice. Mari cantități de esteri se folosesc ca solvenți în diferite domenii (fig. 3.26).

Esterii formați din alcooli superiori și acizii grași se numesc **ceride**. Ele se utilizează în industria hârtiei, a vopselei, lacurilor, ca materiale izolante etc. Ceridele au o largă aplicare la obținerea produselor cosmetice.

AUTOEVALUARE

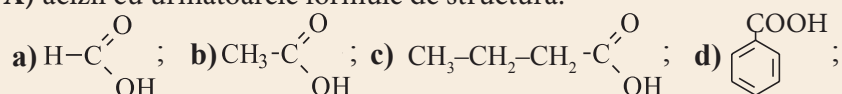
1. **Definește** noțiunea: reacție de esterificare.

2. **Explică și expune:**

- a) formula generală a esterilor;
- b) nomenclatura și izomeria de structură a esterilor;
- c) izomeria de funcțiune a esterilor cu acizii monocarboxilici.

3. **Numește :**

A) acizii cu următoarele formule de structură:



e) $\text{C}_{17}\text{H}_{35}-\text{COOH}$.

B) esterii care se formează în urma reacției de esterificare dintre:

- a) acidul formic și alcoolul metilic;
- b) acidul acetic și alcoolul butilic;
- c) acidul benzoic și alcoolul etilic;
- d) acidul butanoic și alcoolul izopropilic.

4. **Notează** prin **A** afirmația adevărată și prin **F** – afirmația falsă:

- a) Acetatul de etil este derivatul acidului butanoic.
- b) Esterii se obțin în urma interacțiunii acizilor carboxilici sau a acidului azotic cu alcooli sau polialcooli.
- c) Pentru deplasarea echilibrului reacției de esterificare în sensul mării randamentului esterului prin distilare se înlătură apa.
- d) La reacția de esterificare acidul carboxilic elimină hidrogenul din gruparea carboxil, iar alcoolul – gruparea hidroxil.

A **F**

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

5. **Propune** o metodă de identificare a conținutului eprubetelor în care se află:

- a) acid acetic; b) acid formic; c) acetat de etil.

6. **Completează** spațiile libere din următoarele enunțuri:

- a) Esterii se obțin la tratarea ... cu
- b) Esterii sunt substanțe lichide sau solide cu miros ... și servesc ca ... de fructe obținute sintetic.
- c) Principala proprietate chimică a esterilor este ..., reacția inversă a esterificării.
- d) Cu formula moleculară $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ există ... esteri.

7. **Rezolvă:**

La încălzirea etanolului cu masa 1,2 g și a acidului acetic cu masa 1,8 g s-a obținut un ester. Să se calculeze masa esterului.

(R.: 2,29 g)

3.3.7.

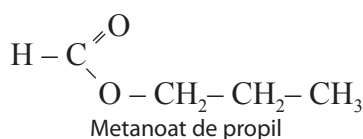
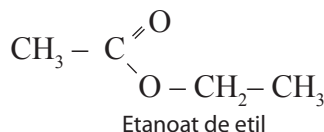
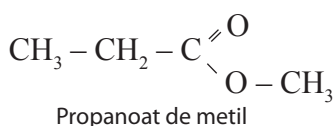
Rezolvarea exercițiilor
și a problemelor la tema *Esteri***Exercițiul 1**

Din substanțele organice date mai jos selectează formula ce corespunde unui ester. Scrie formulele de structură ale izomerilor ce corespund formulei selectate (esteri și acizi) și dă denumirea lor sistematică: a) CH_2O_2 ; b) $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$; c) $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$; d) $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$.

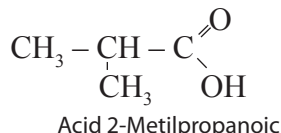
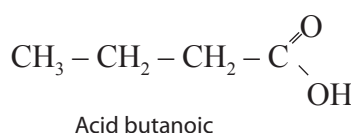
Rezolvare:

1. Formula moleculară $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$ corespunde esterilor și acizilor monocarboxilici saturați:

a) Esteri:



b) Acizi carboxilici:

**Exercițiul 2**

Selectează compușii organici din coloana A în corespundere cu reacțiile lor specifice din coloana B. Scrie ecuațiile reacțiilor și numește produsele de reacție.

Coloana A

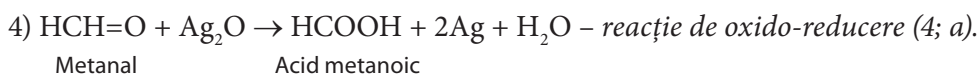
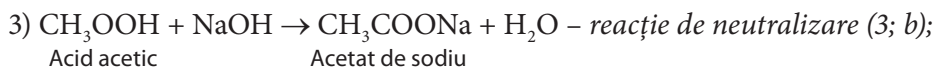
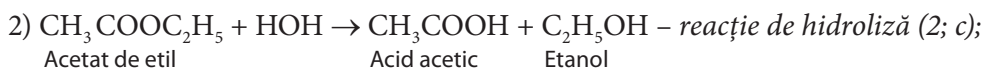
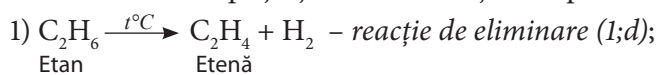
- 1) C_2H_6
- 2) $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$
- 3) CH_3COOH
- 4) $\text{HCH}=\text{O}$

Coloana B

- a) reacția de oxido-reducere
- b) reacția de neutralizare
- c) reacția de hidroliză
- d) reacția de eliminare

Rezolvare:

1. **Se selectează** compușii și se scriu ecuațiile respective conform enunțului:

**Problema 1**

Să se calculeze masa acetatului de etil obținut în urma reacției de esterificare dintre alcoolul etilic cu masa 92 g și soluția de acid acetic cu masa 200 g și partea de masă 90%.

Se dă:

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})=92 \text{ g}$$

$$m(\text{sol.}) = 200 \text{ g}$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOH}) = 90\%$$

$m(\text{acetatului de etil.}) - ?$

Rezolvare:

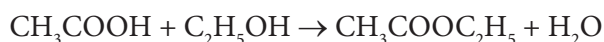
1. Se calculează masa CH_3COOH , cantitatea de substanță CH_3COOH și cantitatea de substanță $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ după algoritmi cunoscuți:

$$\omega = \frac{m(\text{subst.})}{m(\text{sol.})} \cdot 100\%;$$

$$m(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{m(\text{sol.}) \cdot \omega(\text{CH}_3\text{COOH})}{100\%} = \frac{200 \text{ g} \cdot 90\%}{100\%} = 180 \text{ g};$$

$$v = \frac{m}{M}; \quad v(\text{CH}_3\text{COOH}) = \frac{180 \text{ g}}{60 \text{ g/mol}} = 3 \text{ mol}; \quad v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = \frac{92 \text{ g}}{46 \text{ g/mol}} = 2 \text{ mol}.$$

2. Se scrie ecuația reacției:



Din ecuația reacției: $v(\text{CH}_3\text{COOH}) = v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$.

