

VERONICA ANDREI

**CHIMIE ORGANICĂ PENTRU BACALAUREAT-**  
**teorie și probleme rezolvate**  
Ediție revizuită

2018

Referent științific: prof. Viorel Mihăilă  
Liceul Teoretic „Nicolae Iorga” Brăila

**Descriere CIP a Bibliotecii Naționale a României**

Andrei Veronica

Chimie organică pentru bacalaureat-teorie și probleme rezolvate

Editura Lucas, 2013, Brăila

ISBN 976-606-93526-1-8

547(075.35)(076)

## Cuvânt înainte

---

Lucrarea de față se adresează elevilor de liceu pentru consolidarea noțiunilor de chimie organică, dar și celor care se pregătesc pentru examenul de bacalaureat, fiind elaborată în concordanță cu programa de examen la disciplina chimie.

„Chimia organică pentru bacalaureat, teorie și probleme rezolvate” are la bază conținuturile științifice din manualele alternative, constituind un material auxiliar eficient care să încurajeze efortul elevilor de a înțelege compoziția, structura și transformările substanțelor organice.

Lucrarea este structurată pe 14 capitole și cuprinde conținuturile de chimie organică corespunzătoare programei de bacalaureat în vigoare. Fiecare capitol conține o sinteză a noțiunilor teoretice fundamentale, dar și câteva tipuri de exerciții și probleme rezolvate specifice temelor respective.

Atât noțiunile teoretice, cât și problemele rezolvate, sunt prezentate într-un mod simplu, logic și riguros, astfel încât să fie accesibile tuturor elevilor care doresc să înțeleagă și să învețe chimia organică.

Autoarea mulțumește anticipat elevilor care vor utiliza această lucrare în pregătirea lor și colegilor profesori care vor considera că este un material auxiliar util în activitatea didactică.

Și nu uitați, dragi elevi, că *„Există doar un lucru bun, știința, și doar unul rău, neștiința”* (Socrate).

Succes!

Prof. Veronica Andrei

## Cuprins

---

Cuvânt înainte.....	3
Programa de bacalaureat pentru disciplina chimie organică.....	5
1. Structura și compoziția substanțelor organice.....	8
2. Clasificarea compușilor organici.....	19
3. Tipuri de reacții chimice în chimia organică.....	22
4. Alcani.....	25
5. Alchene.....	37
6. Alchine.....	46
7. Cauciucul natural, sintetic și mase plastice.....	51
8. Arene.....	57
9. Alcoolii.....	71
10. Acizi carboxilici.....	81
11. Grăsimi și agenți tensioactivi.....	90
12. Zaharide.....	99
13. Aminoacizi. Proteine.....	109
14. Exerciții și probleme recapitulative.....	118
15. Bibliografie.....	126

## **Programa de bacalaureat pentru disciplina chimie organică**

Anexa nr. 2 la OMENCS nr. 5070 / 31.08.2016 privind organizarea și desfășurarea examenului de bacalaureat național - 2017

### **COMPETENȚE DE EVALUAT**

1. Explicarea unor fenomene, procese, procedee întâlnite în viața de zi cu zi.
  - 1.1. Clasificarea compușilor organici în funcție de natura grupei funcționale.
  - 1.2. Diferențierea compușilor organici în funcție de structura acestora.
  - 1.3. Descrierea comportării compușilor organici studiați în funcție de clasa de apartenență.
2. Investigarea comportării unor substanțe chimice sau sisteme chimice.
  - 2.1. Efectuarea de investigații pentru evidențierea unor caracteristici, proprietăți, relații.
  - 2.2. Formularea de concluzii care să demonstreze relații de tip cauză-efect.
  - 2.3. Evaluarea măsurii în care concluziile investigației susțin predicțiile inițiale.
3. Rezolvarea de probleme în scopul stabilirii unor corelații relevante, demonstrând raționamente deductive și inductive.
  - 3.1. Rezolvarea problemelor cantitative/ calitative.
  - 3.2. Conceperea sau adaptarea unei strategii de rezolvare pentru a analiza o situație.
  - 3.3. Justificarea explicațiilor și soluțiilor la probleme.
4. Comunicarea înțelegerii conceptelor în rezolvarea de probleme, în formularea explicațiilor, în conducerea investigațiilor și în raportarea de rezultate.
  - 4.1. Utilizarea, în mod sistematic, a terminologiei specifice într-o varietate de contexte de comunicare.
  - 4.2. Procesarea unui volum important de informații și realizarea distincției dintre informații relevante/irelevante și subiective/obiective.
  - 4.3. Decodificarea și interpretarea limbajului simbolic și înțelegerea relației acestuia cu limbajul comun.
5. Evaluarea consecințelor proceselor și acțiunii produselor chimice asupra propriei persoane și asupra mediului.
  - 5.1. Analizarea consecințelor dezechilibrelor generate de procesele chimice poluante și folosirea necorespunzătoare a produselor chimice.
  - 5.2. Justificarea importanței compușilor organici.

## CONȚINUTURI

### 1. Structura și compoziția substanțelor organice.

- Introducere în studiul chimiei organice: obiectul chimiei organice, elemente organogene, tipuri de catene de atomi de carbon, serie omoloagă, formule brute, formule moleculare și formule de structură plane ale claselor de compuși organici studiați.
- Legături chimice în compușii organici.
- Izomeria de catenă, de poziție pentru compușii organici studiați. Izomeria optică: carbon asimetric, enantiomeri, amestec racemic.

### 2. Clasificarea compușilor organici: hidrocarburi și compuși cu funcțiuni:

- Compuși cu grupe funcționale monovalente: compuși halogenați, compuși hidroxilici, amine.
- Compuși cu grupe funcționale divalente și trivalente: compuși carbonilici, compuși carboxilici.
- Compuși cu funcțiuni mixte: aminoacizi, zaharide, hidroxiacizi.

### 3. Tipuri de reacții chimice în chimia organică

- Reacții de substituție (monohalogenarea propanului, nitrarea fenolului).
- Reacții de adiție (bromurarea propenei (cu  $\text{Br}_2$  și  $\text{HBr}$ ), bromurarea acetilenei (cu  $\text{Br}_2$  și  $\text{HBr}$ )).
- Reacții de eliminare (dehidrohalogenarea 2-bromobutanului, deshidratarea 2- butanolului).
- Reacții de transpoziție (izomerizarea n-pentanului).

4. *Alcani* – serie omoloagă, denumire, formule de structură; izomerie de catenă; proprietăți fizice, proprietăți chimice: clorurarea metanului, monohalogenarea propanului, izomerizarea butanului, cracarea și dehidrogenarea butanului; arderea. Benzine, cifra octanică; putere calorică.

5. *Alchene* – serie omoloagă, denumire, formule de structură; izomerie de catenă și de poziție, proprietăți fizice, proprietăți chimice: adiția  $\text{H}_2$ ,  $\text{X}_2$ ,  $\text{HX}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ; regula lui Markovnicov; polimerizarea.

6. *Alchine* – serie omoloagă, denumire, formule de structură; structura acetilenei, izomerie de catenă și de poziție; proprietăți fizice, proprietăți chimice: adiția  $\text{H}_2$ ,  $\text{X}_2$ ,  $\text{HX}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , regula lui Markovnicov; arderea.

Obținerea acetilenei din carbid. Importanța practică a acetilenei.

Polimerizarea clorurii de vinil, acrilonitrilului, acetatului de vinil.

7. *Cauciucul natural și sintetic, mase plastice*: proprietăți fizice, importanță.

8. *Arene*: benzen, toluen, naftalină: formule moleculare și de structură plane, proprietăți fizice, proprietăți chimice: benzen, toluen, naftalină – halogenare, nitrare. Alchilarea benzenului cu propenă.

9. *Alcooli*: metanol, etanol, glicerină – formule de structură, denumire, proprietăți fizice (stare de agregare, solubilitate în apă, punct de fierbere).

Proprietăți chimice: fermentația acetică, arderea metanolului, obținerea trinitratului de glicerină, deshidratarea 2-butanolului. Oxidarea etanolului ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ). Acțiunea biologică a etanolului.

**10. Acizi carboxilici:** formule de structură, proprietăți fizice; proprietăți chimice: reacții cu metale reactive, oxizi metalici, hidroxizi alcalini, carbonați, reacția cu alcoolii. Esterificarea acidului salicilic; hidroliza acidului acetilsalicilic.

**11. Grăsimi Agenți tensioactivi:** stare naturală, proprietăți fizice, importanță. Hidrogenarea grăsimilor lichide. Hidroliza grăsimilor.

Agenți tensioactivi: săpunuri și detergenți – acțiunea de spălare. Obținerea săpunului.

**12. Zaharide:** glucoza, zaharoza, amidon, celuloză - stare naturală, proprietăți fizice, importanță.

Monozaharide: glucoza și fructoza (formule plane), formule de perspectivă (Haworth): glucopiranoza, fructofuranoza. Oxidarea glucozei (reactiv Tollens și Fehling). Condensarea monozaharidelor. Hidroliza enzimatică a amidonului.

**13. Aminoacizi:** (glicina, alanina, valina, serina, cisteina, acidul glutamic, lisina): definiție, denumire, clasificare, proprietăți fizice, caracter amfoter. Identificarea aminoacizilor. Condensarea aminoacizilor.

Proteine: stare naturală, proprietăți fizice, importanță. Hidroliza enzimatică a proteinelor. Denaturarea proteinelor.

**14. Calcule chimice. Utilizări ale substanțelor studiate.** Rezolvare de probleme, calcule stoechiometrice (pe baza formulei chimice și a ecuației reacției chimice), puritate, randament. Utilizări ale substanțelor studiate. Interpretarea rezultatelor din activitatea experimentală.

# 1. STRUCTURA ȘI COMPOZIȚIA SUBSTANȚELOR ORGANICE

## Conținuturi:

- ✓ Elemente organogene
- ✓ Legături chimice în compușii organici
- ✓ Tipuri de catene de atomi de carbon
- ✓ Formule brute, moleculare și de structură ale claselor de compuși organici studiați
- ✓ Izomeria de catenă, de poziție pentru compușii organici studiați
- ✓ Izomeria optică: carbon asimetric, enantiomeri, amestec racemic

## Elemente organogene

*Chimia organică (chimia carbonului)* studiază hidrocarburile și derivații acestora. Hidrocarburile sunt compuși organici care conțin numai atomi de carbon și hidrogen, iar derivații acestora conțin și atomi ai altor elemente chimice.

*Elementele organogene* sunt elementele chimice care formează compușii organici: carbon (C), hidrogen (H), oxigen (O), azot (N), halogeni (F, Cl, Br, I), sulf (S), fosfor (P) și în unele cazuri atomi și ioni metalici.

## Legături chimice în compușii organici

Majoritatea legăturilor sunt *covalente*. dar apar și *legături ionice* în compușii organici.

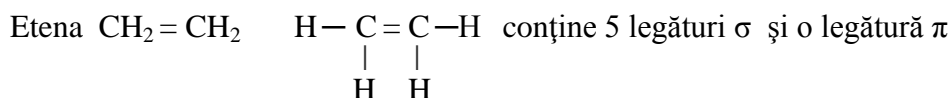
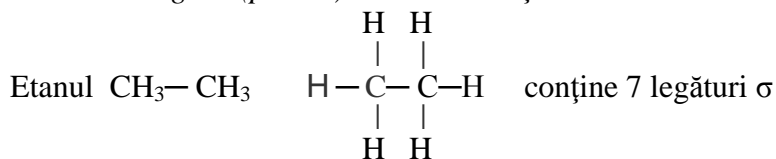
### *Legături covalente*

❖ *După numărul de electroni puși în comun sunt:*

- *simple-* fiecare atom pune în comun câte un electron, se mai numește *dublet sigma,  $\sigma$*
- *duble-* fiecare atom pune în comun câte doi electroni, conține *două dublete:  $\sigma, \pi$*
- *triple-* fiecare atom pune în comun câte trei electroni, conține *trei dublete:  $\sigma, 2\pi$*

❖ *După natura atomilor*

- *omogene (nepolare)* - atomi identici
- *eterogene (polare)* - atomi diferiți





Compușii saturați conțin numai legături covalente simple,  $\sigma$ .

Compușii nesaturați conțin atât legături simple cât și legături  $\pi$ .

### Legături ionice

- ✓ Acetiluri ale metalelor alcaline  $\text{Na}^+ \text{C} \equiv \text{C}^- \text{Na}^+ \quad \text{Ca}^{2+} \text{C} \equiv \text{C}^-$
- ✓ Alcoxizi  $\text{CH}_3\text{O}^- \text{Na}^+$
- ✓ Fenoxizi  $\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^- \text{Na}^+$
- ✓ Săruri cuaternare de amoniu  $[\text{CH}_3\text{NH}_3]^+ \text{Cl}^-$

**Numărul de covalențe** realizate de atomii elementelor organogene:

Carbonul este tetravalent (IV)

Azotul este trivalent (III)

Oxigenul și sulfurul sunt divalenți (II)


Halogenii și hidrogenul sunt monovalenți (I)

### Tipuri de catene de atomi de carbon

Atomii de carbon au capacitatea de a se lega unii cu alții formând lanțuri de atomi numite **catene**.

Catenele pot fi:

1. *Saturate*, între atomii de carbon sunt numai legături simple;

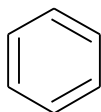
- *Liniare*  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- *Ramificate*  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
- *Ciclice*  $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \end{array}$  sau 

2. *Nesaturate*, între atomii de carbon sunt legături simple cât și multiple;

- *Liniare*  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
- *Ramificate*  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} \equiv \text{CH} \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array}$
- *Ciclice*  $\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \\ | \quad | \\ \text{CH} = \text{CH} \end{array}$

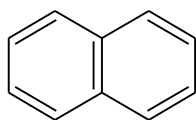
3. *Aromatice*, atomii de carbon formează cicluri (nuclee benzenice);

- Mononucleare



benzen

- Polinucleare

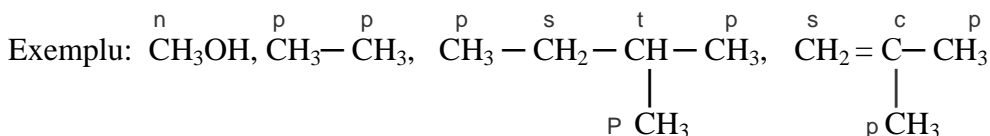


naftalina

### Tipuri de atomi de carbon din catene

Atomii de carbon se clasifică după numărul legăturilor prin care se leagă de alți atomi de carbon, astfel:

- *Nulari*, nu realizează nicio covalență cu alți atomi de carbon;
- *Primari*, realizează o covalență cu alt atom de carbon;
- *Secundari*, realizează două covalențe cu alt/alți atomi de carbon;
- *Terțiari*, realizează trei covalențe cu alt/alți atomi de carbon;
- *Cuaternari*, realizează patru covalențe cu alți atomi de carbon.



### Formule brute, moleculare și de structură

**Formula procentuală** (compoziția procentuală) arată masa fiecărui element din 100g substanță.

Dacă suma procentelor este mai mică de 100, atunci diferența se atribuie oxigenului.

Exemplu:

Determinați compoziția procentuală a acidului propanoic,  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$

$$\mu\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2 = 36 + 6 + 32 = 74 \text{ g/mol}$$

$$74 \text{ g substanță} \dots\dots\dots 36\text{g C} \dots\dots\dots 6\text{g H} \dots\dots\dots 32\text{g O}$$

$$100 \text{ g substanță} \dots\dots\dots p_1 \dots\dots\dots p_2 \dots\dots\dots p_3$$

$$p_1 = \frac{3600}{74} \quad p_2 = \frac{600}{74} \quad p_3 = \frac{3200}{74}$$

$$\text{Sau } \% \text{ C} = \frac{\text{Nr.atomi} \cdot 12 \cdot 100}{\mu} \quad \% \text{ O} = \frac{\text{Nr.atomi} \cdot 16 \cdot 100}{\mu}$$

**Formula brută** arată raportul numeric al atomilor unei substanțe.

Formula brută se stabilește din compoziția procentuală de masă a substanței organice, astfel: *se împart procentele la masele atomice corespunzătoare, iar rezultatele se împart la cel mai mic.*

Exemplu:

O hidrocarbură conține 85,71% C și 14,29% H și are masa molară 56 g/mol. Care este formula brută a hidrocarburi.

$$\text{C } \frac{85,71}{12} = 7,14 \text{ at.gram} \quad \frac{7,14}{7,14} = 1 \text{ at.C}$$

⇒ formula brută CH<sub>2</sub>

$$\text{H} \frac{14,29}{1} = 14,29 \text{ at.gram} \quad \frac{14,29}{7,14} = 2 \text{ at.H}$$

**Formula moleculară** arată numărul real al atomilor dintr-o moleculă și este egală sau multiplu întreg al formulei brute. Se notează (CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>, unde n poate fi 1,2,3,4..... și se determină cunoscând masa molară.

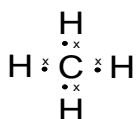
$$\mu_{\text{fomulă brută}} \cdot n = \mu_{\text{fomulă moleculară}}$$

$$14n = 56, n = 4 \Rightarrow \text{formula moleculară C}_4\text{H}_8$$

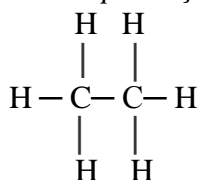
**Formula structurală** arată modul de legare a atomilor în moleculă și se reprezintă prin:

### 1. Formule plane

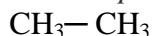
- *Formule Lewis*, arată electronii puși în comun;



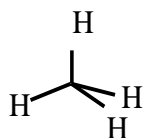
- *Formule de proiecție*, se reprezintă legăturile chimice prin linii;



- *Formule de proiecție restrânse (formule de structură plană)*



2. *Formule spațiale, modele spațiale* prezintă modul de orientare în spațiu a legăturilor chimice.



**Compoziția cantitativă** a unui compus organic se poate exprima și prin raport de masă (masic), raport atomic (numeric).

*Exemplu:*

Stabiliți raportul de masă și raportul atomic al glucozei.

$$\mu_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} = 72 + 12 + 96 = 180 \text{ g/mol}$$

$$\text{Raport de masă C: H: O} = 72 : 12 : 96 = 6 : 1 : 8$$

$$\text{Raport atomic C: H: O} = 6 : 12 : 96 = 1 : 2 : 1$$

## Aplicații-determinare formule

1) O substanță organică conține 52,17% C, 13,04% H și are densitatea în raport cu hidrogenul  $d_{H_2} = 23$ . Identificați formula brută, moleculară și o formulă structurală.

### Rezolvare:

- se determină procentul masic de oxigen,

$$100 - (52,17 + 13,04) = 34,79\% \text{ O}$$

- se determină formula brută,

$$\left. \begin{array}{l} \text{C } 52,17 / 12 = 4,34 \text{ atomi-gram} \\ \text{H } 13,04 / 1 = 13,04 \text{ atomi-gram} \\ \text{O } 34,79 / 16 = 2,17 \text{ atomi-gram} \end{array} \right\} : 2,17 \Rightarrow \begin{array}{l} 2 \text{ at. C} \\ 6 \text{ at. H} \\ 1 \text{ at. O} \end{array}$$

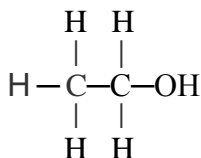
formula brută  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

- se calculează masa molară și se determină formula moleculară,  $(\text{C}_2\text{H}_6\text{O})_n$

$$d_{H_2} = \frac{\mu}{\mu_{H_2}}, \quad \mu = 2 \cdot 23 = 46 \text{ g/mol}, \quad (24 + 6 + 16)n = 46, \quad n = 1$$

formula moleculară  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

- se scrie formula structurală ținând seama de numărul de covalențe ale atomilor.



2) Un compus organic conține carbon, hidrogen și oxigen în rapoartele masice C:H:O = 6:1:8. Cunoscând că, densitatea vaporilor compusului în raport cu aerul este 3,114, stabiliți formula moleculară a compusului. ( $\mu_{\text{aer}} = 28,9 \text{ g/mol}$ ).

### Rezolvare:

- se determină formula brută (se procedează la fel ca și în cazul procentelor),

$$\left. \begin{array}{l} \text{C } 6 / 12 = 0,5 \text{ atomi-gram} \\ \text{H } 1 / 1 = 1 \text{ atomi-gram} \\ \text{O } 8 / 16 = 0,5 \text{ atomi-gram} \end{array} \right\} : 0,5 \Rightarrow \begin{array}{l} 1 \text{ at. C} \\ 2 \text{ at. H} \\ 1 \text{ at. O} \end{array}$$

f. brută  $\text{CH}_2\text{O}$

- se calculează masa molară și se determină formula moleculară  $(\text{CH}_2\text{O})_n$

$$d_{\text{aer}} = \frac{\mu}{\mu_{\text{aer}}}, \quad \mu = 3,114 \cdot 28,9 = 90 \text{ g/mol}, \quad (12 + 2 + 16)n = 90, \quad n = 3$$

formula moleculară  $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$

3) O hidrocarbură cu masa molară 100 g/mol are raportul masic C:H = 21:4. Determinați formula moleculară și formula structurală care să conțină 4 atomi de C primari, 2 atomi C secundari și un atom de C cuaternar.

Rezolvare:

- se calculează formula brută

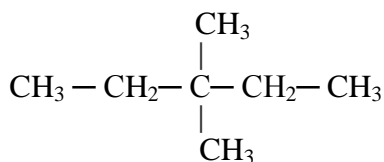
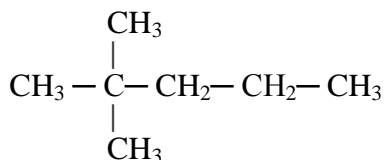
$$\text{C } \frac{21}{12} = 1,75 \text{ atomi-gram} \quad 1,75 / 1,75 = 1 \Rightarrow \text{formula brută } \text{CH}_{2,28}$$

$$\text{H } \frac{4}{1} = 4 \text{ atomi-gram} \quad 4 / 1,75 = 2,28$$

- se calculează formula moleculară  $(\text{CH}_{2,28})_n$

$$14,28n = 100, \quad n = 7, \text{ formula moleculară } \text{C}_7\text{H}_{16}$$

- formula structurală



4) Un compus organic are densitatea vaporilor săi în raport cu aerul egală cu 3,01 și compoziția procentuală 68,96 C, 14,94% H și 16,09% N.

a. Să se stabilească formula moleculară a compusului și o formulă structurală.

b. Precizați numărul de legături  $\sigma$  din formula determinată.

Rezolvare:

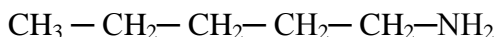
$$\text{a. C } \frac{68,96}{12} = 5,74 \text{ atomi-gram} \quad 5,74 / 1,14 = 5$$

$$\text{H } \frac{14,94}{1} = 14,94 \text{ atomi-gram} \quad 14,94 / 1,14 = 13 \Rightarrow \text{f. brută } \text{C}_5\text{H}_{13}\text{N}$$

$$\text{N } \frac{16,09}{14} = 1,14 \text{ atomi-gram} \quad 1,14 / 1,14 = 1$$

$$d_{\text{aer}} = 3,01 \quad \mu = 3,01 \cdot 28,9 = 87 \text{ g/mol}$$

$$(5 \cdot 12 + 13 + 14)n = 87, \quad n=1, \text{ formula moleculară } \text{C}_5\text{H}_{13}\text{N}$$



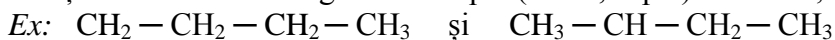
b. Compusul conține 18 legături  $\sigma$ .

## Izomeria compușilor organici

*Izomerii* sunt substanțe cu aceeași formulă moleculară (compoziție procentuală), dar formule structurale diferite.

**1. Izomeri de constituție**, diferă prin modul de legare a atomilor, au proprietăți fizice și chimice diferite și pot fi:

- *Izomeri de poziție*, sunt izomeri care diferă prin poziția unei grupe funcționale sau a unei legături multiple (dublă, triplă) în catenă;



1-clorobutan



1-pentena

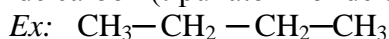


2-clorobutan



2-pentena

- *Izomeri de catenă*, sunt izomeri care diferă prin aranjamentul atomilor de carbon (tipul atomilor de carbon) în catenă;



n-butan



2-metilpropan

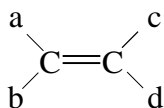
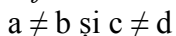
- *Izomeri de funcțiune*, sunt izomeri care conțin în moleculă grupe funcționale diferite și care aparțin unor clase de substanțe diferite;
- *Izomeri de compensație*, sunt izomeri care conțin în moleculă aceeași grupă funcțională și diferă prin mărimea radicalilor legați de grupa funcțională.

**2. Izomeri de configurație (sterici, stereozomeri)**, au aranjament spațial diferit al atomilor sau grupelor de atomi; diferă mai puțin prin proprietățile fizico-chimice.

- *Izomeri geometrici*, stereozomeri care prezintă aranjamente diferite ale atomilor față de un plan (legătură dublă, ciclu) al moleculei;
- *Izomeri optici*, stereozomeri nesuperpozabili care se află unul față de altul în relația obiect-imaginea sa în oglindă;

### **Izomeria geometrică**

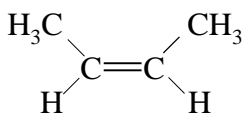
Condiția ca, o substanță cu legătură dublă să prezinte izomeri geometrici, este: *fiecare atom de carbon din legătura dublă să aibă substituenți diferiți*:



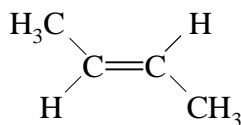
*Izomerul cis* are substituenții identici de la atomii de carbon din legătura dublă de aceeași parte a planului legăturii  $\pi$  din legătura dublă.

**Izomerul trans** are substituenții identici de la atomii de carbon din legătura dublă de o parte și de alta a planului legăturii  $\pi$  din legătura dublă.

Exemplu: 2-butena  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_3$



cis-2-butena



trans-2-butena

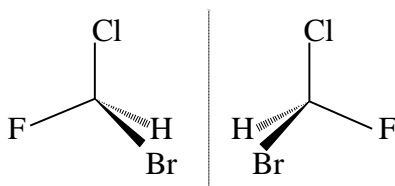
### Izomeria optică

Un compus chimic prezintă **izomerie optică** dacă molecula sa conține cel puțin un atom de **carbon asimetric** (centru de chiralitate). Molecula care conține un atom de carbon asimetric este **chirală**. Moleculele chirale nu admit un plan sau centru de simetrie.

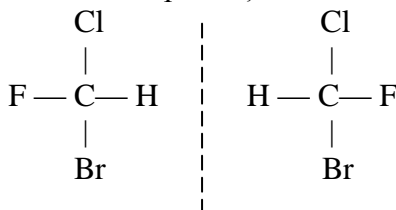
Un atom de carbon asimetric este un atom de carbon saturat care are cele patru covalențe ocupate cu patru **substituenți** (atomi sau grupe de atomi) **diferiți**.

Izomerii optici sunt modelul structural al moleculei și imaginea sa în oglindă și se reprezintă prin:

- Formule de configurație



- Formule de proiecție Fischer



Pereche de enantiomeri (+, -)

**Izomerii optici** se mai numesc **enantiomeri** sau **antipozi optici**. Ei rotește planul luminii polarizate, proprietate numită activitate optică.

Izomerii optici sunt:

- Dextrogir, d sau +, rotește planul luminii polarizate spre dreapta cu un unghi,  $\alpha$ .
- Levogir, l sau -, rotește planul luminii polarizate spre stânga cu același unghi,  $\alpha$ .

**Amestecul racemic** este amestecul echimolar ( $v_+ = v_-$ ) al celor doi enantiomeri (antipozi optici). Amestecul racemic nu are activitate optică (optic inactiv) și se notează ( $\pm$ ).

Sensul de rotație al planului luminii polarizate se determină cu ajutorul polarimetrului.

Activitatea optică a unei substanțe se exprimă prin rotația specifică,  $[\alpha]$ .

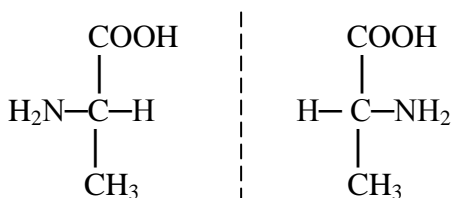
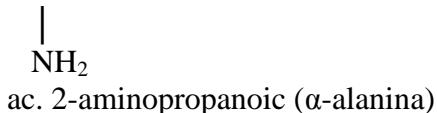
$$[\alpha] = \frac{\alpha \cdot 100}{l \cdot c}, \text{ unde } \alpha - \text{unghiul cu care este rotit planul luminii polarizate;}$$

$c$  – concentrația procentuală a soluției ( $\text{g}/100\text{cm}^3$  soluție);

$l$  – lungimea stratului de substanță sau soluție străbătut de lumină.

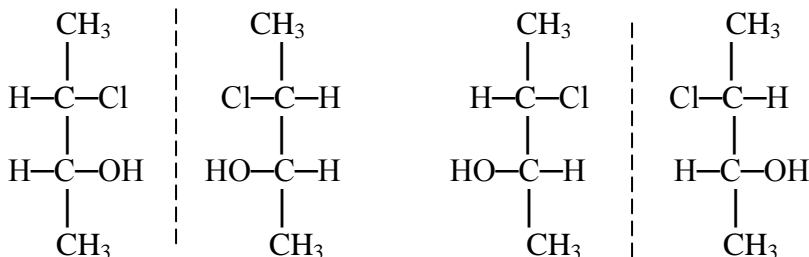
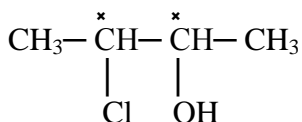
Numărul de enantiomeri este dat de relația  $2^n$ , unde  $n$  reprezintă numărul de atomi de carbon asimetrici (chirali).

*Exemplu:*  $\text{CH}_3-\overset{*}{\text{C}}\text{H}-\text{COOH}$  are un atom de carbon asimetric, 2 enantiomeri;



Pereche de enantiomeri (+, -)

2-cloro-3-hidroxi-butan, are doi atomi de carbon asimetrici,  $2^2 = 4$  enantiomeri (2 perechi de enantiomeri).



I

II

Perechea 1 (+, -)

III

IV

Perechea 2(+, -)

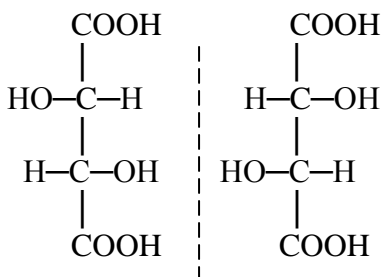
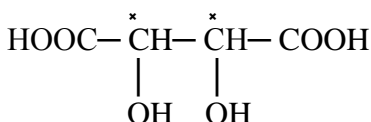


Stereoizomerii I și II sau III și IV sunt enantiomeri, deoarece se află unul față de celălalt în relația obiect-imagine în oglindă.

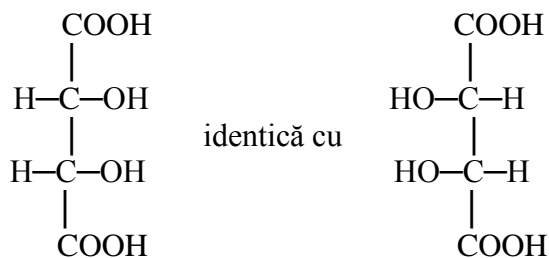
Stereoizomerii I și III sau I și IV sau II și III sau II și IV sunt diastereoizomeri, deoarece nu se află în relația obiect-imagine în oglindă.

**Excepție:** dacă atomii de carbon asimetrici au aceeași substituenți, numărul enantiomerilor se reduce, deoarece apare o configurație mezoformă care nu are activitate optică (optic inactivă). Configurația mezoformă admite un plan de simetrie, iar cei doi atomi de carbon vor determina o rotire a planului luminii polarizate în sensuri opuse cu același unghi, ceea ce determină anularea activității optice.

*Exemplu:* acidul tartric (acid 2,3-dihidroxitandioic)



Perechea de enantiomeri (+, -)



Configurație mezoformă (inactivă optic)  
Acid mezotartric

Acidul tartric conține 2 atomi de carbon asimetrici, aceștia au aceeași substituenți, iar numărul de stereoizomeri se reduce la 3 (2 enantiomeri și o configurație mezoformă).

Substanțele organice cu activitate optică pot fi întâlnite la toate clasele de compuși, cu condiția ca acestea să prezinte fenomenul de chiralitate. Aminoacizii, proteinele, zaharidele, etc. sunt clase de compuși din organismele vii, a căror comportare biochimică este determinată mai ales de activitatea optică pe care o au.

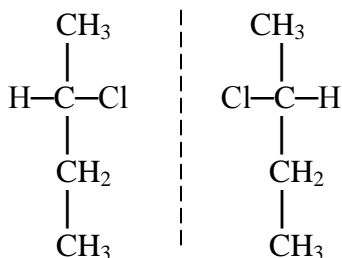
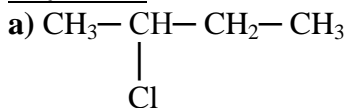
## Aplicații – izomeria optică

I. Scrieți formulele de structură ale izomerilor optici pentru următorii compuși:

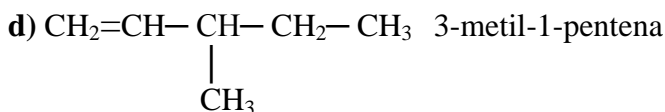
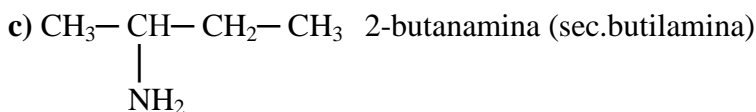
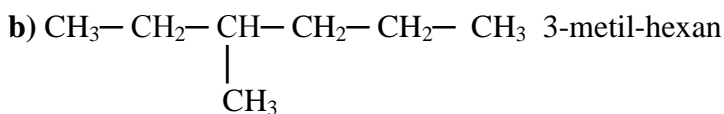
- 2-clorobutan;
- Alcanul cu număr minim de atomi de carbon ce conține un atom de carbon asimetric;
- Cea mai simplă monoamină primară saturată care conține un atom de carbon asimetric;

d) Alchena cu formula  $C_6H_{12}$  care conține un atom de carbon asimetric.

Rezolvare:



Perechea de enantiomeri (+, -)



II. Calculați volumul soluției de acid (+) lactic 0,2 M care este necesar să se adauge la 10 mL soluție de acid (-) lactic 0,1 M, pentru a se forma amestec racemic.

Rezolvare:

Amestecul racemic conține număr egal de moli de enantiomeri.

$$v_+ = v_-$$

$$C_M = \frac{v}{V_S} \Rightarrow v_- = 0,1 \cdot 0,01 = 0,001 \text{ moli} \Rightarrow v_+ = 0,001 \text{ moli}$$

$$V_S = \frac{0,001}{0,2} = 0,005 \text{ L sau } 5 \text{ mL acid (+) lactic}$$

## 2. CLASIFICAREA COMPUȘILOR ORGANICI

### Conținuturi:

- ❖ *Hidrocarburi*
- ❖ *Compuși cu funcțiuni*
  - ✓ Compuși cu grupe funcționale monovalente: compuși halogenați, compuși hidroxilici, amine;
  - ✓ Compuși cu grupe funcționale divalente: compuși carbonilici;
  - ✓ Compuși cu grupe funcționale trivalente: compuși carboxilici;
  - ✓ Compuși cu funcțiuni mixte: aminoacizi, zaharide, hidroxiacizi;

### Hidrocarburi

După natura legăturilor chimice:

- *Saturate aciclice* – alcani, conțin legături simple C—C și C—H;
- *Nesaturate aciclice* – alchene ( o legătură dublă C = C ), alchine (conțin o legătură triplă C ≡ C );
- *Aromatice* – conțin nuclee benzenice;

După tipul catenei:

- *Aciclice* – au catene deschise, liniare sau ramificate;
- *Ciclice* – au catene închise;

### Compuși cu funcțiuni

Sunt compuși organici ce conțin una sau mai multe **grupe funcționale**.

**Grupa funcțională** este un atom sau grup de atomi dintr-o moleculă care determină proprietățile fizice și chimice ale acesteia.

După natura atomilor pe care îi conțin, grupele funcționale pot fi:

- ✓ *Omogene*: legături duble  $\begin{array}{c} | \\ -C = C- \\ | \end{array}$  și legături triple  $-C \equiv C-$
- ✓ *Eterogene*: atomi specifici (—F, —Cl, —Br, —I), grupe de atomi (—OH, —COOH, —NH<sub>2</sub>).

**Valența grupei funcționale** arată numărul de atomi de hidrogen de la un atom de carbon înlocuiți de heteroatomi (halogen, oxigen, azot) care formează grupa funcțională. După *valența grupei funcționale*, compușii funcționali se clasifică astfel:

### Compuși cu grupe funcționale monovalente

Compuși halogenați: R—X, X (—F, —Cl, —Br, —I)

Ex: CH<sub>3</sub>—CH<sub>2</sub>—Cl cloroetan

Compuși hidroxilici

- Alcoolii R—OH, CH<sub>3</sub>—OH metanol
- Fenoli Ar—OH, C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>—OH fenol

Amine: R—NH<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>—CH<sub>2</sub>—NH<sub>2</sub> etanamina

**Compuși cu grupe funcționale divalente**

Compuși carbonilici

- Aldehide:  $R-CH=O$ ,  $CH_3-CH=O$  etanal
- Cetone:  $R-\underset{\substack{| \\ R}}{C}=O$ ,  $CH_3-\underset{\substack{| \\ CH_3}}{C}=O$  propanonă

**Compuși cu grupe funcționale trivalente**

Compuși carboxilici:  $R-COOH$ ,  $CH_3-COOH$ , acid etanoic

Derivați funcționali ai acizilor carboxilici: ester, amide, nitrili, cloruri acide, anhidride acide.

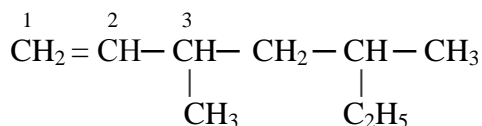
**Compuși cu grupe funcționale mixte**

Sunt compuși ce conțin două sau mai multe grupe funcționale diferite.

- Aminoacizi, conțin grupe amino ( $-NH_2$ ) și grupe carboxil ( $-COOH$ );
- Hidroxiacizi, conțin grupe hidroxil ( $-OH$ ) și grupe carboxil ( $-COOH$ );
- Zaharide, conțin grupe hidroxil ( $-OH$ ) și grupe carbonil ( $-C=O$ );

**Aplicații**

1. Compușul de mai jos este o hidrocarbură și are următoarea formulă de structură:

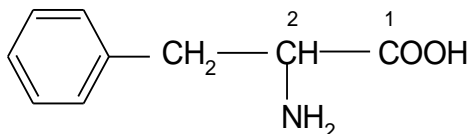


- Precizați tipul catenei de atomi de carbon;
- Precizați clasa de hidrocarburi din care face parte compusul;
- Calculați procentul masic de hidrogen din molecula acestui compus;
- Calculați masa de carbon din 2 moli compus;
- Precizați tipul atomilor de carbon numerotați;
- Stabiliți formula brută a compusului.

**Rezolvare:**

- Catena nesaturată ramificată
- Alchene
- $C_9H_{18}$ ,  $\mu = 9 \cdot 12 + 18 = 126 \text{ g/mol}$ ,  
126 g subst.....18 g H  
100 g subst.....x,  $x = 14,28\% \text{ H}$
- $m = 2 \cdot 108 = 216 \text{ g carbon}$
- $C_1$  secundar,  $C_2$  terțiar,  $C_3$  terțiar
- Raportul numeric al atomilor C:H = 9:18 = 1:2 formula brută este  $CH_2$

2. Compușul cu formula structurală de mai jos este un aminoacid esențial:

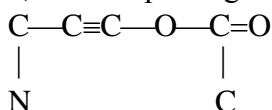


- Precizați grupele funcționale și valența lor;
- Calculați procentul masic de oxigen din aminoacid;
- Precizați natura atomilor de carbon numerotați;
- Precizați formula brută a compusului.

Rezolvare:

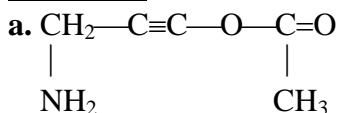
- Grupă carboxil ( $-\text{COOH}$ ), trivalentă; amino ( $-\text{NH}_2$ ), monovalentă
- $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$   $\mu = 9 \cdot 12 + 11 + 16 \cdot 2 + 14 = 165 \text{ g/mol}$   
 $\% \text{ O} = \frac{3200}{165} = 19,39$
- $\text{C}_1$  primar,  $\text{C}_2$  secundar
- Raportul numeric al atomilor  $\text{C}:\text{H}:\text{O}:\text{N} = 9:11:2:1$  formula brută este aceeași cu formula moleculară  $\text{C}_9\text{H}_{11}\text{O}_2\text{N}$ .

3) Un compus organic (A) are următoarea catenă:



- Completați cu atomi de hidrogen catena de mai sus.
- Precizați numărul legăturilor  $\sigma$  (sigma) realizate de atomii de carbon într-o moleculă de compus(A).
- Calculați masa de compus (A) ce conține  $180,66 \cdot 10^{23}$  electroni  $\pi$ .
- Determinați raportul atomic  $\text{C}_{\text{primar}} : \text{C}_{\text{terțiar}}$  din molecula compusului (A).
- Notați formula moleculară și formula brută a compusului (A).

Rezolvare:



b. 12 legături  $\sigma$  realizate de atomii de carbon

c. o moleculă conține 6 electroni  $\pi$ ,  $\nu = \frac{N}{N_A \cdot 6e} = \frac{180,66 \cdot 10^{23}}{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 6} = 5 \text{ moli}$

d.  $\text{C}_{\text{primar}} : \text{C}_{\text{terțiar}} = 3:1$

e. formula moleculară  $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ , formula brută  $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$

### 3.TIPURI DE REACȚII CHIMICE ÎN CHIMIA ORGANICĂ

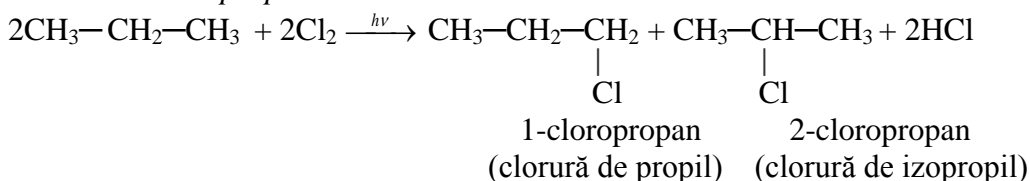
#### Conținuturi:

- ✓ Reacții de substituție (monohalogenarea propanului, nitrarea fenolului).
- ✓ Reacții de adiție (bromurarea propenei (cu Br<sub>2</sub> și HBr), bromurarea acetilenei (cu Br<sub>2</sub> și HBr)).
- ✓ Reacții de eliminare (dehidrohalogenarea 2-bromobutanului, deshidratarea 2- butanolului).
- ✓ Reacții de transpoziție (izomerizarea n-pentanului).

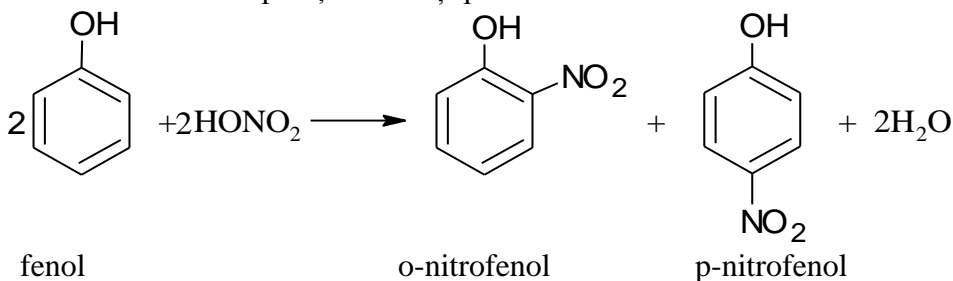
**I. Reacții de substituție** – înlocuirea unor atomi sau grupe de atomi cu alți atomi sau grupe de atomi.