Din datele problemei: $v(\text{CH}_3\text{COOH}) > v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})$; $3 \text{ mol} > 2 \text{ mol}$

Acidul acetic este în exces, calculele se efectuează după cantitatea de etanol:

$$v(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = v(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 2 \text{ mol}; \quad M(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = 88 \text{ g/mol}.$$

3. Se determină masa esterului:

$$m(\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2) = v \cdot M = 2 \text{ mol} \cdot 88 \text{ g/mol} = 176 \text{ g}.$$

Răspuns: Masa acetatului de etil este egală cu 176 g.

AUTOEVALUARE

1. Scrie succesiunea de reacții prin care se obține din:

a) $\text{CH}_4 \rightarrow$ formiatul de etil;

b) $\text{CH}_4 \rightarrow$ acetatul de etil.

2. Scrie ecuațiile reacțiilor dintre:

a) acidul acetic și alcoolul izopropilic;

b) acidul formic și alcoolul butilic;

c) acidul acetic și alcoolul *terț*-butilic.

Numește produsele reacțiilor.

3. Amestecul din 22 g de acetat de etil și apă a fost supus încălzirii. Esterul rămas a fost separat cu ajutorul pâlniei de decantare. Pentru neutralizarea soluției apoase s-au consumat 40 g soluție de NaOH cu partea de masă 12,5%. Să se calculeze partea de masă (%) a esterului hidrolizat din amestecul inițial. (R.: 50%)

4. Ce cantitate (kg) de acetat de metil se poate obține dintr-o tonă de acid acetic? Câți alcool metilic se consumă? (R.: 1233 kg; 533 kg)

5. Prin arderea a 1,32 g substanță organică cu $M=88 \text{ g/mol}$ ce conține C, H, O se obțin 2,64 g CO_2 și 1,08 g H_2O . Să se determine formula moleculară a substanței. Să se scrie izomerii aciclici saturați monofuncționali. (R.: $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$; 2 acizi și 3 esteri)

6. Se dă un amestec de acetat de metil și acetat de etil cu masa 10,3 g. Partea de masă a acetatului de metil este de 35,9%, iar a acetatului de etil 64,1%. Ce volum de soluție de hidroxid de sodiu cu partea de masă 40% și densitatea 1,4 g/mol va fi necesară pentru hidroliza completă a amestecului de esteri?

(R.: 8,93 ml sol. NaOH)

3.3.9

EVALUARE SUMATIVĂ
ACIZI CARBOXILICI. ESTERI

- 1. Scrie și numește** izomerii acizilor cu formula moleculară $C_5H_{10}O_2$.
- 2. Explică** cum se vor schimba proprietățile acide ale acidului acetic, dacă un atom de hidrogen din radicalul alchil va fi substituit cu clor ($ClCH_2COOH$). Argumentează răspunsul.
- 3. Scrie** ecuațiile reacțiilor prin care pot fi realizate transformările:
 - a) metan \rightarrow metanal \rightarrow acid metanoic \rightarrow metanoat de amoniu;
 - b) $C \rightarrow CO_2 \rightarrow CO \rightarrow HCOONa$;
 - c) $C_2H_2 \rightarrow CH_3CHO \rightarrow CH_3COOH \rightarrow CH_3COONa \rightarrow CH_4$;
 - d) metan \rightarrow acetilenă \rightarrow acetaldehidă \rightarrow acid acetic \rightarrow acetat de etil.
- 4. Indică:**
 - A. formula care corespunde unui ester:
 - a) C_4H_9OH ; b) $CH_3CH=O$; c) CH_3COCH_3 ; d) CH_3COOCH_3 .
 - B. formula moleculară a esterului, format dintr-un acid saturat și un alcool saturat cu masa molară 102 g/mol.
- 5. Propune** calea de transformare:
 - a) $C_2H_5Cl \rightarrow CH_3COOH$;
 - b) $CH_4 \rightarrow CH_3COOCH_3$.
- 6. Alcătuieste** ecuațiile reacțiilor succesive ce permit următoarele transformări:
 - a) metan \rightarrow formiat de metil;
 - b) etenă \rightarrow acetat de etil;
 - c) acetilenă \rightarrow acetat de calciu;
 - d) toluen \rightarrow benzoat de metil.
- 7. Stabilește:**
 - a) structura esterului, dacă se știe că prin tratarea lui cu soluție apoasă de NaOH se obține acetat de sodiu și etanol;
 - b) formula moleculară, apoi scrie formula de structură a acidului monocarboxilic saturat, dacă la neutralizarea a 0,37 g de acest acid s-au consumat 10 g soluție de NaOH cu partea de masă 2%.
(R.: C_2H_5COOH)
- 8. Rezolvă:**
 - A. Cu ajutorul unor reacții cunoscute să se determine conținutul a 4 eprubete cu substanțe diferite: acid acetic, acid formic, anilină, acetat de etil. Să se scrie ecuațiile reacțiilor respective.
 - B. Doi izomeri de funcțiune (aparțin la diferite clase de compuși) au formula generală $C_3H_6O_2$. Unul dintre izomeri interacționează cu metale active, oxizi bazici, baze și alcooli. Alt izomer la încălzire cu soluție de baze alcaline formează sarea unui acid carboxilic și un alcool. Să se scrie formulele de structură ale celor doi izomeri, denumindu-i, și să se scrie ecuațiile reacțiilor descrise mai sus pentru fiecare izomer.