**1. Monohalogenarea propanului** (monoclorurarea, monobromurarea) fotochimică conduce la doi compuși monohalogați, izomeri de poziție.

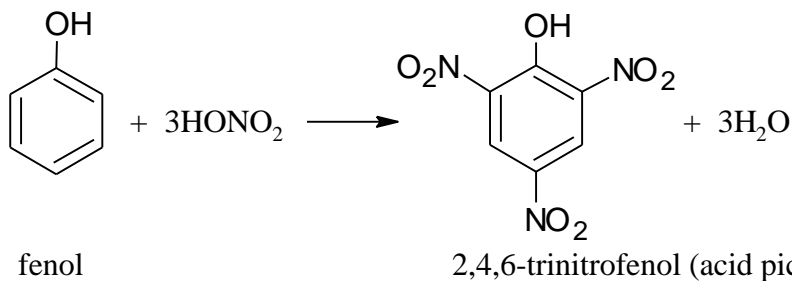
*Monoclorurarea propanului:*



**2. Nitrarea fenolului** se face cu acid azotic diluat, deoarece grupa hidroxil, este substituent de ordinul I, mărește reactivitatea nucleului benzenic și orientează al doilea substituent în pozițiile orto și para.



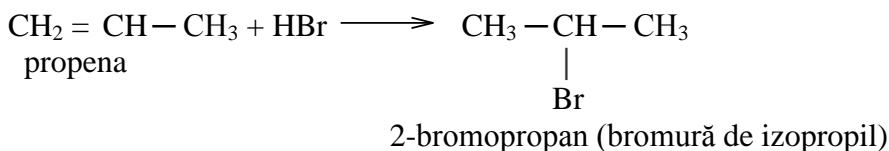
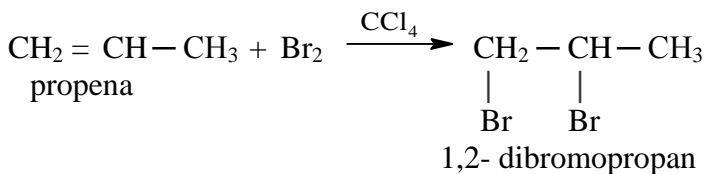
Cu exces de acid azotic sau cu amestec sulfonitric la încălzire are loc trinitrarea.



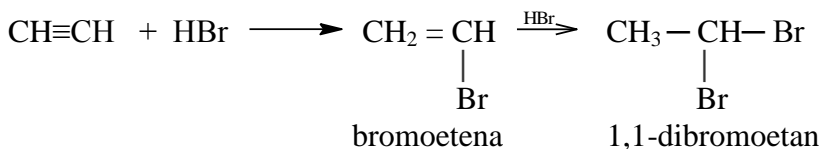
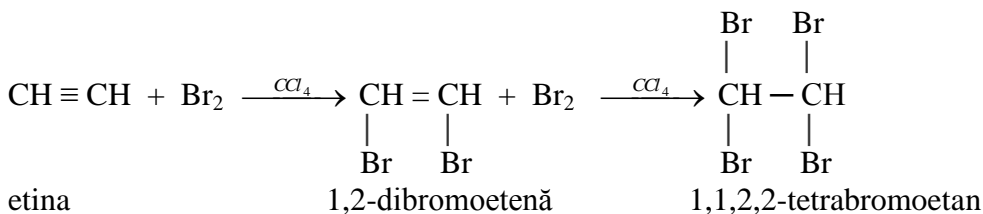
Trinitrofenolul este numit și acid picric, deoarece are aciditatea mai mare decât fenolul. Se prezintă sub formă de cristale galbene și se utilizează ca explozibil, la tratamentul arsurilor și în medicina veterinară.

**II. Reacții de adiție** - procesul de rupere (scindare) a legăturilor  $\pi$  din legăturile multiple (duble, triple) între doi atomi și fixarea atomilor sau grupelor de atomi din reactant.

**1. Bromurarea propenei**



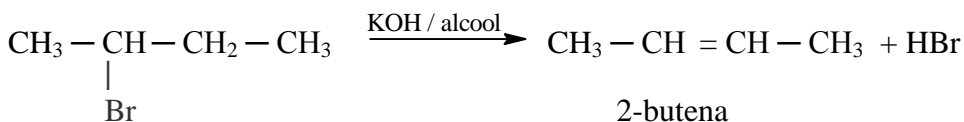
**2. Bromurarea acetilenei**



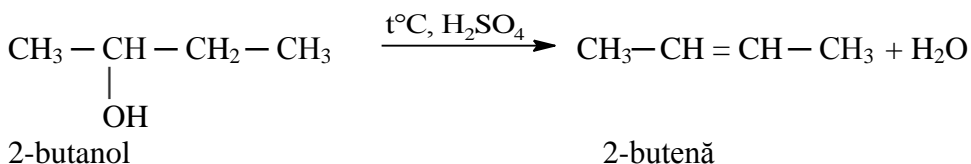
**III. Reacții de eliminare** – procesul de îndepărtare a unor atomi sau grupe de atomi dintr-o moleculă de compus organic.

**1. Dehidrohalogenarea 2-bromobutanului**, este eliminarea acidului bromhidric în prezența bazelor tari și etanol, rezultând alchena cea mai substituită, 2-butena.

*Regula lui Zaițev: halogenul se elimină împreună cu hidrogenul legat de atomul de carbon vecin, cel mai sărac în hidrogen.*



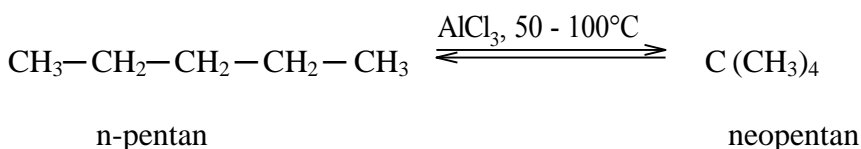
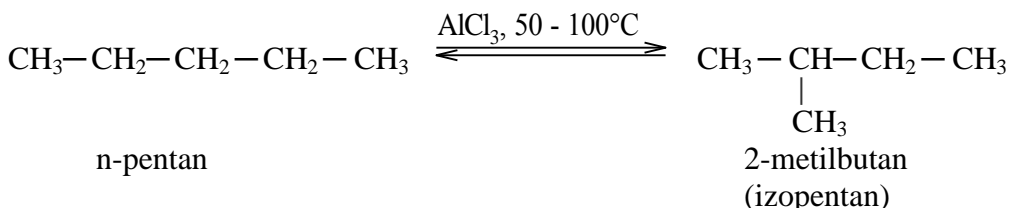
**2. Deshidratarea 2-butanolului**, este reacția de eliminare a apei, în prezență de acid sulfuric la cald. Eliminarea apei respectă *regula lui Zaițev*: se elimină grupa hidroxil și hidrogenul de la atomul de carbon cel mai substituit (cel mai sărac).



**IV. Reacții de transpoziție** – procesul prin care legături chimice, atomi sau grupe de atomi își schimbă pozițiile în cadrul aceleiași molecule.

**Reacția de izomerizare** este reacția prin care n-alcani se transformă în izoalcani și invers, obținându-se un amestec de hidrocarburi izomere. Este cunoscută sub denumirea de reacția Nenițescu.

n-Pentanul formează prin izomerizare un amestec de neopentan, izopentan și n-pentan.



**Aplicația practică** a reacției de izomerizare este obținerea benzinelor de calitate superioară, care conțin izoalcani (au *cifra octanică* ridicată).

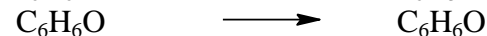
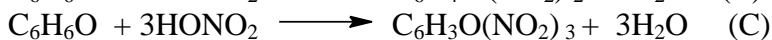
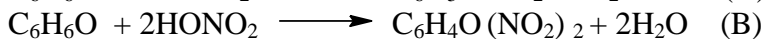
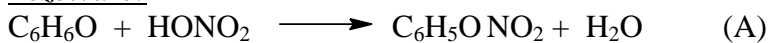
### Aplicații – fenoli

**1.** Fenolul este folosit pentru obținerea unor produși cu utilitate practică: mase plastice, medicamente, coloranți. Scrieți ecuațiile reacțiilor chimice de obținere a compușilor mono-, di- și trinitroderivații notați (A), (B) și (C) din fenol.

**2.** La nitrarea a 1316 kg fenol se obține un amestec care conține fenol nereacționat, (A), (B) și (C) în raport molar de 1:1:2:3. Calculați masa de compus (C) obținută.

**3.** Calculați raportul molar fenol : acid azotic introduși în proces, în condițiile date.

Rezolvare:



$$2. \nu = \frac{m}{\mu} = \frac{1316}{94} = 14 \text{ kmoli fenol introdus}$$

Amestecul final conține  $7x$  kmoli :  $x$  kmoli fenol nereacționat,  $x$  kmoli mononitrofenol (A),  $2x$  kmoli dinitrofenol (B),  $3x$  kmoli trinitrofenol (C)  $7x$  kmoli.,  $7x = 14$ ,  $x = 2$ ,  $3 \cdot 2 = 6$  kmoli trinitrofenol,  $m = 6 \cdot 229 = 1374$  kg trinitrofenol

**3.**  $7x$  kmoli fenol total,  $14x$  kmoli de  $\text{HNO}_3$

Raportul molar fenol : acid azotic =  $7x : 14x = 1 : 2$



## 4. ALCANI

### Conținuturi:

- ✓ Serie omoloagă, denumire, formule de structură
- ✓ Izomerie de catenă
- ✓ Proprietăți fizice
- ✓ Proprietăți chimice: clorurarea metanului, monohalogenarea propanului, izomerizarea butanului, cracarea și dehidrogenarea butanului, arderea
- ✓ Benzine, cifra octanică, putere calorică

### Serie omoloagă, denumire

**Alcanii** sunt hidrocarburi aciclice saturate ce conțin numai legături simple C—C și C—H.

**Formula generală**  $C_nH_{2n+2}$ , unde  $n \geq 1$

n=1  $CH_4$  metan

n=2  $C_2H_6$  etan  $CH_3-CH_3$

n=3  $C_3H_8$  propan  $CH_3-CH_2-CH_3$

n=4  $C_4H_{10}$  butan  $CH_3-(CH_2)_2-CH_3$

n=5  $C_5H_{12}$  pentan  $CH_3-(CH_2)_3-CH_3$

n=6  $C_6H_{14}$  hexan  $CH_3-(CH_2)_4-CH_3$

n=7  $C_7H_{16}$  heptan

n=8  $C_8H_{18}$  octan

n=9  $C_9H_{20}$  nonan

n=10  $C_{10}H_{22}$  decan

n=11  $C_{11}H_{24}$  undecan

**Seria omoloagă** a alcanilor cuprinde termeni care se diferențiază prin gruparea metilen ( $-CH_2-$ ).

*Exemplu:* butanul este omologul inferior al pentanului și omologul superior al propanului.

### Structura alcanilor

Alcanii au molecule spațiale. Valențele atomului de carbon sunt orientate în spațiu după vârfurile unui tetraedru regulat, adică realizează **simetrie tetraedrică**. Unghiul dintre legăturile simple este de  $109^\circ 28'$ , iar lungimea legăturii C—C este de 1,54 Å.

Legătura simplă permite rotirea atomilor de carbon în jurul acesteia.

Datorită simetriei tetraedrice, catenele alcanilor cu mai mult de trei atomi de carbon în moleculă au o structură în formă de zig-zag.

**Radicali** – sunt resturi de hidrocarburi rezultate prin îndepărtarea unuia sau mai multor atomi de hidrogen, dintr-o hidrocarbură.

După numărul atomilor de hidrogen îndepărtați, radicalii sunt: *monovalenți*, *divalenți*, *trivalenți*.

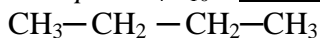
Denumirea radicalilor se obține prin înlocuirea sufixului *-an* din numele alcanilor cu *-il*, *-ilen* (*iliden*), *-in* (*ilidin*)

Formulă alcan	Radicali monovalenți (-il)	Radicali divalenți -ilen (-iliden)
CH <sub>4</sub> metan	CH <sub>3</sub> - metil	- CH <sub>2</sub> - metilen
CH <sub>3</sub> - CH <sub>3</sub> etan	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - etil	- CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - etilen CH <sub>3</sub> - CH-   etiliden
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>3</sub> propan	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> - propil CH <sub>3</sub> - CH - CH <sub>3</sub>   izopropil	4 radicali divalenți
CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub> n-butan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> - CH <sub>2</sub> - CH <sub>2</sub> -CH <sub>2</sub> - n-butil CH <sub>3</sub> - CH - CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>   secbutil	6 radicali divalenți
CH <sub>3</sub> - CH - CH <sub>3</sub>   CH <sub>3</sub> izobutan C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	CH <sub>3</sub> - CH - CH <sub>2</sub> -   CH <sub>3</sub> izobutil   CH <sub>3</sub> - C - CH <sub>3</sub>   CH <sub>3</sub> terțbutil	3 radicali divalenți

### Izomerie de catenă

Izomerie de catenă este determinată de poziția diferită a atomilor de carbon în catenă (ramificarea catenei) și apare de la  $n \geq 4$ . Izomerii alcanilor se numesc **izoalcani**, iar alcanii cu catenă liniară se mai numesc **normal alcani**.

Exemplu: C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> - 2 izomeri



n-butan

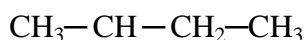


2-metilpropan (izobutan)

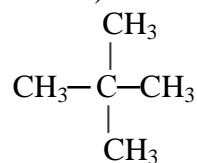
C<sub>5</sub>H<sub>12</sub> - 3 izomeri



n-pentan



2-metilbutan  
(izopentan)



2,2-dimetilpropan  
(neopentan)

**C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> – 5 izomeri**

n-hexan ; 2-metilpentan; 3-metilpentan; 2,2-dimetilbutan; 2,3-dimetilbutan

**Proprietăți fizice**

Proprietățile fizice sunt determinate de tăria forțelor intermoleculare, care la rândul lor depind de structura chimică. Datorită diferenței mici de electronegativitate între atomii de carbon și hidrogen, alcanii conțin numai legături covalente nepolare, deci au *molecule nepolare*.

Între *moleculele nepolare* ale alcanilor se exercită *interacții slabe de tip van der Waals* de dispersie. Tăria forțelor intermoleculare scade în ordinea: *legătura de hidrogen* > *forțe van der Waals dipol - dipol* > *forțe van der Waals de dispersie*

**Starea de agregare**

În condiții standard alcanii C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub> sunt *gazoși*, C<sub>5</sub>-C<sub>17</sub> sunt *lichizi*, iar de la C<sub>18</sub> sunt *solizi*.

**Puncte de topire și fierbere**

Între *moleculele nepolare* ale alcanilor se stabilesc *interacții slabe numite forțe van der Waals*, de aceea, în general alcanii au temperaturi de fierbere și topire scăzute în comparație cu alte clase de substanțe organice.

***Punctele de fierbere și topire cresc cu masa moleculară și scad cu ramificarea catenei.***

*Exemplu: Pf. n-pentan > izopentan > neopentan*

+36°C            +28°C            +9°C

*Pf. n-pentan > n-butan > propan > etan > metan*

+36°C       -0,5°C       -42°C       -89°C       -162°C

Izoalcanii cu doi radicali la același atom de carbon sau cu ramificarea spre marginea catenei au punctele de fierbere cele mai mici.

**Solubilitatea**

Alcanii se dizolvă în solvenți nepolari (benzen, toluen, tetraclorură de carbon) deoarece au molecule nepolare, sunt miscibili cu acești solvenți. Alcanii nu se dizolvă în apă deoarece apa este solvent polar. Alcanii nu sunt miscibili cu apa, formează amestecuri eterogene.

**Densitatea**

Alcanii lichizi și solizi plutesc deasupra apei deoarece au *densitatea mai mică decât a apei*.

**Miros**

Alcanii gazoși nu au miros (sunt inodori), dar se adaugă substanțe urât mirositoare numite ***mercaptani*** pentru a depista scurgerile de gaz. Alcanii superiori au miros caracteristic.

## Proprietăți chimice

Alcanii se mai numesc *parafine*, deoarece denumirea, *parum affinis – lipsă de afinitate*, exprimă reactivitatea redusă în condiții obișnuite.

Reacțiile chimice la care participă alcanii, pot fi grupate în funcție de tipul de legătură care se scindează (desface), astfel:

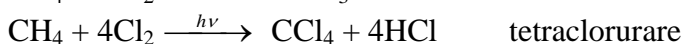
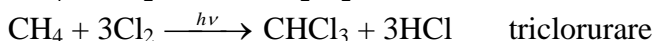
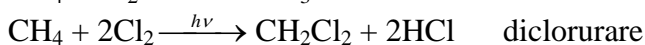
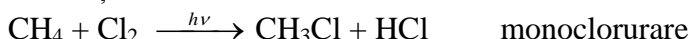
- reacții care au loc cu scindarea legăturii C—H: substituția, oxidarea dehidrogenarea;
- reacții care au loc cu scindarea legăturii C—C: cracarea, izomerizarea, arderea.

**I. Reacția de substituție** este caracteristică substanțelor cu legături simple.

### **Reacția de halogenare**

**Alcanii reacționează direct cu clorul și bromul** la lumină (fotochimic) sau prin încălzire la 300-500°C. Fluorurarea și iodurarea alcanilor au loc prin procedee indirecte.

**1. Clorurarea fotochimică** a metanului conduce la un amestec de compuși clorurați.



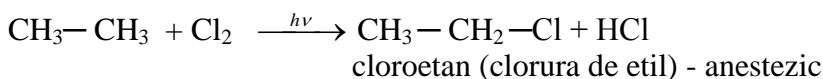
CH<sub>3</sub>Cl, clorometan, clorură de metil – agent frigorific

CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, diclorometan, clorură de metilen - solvent

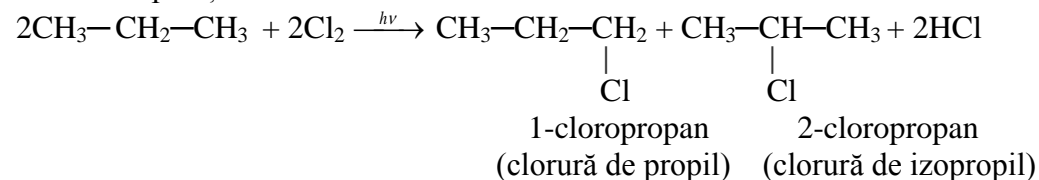
CHCl<sub>3</sub>, triclorometan, cloroform - anestezic

CCl<sub>4</sub>, tetraclorometan, tetraclorură de carbon – solvent, stingere incendii

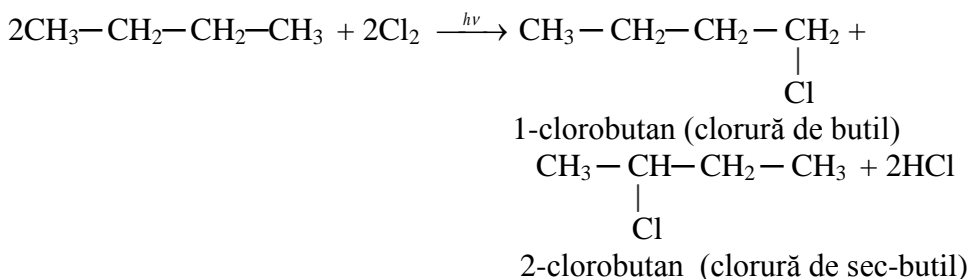
### **2. Monoclorurarea etanului**



**3. Monoclorurarea propanului** conduce la doi compuși monohalogați izomeri de poziție.



### **4. Monoclorurarea butanului**



Asemănător se desfășoară bromurarea fotochimică a alcanilor.

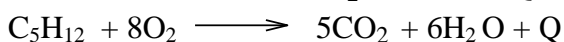
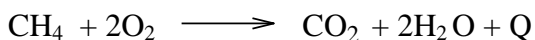
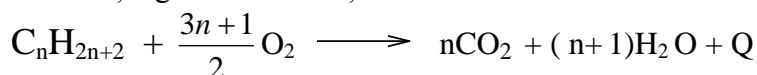


Metanul este stabil până la 900°C, iar alcanii superiori se descompun la temperaturi mai joase, 400-600°C.

**IV. Reacția de ardere (combustie)** are loc în prezența oxigenului sau aerului și conduce la dioxid de carbon, apă și căldură.

Reacțiile de ardere sunt *reacții exoterme*.

Ecuția generală a reacției de ardere a alcanilor este:



*Cantitatea de căldură degajată explică utilizarea alcanilor drept combustibili (aragaz, automobil, avion).*

Gazul petrolier lichefiat (GPL) este un amestec de *hidrocarburi gazoase*, livrate în butelii sub presiune, în stare lichefiată. Este folosit drept combustibil pentru încălzire și autovehicule.

Principalele componente ale amestecului sunt *propanul și butanul*, aflate în proporții relativ egale.

*Căldura de ardere*, Q reprezintă căldura degajată la arderea unui *mol de substanță* și se măsoară în kJ sau kcal.

**Puterea calorică, q** reprezintă cantitatea de căldură degajată la arderea unei mase de 1 kg de combustibil lichid sau solid, sau a unui volum de 1m<sup>3</sup> de combustibil gazos.

$$q = \frac{Q}{m(kg)}, \text{ combustibil lichid, solid}$$

$$q = \frac{Q}{V(m^3)}, \text{ combustibil gazos}$$

#### **Utilizări:**

- Majoritatea alcanilor sunt combustibili;
- În urma unor reacții chimice (chimizare) se obțin substanțe cu importanță practică: negru de fum, gaz de sinteză, alcool metilic, aldehydă formică, compuși clorurați, etc.
- Alcanii superiori în stare solidă, sub formă de vaselină, parafină, se folosesc ca substanțe auxiliare la fabricarea unor produse farmaceutice sau cosmetice.