RECAPITULARE

Compartimentul

4



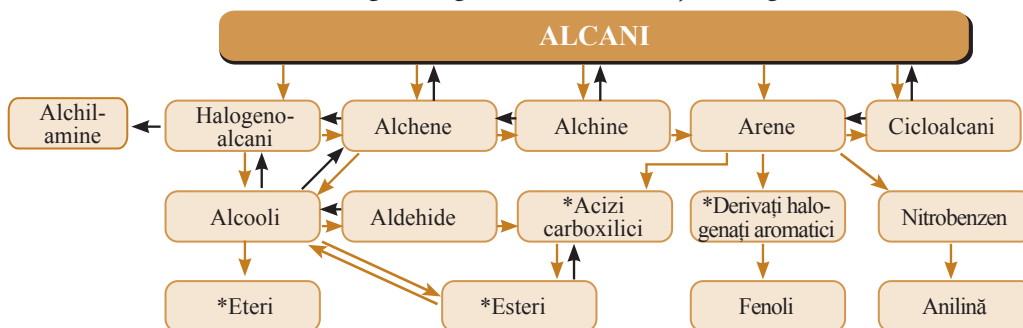
În acest compartiment sunt generalizate cunoștințele teoretice și practice la chimia organică, sunt descrise unele tipuri de exerciții și probleme pe care le-ați rezolvat pe parcursul anului la chimie, sunt descrise și unele tipuri de probleme experimentale, fiind sugerate și unele moduri de soluționare ale lor.

4.1.

Relații între diferite clase de compuși organici

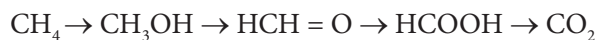
Transformările, la care pot fi supuse clasele de compuși organici studiați, adesea pot fi reciproce și constituie o formă de legătură genetică între ele. În *schema 4.1* sunt prezentate unele transformări reciproce (cel puțin teoretic, dacă nu și experimental, la scară industrială) între clasele de substanțe studiate.

Schema 4.1. Legătura genetică a substanțelor organice



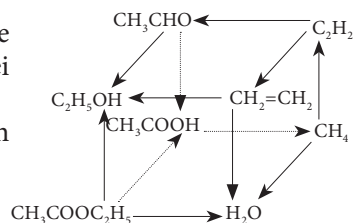
Activitate în echipă

1. Copiați pe caiet *schema 4.1*, completând cu formulele generale fiecare clasă de compuși organici.
2. Exprimați prin ecuații chimice ale reacțiilor concrete, pe exemplul compușilor organici cu doi atomi de carbon, transformările reciproce ale compușilor organici prezentate în *schema 4.1*.
3. Se propune schema transformărilor:



Se cere să explicați ce procese chimice sunt necesare de efectuat pentru a obține CO_2 din CH_4 (conform schemei transformărilor).

4. Scrieți schemele reacțiilor transformărilor prezentate în figura alăturată.



4.2.

Modele de exerciții și probleme specifice chimiei organice

Printre varietatea de probleme din chimia organică, rezolvate anterior, pot fi evidențiate câteva tipuri de bază:

1. Izomeria și nomenclatura compușilor organici.
2. Sinteza compușilor organici printr-o succesiune de procese exprimate prin ecuații chimice (transformări chimice).
3. Scrierea ecuațiilor reacțiilor, ce denotă proprietățile chimice ale compușilor organici.
4. Stabilirea structurii substanței pe baza descrierii unui șir de proprietăți ale ei și ale proprietăților substanțelor rezultate din ea, în urma anumitor transformări.
5. Calcule pe bază de formule și ecuații chimice.

Vom elucida principiile de bază, care se cer respectate și aplicate la rezolvarea fiecărui tip de probleme menționate mai sus.

I. Izomeria și nomenclatura compușilor organici.

În chimia organică sunt cunoscute două tipuri principale de izomerie – de structură (plană) și spațială (stereoizomeria). Izomeria de structură este determinată de secvența diferită de legare a atomilor în moleculă. Studiind diferite clase de compuși organici, ai luat cunoștință de trei tipuri de izomerie: de catenă, de poziție și de funcțiune (tabelul 4.1).

Tabelul 4.1. Tipuri de izomerie

Tipul de izomerie	Cauza	Proprietăți distincte	Clase de compuși
Izomerie de catenă	Ordinea diferită a atomilor de carbon legați în catenă.	Proprietăți fizice (densitate, punct de fierbere, solubilitate etc.)	Alcani cu cel puțin 4 atomi de C în catenă. Alchene cu 4 și mai mulți atomi de C. Alchine cu minimum 5 atomi de C. Diene cu minimum 5 atomi de C. Compuși cu grupări funcționale cu minimum 4 atomi de C.
Izomerie de poziție	Existența unui element structural ($>\text{C}=\text{C}<$, $-\text{C}\equiv\text{C}-$) sau a unei grupări funcționale care se găsește în poziții diferite în catenă.	Proprietăți fizice și chimice	Alchene cu 4 și mai mulți atomi de C. Alchine cu catenă de cel puțin 4 atomi de C. Diene cu minimum 4 atomi de C. Hidrocarburi ciclice (aromatice și nearomatice) cu cel puțin 2 substituenți.
Izomerie de funcțiune	Diferența în constituție ce conduce la apartenența izomerilor la diferite clase de compuși.	Deosebiri esențiale ale proprietăților fizice și chimice	Compuși cu grupări funcționale cu catenă de cel puțin trei atomi de C. Eteri cu minimum 4 atomi de C. Esteri cu 4 și mai mulți atomi de C. Cicloalcani – alchene. Diene – alchine. Alcooli – eteri. Aldehyde – cetone. Acizi carboxilici – esterii.

Algoritmii scrierii și denumirii izomerilor de catenă, de poziție și de funcțiune sunt descriși la pag. 41 (pentru alcani), pag. 67 (pentru alchene), pag. 124 (pentru alcooli) și la pag. 174, 187 (pentru acizi și esteri).

Activitate în echipă

- A. Scrieți izomerii hidrocarburii saturate cu compoziția C_6H_{14} și, fără a consulta îndrumarul chimic, aranjați-i în ordinea creșterii temperaturii lor de fierbere.
- B. Denumiți izomerii de poziție care corespund formulelor moleculare:
a) C_4H_6 ; b) C_6H_{10} .
- C. Scrieți izomerii de poziție ai alcoolilor cu formula moleculară: a) C_3H_8O ; b) $C_4H_{10}O$.
- D. Scrieți izomerii de funcțiune care corespund formulelor moleculare:
a) C_4H_6 ; b) $C_4H_{10}O$; c) $C_3H_6O_2$.

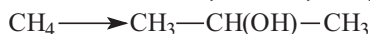
II. Sinteza compușilor organici (transformări chimice).

În chimia organică noțiunea „sinteză” cuprinde procesul de obținere a unei substanțe organice cu structura dată din alte substanțe, prin intermediul unei sau a câtorva reacții chimice.