**Aplicații – alcani**

**I. a)** Identificați alcanul care are densitatea vaporilor săi în raport cu oxigenul egală cu 2,6875.

**b)** Scrieți formulele izomerilor de catenă ai alcanului identificat.

**c)** Atribuiți valorile temperaturilor de fierbere corespunzătoare fiecărui izomer: +49,7°C, +58°C, +63,3°C, +60,3°C, +68,8°C.

Rezolvare:

$$\text{a) } d_{O_2} = \frac{\mu}{\mu_{O_2}} \quad d_{O_2} = 2,6875 \quad \Rightarrow \quad \mu = 2,6875 \cdot 32 = 86 \text{ g/mol}$$

$$\mu C_n H_{2n+2} = 14n + 2, \quad 14n + 2 = 86 \quad \Rightarrow \quad n = 6, \quad C_6 H_{14}$$

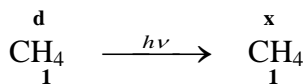
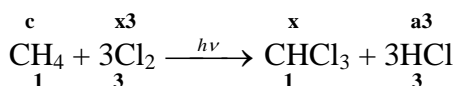
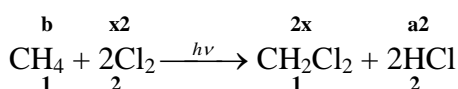
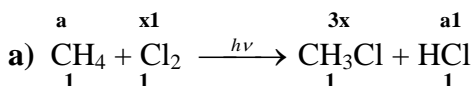
**b)** 5 izomeri

**c)** n-hexan > 3-metilpentan > 2-metilpentan > 2,3-dimetilbutan > 2,2-dimetilbutan  
 +68,8°C      +63,3°C      +60,3°C      +58°C      +49,7°C

**II. a)** Prin clorurarea fotochimică a metanului se obține un amestec de reacție care conține CH<sub>3</sub>Cl, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, CHCl<sub>3</sub> și CH<sub>4</sub> nereacționat în raport molar 3:2:1:1. Calculați raportul molar CH<sub>4</sub>:Cl<sub>2</sub> la începutul reacției.

**b)** Știind că, tot HCl obținut în procesul chimic se dizolvă în apă formând o soluție 2M, calculați volumul soluției de HCl obținut din 14 moli CH<sub>4</sub>.

Rezolvare:



- se înmulțește raportul molar cu x,  $\Rightarrow$  3x moli CH<sub>3</sub>Cl, 2x moli CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, x moli CHCl<sub>3</sub>, x moli CH<sub>4</sub> nereacționat;

- se calculează numărul de moli de metan și de clor;

$$a = 3x \text{ moli CH}_4, \quad b = 2x \text{ moli CH}_4$$

$$c = x \text{ moli CH}_4, \quad d = x \text{ moli CH}_4 \quad \Rightarrow \quad 7x \text{ moli CH}_4$$

$$x1 = 3x \text{ moli Cl}_2$$

$$x2 = 4x \text{ moli Cl}_2$$

$$x3 = 3x \text{ moli Cl}_2 \quad \Rightarrow \quad 10x \text{ moli Cl}_2$$

$$\text{raport molar } \frac{CH_4}{Cl_2} = \frac{7x}{10x} = \frac{7}{10}$$

**b)** –se calculează  $x$ , știind că  $7x=14 \Rightarrow x=2$

- se calculează numărul de moli de HCl din reacții

$$a_1=3x, a_2= 4x, a_3= 3x \Rightarrow 10x \text{ moli HCl} \Rightarrow 20 \text{ moli HCl}$$

$$C_M = \frac{v}{V_S}, V_S = \frac{20}{2} = 10L \text{ soluție HCl}$$

**III.** Calculați volumul de aer (c.n.) cu 20% O<sub>2</sub> (în procente volumetrice) necesar arderii unui amestec de propan și butan cu masa de 262 g, știind că raportul molar propan : butan este 2:3.

Rezolvare:

- se calculează masa de propan și butan din amestec;

$$\begin{cases} m_1 + m_2 = 262 \\ \frac{v_1}{v_2} = \frac{2}{3} \end{cases}$$

$$v_1 = \frac{m_1}{\mu_1}, m_1 = v_1 \cdot \mu_1 \text{ și } m_2 = v_2 \cdot \mu_2$$

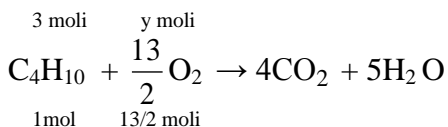
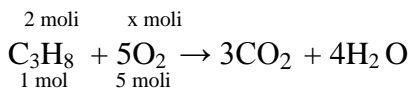
$$\mu_1 = \mu C_3H_8 = 44 \text{ g/mol}$$

$$\mu_2 = \mu C_4H_{10} = 58 \text{ g/mol}$$

$$\begin{cases} v_1 \cdot 44 + v_2 \cdot 58 = 262 \\ 2v_1 = 3v_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow v_1 = 2 \text{ moli propan} \quad v_2 = 3 \text{ moli butan}$$

- se scriu ecuațiile reacțiilor de ardere;



- se calculează volumul de oxigen;

$$x=10 \text{ moli } O_2, y = 19,5 \text{ moli } O_2 \Rightarrow 29,5 \text{ moli } O_2, V_{O_2} = 29,5 \cdot 22,4 = 660,8 \text{ L}$$

$$\text{- se calculează volumul de aer, } V_{\text{aer}} = 5 \cdot V_{O_2} = 5 \cdot 660,8 = 3304 \text{ L}$$



IV. O butelie de aragaz conține 200 L de amestec propan și butan (c.n). Cunoscând că, amestecul de alcani este echimolecular, calculați:

- a) volumul de oxigen, c.n, necesar arderii amestecului;  
b) volumul de CO<sub>2</sub>, c.n, rezultat prin arderea amestecului

Rezolvare:

- se determină volumul fiecărui alcan, astfel:

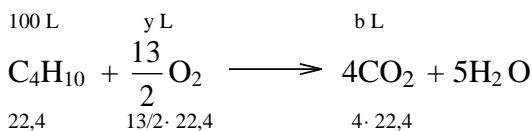
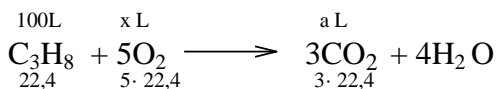
$$\begin{cases} V_1 + V_2 = 200 \\ v_1 = v_2 \end{cases}$$

Amestecul echimolecular (echimolar) conține număr egal de moli ( $v_1 = v_2$ ) dar și volum egale.

$$v_1 = \frac{V_1}{22,4}$$

$$v_2 = \frac{V_2}{22,4} \Rightarrow V_1 = V_2 \Rightarrow V_1 = 100 \text{ L propan } V_2 = 100 \text{ L butan}$$

- se scriu ecuațiile reacțiilor de ardere și se calculează volumul de O<sub>2</sub> și CO<sub>2</sub>;

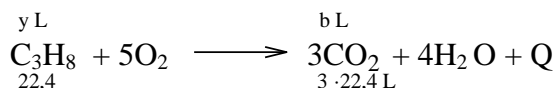
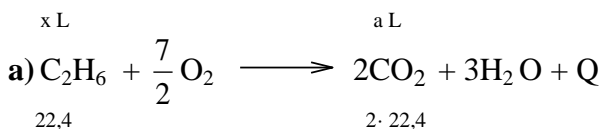


$$\begin{array}{ll} x = 650 \text{ L O}_2 & a = 300 \text{ L} \\ y = 500 \text{ L O}_2 & b = 400 \text{ L} \\ V_{\text{O}_2} = 1150 \text{ L} & V_{\text{CO}_2} = 700 \text{ L} \end{array}$$

V. Un amestec de etan și propan cu volumul de 30 L (c.n) se supune arderii și se obțin 80 L (c.n) CO<sub>2</sub>. Calculați:

- a) compoziția procentuală de volum a amestecului de hidrocarburi;  
b) compoziția procentuală molară a amestecului de hidrocarburi;  
c) compoziția procentuală de masă a amestecului de hidrocarburi;

Rezolvare:



- notăm  $x$  L etan,  $y$  L propan,  $a$  L  $\text{CO}_2$  din etan,  $b$  L  $\text{CO}_2$  din propan

$$\begin{cases} x + y = 30 \\ a + b = 80 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x + y = 30 \\ 2x + 3y = 80 \end{cases} \Rightarrow x = 10 \text{ L}, y = 20 \text{ L}$$

30 L amestec .....10 L etan.....20 L propan  
 100 L amestec..... $p_1$  .....  $p_2$   
 $p_1 = 33,33\%$  etan     $p_2 = 66,6\%$  propan

**b) Procentele de volum sunt egale cu procentele molare, pentru amestecuri de gaze (deoarece au același volum molar în c.n.).**

**c) - se calculează masa fiecărui alcan din amestec;**

$$v = \frac{m}{\mu}; v = \frac{V}{22,4}$$

$$m = \frac{V\mu}{22,4}, m = \frac{10 \cdot 30}{22,4} = 13,4 \text{ g etan}, m = \frac{20 \cdot 44}{22,4} = 39,3 \text{ g propan}$$

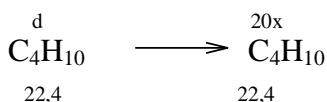
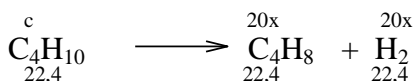
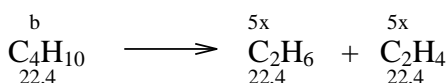
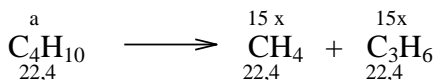
- se determină masa amestecului și compoziția procentuală de masă;

$m_{\text{am}} = 13,4 + 39,3 = 52,7 \text{ g}$   
 52,7 g amestec.....13,4 g etan.....39,3 g propan  
 100 g amestec..... $p_1$ .....  $p_2$   
 $p_1 = 25,4\%$  etan     $p_2 = 74,6\%$  propan

**VI. Un amestec de gaze rezultat în urma descompunerii termice a butanului conține 5% etenă, 15% propenă și 20% butene (în procente volumetrice), restul hidrogen, metan, etan în cantități stoechiometrice și butan netransformat. Calculați volumul de butan introdus în proces, dacă în amestecul gazos final se găsesc  $200 \text{ m}^3$  etenă (c.n).**

Rezolvare:

- se scriu ecuațiile reacțiilor care au loc la descompunerea termică;



- considerăm  $100x \text{ m}^3$  amestec gazos rezultat  $\left\{ \begin{array}{l} 15x \text{ m}^3 \text{ C}_3\text{H}_6; 15 \text{ m}^3 \text{ CH}_4 \\ 5x \text{ m}^3 \text{ C}_2\text{H}_4; 5 \text{ m}^3 \text{ C}_2\text{H}_6 \\ 20x \text{ m}^3 \text{ C}_4\text{H}_8; 20 \text{ m}^3 \text{ H}_2 \\ 20x \text{ m}^3 \text{ C}_4\text{H}_{10} \text{ netransformat} \end{array} \right.$

- se calculează volumul de butan introdus în proces;

$$a = 15x \text{ m}^3 \text{ C}_4\text{H}_{10}$$

$$b = 5x \text{ m}^3 \text{ C}_4\text{H}_{10}$$

$$c = 20x \text{ m}^3 \text{ C}_4\text{H}_{10}$$

$d = 20x \text{ m}^3 \text{ C}_4\text{H}_{10} \Rightarrow 60x \text{ m}^3 \text{ C}_4\text{H}_{10}$  introdus în proces pentru a obține amestecul de mai sus

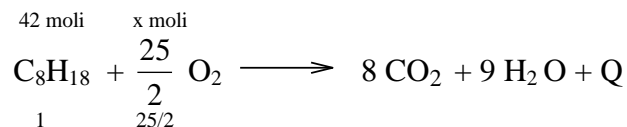
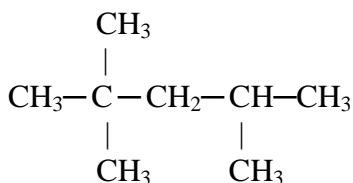
$$5x = 200 \text{ m}^3 \text{ C}_2\text{H}_4, \quad x = 40 \text{ m}^3$$

$$60 \cdot 40 = 2400 \text{ m}^3 \text{ C}_4\text{H}_{10} \text{ introdus în proces}$$

**VII.** Calculați volumul de aer (măsurat în condiții normale) care conține 20%  $\text{O}_2$  (procente de volum) stoichiometric necesar pentru arderea a 6,84 L benzină, considerând că benzina ar fi formată integral din izooctan (2,2,4-trimetilpentan). ( $\rho$  izooctan =  $0,7 \text{ g/cm}^3$ ).

Rezolvare:

- se scrie ecuația reacției de ardere pentru izooctan;



- se determină cantitatea de izooctan;

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad m = 6840 \text{ cm}^3 \cdot 0,7 \text{ g/cm}^3 = 4788 \text{ g izooctan}$$

$$\mu \text{ C}_8\text{H}_{18} = 114 \text{ g/mol}$$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{4788}{114} = 42 \text{ moli izooctan}$$

- se calculează volumul de oxigen necesar arderii izooctanului, respectiv volumul de aer;

$$x = 525 \text{ moli O}_2 \Rightarrow V_{\text{O}_2} = 11760 \text{ L}$$

$$V_{\text{aer}} = 5 \cdot V_{\text{O}_2} = 58800 \text{ L}$$

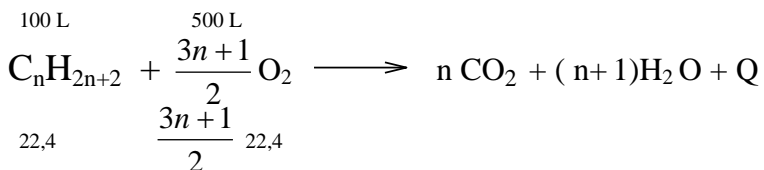
**VIII. a)** Identificați alcanul gazos știind că 100 L alcan (c.n) se arde cu 2500 L aer (c.n) ce conține 20% O<sub>2</sub>, procente volumetrice.

**b)** scrieți formulele și denumirile radicalilor monovalenți ai alcanului identificat;

**c)** scrieți formulele și denumirile compușilor monohalogați rezultați prin monoclorurarea alcanului identificat.

Rezolvare:

**a)** - se scrie ecuația reacției generale de ardere a alcanilor;



- se calculează volumul de oxigen necesar,  $V_{\text{O}_2} = 2500 : 5 = 500 \text{ L}$

- se calculează pe reacție  $n$

$$100 \cdot \frac{3n+1}{2} \cdot 22,4 = 500 \cdot 22,4, \quad n = 3, \quad \text{C}_3\text{H}_8.$$

**b)** propil, izopropil

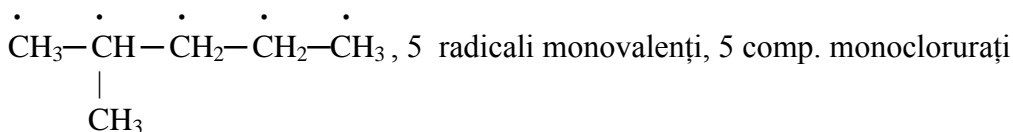
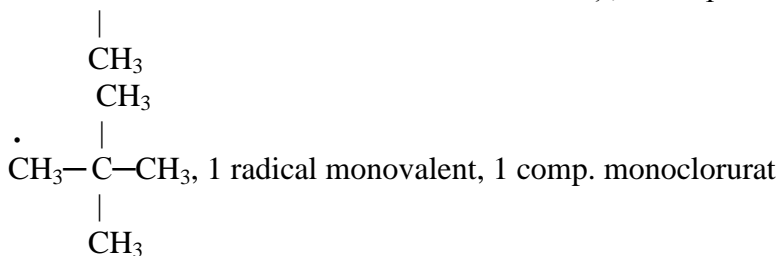
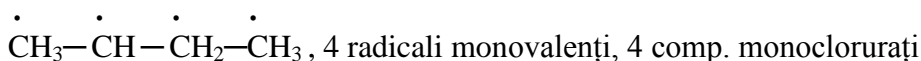
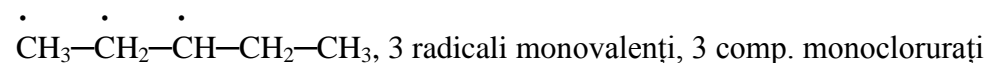
**c)** 1-cloropropan și 2-cloropropan

**IX.** Pentru alcanii: n-pentan, izopentan, neopentan, izohexan, precizați:

**a)** numărul radicalilor monovalenți:

**b)** numărul compușilor monoclorurați pe care îi formează.

Rezolvare:



Numărul compușilor monoclorurați este egal cu numărul radicalilor monovalenți. Valențele libere sunt completate cu atomi de clor.

## 5. ALCHENE

### **Conținuturi:**

- ✓ Serie omoloagă, denumire, formule de structură
- ✓ Izomerie de catenă și de poziție
- ✓ Proprietăți fizice
- ✓ Proprietăți chimice: adiția  $H_2$ ,  $X_2$ ,  $HX$ ,  $H_2O$
- ✓ Regula lui Markovnicov
- ✓ Polimerizarea

### **Serie omoloagă, denumire**

**Alchenele** sunt hidrocarburi aciclice nesaturate ce conțin o legătură dublă între doi atomi de carbon  $C = C$ .

Toate alchenele au aceeași formulă procentuală: 85.71% C și 14, 28% H.

**Formula generală**  $C_nH_{2n}$ , unde  $n \geq 2$

Terminația **-an** din numele alcanului corespunzător se înlocuiește cu terminația **-ena**.

$n=2$   $C_2H_4$  etena  $CH_2 = CH_2$

$n=3$   $C_3H_6$  propena  $CH_2 = CH - CH_3$

$n=4$   $C_4H_8$  butena

$n=5$   $C_5H_{10}$  pentena

$n=6$   $C_6H_{12}$  hexena

$n=7$   $C_7H_{14}$  heptena

$n=8$   $C_8H_{16}$  octena

$n=9$   $C_9H_{18}$  nonena

$n=10$   $C_{10}H_{20}$  decena

$n=11$   $C_{11}H_{22}$  undecena

**Seria omoloagă** a alchenelor cuprinde termeni care se diferențiază prin gruparea metilen.

*Exemplu:* propena este omologul inferior al butenei și omologul superior al etenei.

### **Structura alchenelor**

Legătura dublă este formată dintr-o legătură  $\sigma$  și o legătură  $\pi$ . Atomul de carbon implicat într-o legătură dublă formează trei legături  $\sigma$  coplanare cu unghiuri de  $120^\circ$  între ele.

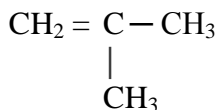
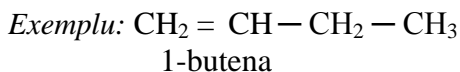
Planul legăturii  $\pi$  este perpendicular pe planul legăturii  $\sigma$ , ceea ce produce împiedicarea rotației libere a atomilor de carbon în jurul legăturii duble și apariția izomerilor geometrici.

Lungimea legăturii duble între atomii de carbon este  $1,33 \text{ \AA}$ .

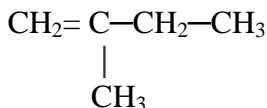
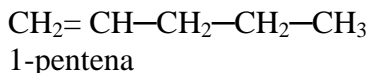
Legătura  $\pi$  este mai slabă decât legătura  $\sigma$ , ceea ce explică reactivitatea mare a alchenelor.

### Izomeria alchenelor

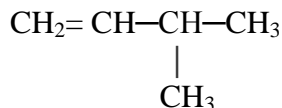
a) **Izomerie de catenă** este determinată de *poziția diferită a atomilor de carbon în catenă (ramificarea catenei)* și apare de la  $n \geq 4$ .



2-metil-propena (izobutena)



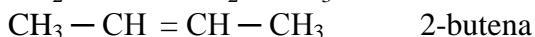
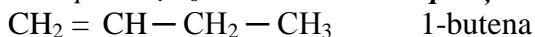
2-metil-1-butena



3-metil-1-butena

b) **Izomeria de poziție** este determinată de *poziția legăturii duble în catenă* și apare de la  $n \geq 4$ .

Exemplu:  $\text{C}_4\text{H}_8$  are 2 izomeri de poziție



$\text{C}_5\text{H}_{10}$  are 2 izomeri de poziție  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  1-pentena



$\text{C}_6\text{H}_{12}$  are 3 izomeri de poziție : 1-hexena, 2-hexena, 3-hexena.

### Proprietăți fizice

Moleculele alchenelor sunt nepolare sau slab polare și între ele se exercită interacțiuni slabe de tip van der Waals.

#### **Starea de agregare**

În condiții standard alchenele  $\text{C}_2 - \text{C}_4$  sunt *gazoase*,  $\text{C}_5 - \text{C}_{17}$  sunt *lichide*, iar de la  $\text{C}_{18}$  sunt *solide*.

#### **Puncte de topire și fierbere**

Sunt ușor mai coborâte decât ale alcanilor cu același număr de atomi de carbon. Punctele de fierbere și topire cresc cu masa moleculară și scad cu ramificarea catenei. În general, izomerii cis au puncte de fierbere mai ridicate decât izomerii trans, dar puncte de topire mai scăzute decât trans.

P.t.	cis < trans	datorită simetriei moleculare
P.f.	cis > trans	datorită momentului de dipol $\neq 0$

#### **Solubilitatea**

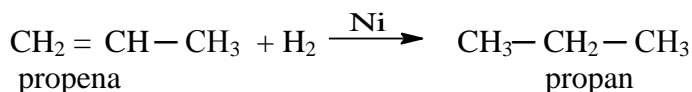
Alchenele se dizolvă în solvenți nepolari (benzen, toluen, cloroform, tetraclorură de carbon) deoarece au molecule nepolare.

Alchenele nu se dizolvă în apă deoarece apa este solvent polar.