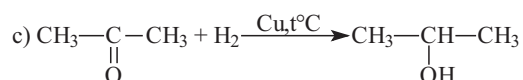
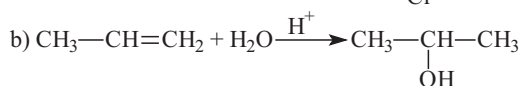
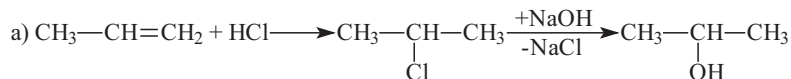
Exemplul 1. Scrie succesiunea de reacții pentru realizarea sintezei propan-2-ol-ului plecând de la metan.

Soluție:

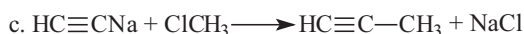
1. Se scriu formulele de structură ale substanțelor inițială și finală:



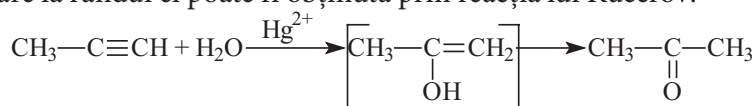
2. Comparând formulele de structură, conchidem: substanța inițială este un alcan cu un atom de carbon; cea finală – un alcool secundar cu trei atomi de carbon în catenă.
3. Se scriu ecuațiile reacțiilor prin care poate fi obținut propan-2-ol:



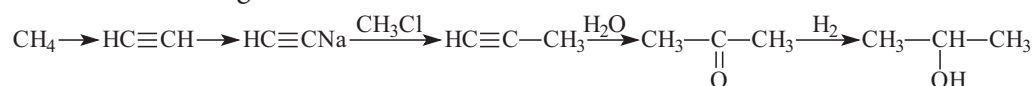
4. Pentru realizarea sintezei este necesar de a mări catena carbonică până la trei. Vom utiliza următoarele reacții:



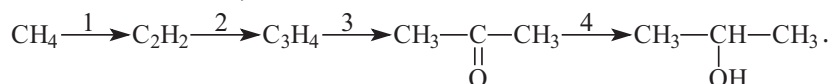
5. Pentru a obține propan-2-ol vom utiliza reacția c, prin urmare, vom avea nevoie de propanonă, care la rândul ei poate fi obținută prin reacția lui Kucerov:



6. Se scrie schema generală a sintezei:



Răspuns: Succesiunea reacțiilor:



Activitate în echipă

Scrieți succesiunea de reacții chimice pentru realizarea următoarelor transformări:

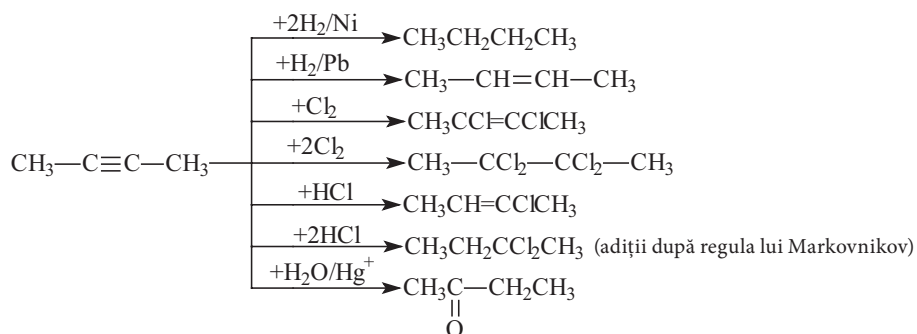
- A. 1-bromobutan \rightarrow but-2-enă D. etan \rightarrow acetat de etil
 B. metan \rightarrow etanol; E. metan \rightarrow anilină
 C. etan \rightarrow acid acetic; F. propan \rightarrow izopropilamină

III. Alcătuirea ecuațiilor reacțiilor chimice, ce denotă proprietățile chimice ale compușilor organici.

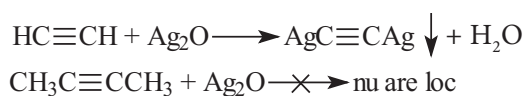
Pentru a soluționa o problemă în care se cere separarea unui amestec de substanțe, este necesar, în primul rând, să se stabilească clasa de compuși din care face parte fiecare substanță din amestecul propus: a) dacă ambele substanțe din amestec fac parte din aceeași clasă de compuși (ca în exemplul de mai jos), separarea are la bază proprietățile specifice doar unei din cele două substanțe; b) dacă substanțele fac parte din clase diferite de compuși, atunci identificarea sau separarea are la bază reacțiile cele mai caracteristice pentru reprezentanții din clasele propuse de compuși organici. Bunăoară, în manual sunt descrise detaliat proprietățile chimice ale alchinelor pe exemplul acetilenei, dar ele sunt valabile pentru oricare reprezentant al clasei date.

Exemplul 2. Scrie ecuațiile reacțiilor caracteristice pentru but-2-ină.

a) reacții de adiție (comune cu ale acetilenei):



b) pentru but-2-ină nu sunt specifice reacțiile de substituție, deoarece nu au atomi de hidrogen la legătura triplă. Anume această deosebire ne dă posibilitatea să le deosebim și să le separăm:



Activitate în echipă Utilizând cunoștințele cu privire la proprietățile fizice sau chimice specifice claselor de compuși din care fac parte substanțele, propuneți metode de identificare și separare a următoarelor perechi de substanțe, care sunt între ele izomeri de poziție sau de funcțiune (indică tipul):

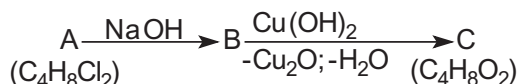
- | | |
|--|---------------------------------------|
| a) pentan și 2,2-dimetilpropan; | f) 4-nitrofenol și 2-nitrofenol; |
| b) but-1-ină și but-2-ină; | g) etanol și eter dimetilic; |
| c) propenă și propină; | h) propanal și propanonă; |
| d) propan-1-ol și 2-metil-propan-2-ol; | i) acid propanoic și acetat de metil. |
| e) 1,4-dimetilbenzen și 1,2-dimetilbenzen; | |

IV. Stabilirea structurii substanțelor organice pe baza descrierii proprietăților chimice ale ei și ale proprietăților substanțelor rezultate din ea în urma transformărilor chimice.

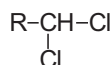
Pentru a rezolva acest tip de probleme este necesar, mai întâi, să se alcătuiască schema tuturor reacțiilor implicate în transformări; să se analizeze natura substanțelor rezultate, clasa din care fac parte și clasa compușilor din care pot fi obținute. Știind structura unor produse din enunțul problemei, să se stabilească formula de structură a substanței inițiale.

Exemplul 3. Un compus organic A cu formula moleculară $C_4H_8Cl_2$ și structură necunoscută a fost încălzit cu o soluție apoasă de hidroxid de sodiu, rezultând un compus B ce conține oxigen, care reducând hidroxidul de cupru (II) până la oxid de cupru (I) trece în substanța C cu formula moleculară $C_4H_8O_2$ cu structură ramificată. Să se stabilească structura compușilor A-C și să se scrie schema transformărilor.

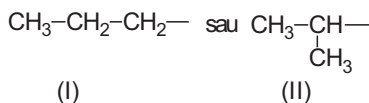
Rezolvare: 1. Alcătuiim schema tuturor proceselor ce au loc conform enunțului problemei:



2. Compusul organic oxigenat, B, care reduce $Cu(OH)_2$ în Cu_2O poate fi numai o aldehydă, care a fost obținută la hidroliza derivatului dihalogenat geminal:

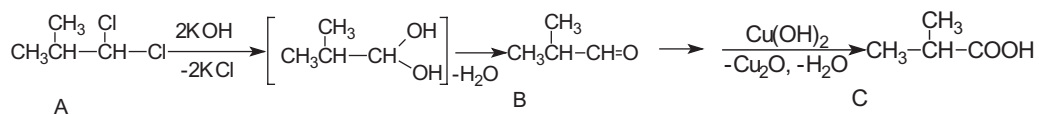


3. Reieșind din formula $C_4H_8Cl_2$, radicalul R poate avea două structuri:



4. Enunțului problemei îi corespunde radicalul (II), deoarece la oxidarea aldehydei se obține un acid $C_4H_8O_2$ cu structură ramificată.

5. Schema inițială poate fi interpretată în felul următor:



Activitate în echipă Analizați procesele chimice din enunțul problemelor și stabiliți structurile substanțelor organice A, B, C. Argumentați răspunsul prin schemele tuturor reacțiilor descrise.

1. Se dau trei hidrocarburi gazoase A, B, C. Hidrocarbura B se poate obține din C, iar A din B. Hidrocarbura A intră mai greu în reacție cu bromul în prezența luminii, dar nu decolorează apa de brom și soluția de KMnO_4 . Hidrocarbura A (1mol) la ardere consumă 3,5 mol de oxigen. Hidrocarbura B se folosește la obținerea $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, iar hidrocarbura C – pentru obținerea acidului acetic și la sudarea autogenă. Care sunt cele trei hidrocarburi?
2. Substanța organică A cu formula moleculară $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ la oxidare blândă trece în substanța B, care în reacție cu soluția amoniacală de oxid de argint (I) formează „oglinda de argint” și compusul organic C.
3. Un compus organic A are următoarele proprietăți: a) reduce soluția amoniacală de oxid de argint (I) la argint metalic, cu degajarea unui gaz; b) reacționează cu $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ în prezența H_2SO_4 concentrat, formând un singur compus organic cu formula moleculară $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$; c) degajă hidrogen în reacție cu sodiul metalic. Care este structura compusului organic A?

Problemă creativă La acțiunea sodiului metalic asupra unei substanțe lichide C, care are mediu neutru, se elimină un gaz A, care în amestec cu oxigenul de la o scânteie produce explozie. La arderea lichidului C se elimină un gaz care tulbură apa de var. Care este structura substanței C, dacă se știe că ea conține 2 atomi de carbon?

V. Probleme de calcul.

Rezolvarea problemelor de calcul se începe cu alcătuirea ecuațiilor reacțiilor chimice pentru toate procesele ce au loc conform enunțului problemei. Calculele cantitative este mai bine să se efectueze cu aplicarea noțiunii de mol, simplificând astfel esențial calculele.

Te-ai convins de aceasta analizând modul de rezolvare a exemplurilor de probleme la fiecare clasă de compuși organici.

4.3.

Tipuri de probleme experimentale cu rezolvări

Rezolvarea problemelor de acest tip contribuie la consolidarea cunoștințelor despre proprietățile substanțelor. Astfel, ele sunt valoroase nu numai pentru studierea chimiei, dar și pentru a dezvolta competențe de gândire, generalizare, de alcătuire a raționamentelor.

Aceste probleme contribuie la evaluarea gradului de însușire a cunoștințelor după terminarea cursului de chimie organică de către elevi.

În cele ce urmează, prezentăm principalele reacții calitative ce permit identificarea unor compuși organici studiați în decursul anului, care îți vor servi drept călăuză în rezolvarea problemelor experimentale propuse la sfârșitul acestui compartiment.

Tabelul 4.2. Reacții calitative pentru identificarea compușilor organici

Substanța supusă identificării	Reagentul	Efectele analitice observate
Compuși organici ce conțin legături multiple între atomii de carbon	Apa de brom Reactivul Bayer-Wagner (soluție de permanganat de potasiu)	Decolorarea soluției brune în urma consumării bromului Sedimentarea fulgilor bruni de oxid de mangan (IV)
Alchine cu legături triple marginale	Soluție amoniacală de hidroxid de cupru (I) proaspăt pregătită	Precipitat de culoare roșie
Compuși organici cu proprietăți reducătoare	Reactivul Fehling (soluție ce conține hidroxid de cupru (II) proaspăt sedimentat în soluție de tartrat de sodiu-potasiu) Reactivul Tollens (soluție amoniacală de hidroxid de argint proaspăt pregătită)	La încălzire se sedimentează oxid de cupru (I), precipitat roșu-cărămiziu La încălzire soluția se înnegrește în urma sedimentării argintului metallic dispers (formarea „oglinzii de argint” pe pereții eprubetei)
Compuși organici ce conțin halogen	Sârmuliță de Cu	Culoarea flăcării: verde intens
Polialcooli	Soluție ce conține hidroxid de cupru (II) proaspăt sedimentat	Culoarea soluției: albastru intens
Fenoli	Soluție de clorură de fier (III)	Culoarea soluției: roșu-violet
Anilină	HCl, H ₂ SO ₄	Săruri solubile în apă

Activitate în echipă Propuneți reacții chimice cu efect vizibil, cu ajutorul cărora pot fi deosebite următoarele perechi de substanțe, aplicând informația din *tabelul 4.2*.