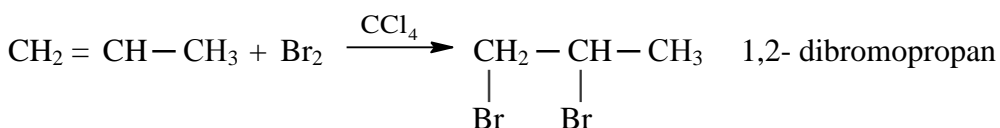
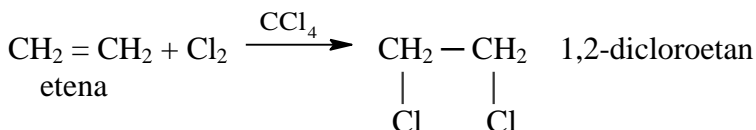
**Proprietăți chimice**

**I.Reacția de adiție**, este caracteristică alchenelor (hidrocarburilor nesaturate).

**1. Adiția hidrogenului (hidrogenarea)** în prezența catalizatorilor, metale fin divizate Ni, Pt, Pd, la temperatură 80-180°C, presiune 200 atm, conduce la *alcani*.



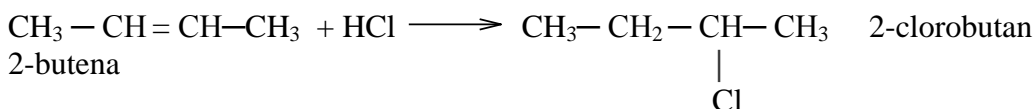
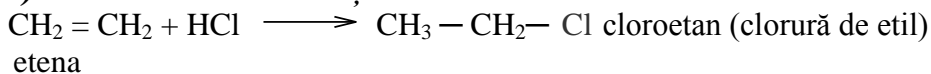
**2. Adiția halogenilor, X<sub>2</sub> (Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>)** în prezența unui solvent inert CCl<sub>4</sub>, conduce la *compuși dihalogenați vicinali*.



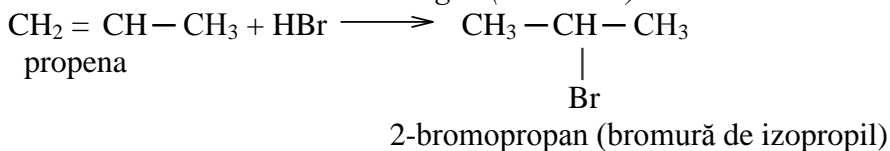
- Adiția de brom se folosește pentru recunoașterea (identificarea) alchenelor și pentru determinarea lor cantitativă;
- Alchenele decolorează apa de brom.

**3. Adiția hidracizilor HX (HCl, HBr, HI)** conduce la *derivați monohalogenați saturați*.

**a) la alchene simetrice adiția este neorientată**

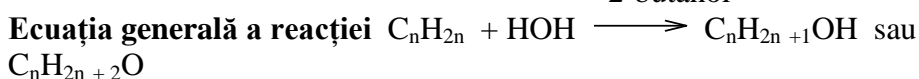
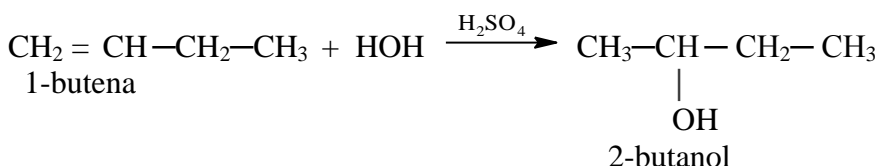
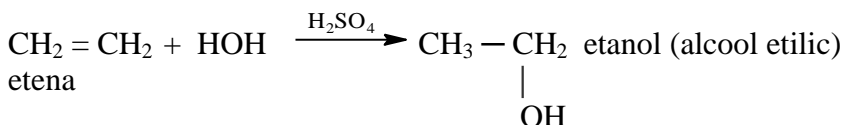


**b) la alchene nesimetrice adiția este orientată conform regulii lui Markovnikov:** atomul de hidrogen din molecula hidracidului se fixează la atomul de carbon din legătura dublă, care are cel mai mare număr de atomi de hidrogen (mai bogat), iar halogenul la atomul de carbon din legătura dublă cu număr mai mic de atomi de hidrogen (mai sărac).

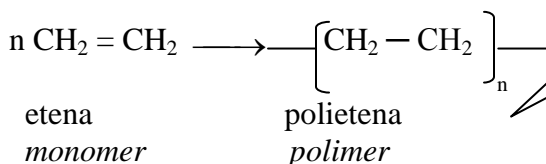




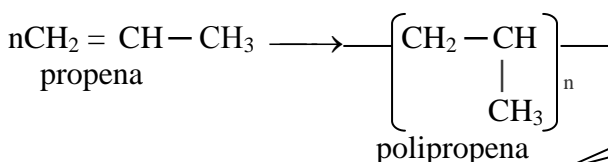
**4. Adiția apei** în prezența acidului sulfuric concentrat, conduce la *alcooli*.



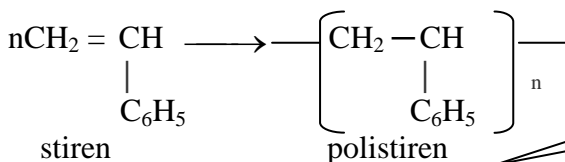
**II. Reacția de polimerizare**, este o reacție de poliadiție care are loc cu ruperea legăturii  $\pi$  din fiecare moleculă de alchenă (monomer) și formarea unei legături noi,  $\sigma$ , carbon-carbon în polimer.



izolarea cablurilor electrice,  
ambalaje produse alimentare  
și farmaceutice



folii, cutii, flacoane,  
seringi



polistirenul expandat izolator  
termic, fonic, mecanic

***n* – grad de polimerizare**, arată numărul de molecule de monomer care formează polimerul;

$$n = \frac{\mu_{polimer}}{\mu_{monomer}}$$



## Aplicații – alchene

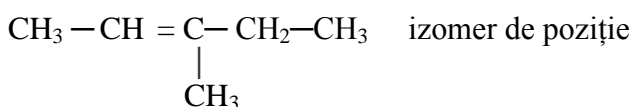
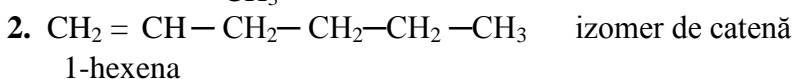
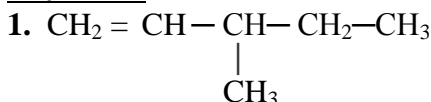
**I.1.** Scrieți formula de structură a alchenei 3-metil-1-pentenă.

2. Scrieți câte o formulă a unui un izomer de catenă și de poziție pentru alchena de mai sus.

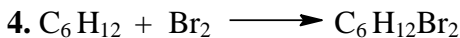
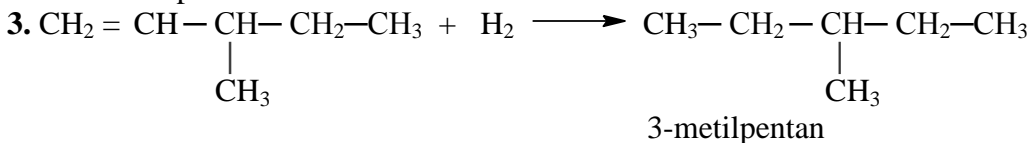
3. Scrieți ecuația reacției de transformare a alchenei de mai sus în alcanul corespunzător. Denumiți alcanul.

4. Calculați masa de produs de reacție care se formează stoechiometric în urma reacției a 16,8 g alchenă cu Br<sub>2</sub>.

Rezolvare:



3-metil-2-pentena



$$\mu\text{C}_6\text{H}_{12} = 84 \text{ g/mol}$$

$$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{Br}_2 = 244 \text{ g/mol}$$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{16,8}{84} = 0,2 \text{ moli alchena} \Rightarrow 0,2 \text{ moli produs,}$$

$$m = 0,2 \cdot 244 = 48,8 \text{ g produs}$$

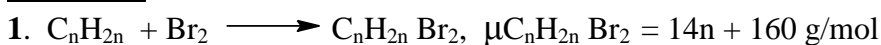
**II.1.** Alchena (A) adăunează brom formând un produs (B) cu un conținut masic de 22,2(2) % carbon. Determinați alchena (A) și scrieți o formulă de structură a acesteia, dacă are în structura sa un atom de carbon primar.

2. Scrieți reacția de obținere a produsului bromurat (B).

3. Scrieți reacțiile alchenei (A) cu: **a)** HCl / CCl<sub>4</sub>    **b)** H<sub>2</sub>O / H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

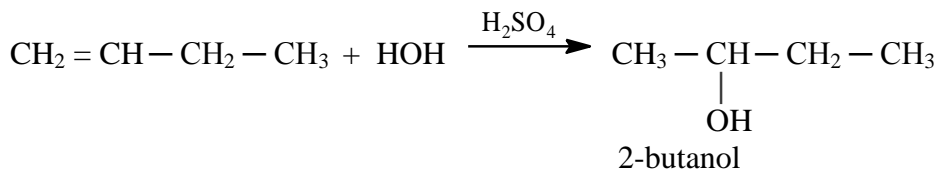
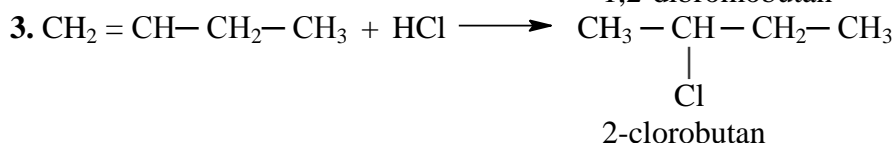
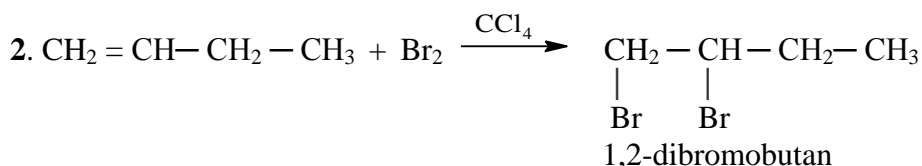
4. Scrieți ecuațiile reacțiilor chimice prin care 1-butena se transformă în 2-butena.

Rezolvare:

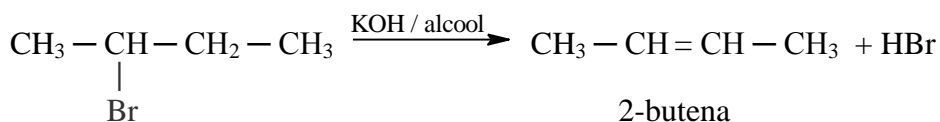
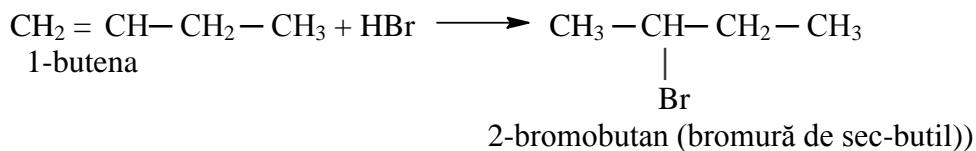


$$14n + 160 \text{ g produs} \dots\dots\dots 12n \text{ g C}$$

$$100 \text{ g produs} \dots\dots\dots 22,2(2) \text{ g C, } n = 4, \text{ C}_4\text{H}_8, \text{ CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$$

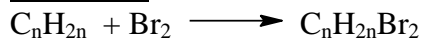


4. – adiția HBr, HCl, HOH, urmată de eliminarea acestora;



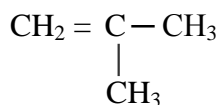
**III.** O probă de 14 g alchenă, A, reacționează stoechiometric cu 1000 mL soluție de brom în tetraclorură de carbon, cu concentrație molară 0,25 M. Stabiliți formula moleculară și formula structurală a alchenei A, care conține doi atomi de carbon primari în moleculă și un atom de carbon cuaternar.

Rezolvare:



$$C_M = \frac{\nu}{V_S}, \quad \nu = 1 \cdot 0,25 = 0,25 \text{ moli Br}_2$$

$$\frac{14}{14n} = \frac{0,25}{1} \quad \Rightarrow n = 4, \text{ C}_4\text{H}_8$$

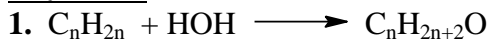


**IV.1.** O alchenă A se transformă prin reacția cu  $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2\text{SO}_4$  într-un produs lichid B. Scrieți formulele de structură și denumiți substanțele A și B, știind că pentru substanța B raportul maselor  $\text{C} : \text{H} = 9 : 2$ .

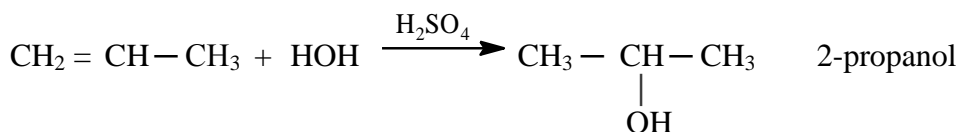
2. Calculați masa de soluție apoasă a substanței B, cu concentrația procentuală 60%, care se obține din 4,2 kg de A, dacă randamentul este de 80%.

3. Precizați o reacție prin care să identificați propena dintr-un amestec de propenă și propan.

Rezolvare:



- se calculează raportul maselor  $\frac{mC}{mH} = \frac{12n}{2n+2} = \frac{9}{2} \Rightarrow n = 3, \text{C}_3\text{H}_6$



2.  $\mu \text{C}_3\text{H}_6 = 42 \text{ g/mol} = 42 \text{ kg/kmol}$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{4,2}{42} = 0,1 \text{ kmoli propenă} \Rightarrow 0,1 \text{ kmoli 2-propanol}$$

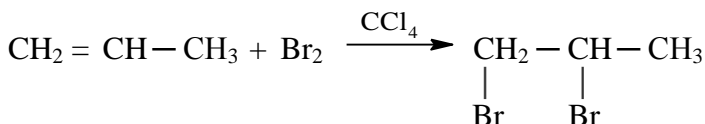
$\mu \text{C}_3\text{H}_8\text{O} = 60 \text{ g/mol} = 60 \text{ kg/kmol}$

$m = 0,1 \cdot 60 = 6 \text{ kg 2-propanol (Ct)}$

$$\eta = \frac{C_p}{C_t} \cdot 100, C_p = 6 \cdot 60/100 = 3,6 \text{ kg}$$

$$\text{C}\% = \frac{md}{ms} \cdot 100, m_s = 3,6 \cdot 100/60 = 6 \text{ kg 2-propanol}$$

3. Adiția bromului. Alchenele decolorează apa de brom.



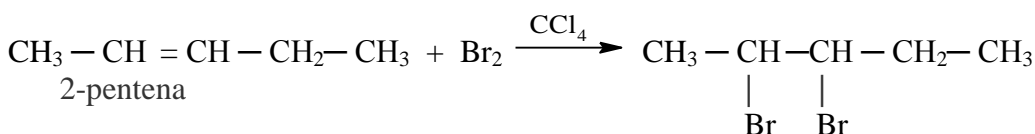
**V.** Un amestec de pentan și 2-pentenă cu masa de 14,2 g decolorează un volum de 100 mL soluție  $\text{Br}_2/\text{CCl}_4$  de concentrație 1M.

a. Scrieți ecuația reacției chimice care are loc.

b. Calculați compoziția procentuală molară a amestecului de hidrocarburi.

Rezolvare:

a. Pentanul nu reacționează cu soluție de  $\text{Br}_2/\text{CCl}_4$



b.  $C_M = \frac{v}{V_S}$ ,  $v = 0,1 \cdot 1 = 0,1$  moli  $Br_2 \Rightarrow 0,1$  moli 2-pentena

$\mu C_5H_{10} = 70$  g/mol,  $v = \frac{m}{\mu}$ ,  $m = 0,1 \cdot 70 = 7$ g 2-pentena

$14,2 - 7 = 7,2$  g pentan,  $v = \frac{7,2}{72} = 0,1$  moli pentan

$v_{\text{amestec}} = 0,1 + 0,1 = 0,2$  moli

0,2 amestec.....0,1 moli 2-pentena.....0,1 pentan

100 moli..... $p_1$ ..... $p_2$

$p_1 = p_2 = 50\%$

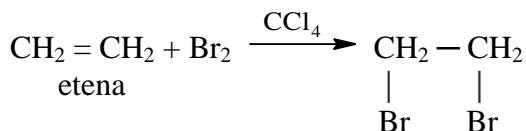
**VI.1.** Un amestec gazos de metan și etenă cu volumul de  $112 \text{ cm}^3$  (măsurat în condiții normale) este trecut printr-un vas cu brom. Scrieți ecuația reacției chimice de bromurare.

2. Calculați compoziția procentuală molară a amestecului de hidrocarburi știind că masa vasului a crescut cu 84 mg.

3. Calculați masa de produs dibromurat care se obține.

Rezolvare:

1. Metanul nu reacționează cu soluție de  $Br_2$ .



2.  $V_{\text{amestec}} = 112 \text{ cm}^3 = 0,112 \text{ L}$

creștere masă vas = masa alchenă (etena)

metenă = 84 mg = 0,084 g etenă

$\mu C_2H_4 = 28$  g/mol

$v = \frac{m}{\mu} = \frac{0,084}{28} = 0,003$  moli etenă

$v_2 = \frac{V}{22,4} \Rightarrow V = 0,003 \cdot 22,4 = 0,0672 \text{ L}$  etenă

$0,112 - 0,0672 = 0,0448 \text{ L}$  metan

% volum = % molare

0,112 L amestec.....0,0448 L metan.....0,0672 L etenă

100 L amestec..... $p_1$ ..... $p_2$

$p_1 = 40\%$  metan  $p_2 = 60\%$  etenă

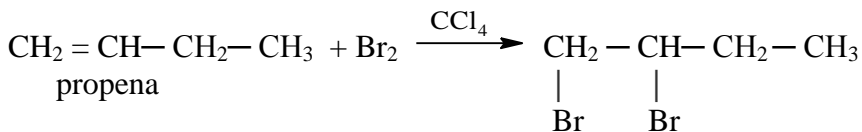
3.  $\mu C_2H_4Br_2 = 188$  g/mol

$\frac{0,02}{1} = \frac{x}{188} \Rightarrow x = 3,76$  g 1,2 – dibromoetan

**VII.** Un amestec echimolecular de butan și butenă cu volumul de 89,6 L (c. n.) este trecut printr-un vas de reacție care conține o soluție de Br<sub>2</sub>. Calculați cu cât crește masa vasului de reacție după trecerea amestecului de hidrocarburi.

Rezolvare:

1. Butanul nu reacționează cu soluție de Br<sub>2</sub>.



$$\begin{cases} V_1 + V_2 = 89,6 \\ v_1 = v_2 \end{cases} \quad \begin{cases} V_1 + V_2 = 89,6 \\ \frac{V_1}{22,4} = \frac{V_2}{22,4} \end{cases} \Rightarrow V_1 = V_2 = 44,8 \text{ L}$$

$$v_1 = v_2 = 2 \text{ moli}, \quad \mu_{\text{C}_4\text{H}_8} = 56 \text{ g/mol}$$

$$v = \frac{m}{\mu}, \quad m = 2 \cdot 56 = 112 \text{ g butena}$$

creștere masă vas = masa alchenă (butena) = 112 g

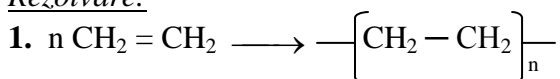
**VIII.** Polimerizarea etenei poate fi realizată la presiuni joase, cât și la presiune atmosferică, pe baza unui procedeu pus la punct la noi în țară de C.D. Nenițescu.

1. Scrieți reacția de polimerizare a etenei

2. Calculați volumul de etenă de puritate 90%, măsurat în condiții normale, necesar pentru a obține 4 t de polimer cu randament total de 80%.

3. Calculați gradul de polimerizare, dacă masa molară a polietenei este 28000g/mol.

Rezolvare:



2. C<sub>p</sub> (cantitatea practică) = 4 t = 4000 kg polietenă

$$\eta = \frac{C_p}{C_t} \cdot 100, \quad C_t = 4000 \cdot 100/80 = 5000 \text{ kg polietenă}$$

$$\frac{x}{n \cdot 22,4} = \frac{5000}{28n}, \quad x = 4000 \text{ m}^3 \text{ etenă pură}$$

$$p = \frac{V_{\text{pur}}}{V_{\text{impur}}} \cdot 100, \quad V_{\text{impur}} = 4000 \cdot 100/90 = 4444,4(4) \text{ m}^3 \text{ etenă}$$

$$3. n = \frac{\mu_{\text{polimer}}}{\mu_{\text{monomer}}}, \quad n = \frac{28000}{28} = 1000$$

$$\mu_{\text{C}_2\text{H}_4} = 28 \text{ g/mol (monomer)}$$

## 6. ALCHINE

### Conținuturi:

- ✓ Serie omoloagă, denumire, formule de structură, structura acetilenei
- ✓ Izomerie de catenă și de poziție
- ✓ Obținerea acetilenei din carbid
- ✓ Proprietăți fizice
- ✓ Proprietăți chimice: adiția  $H_2$ ,  $X_2$ ,  $HX$ ,  $H_2O$
- ✓ Arderea acetilenei
- ✓ Polimerizarea clorurii de vinil, acrilonitrilului, acetatului de vinil
- ✓ Importanța practică a acetilenei

### Serie omoloagă, denumire

**Alchinele** sunt hidrocarburi aciclice nesaturate ce conțin o legătură triplă între doi atomi de carbon  $C \equiv C$ .

**Formula generală**  $C_nH_{2n-2}$ , unde  $n \geq 2$

**Seria omoloagă** a alchinelor

$n=2$   $C_2H_2$  etina  $CH \equiv CH$

$n=3$   $C_3H_4$  propina  $CH \equiv C-CH_3$

$n=4$   $C_4H_6$  butina

$n=5$   $C_5H_8$  pentina

$n=6$   $C_6H_{10}$  hexina

$n=7$   $C_7H_{12}$  heptina

$n=8$   $C_8H_{14}$  octina

$n=9$   $C_9H_{16}$  nonina

$n=10$   $C_{10}H_{18}$  decina

### Structura alchinelor

Legătura triplă este formată dintr-o legătură  $\sigma$  și două legături  $\pi$ .