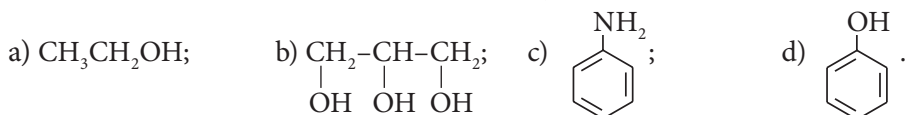
- | | |
|---|-----------------------------|
| a) etan și etenă; | b) etenă și etină; |
| c) etan și cloroetan; | d) benzen și toluen; |
| e) etanol și etanal; | f) etanol și etan-1,2-diol; |
| g) propanal și propanonă; | h) acid formic și acetic; |
| i) acid propanoic și formiat de propil; | j) fenol și anilină. |

I. Problemă experimentală privind identificarea compușilor organici.

Exemplul 1. Determinați conținutul a 4 eprubete cu substanțe diferite: etanol, glicerol, fenol, anilină.

Soluție:

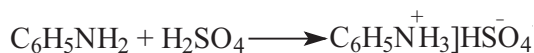
1. **Se scriu** formulele de structură ale substanțelor:



2. **Se menționează** reacțiile caracteristice pentru clasele de compuși din care face parte fiecare din cele 4 substanțe (analizează *tabelul 4.2*).

3. Pentru alcoolii monohidroxilici este caracteristică reacția cu sodiu metalic cu eliminare de hidrogen, însă această reacție este caracteristică și pentru glicerol și fenol.

4. Reacția calitativă pentru glicerol este interacțiunea cu $\text{Cu}(\text{OH})_2$ cu formarea unei colorații albastru intens. (Niciuna din cele 3 substanțe nu va reacționa cu acest reagent.)
5. Anilina și fenolul cu apa de brom formează precipitate albe (2,4,6-tribromoanilină și 2,4,6-tribromofenol), însă cu FeCl_3 doar fenolul va da o colorație caracteristică roșu-violet.
6. Identificarea substanțelor se efectuează în următoarea ordine:
 - a) Se obține hidroxidul de cupru (II) la interacțiunea soluției de 5% de CuSO_4 cu o soluție de 5% de NaOH , apoi se împarte în 4 eprubete.
 - b) În fiecare din cele 4 eprubete cu $\text{Cu}(\text{OH})_2$ se adaugă câte 2-3 picături din conținutul celor 4 eprubete cu substanțele propuse pentru identificare. Conținutul eprubetelor se agită energic.
 - c) Se constată că în una din eprubete precipitatul inițial se dizolvă cu formarea unei colorații albastru intens, ceea ce indică prezența glicerolului.
 - d) În 3 eprubete se picură câte 2-3 picături de soluție de 2% de FeCl_3 , apoi în fiecare se adaugă câte 2-3 picături din soluțiile din cele 3 eprubete cu substanțele rămase neidentificate.
 - e) Se constată că în una din cele 3 eprubete apare culoarea roșu-violet caracteristică fenolului.
 - f) În fiecare din cele 2 eprubete rămase se adaugă 2-3 picături de acid sulfuric concentrat. Doar în una din eprubete se va forma un precipitat alb (sulfat acid de aniliniu):



Activitate în echipă

1. Determinați, cu ajutorul unor reacții cunoscute, în care din cele 4 eprubete se găsesc soluțiile apoase ale substanțelor: etilenglicol, etilamină, anilină și cloroetan.
2. Determinați, cu ajutorul unor reacții cunoscute, în care eprubete se află acid formic, acid acetic, acetat de etil, acetaldehidă.

II. Probleme experimentale privind separarea substanțelor din amestec.

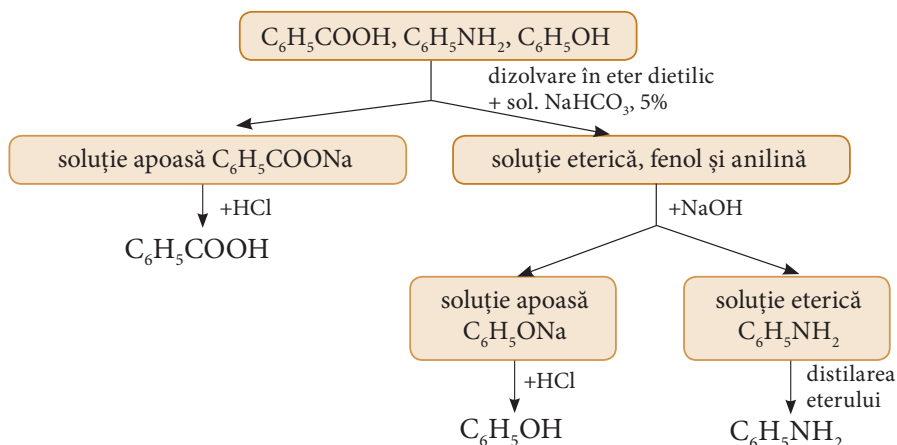
Toate metodele de separare a 2 sau mai multe substanțe se bazează pe diferența în proprietăți fizice (constante fizice): temperatura de fierbere, solubilitate, adsorbție ș.a. Când aceste deosebiri sunt nesemnificative, se folosesc și metodele chimice de separare. Esența metodei constă în faptul că una din substanțe se transformă într-un derivat al acesteia, apoi amestecul obținut se separă. După separare în stare pură, substanța este supusă unei reacții chimice ce duce la regenerarea substanței inițiale.

Exemplul 1. Propuneți o metodă de separare a unui amestec, format din acid benzoic, anilină și fenol, în componente pure.

Recapitulare

Rezolvare:

- Se folosesc procedee de extracție și metode bazate pe proprietățile acido-bazice: acidul benzoic și fenolul posedă proprietăți acide, iar anilina – proprietăți bazice. Pentru separarea soluției se folosește pâlnia de decantare (pag. 29, fig. 1.14).
- Procedeele utilizate le vom reprezenta în schema de mai jos:



- Se scriu ecuațiile reacțiilor în procesele de separare:
 - cu soluție de NaHCO_3 reacționează numai acidul benzoic:
$$\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$$
 - acidul benzoic se separă în stare pură la acidulare cu HCl:
$$\text{C}_6\text{H}_5\text{COONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} + \text{NaCl}$$
 - la soluția eterică ce conține fenol și anilină se adaugă soluție de NaOH; în soluția apoasă va trece fenolul sub formă de fenolat de sodiu:
$$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{H}_2\text{O}$$
 - fenolul se separă la acidulare cu HCl:
$$\text{C}_6\text{H}_5\text{ONa} + \text{HCl} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{OH} + \text{NaCl}$$
 - anilina se separă în stare pură după înlăturarea eterului dietilic prin distilare.

Problemă creativă

- Elaborează schema pentru separarea unui amestec format din fenol, anilină și acid acetic, aflate în soluție de eter dietilic.
- Propune o schemă pentru separarea amestecului format din acid acetic și acetat de etil în componente pure.

Activitate în echipă Folosind procedee de extracție și metode bazate pe proprietățile acide sau bazice ale substanțelor, propuneți succesiunea operațiilor pentru a separa următoarele amestecuri:

- anilină, acid benzoic, fenol (soluție apoasă);
- acid benzoic, anilină, nitrobenzen, fenol (soluție eterică);
- acid acetic, ester etilic al acidului acetic, fenol (soluție apoasă).

**EXERCIȚII ȘI PROBLEME PENTRU GENERALIZAREA
CUNOȘTIINȚELOR LA CHIMIA ORGANICĂ**

- Propune structurile posibile pentru hidrocarburile care conțin:
 - 1 atom de C cu hibridizare sp^3 și 4 atomi cu hibridizare sp^2 ;
 - numai atomi de C cu hibridizare sp^2 ;
 - numai atomi de carbon cu hibridizare sp .
- Se propun substanțele:
 - 2,3-dimetilbutan; b) buta-1,3-dienă; c) 3-metilpent-1-ină;
 - ciclohexan; e) penta-1,3-dienă; f) 1,4-hexadienă; g) 2-metilbuta-1,3-dienă.
 Scrie formulele de structură ale substanțelor menționate și selectează pentru buta-1,3-dienă omologii (I) și izomerii (II) ei.
- Indică pentru pent-1-ină doi izomeri și trei omologi. Ce deosebire există între omologi și izomeri?
- Scrie pentru hept-1-enă câte un izomer:
 - de catenă; b) de poziție a legăturii duble; c) de funcțiune.
- Indică care dintre compușii (a-i) de mai jos pot adiționa clor:
 - propenă; b) propină; c) ciclohexan; d) cloroetenă; e) cloroetan;
 - buta-1,3-dienă; g) propan-1-ol; h) acid acetic; i) acetatul de vinil.
 Scrie ecuațiile reacțiilor respective și numește produsele rezultate.
- În ce relații se găsesc but-1-ena și izobutena?
- Ce produse rezultă la adiția apei la alchenele din exercițiul precedent?
- La oxidarea toluenului cu $KMnO_4$ în mediu acid se obține acid benzoic. Ce se va obține la oxidarea 1,2-dimetilbenzenului și 1,4-dimetilbenzenului?
- Scrie formulele de structură a 5 izomeri ce conțin un ciclu benzenic pentru compusul cu formula moleculară C_7H_8O .
- Scrie schema reacțiilor de obținere a propanonei, pornind de la propanal, folosind reactivi anorganici.
- Stabilește compusul carbonilic saturat, alifatic ce conține 27,58% oxigen. Scrie izomerii lui de funcțiune.
- Să se prepare 2-cloropropan din 1-cloropropan.
- Un compus organic oxigenat A denotă următoarele proprietăți:
 - reduce soluția amoniacală de $AgNO_3$ până la argint metalic cu degajarea unui gaz; b) reacționează cu etanolul, formând un singur compus organic cu formula $C_3H_6O_2$; c) degajă hidrogen în reacție cu sodiul metalic. Să se stabilească structura compusului organic A.
- O hidrocarbură saturată gazoasă A, cu densitatea (c.n.) 0,715 g/l, este supusă următoarelor transformări:

$$2A \longrightarrow B \xrightarrow{C, 600^\circ C} C \xrightarrow[-HCl]{C_2H_5Cl} D \longrightarrow E \xrightarrow[KMnO_4+H^+]{[O]} F + CO_2 + H_2O$$
 Știind că E este un monomer important în obținerea maselor plastice, să se identifice substanțele A-F.
- Scrie ecuațiile reacțiilor ce permit următoarele transformări:

$$CaCO_3 \xrightarrow{1} A \xrightarrow{2} CaC_2 \xrightarrow{3} B \xrightarrow{4} C_6H_6 \xrightarrow{5} C_6H_5Cl \xrightarrow{6} D \xrightarrow{NaOH} E \xrightarrow{HCl} F$$

4.4.

Generalizarea cunoștințelor teoretice
cu aplicații practice

O dovadă că în urma studierii compușilor organici ai însușit corelația: compoziție – structură – proprietăți – utilizare este competența de a elabora „Pașaportul” unei substanțe organice.

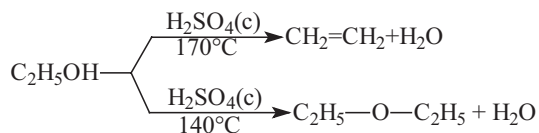
Exemplul 1. Să se elaboreze „pașaportul” substanței *etanol*.

Rezolvare:

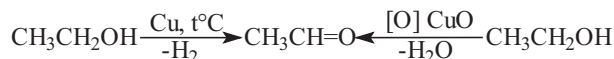
- Formula:** $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$, $M_r = 46$.
- Compoziția:** a) calitativă C,H,O; b) cantitativă: 52,17% C, 13,05% H, 34,78% O.
- Clasificare:** compuși monohidroxicilici alifatici (alcooli); formula generală $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$.
- Omologi:** CH_3OH (metanol); $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$ (propan-1-ol).
- Nomenclatura:** denumirea sistematică: de la numele alcanului cu același număr de atomi de carbon cu adăugarea sufixului *ol* – etanol.
- Structura:** doar legături simple σ , hibridizarea sp^3 a atomilor de carbon, deplasări electronice: $\text{CH}_3\text{---CH}_2\text{---}\ddot{\text{O}}\text{H}$.
- Izomerie:** de funcțiune cu eterul dimetilic ($\text{CH}_3\text{-O-CH}_3$).
- Proprietăți fizice:** este un lichid cu t.f. = 78°C , cu miros specific și gust arzător. Se amestecă cu apa în orice proporție. Se supune combustiei cu eliminare de CO_2 și H_2O . Nu conduce curentul electric.
- Proprietăți chimice:**
 - interacționează cu metalele alcaline cu formare de săruri (etilați) ușor hidrolizabile și cu eliminare de hidrogen:



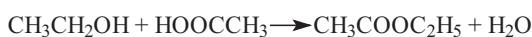
- se deshidratează în prezența acidului sulfuric concentrat în 2 moduri: intramolecular – cu formare de etenă, și intermolecular – cu formare de eter dietilic:



- se dehidrogenează și se oxidează cu formare de etanal:



- cu acizii minerali și organici formează esteri:



- arde cu o flacără albăstruie: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$

10. Utilizare: se folosește în industria chimică și farmaceutică, la conservarea preparatelor anatomice, în parfumerie și în industria alimentară.