Atomul de carbon implicat într-o legătură triplă formează două legături  $\sigma$  coplanare cu unghiuri de  $180^\circ$  între ele. Planurile celor două legăturii  $\pi$  sunt perpendiculare între ele dar și pe planul legăturii  $\sigma$ . Acest lucru produce *împiedicarea rotației libere a atomilor de carbon în jurul legăturii duble*.

Lungimea legăturii triple între atomii de carbon este  $1,20 \text{ \AA}$ .

Existența celor două legături  $\pi$  face ca legătura triplă din acetilenă și alchinele marginale să fie polară: *hidrogenul este polul parțial pozitiv iar carbonul polul parțial negativ*.

$\delta^+ \delta^- \delta^- \delta^+$

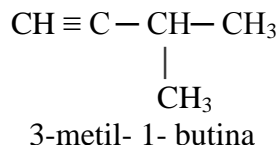
$H-C \equiv C-H$

### Consecințe:

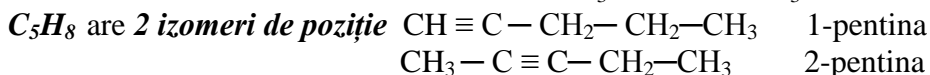
- caracter slab acid al acetilenei și alchinelor cu legătură triplă marginală;
- solubilitate parțială în apă a acetilenei și alchinelor inferioare.

### Izomeria alchinelor

a) **Izomerie de catenă** este determinată de poziția diferită a atomilor de carbon în catenă (*ramificarea catenei*) și apare de la  $n \geq 5$ .

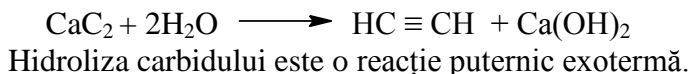


b) **Izomeria de poziție** este determinată de *poziția legăturii duble* în catenă și apare de la  $n \geq 4$ .



$\text{C}_6\text{H}_{10}$  are 3 izomeri de poziție : 1-hexina, 2-hexina, 3-hexina.

### Obținerea acetilenei din carbid



### Proprietăți fizice

#### Starea de agregare

Primii trei termeni: acetilena, propina, 1-butina sunt gaze, următorii termeni sunt lichizi, iar termenii superiori sunt solizi.

#### Puncte de topire și fierbere

Sunt ușor mai ridicate decât ale alcanilor și alchenelor cu același număr de atomi de carbon.

Punctele de fierbere ale alchinelor cresc cu masa moleculară și scad cu ramificarea catenei.

#### Solubilitatea

Acetilena este *parțial solubilă* în apă deoarece între moleculele polare ale acetilenei și moleculele polare ale apei se stabilesc legături de hidrogen.

Acetilena se dizolvă și în *solvenți organici* (acetona): un volum de acetona dizolvă 300 volume de acetilenă la presiunea de 12 atm. Acetilena nu poate fi transportată în stare lichefiată, în tuburi sub presiune, deoarece în aceste condiții explodează. Pentru transportarea ei se folosesc tuburi de oțel umplute cu o masă poroasă îmbibată cu acetona, în care acetilena este foarte solubilă.

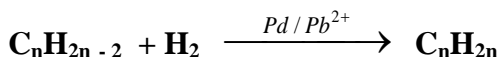
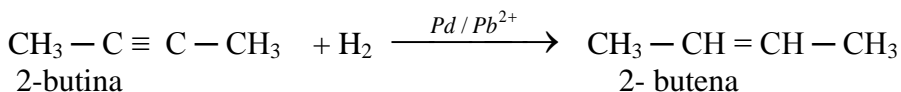
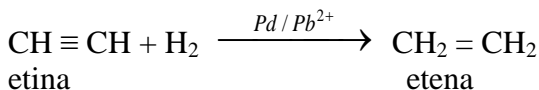
Solubilitatea acetilenei (a gazelor în general) crește cu creșterea presiunii.

## Proprietăți chimice

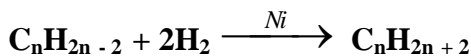
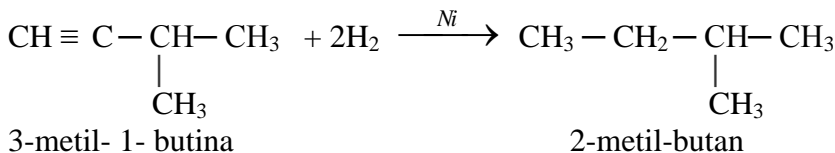
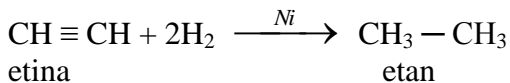
**I.Reacția de adiție**, este caracteristică alchinelor (hidrocarburilor nesaturate).

**1. Adiția hidrogenului (hidrogenarea catalitică)** poate fi:

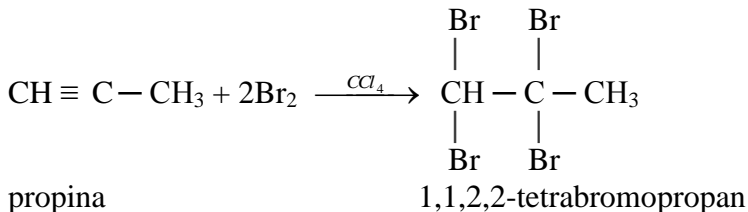
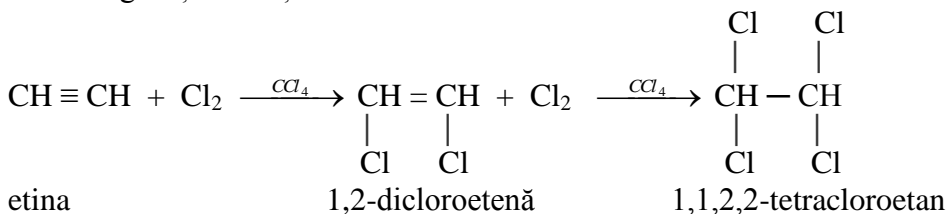
- ❖ *hidrogenare parțială* are loc în prezența paladiului otrăvit cu săruri de plumb ( $Pd/Pb^{2+}$ ) și se obțin *alchene*;



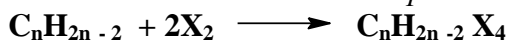
- ❖ *hidrogenarea totală*, are loc în prezență de nichel, platină sau paladiu (Ni, Pt, Pd) și exces de hidrogen, se obțin *alcani*;



**2. Adiția halogenilor,  $X_2$  ( $Cl_2, Br_2$ )** în prezența unui solvent inert  $CCl_4$ , conduce la compuși dihalogenați vicinali nesaturați în prima etapă și apoi în compuși tetrahalogenați saturați.



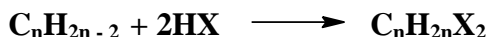
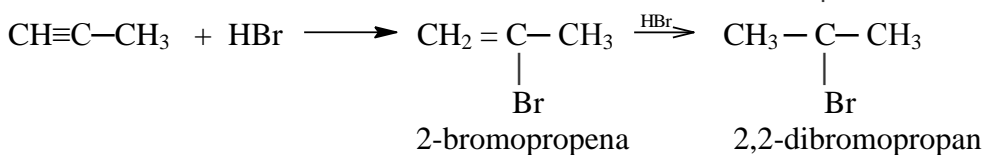
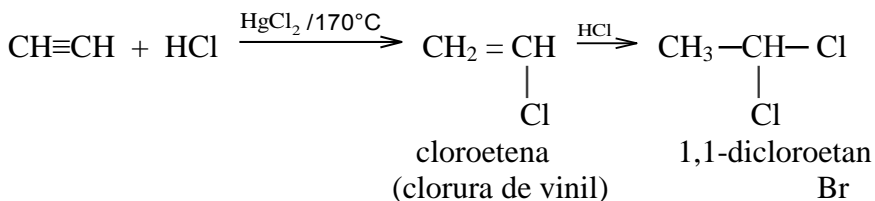
- *alchinele decolorează apa de brom ca și alchenele.*





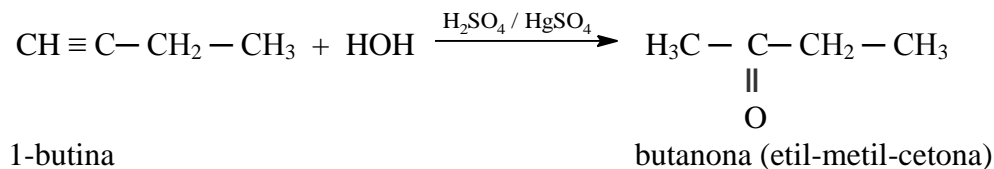
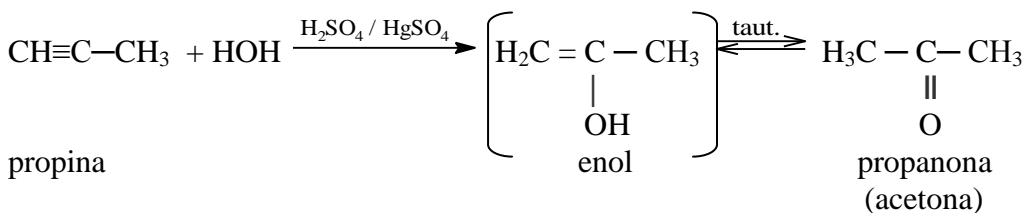
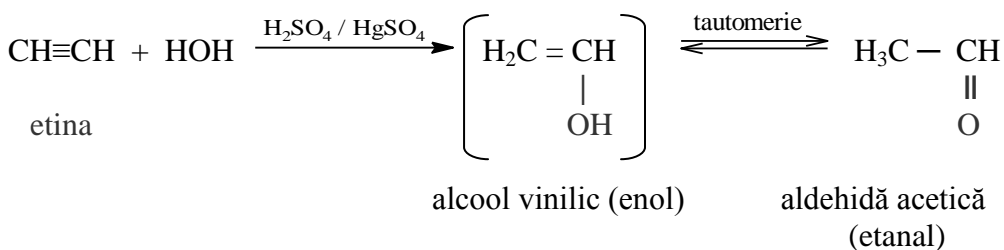
**3. Adiția hidracizilor, HX (HCl, HBr)** are loc la 170-200°C în prezența clorurii de mercur, HgCl<sub>2</sub>, drept catalizator.

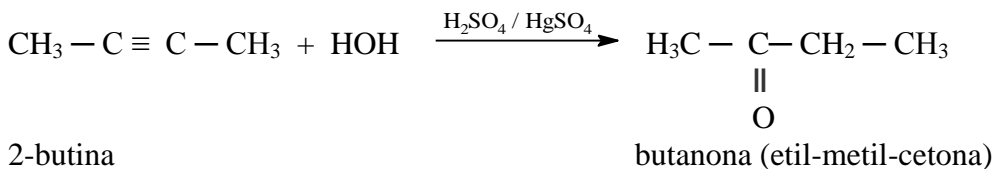
- Se desfășoară în două etape, dar în prima etapă se obțin compuși importanți în industria polimerilor;
- La alchenele superioare adiția hidracizilor respectă regula lui Markovnikov ca și la alchene.



**4. Adiția apei (reacția Kucerov)** are loc în prezență de sulfat de mercur și acid sulfuric (HgSO<sub>4</sub> / H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) și conduce la compuși carbonilici (aldehide, cetone). Reacția se desfășoară în două etape:

- se formează un enol instabil;
- are loc tautomeria, enolul se stabilizează intramolecular formând aldehydă sau cetonă.



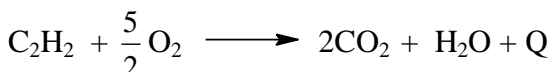
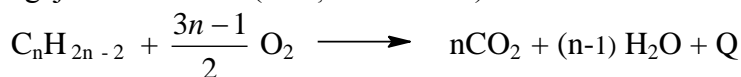


### Concluzie

- acetilena formează o aldehydă
- celelalte alchine formează cetone



**II. Reacția de ardere (de combustie)** conduce la dioxid de carbon și apă, cu degajare de căldură (reacție exotermă).

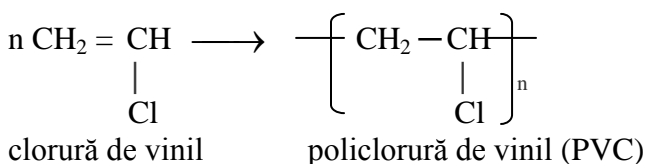


Utilizare: reacția de ardere a acetilenei este folosită în suflătorul oxiacetilenic pentru tăierea și sudarea metalelor, deoarece flacăra poate atinge temperaturi ce depășesc 3000°C.

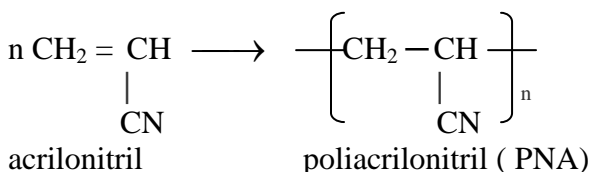
Puterea calorică a acetilenei se exprimă:  $q = \frac{Q}{V(m^3)}$ ,

### III. Reacția de polimerizare

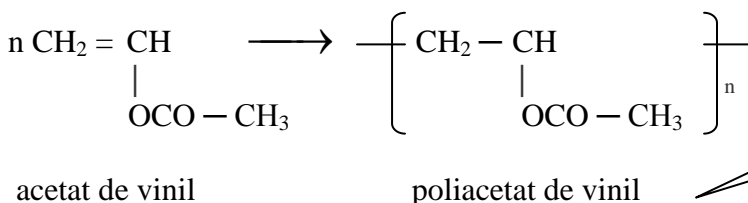
- ❖ majoritatea produșilor de adiție ai acetilenei sunt **monomeri vinilici**, conțin radicalul vinil ( $\text{H}_2\text{C} = \text{CH} -$ )



Înlocuitori pentru piele (piele ecologică), tâmplărie, izolatori electrici



Fibre sintetice (lână artificială, melana)



Adeziv (aracet), apretarea țesăturilor

$$n - \text{grad de polimerizare} \quad n = \frac{\mu_{\text{polimer}}}{\mu_{\text{monomer}}}$$

### Importanța practică a acetilenei

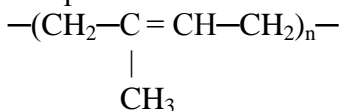
- ❖ Tăierea și sudarea metalelor
- ❖ Materie primă pentru obținerea unor compuși cu largi domenii de utilizare (mase plastice, cauciuc, melană, alcool etilic).

## 7. CAUCIUCUL NATURAL, SINTETIC ȘI MASE PLASTICE

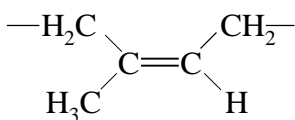
**Cauciucul natural** este o hidrocarbură macromoleculară cu formula moleculară  $(C_5H_8)_n$ .

Se extrage sub formă de latex din scoarța arborilor de cauciuc (*Hevea brasiliensis*).

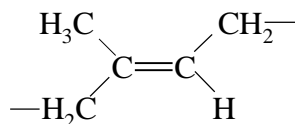
Din punct de vedere structural cauciucul natural are structură poliizoprenică.



Legăturile duble din cauciucul natural sunt *cis*. Izomerul *trans* este tot un produs natural, numit *gutapercă*, mai rigidă decât cauciucul natural, lipsită de elasticitate.



*izomer cis*



*izomer trans*

Pentru îmbunătățirea proprietăților, cauciucul natural se supune procesului de vulcanizare.

**Vulcanizarea** este procesul care are loc la încălzirea cauciucului, 130-140°C, cu mici cantități de sulf. Prin vulcanizare se formează din loc în loc, la nivelul atomilor de carbon din legăturile duble, punți de sulf care leagă transversal lanțurile macromoleculare.

**Proprietățile fizice** ale cauciucului vulcanizat sunt:

- Elasticitate pe un domeniu larg de temperatură, -70°C până la 140°C;
- Rezistență mecanică mărită;
- Insolubil în solvenți organici (benzină, benzen, toluen);
- Stabilitate chimică ridicată și rezistență la îmbătrânire.

**Cauciucul sintetic** este un compus macromolecular cu proprietăți asemănătoare cauciucului natural. El poate fi prelucrat și vulcanizat în mod asemănător.

Cauciucul sintetic se obține prin polimerizare și copolimerizare.

**Utilizarea cauciucului natural și sintetic:**

- Fabricarea anvelopelor, benzilor transportatoare, garnituri;
- Producția de încălțăminte, țesături cauciucate, articole biomedicale, articole de sport și jucării;
- La izolarea cablurilor electrice, fabricarea adezivilor, protecții anticorozive.

Cauciucurile (natural, sintetic) se mai numesc elastomeri.

**Masele plastice** sunt produse tehnologice de sinteză în compoziția cărora intră un compus macromolecular sintetic și alte substanțe (plastifianți, coloranți, antioxidanți) adăugate pentru a le conferi proprietăți superioare.

Compușii macromoleculari ce intră în compoziția maselor plastice sunt: polietena, polipropena, pliclorura de vinil, politetrafluoroetena, etc.

În raport cu materialele pe bază de produse din natură, masele plastice au atât avantaje cât și dezavantaje, sub aspectul funcționalității lor.

**Avantaje:**

- rezistență mecanică și la acțiunea agenților chimici;
- izolatori termici și chimici;

**Dezavantaje:**

- nu sunt biodegradabile, sunt poluanți, din acest motiv materialele din mase plastice se vor colecta separat, vor fi distruse sau reciclate industrial;
- suferă procesul de îmbătrânire;

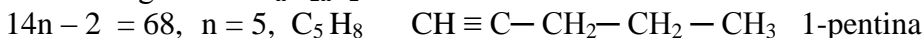
## Aplicații – alchine/mase plastice

I. Identificați formulele moleculare și structurale ale alchinelor următoare:

1. Alchina (A) are masa molară  $\mu = 68$  g/mol și un atom de carbon primar.
2. Alchina (B) are conținutul procentual masic de hidrogen egal cu 7,69 %.
3. Alchina (C) are 13 atomi (C, H) în moleculă. Scrieți 2 izomeri ai alchinei.

**Rezolvare:**

1. formula generală  $C_nH_{2n-2}$

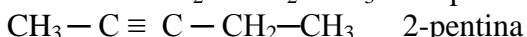


2.  $14n - 2 \dots\dots\dots 2n - 2$  g H

100.....7,69 g H

$$(14n-2) 7,69 = 100 (2n-2) \quad \Rightarrow \quad n = 2, \quad C_2H_2$$

3.  $n + 2n - 2 = 13, \quad n = 5, \quad C_5H_8$



**II.** O alchină necunoscută cu masa molară  $\mu = 54 \text{ g/mol}$  reacționează cu  $\text{Br}_2$  în raport molar 1:2, cu formarea unui produs (A).

1. Stabiliți formula moleculară și structurală ale alchinei știind că aceasta conține numai atomi de carbon primari și cuaternari.

2. Scrieți ecuația reacției de obținere a produsului bromurat (A).

3. Calculați masa de produs bromurat obținut din 200 ml soluție de brom (dizolvat în  $\text{CCl}_4$ ) cu concentrația molară,  $C_M = 0,1 \text{ mol/L}$ , care reacționează cu alchina identificată.

Rezolvare:

1.  $14n - 2 = 54$ ,  $n = 4$ ,  $\text{C}_4\text{H}_6$ ,  $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3$  2-butina

2.  $\text{CH}_3 - \text{C} \equiv \text{C} - \text{CH}_3 + 2\text{Br}_2 \xrightarrow{\text{CCl}_4} 2,2,3,3\text{-tetrabromobutan}$

3.  $C_M = \frac{\nu}{V_S}$ ,  $\nu = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02$  moli  $\text{Br}_2$

$\frac{0,02}{2} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = 0,01$  moli,  $m = 0,01 \cdot 374 = 3,74 \text{ g}$  produs bromurat

**III.** Alchinele, ca și alchenele, decolorează apa de brom.

1. Stabiliți formula produsului bromurat, rezultat prin reacția dintre brom și acetilenă, dacă raportul masic C:Br în compusul bromurat este 3:40.

2. Calculați volumul de soluție de brom de  $C_M = 1 \text{ mol/L}$  necesar pentru decolorarea totală a 0,5 moli acetilenă.

3. Calculați compoziția procentuală de masă a produsului bromurat.

Rezolvare:

1.  $\text{C}_2\text{H}_2 + n\text{Br}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_{2n}$

- se exprimă raportul masic

$\frac{mC}{mBr} = \frac{24}{160n} \Rightarrow \frac{24}{160n} = \frac{3}{40} \Rightarrow n = 2$

deci bromurarea totală a acetilenei  $\text{C}_2\text{H}_2 + 2\text{Br}_2 \longrightarrow \text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4$

2.  $\frac{0,5}{1} = \frac{x}{2} \Rightarrow x = 1 \text{ mol Br}_2$ ,  $C_M = \frac{\nu}{V_S} \Rightarrow V_S = \frac{1}{1} = 1 \text{ L Br}_2$

3.  $\mu\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4 = 24 + 2 + 320 = 346 \text{ g/mol}$

La 346 g compus.....24 g C.....2 g H.....320 g Br

100 g compus..... p<sub>1</sub>..... p<sub>2</sub>..... p<sub>3</sub>

p<sub>1</sub> = 6,94% C      p<sub>2</sub> = 0,58% H      p<sub>3</sub> = 92,48% Br

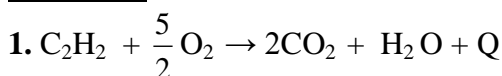
**IV.** Prin arderea acetilenei se degajă o cantitate mare de căldură, ceea ce o face utilizabilă la sudura oxiacetilenică.

1. Scrieți ecuația reacției de ardere a acetilenei.

2. Calculați volumul de acetilenă c.n care se arde cu 2 m<sup>3</sup> de aer (20% O<sub>2</sub> procente de volum).

3. Calculați cantitatea de căldură rezultată din reacția de ardere a 100 moli acetilenă, dacă puterea calorică a acetilenei este  $q=13860 \text{ kcal/m}^3$ .