Exemplul 2. Citește textul poeziei care exprimă corelația: structură – utilizare – răspândire în natură. Scrie formulele moleculare ale substanțelor organice, indicând clasa la care se referă ele, specificând proprietățile în baza cărora se utilizează.

În grafit și diamant, Tot carbonu-i împărat. Atomii lui de mână s-au luat Și diverse catene au format: Liniare, inelare, ramificate, Dând naștere la enorme agregate – Hidrocarburi, ce pot fi enumerate: Alcani, alchene, alcadiene, Cicloalcani și chiar arene. Toate stau umflăte-n pene Că sunt întrebate, nene!	Și-s compuse din carbon, Poleite-n hidrogen. Cu alte elemente organogene legate Formează clase și regate. După anumite criterii separate: Derivați halogenați, iar alții oxigenați – Alcooli, fenoli, aldehide și cetone, acizi și esteri. Dintre care unii duc chiar la polimeri, La parfumuri și esențe pentru dame și bărbați, Dinamită și săpun, Zău, pe cinstea mea vă spun.
--	---

Activitate creativă individuală Compune câteva strofe originale, cu rimă și conținut, cu subiecte științifice și noțiuni din chimia organică. Citește versurile colegilor și păstrează-le în portofoliul la chimia organică.

Elaborarea portofoliilor de creație

Portofoliul include rezultatele obținute de către elev prin probe scrise și practice, proiecte de tip creativ, autoevaluări după însușirea temelor de studiu și a sarcinilor specifice disciplinei. Tot aici pot fi incluse: poezii, creații muzicale, ghicitori cu subiecte științifice de chimie, lucrări de integrare a cunoștințelor acumulate, rebusuri etc.

Pentru elaborarea lucrărilor de creație, vi se acordă libertatea de a alege tema, obiectivele, conținutul etc. În *tabelul 4.3* propunem unele teme pentru lucrările de creație și unele sugestii despre problemele care pot fi abordate la fiecare temă. Într-o coloană aparte sunt recomandate sursele bibliografice ce conțin informații la tema dată (manuale, monografii, reviste, precum și unele site-uri).

Activități de tip proiect

Alege una din următoarele teme propuse în *tabelul 4.3* și întocmește un proiect. Prezintă referatul în fața colegilor de clasă. Organizează o dezbatere, având la bază tema selectată.

Tabelul 4.3. Teme pentru lucrările de creație

Nr. de ord.	Tema referatului	Problemele care trebuie tratate	Surse bibliografice
d1.	Petrolul și cărbunele – surse de materii prime organice.	– compoziția aerului; – surse naturale și artificiale de poluare; – consecințele poluării aerului; – măsuri de prevenire și combatere a poluării aerului.	Manuale de chimie: Nenițescu C. D., „Chimie organică” – vol. I și II, E.D.P., București, 1980; Site-uri: http://www.cco.ro/ http://ro.wikipedia.org/wiki/Petrol
2.	Avantajele și dezavantajele utilizării polimerilor și masele plastice în viața cotidiană.	– noțiunea de monomer și polimer; – obținerea masele plastice; – domeniile de utilizare; – problema reciclării polimerilor; – marcajul ambalajelor din mase plastice.	http://www.referatele.com/referate/chimie/online7/ Masele plastice
3.	Chimia organică – furnizoare de materiale explozibile.	– clasele compușilor organici cu proprietăți explozibile; – sinteza tritolului (TNT); – savanții care și-au adus aportul în obținerea acestor substanțe.	Pyrotechnics – the art of fire. (https://www.jyu.fi/kemia/tutkimus/organinen/en/research/Pihko) – site-ul personal al cercetătorului chimist finlandez
4.	Avantajele și dezavantajele lipsei industriei petrochimice în R. Moldova.	– investigații petrochimice în Republica Moldova.	http://www.referatmd.com/geografie/industria-petrochimica
5.	Derivații halogenați și aplicarea lor în diverse domenii.	– obținerea derivaților halogenați prin reacții de substituție; – clasificarea lor; – insecticide și erbicide pe baza derivaților halogenați.	http://www.referat.ro/referate_despre/importanta_derivatilor_halogenati.html
6.	Freonii – gaze nocive pentru atmosferă.	– metode de obținere; – utilizarea freonilor; – tetrafluoroetena în calitate de monomer; – „efectul de seră” și perturbările climatice etc.	http://facultate.regielive.ro/referate/chimie-organica/freonii-distrugea-stratului-de-ozon-245837.html
7.	Coloranții. Sinteze de coloranți azoici. Coloranți azoici alimentari.	– metode de obținere a anilinei; – grupele funcționale ce provoacă colorarea (grupe cromofore și grupe auxochrome).	http://www.referatele.com/referate/chimie/online2/Coloranti---Clasificarea-colorantilor-referatele-com.php http://www.obiectivdesuceava.ro/v2/sanatate/ue-a-intocmit-lista-colorantilor-alimentari-permisi-dar-cu-risc-pentru-sanatate/ N. Barbă, C. Tărăbașanu-Mihăilă, A. Zadorojnăi, S. Chercheja „Coloranți organici”, Chișinău, 2004, CEP, USM.
8.	Esențe și parfumuri pe bază de esteri ai acizilor carboxilici.	– reacțiile de esterificare; – proprietățile fizice și chimice ale esterilor.	http://www.referat.ro/referate/Esențe_si_parfumuri_2436.html
9.	Fumatul și cancerul.	– compoziția chimică a tutunului și a fumului de țigară; – măsuri de combatere și profilaxia fumatului; – date statistice cu privire la procentul de fumători în rândul populației adulte.	1. Melnic B., Tăbărnă C., Duca Gh., „Chimia, Stresul și Tumoarea”, Editura „Universul”, Chișinău, 1997
10.	Alcoolul și cancerul.	– date statistice cu privire la cantitățile de alcool consumate de populația R. Moldova.	Ionescu A., Barabaș N., Lungu V., „Ecologia și protecția mediului”, Călimănești, 2002