Rezolvare:



$$2. V_{\text{aer}} = 5 \cdot V_{\text{O}_2} \Rightarrow V_{\text{O}_2} = 2 : 5 = 0,4 \text{ m}^3 = 400 \text{ L}$$

$$\frac{x}{22,4} = \frac{400}{2,5 \cdot 22,4} \Rightarrow x = 160 \text{ L acetilenă}$$

3. se transformă numărul de moli de acetilenă în volum ( $\text{m}^3$ )

$$v = \frac{V}{22,4}, V = 100 \cdot 22,4 = 2240 \text{ L} = 2,24 \text{ m}^3 \text{ acetilenă}$$

$$q = \frac{Q}{V(\text{m}^3)}, Q = 2,24 \text{ m}^3 \cdot 13860 \text{ kcal/m}^3 = 31046,4 \text{ kcal}$$

V. Halogenarea alchinelor se realizează în prezența solvenților inerti care preiau o parte din căldura degajată în reacție.

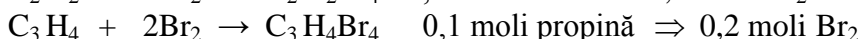
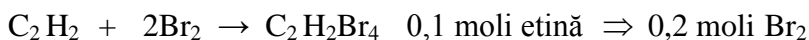
1. Calculați volumul soluției de brom (dizolvat în  $\text{CCl}_4$ ) cu concentrația molară,  $C_M=0,05 \text{ mol/L}$ , care reacționează total cu un amestec echimolar de etină și propină cu volumul de  $4,48 \text{ dm}^3$ , măsurat în condiții normale.

2. Calculați masa de compuși tetrabromurați obținuți din amestecul de alchine.

Rezolvare:

1. Amestec echimolar,  $v_1 = v_2$ ,  $V_1 = V_2 \Rightarrow 2,24 \text{ dm}^3$  etină,  $2,24 \text{ dm}^3$  propină

$$v = \frac{V}{22,4} \Rightarrow 0,1 \text{ moli etină}, 0,1 \text{ moli propină}$$



$$0,2 + 0,2 = 0,4 \text{ moli Br}_2, V_s = \frac{0,4}{0,05} = 8 \text{ L Br}_2$$

2.  $\mu_{\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}_4}=346 \text{ g/mol}$ , 0,1 moli etină, 0,1 moli compus,  $m = 0,1 \cdot 346 = 34,6 \text{ g}$

$\mu_{\text{C}_3\text{H}_4\text{Br}_4}=360 \text{ g/mol}$ , 0,1 moli propină, 0,1 moli compus,  $m = 0,1 \cdot 360 = 36 \text{ g}$   
 $m \text{ amestec} = 34,6 + 36 = 70,6 \text{ g}$

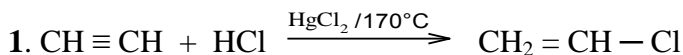
VI. Majoritatea hidrocarburilor sunt transformate în compuși cu aplicații industriale.

1. Scrieți ecuația reacției acetilenei cu HCl pentru formarea unui monomer vinilic.

2. Calculați masa de monomer vinilic care se poate obține din  $112 \text{ m}^3$  acetilenă ( condiții normale) cu un randament de 75%.

3. Scrieti ecuația reacției de polimerizare a clorurii de vinil.
4. Calculati masa molară a policlorurii de vinil dacă gradul de polimerizare este 100.

Rezolvare:



$$2. \mu_{\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}} = 24 + 3 + 35,5 = 62,5 \text{ g/mol} = 62,5 \text{ kg/kmol}$$

$$\frac{112}{22,4} = \frac{x}{62,5}, \quad x = 312,5 \text{ kg monomer (clorura de vinil)} \quad C_t, \text{ cantitatea teoretică}$$

$$\eta = \frac{C_p}{C_t} \cdot 100 \Rightarrow C_p = \frac{75 \cdot 312,5}{100} = 234,37 \text{ kg}$$

3. ecuația reacției de polimerizare

$$4. n = \frac{\mu_{\text{polimer}}}{\mu_{\text{monomer}}}, \quad n = 100 \Rightarrow \mu_{\text{polimer}} = 100 \cdot 62,5 = 6250 \text{ g/mol}$$

**VII.** Prin hidratarea alchinei (A) cu  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{Hg}^{2+}/\text{H}_2\text{SO}_4$ ) se obține un compus carbonilic cu raportul de masa C: H: O = 18:3:8.

1. Identificați alchina A și scrieți ecuația reacției chimice.
2. Calculați volumul de alchină necesară obținerii a 725 g compus carbonilic de puritate 80%.
3. Precizați numărul de legături  $\sigma$  și  $\pi$  din compusul carbonilic.
4. Precizați numărul de electroni neparticipanți la legături din compusul carbonilic.

Rezolvare:

1. Se împart masele din raport la masele atomice corespunzătoare

$$\text{C} \quad \frac{18}{12} = 1,5 \text{ atomi-gram}, \quad \frac{1,5}{0,5} = 3$$

$$\text{H} \quad \frac{3}{1} = 3 \text{ atomi-gram}, \quad \frac{3}{0,5} = 6$$

$$\text{O} \quad \frac{8}{16} = 0,5 \text{ atomi-gram}, \quad \frac{0,5}{0,5} = 1, \quad \text{C}_3\text{H}_6\text{O}, \text{ alchina } \text{C}_3\text{H}_4$$

$$2. m_{\text{impură}} = 725 \text{ g propanonă}, \quad p = \frac{m_{\text{pură}}}{m_{\text{impură}}} \cdot 100, \quad m_{\text{pură}} = \frac{80}{100} \cdot 725 = 580 \text{ g}$$

$$\mu_{\text{C}_3\text{H}_6\text{O}} = 58 \text{ g/mol}, \quad \frac{x}{22,4} = \frac{580}{58}, \quad x = 224 \text{ L propină}$$

3. 9 legături  $\sigma$ , 1 legătură  $\pi$

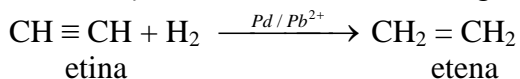
4. Sunt 4 electroni neparticipanți la legături, proveniți de la atomul de oxigen.

**VIII.** Un amestec de etenă, etină și hidrogen în raport molar 1:3:5 se trece peste un catalizator de Pd/ Pb<sup>2+</sup> sub presiune și la temperatură ridicată.

1. Scrieți ecuația reacției chimice care are loc.
2. Calculați raportul dintre numărul de moli din amestecul inițial și numărul de moli după reacție.
3. Calculați compoziția în procente de moli a amestecului final.

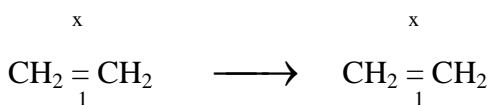
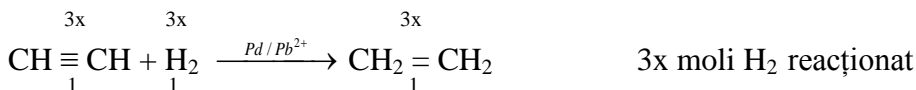
Rezolvare:

1. În condițiile date are loc doar hidrogenarea etinei cu formare de etenă;



2. Etena și o parte din cantitatea de hidrogen nu reacționează;

- se înmulțește raportul cu  $x$ , și se obțin  $x$  moli etenă,  $3x$  moli etină,  $5x$  moli hidrogen



Inițial	Final
$3x + 3x + x + 2x = 9x$ moli	$3x + x + 2x = 6x$ moli

Raportul molar este  $\frac{9x}{6x} = \frac{3}{2}$

3. la  $6x$  moli am. final .....  $4x$  moli etena .....  $2x$  moli hidrogen

100 moli am. final.....  $p_1$ ..... $p_2$

$p_1 = 66,66\%$  etena                       $p_2 = 33,33\%$  hidrogen

**IX.** Polietena este produsul de polimerizare a etenei, în care gradul de polimerizare variază în limite foarte mari. Dacă Masa molară a polietenei variază între  $18200$  g/mol și  $28000$  g/mol, determinați între ce limite variază gradul de polimerizare a polietenei.

Rezolvare:

$$n = \frac{18200}{28} = 650, n = \frac{28000}{28} = 1000, n = 650-1000.$$



## 8. ARENE (HIDROCARBURI AROMATICE)

### Conținuturi:

- ✓ Benzen, toluen, naftalină: formule moleculare și de structură plane
- ✓ Proprietăți fizice
- ✓ Proprietăți chimice
  - Benzen: halogenarea catalitică, nitrarea, alchilarea cu propenă, adiția  $H_2$ ,  $Cl_2$
  - Toluen: halogenarea catalitică, nitrarea, halogenarea toluenului la catena laterală
  - Naftalină: halogenarea, nitrarea.
- ✓ Utilizări

*Arenele (hidrocarburi aromatice)* sunt hidrocarburi care conțin unul sau mai multe nuclee (cicluri) benzenice.

### Formule moleculare și structurale

După numărul de nuclee benzenice, pot fi:

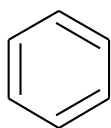
- *Mononucleare*, cu formula generală  $C_nH_{2n-6}$ ,  $n \geq 6$  (benzenul și omologii săi cu catenă laterală saturată);

- fără catenă laterală

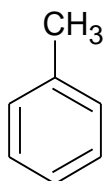
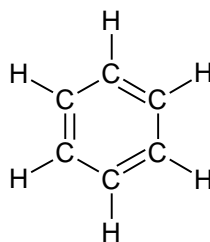
$n = 6$   $C_6H_6$  benzen

- cu catenă laterală

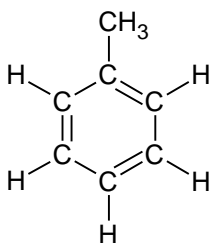
$n = 7$   $C_7H_8$  toluen



benzen



metilbenzen (toluen)



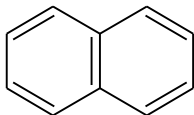
**Radicali** proveniți de la arene se numesc **aril**,  $Ar-$ .

*Exemplu:* monovalenți  $C_6H_5-$ , fenil;  $C_6H_5-CH_2-$ , benzil;  $C_{10}H_7-$ , naftil

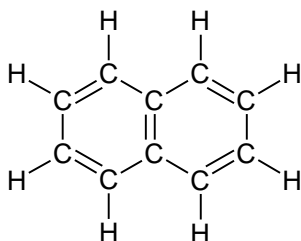
Divalenți:  $-C_6H_4-$ , fenilen ;  $C_6H_5-CH-$ , benziliden

/

- *Polinucleare*, cu nuclee condensate,  $C_nH_{2n-6a}$ ,  $n \geq 10$ , a- nr. nuclee  
n=10  $C_{10}H_8$  naftalina;



naftalen (naftalină)



### Proprietăți fizice

#### Starea de agregare

Arenele mononucleare (benzenul și toluenul) sunt lichide și incolore, iar cele polinucleare (naftalina) sunt solide. Naftalina sublimază și are proprietăți insecticide.

#### Solubilitate

Toate arenele sunt insolubile în apă, solubile în solvenți organici (cloroform, tetraclorură de carbon), iar dioxidul de sulf este un solvent caracteristic pentru hidrocarburile aromatice.

#### Densitatea

Arenele mononucleare au densitatea mai mică decât a apei.

**Temperatura de fierbere** a toluenului este mai mare decât a benzenului, deoarece molecula toluenului are momentul de dipol  $\neq 0$ .

**Temperatura de topire** a toluenului este mai mică decât a benzenului deoarece benzenul are molecula mai simetrică decât toluenul.

### Proprietăți chimice

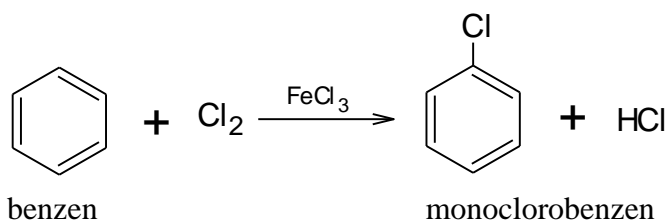
Hidrocarburile aromatice participă la reacții de substituție, de adiție și de oxidare care pot avea loc, atât la nucleul benzenic, cât și la catena laterală.

#### Benzen

**I. Reacția de substituție**, este reacția caracteristică arenelor.

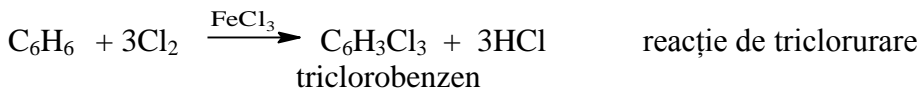
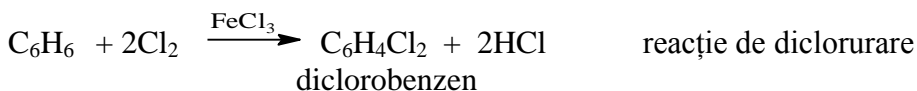
**1. Halogenarea catalitică**, este reacția de substituție a atomilor de hidrogen din nucleul aromatic cu atomi de halogen.

- clorurare și bromurare cu:  $Cl_2$ ,  $Br_2$  în prezență de  $FeCl_3$ ,  $AlCl_3$ ,  $FeBr_3$ ;
- iodurare cu  $I_2$  în prezență de  $HNO_3$ ;

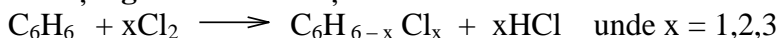


Se folosește la  
obținerea  
insecticidelor

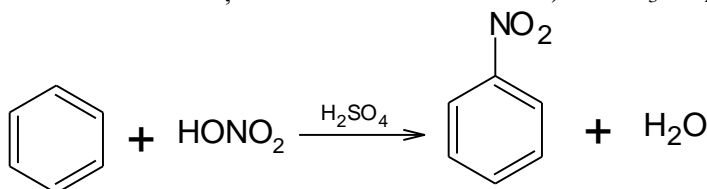
sau folosind formule moleculare:



**Ecuția generală a reacției de clorurare a benzenului:**



**2. Reacția de nitrare** este reacția de substituție a atomilor de hidrogen cu grupe nitro,  $-\text{NO}_2$ . Se face cu **amestec sulfonitric** sau **nitrant** (amestec de acid azotic concentrat și acid sulfuric concentrat):  $\text{HNO}_3 / \text{H}_2\text{SO}_4$ ;

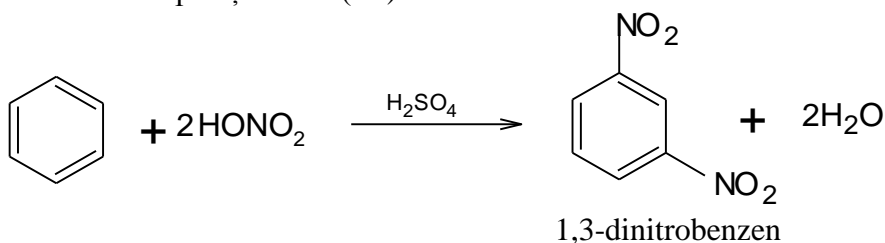


benzen

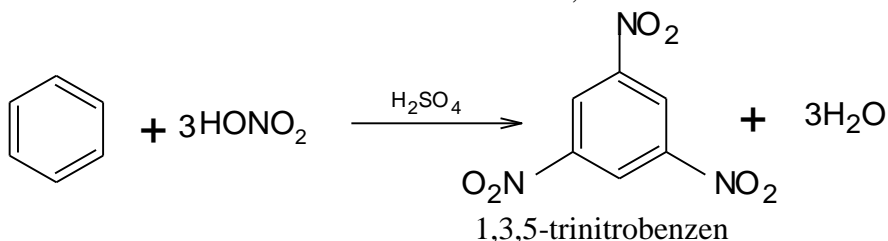
mononitrobenzen

Se folosește la  
obținerea  
parfumurilor

Grupa nitro,  $-\text{NO}_2$  este substituent de ordinul II și orientează al doilea substituent în poziția meta (m-).

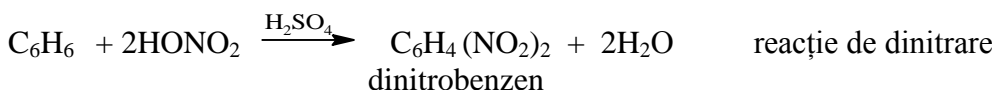
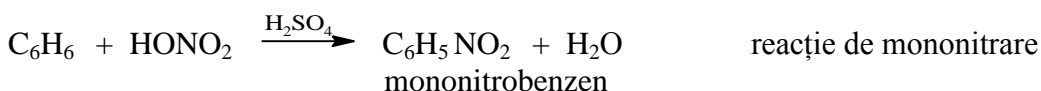


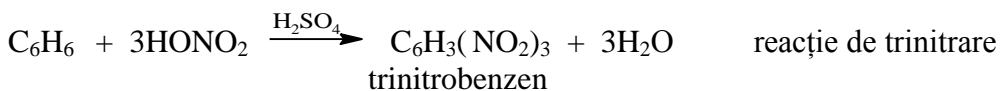
1,3-dinitrobenzen



1,3,5-trinitrobenzen

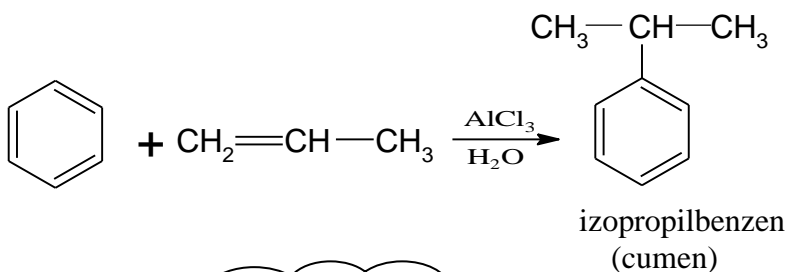
sau folosind formule moleculare:



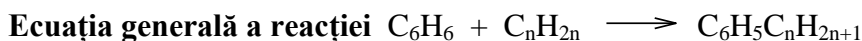


**3. Reacția de alchilare Friedel – Crafts** reprezintă substituția hidrogenului cu radicali alchil proveniți din compuși halogenați, alchene sau alcooli.

- Alchilarea cu alchene are loc în prezență de  $\text{AlCl}_3$  umedă sau acizi tari ( $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

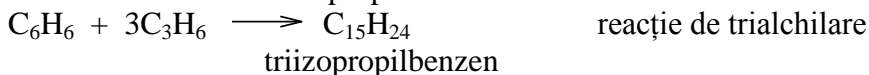


Se folosește la  
obținerea fenolului,  
 $\alpha$ -metilstirenului



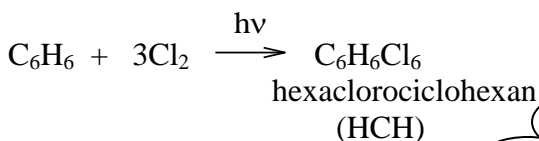
Industrial, izopropilbenzenul se obține în prezența acidului sulfuric, acidului fosforic sau a silicaților.

*sau folosind formule moleculare:*



**II. Reacția de adiție** la arene are loc în condiții energice (temperatură, lumină, catalizatori).

**Adiția clorului la benzen** are loc în prezența luminii (clorurare fotochimică).



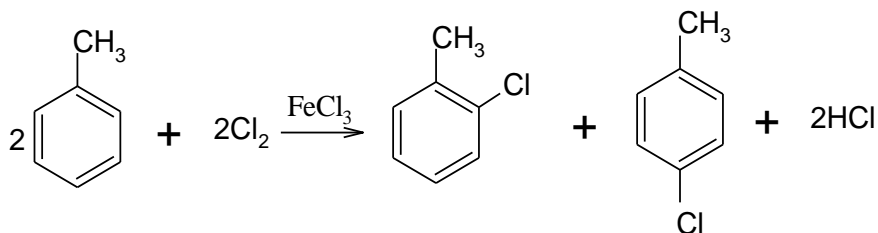
Este folosit ca insecticid  
sub denumirea de lindan  
sau gamexan

## Toluen

**I. Reacția de substituție** se poate desfășura la nucleu, dar și la catena laterală.

**1. Halogenarea catalitică a toluenului** are loc **la nucleu** și conduce la doi compuși clorurați, deoarece grupa metil, —CH<sub>3</sub>, este substituent de ordinul I și orientează al doilea substituent în pozițiile **orto** și **para**.

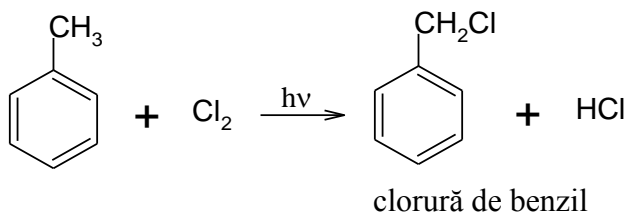
- clorurare și bromurare cu: Cl<sub>2</sub>, Br<sub>2</sub> în prezență de FeCl<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>, FeBr<sub>3</sub>.



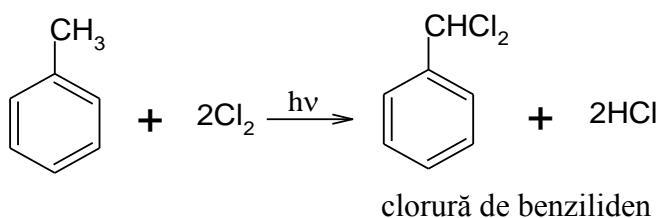
orto-clorotoluen      para-clorotoluen

**2. Halogenarea fotochimică a toluenului** are loc la catena laterală (poziția benzilică), în trei etape:

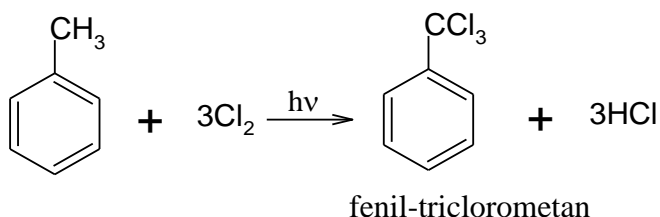
- ❖ monoclorurare



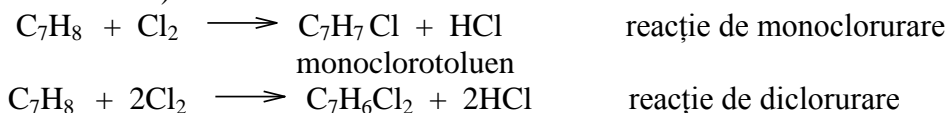
- ❖ diclorurare

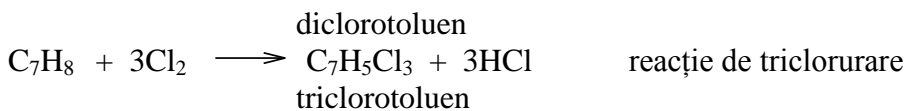


- ❖ triclorurare

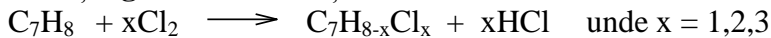


sau folosind formule moleculare ( atât pentru halogenarea catalitică, cât și fotochimică):





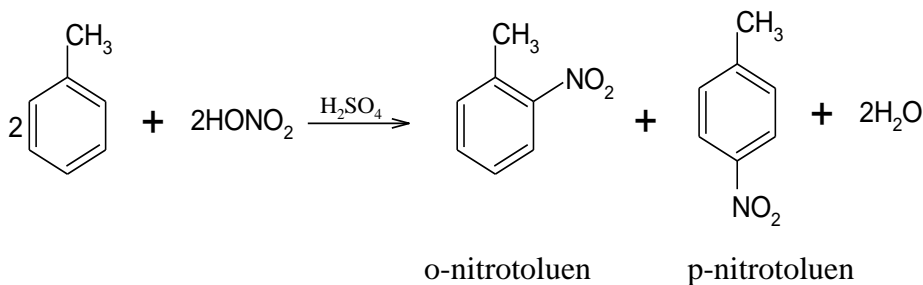
**Ecuția generală a reacției** de clorurare a toluenului:



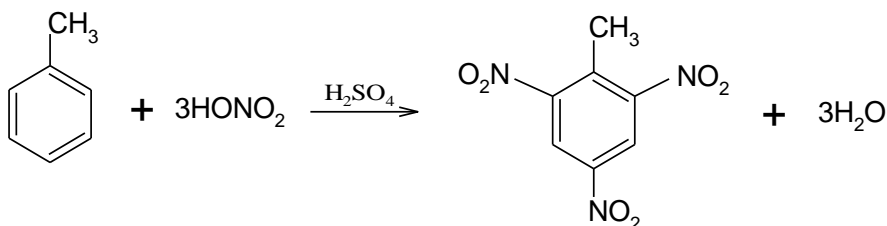
**3. Reacția de nitrare** a toluenului se face cu amestec sulfonitric sau nitrant:

$\text{HNO}_3 / \text{H}_2\text{SO}_4$ .

- se obțin doi compuși nitrați;



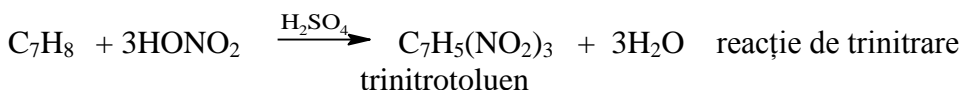
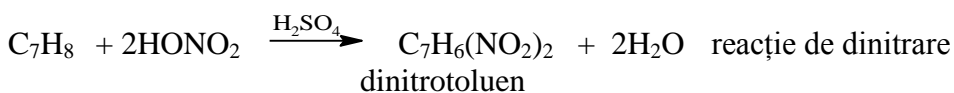
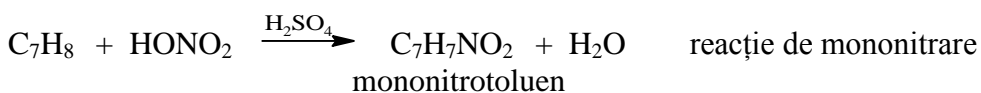
- cu exces de amestec nitrant (nitrare avansată):



Se utilizează ca  
explozibil (trotil)

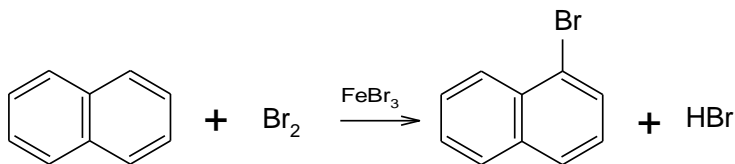
2,4,6-trinitrotoluen  
(TNT)

sau folosind formule moleculare:



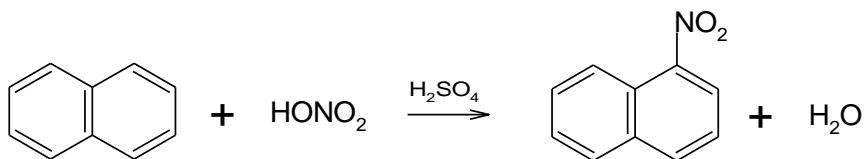
## Naftalina

1. Halogenarea naftalinei are loc în condiții catalitice ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeBr}_3$ ).



1-bromonaftalina ( $\alpha$ -bromonaftalina)

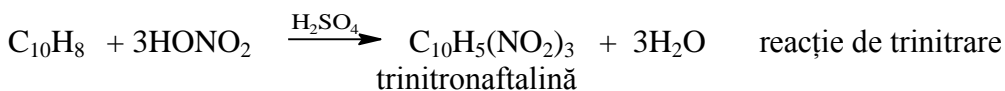
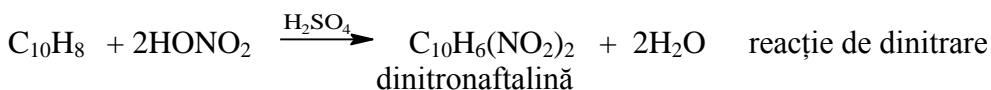
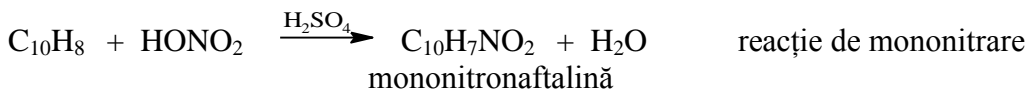
2. Nitrarea naftalinei se realizează cu amestec sulfonitric sau nitrant și se obține compusul  $\alpha$ -nitronaftalina.



1- nitronaftalina  
( $\alpha$ -nitronaftalina)

Compusul  $\beta$ -nitronaftalina se obține prin metode indirecte.

sau folosind formule moleculare:



## Utilizări

**Benzen** — Cauciuc, coloranți, detergenți, insecticide, medicamente, mase plastice;

**Toluen** — Coloranți, dizolvanți, explozivi, medicamente;

**Naftalină** — Coloranți, insecticide, dizolvanți, mase plastice, medicina;

## Aplicații – arene

I. O hidrocarbură aromatică mononucleară (A) conține în procente masice 91,3% carbon.

1. Stabiliți formula moleculară și structurală a substanței (A).
2. Precizați natura atomilor de carbon din structura arenei (A).
3. Scrieți ecuațiile reacțiilor de obținere a substanțelor (B), (C) și (D) din substanța (A), prin clorurare catalitică. (Se pot utiliza formule moleculare).
4. În amestecul obținut, raportul molar (A), (B), (C), (D) este 4:3:2:1. Calculați masa de compus (B) care se formează din 7,8 t substanță (A).
5. Calculați raportul molar (A) : Cl<sub>2</sub> introdus în proces.

### Rezolvare:

1. Formula generală a arenelor mononucleare C<sub>n</sub>H<sub>2n-6</sub>

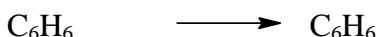
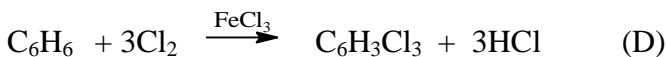
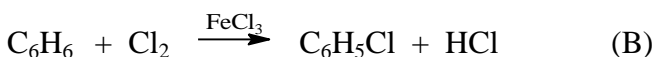
$$\mu_{C_nH_{2n-6}} = 14n - 6$$

$$14n - 6 \text{ g} \dots\dots\dots 12n \text{ gC}$$

$$100 \text{ g} \dots\dots\dots 91,3 \text{ g C} \quad n = 6 \Rightarrow C_6H_6 \text{ (A)}$$

2. Benzenul conține 6 atomi de carbon terțiari.

3. Reacții de clorurare:



4. Se înmulțește raportul molar cu  $x$  și obținem:

$$3x \text{ moli } C_6H_6 \quad 3x \text{ moli } Cl_2 \quad 3x \text{ moli monoclorobenzen (B)}$$

$$2x \text{ moli } C_6H_6 \quad 4x \text{ moli } Cl_2 \quad 2x \text{ moli diclorobenzen (C)}$$

$$x \text{ moli } C_6H_6 \quad 3x \text{ moli } Cl_2 \quad x \text{ moli triclorobenzen (D)}$$

$$4x \text{ moli } C_6H_6 \text{ nereact.} \quad \quad \quad 4x \text{ moli benzen nereacționat (A)}$$

$$\hline 10x \text{ moli } C_6H_6 \quad 10x \text{ moli } Cl_2$$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{7800 \text{ kg}}{78 \text{ kg/kmol}} = 100 \text{ kmoli } C_6H_6 \text{ total introdus}$$

$$100 = 10x, \quad x = 10 \Rightarrow 30 \text{ kmoli compus (B), } m = 30 \cdot 112,5 = 3375 \text{ kg } C_6H_5Cl$$

$$\mu_{C_6H_5Cl} = 112,5 \text{ g/mol} = 112,5 \text{ kg/kmol}$$

$$5. \text{ Raportul molar } \frac{C_6H_6}{Cl_2} = \frac{10x}{10x} = \frac{1}{1}$$



**II.** Hidrocarburile aromatice reprezintă materii prime importante în industria chimică. La nitrarea benzenului se obține un amestec de reacție care conține mononitrobenzen, dinitrobenzen și benzen nereacționat.

1. Scrieți ecuațiile reacțiilor de obținere a mononitrobenzenului și dinitrobenzenului din benzen. (Se pot utiliza formule moleculare).

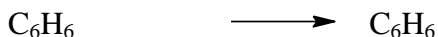
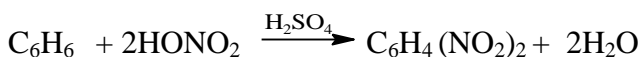
2. Amestecul rezultat conține 60% mononitrobenzen, 20% dinitrobenzen și restul benzen nereacționat în procente molare. Calculați raportul molar al celor trei substanțe în amestecul final.

3. Calculați masa de mononitroderivat obținută din 15,6 t benzen, în condițiile de mai sus.

4. Stabiliți raportul molar  $C_6H_6$  introdus :  $HNO_3$  consumat în proces.

Rezolvare:

1. Reacțiile de nitrare:



2. Considerăm  $100x$  kmoli amestec final

$$\left\{ \begin{array}{l} 60x \text{ kmoli mononitrobenzen} \\ 20x \text{ kmoli dinitrobenzen} \\ 20x \text{ kmoli benzen ramas} \end{array} \right.$$

Raportul molar al celor trei substanțe este:  $60x:20x:20x = 3:1:1$

$$3. \nu = \frac{m}{\mu} = \frac{15600kg}{78kg/kmol} = 200 \text{ kmoli } C_6H_6 \text{ introdus}$$

$$100x = 200, x=2, \quad 120 \text{ kmoli } C_6H_5NO_2, \quad m = 120 \cdot 123 = 14760 \text{ kg } C_6H_5NO_2$$

$$\mu_{C_6H_5NO_2} = 123 \text{ g/mol} = 123 \text{ kg/kmol}$$

4. 200 kmoli  $C_6H_6$  introdus

Calculăm acidul azotic consumat

$$\frac{x}{1} = \frac{120}{1} \Rightarrow x = 120 \text{ kmoli } HNO_3$$

$$\frac{y}{2} = \frac{40}{1} \Rightarrow y = 80 \text{ kmoli } HNO_3$$

200 kmoli  $HNO_3$  consumat

$$\text{Raportul molar } \frac{C_6H_6}{HNO_3} = \frac{200}{200} = \frac{2}{2} = \frac{1}{1}$$

**III.** Benzenul a fost descoperit de Michael Faraday, în 1825, într-un lichid ce se depune din gazul de iluminat, la comprimare. Se alchilează benzenul cu o alchenă (A), care are densitatea față de azot egală cu 1,5.

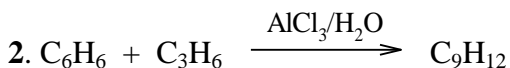
1. Calculați formula moleculară a alchenei (A) .
2. Scrieți ecuația reacției de monoalchilare a benzenului cu alchena (A) .
3. Calculați masa de izopropilbenzen obținut din 448 L propenă (c.n.) cu randamentul 90%.

Rezolvare:

1. Formula generală a alchenelor  $C_nH_{2n}$

$$\mu_{C_nH_{2n}} = 14n, \quad \mu_{N_2} = 28 \text{ g/mol}$$

$$d_{N_2} = \frac{\mu_{alchenă}}{\mu_{N_2}}, \quad \mu_{alchenă} = 1,5 \cdot 28 = 42 \text{ g/mol} \quad 14n = 42, \quad n = 3, \quad C_3H_6$$



$$3. \nu = \frac{V}{22,4} = \frac{448}{22,4} = 20 \text{ moli propenă} \Rightarrow 20 \text{ moli izopropilbenzen}$$

$$\mu_{C_9H_{12}} = 120 \text{ g/mol}, \quad m = 20 \cdot 120 = 2400 \text{ g izopropilbenzen (C}_t\text{)}$$

$$\eta = \frac{C_p}{C_t} \cdot 100, \quad C_p = \frac{90 \cdot 2400}{100} = 2160 \text{ g izopropilbenzen}$$

**IV.** Prin monoclorurare catalitică, benzenul se transformă într-un produs (A) utilizat la obținerea unui cunoscut insecticid.

1. Scrieți ecuația reacției de monoclorurare catalitică a benzenului.
2. Calculați volumul de clor (măsurat în condiții normale) necesar obținerii a 180 kg compus (A) la un randament al procesului de 80%.
3. Calculați masa de benzen de puritate 90% necesară obținerii a 180 kg compus (A) la același randament.

Rezolvare:



$$2. C_p = 180 \text{ kg } C_6H_5Cl; \quad C_t = \frac{180 \cdot 100}{80} = 225 \text{ kg } C_6H_5Cl$$

$$\mu_{C_6H_5Cl} = 112,5 \text{ g/mol} = 112,5 \text{ kg/kmol}$$

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{225}{112,5} = 2 \text{ kmoli } C_6H_5Cl \Rightarrow 2 \text{ kmoli } C_6H_6, 2 \text{ kmoli } Cl_2$$

$$\nu = \frac{V}{22,4} \Rightarrow V = 2 \cdot 22,4 = 44,8 \text{ m}^3 Cl_2$$

3. masa de benzen  $m = 2 \cdot 78 = 156$  kg benzen pur

$$p = \frac{m_{\text{pură}}}{m_{\text{impură}}} \cdot 100 \Rightarrow m_{\text{impură}} = \frac{156 \cdot 100}{90} = 173,33 \text{ kg benzen}$$

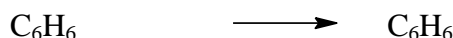
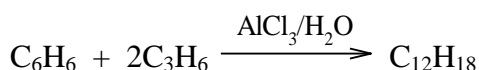
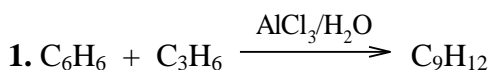
V. La alchilarea benzenului cu propenă se obține un amestec de reacție ce conține izopropilbenzen, diizopropilbenzen.

1. Scrieți ecuațiile reacțiilor care au loc. (Se pot utiliza formule moleculare).

2. Calculați raportul molar benzen: propenă în care reactanții se introduc în reactor, dacă se obține un amestec de reacție ce conține izopropilbenzen, diizopropilbenzen și benzen nereacționat în raport molar de 7:1:2.

3. Calculați volumul de propenă măsurat la 5 atm și 27°C, necesar obținerii a 840 g izopropilbenzen, în condițiile de mai sus.

Rezolvare:



2. Se înmulțește raportul molar cu  $x$  și obținem:  $7x$  moli izopropilbenzen  
 $x$  moli diizopropilbenzen  
 $2x$  moli benzen nereacționat

Calculul pe reacție conduce la:	$7x$ moli $\text{C}_6\text{H}_6$	$7x$ moli $\text{C}_3\text{H}_6$
	$x$ moli $\text{C}_6\text{H}_6$	$2x$ moli $\text{C}_3\text{H}_6$
	$2x$ moli $\text{C}_6\text{H}_6$ nereacționat	
	$10x$ moli $\text{C}_6\text{H}_6$	$9x$ moli $\text{C}_3\text{H}_6$

$$\text{Raportul molar } \frac{\text{C}_6\text{H}_6}{\text{C}_3\text{H}_6} = \frac{10x}{9x} = \frac{10}{9}$$

$$3. \nu = \frac{m}{\mu} = \frac{840}{120} = 7 \text{ moli izopropilbenzen, } 7x = 7, x = 1$$

$$9x \text{ moli } \text{C}_3\text{H}_6 \Rightarrow 9 \text{ moli } \text{C}_3\text{H}_6$$

$$PV = \nu RT, \quad T = 273 + 27 = 300\text{K}, \quad R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K}.$$

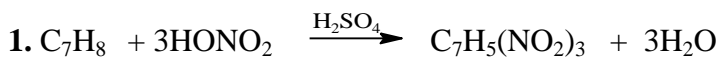
$$V = \frac{\nu RT}{P} = \frac{9 \cdot 0,082 \cdot 300}{5} = 44,28 \text{ L propenă}$$

VI. Trinitrotoluenul este folosit în amestec cu azotatul de amoniu, ca explozibil, mai ales în exploatarea miniere.

1. Scrieți ecuația reacției de trinitrare a toluenului, pentru obținerea 2,4,6-trinitrotoluenului. (Se pot utiliza formule moleculare).

2. Calculați masa de amestec nitrant cu 35 % acid azotic (procente masice), necesară pentru trinitrarea a 427,9 L toluen ( $\rho = 0,86 \text{ g/cm}^3$ ).

Rezolvare:



$$2. \rho = \frac{m}{V}; V = 427,9 \text{ L} = 427,9 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

$$m = 427,9 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 \cdot 0,86 \text{ g/cm}^3 = 368 \text{ g toluen}$$

$$\mu_{\text{C}_7\text{H}_8} = 92 \text{ g/mol} \quad \mu_{\text{HNO}_3} = 63 \text{ g/mol}$$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{368}{92} = 4 \text{ moli toluen}$$

$$\frac{4}{1} = \frac{x}{3}, x = 12 \text{ moli HNO}_3, m = 12 \cdot 63 = 756 \text{ g HNO}_3$$

La 100 g amestec nitrant.....35 g HNO<sub>3</sub>

x.....756 g HNO<sub>3</sub>

x = 2160 g amestec nitrant

**VII.** La clorurarea catalitică a benzenului se obține un amestec format din monoclorobenzen, diclorobenzen și benzen nereacționat în raport molar de 1 : 2 : 3.

1. Calculați masa de benzen necesară obținerii a 128,1 kg amestec de compuși organici.

2. Calculați raportul molar benzen: clor la introducerea în proces.

Rezolvare:

1. Consideră  $x$  kmoli  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ ,  $2x$  kmoli  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ ,  $3x$  kmoli  $\text{C}_6\text{H}_6$  nereacționat  
Benzenul necesar obținerii amestecului este  $6x$  kmoli.

$$m_{\text{am}} = m_{\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}} + m_{\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2} + m_{\text{C}_6\text{H}_6}$$

$$128,1 = 112,5x + 147 \cdot 2x + 78 \cdot 3x, x = 0,2$$

$$6 \cdot 0,2 = 1,2 \text{ kmoli } \text{C}_6\text{H}_6 \text{ necesar obținerii amestecului;}$$

2. Sunt necesari  $x$  kmoli  $\text{Cl}_2$  pentru obținerea  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ ,

$4x$  kmoli  $\text{Cl}_2$  pentru obținerea  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$ , adică  $5x$  kmoli  $\text{Cl}_2$  total

Raportul molar benzen : clor =  $6x : 5x = 6 : 5$

**VIII.1.** Stabiliți formula moleculară a arenei mononucleare A care conține un procent masic de 92,31% C, cu  $\mu = 78 \text{ g/mol}$ .

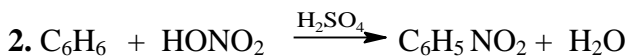
2. Scrieți ecuația reacției de mononitrare prin care se obține compusul B din arena A.

3. Calculați randamentul reacției, dacă din 7,8 g arenă A se formează 0,09 moli compus B.

4. Calculați raportul de masă și raportul atomic al elementelor din compusul B.

Rezolvare:

1. Se determină procentul masic de hidrogen:  $100 - 92,31 = 7,69\% \text{ H}$   
 $92,31 : 12 = 7,69 \text{ atomi-gram C}$ ;  $7,69 : 7,69 = 1$   
 $7,69 : 1 = 7,69 \text{ atomi-gram H}$ ;  $7,69 : 7,69 = 1 \Rightarrow \text{formula brută CH}$   
 Formula moleculară  $(\text{CH})_n$ ,  $13n = 78$ ,  $n = 6$ ,  $\text{C}_6\text{H}_6$



3.  $\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{7,8}{78} = 0,1 \text{ moli benzen} \Rightarrow 0,1 \text{ moli nitrobenzen (C}_t)$

$C_p = 0,09 \text{ moli nitrobenzen}$ ;  $\eta = \frac{C_p}{C_t} \cdot 100 = \frac{0,09}{0,1} \cdot 100 = 90\%$

4.  $\mu\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2 = 72+5+14+32 = 123 \text{ g/mol}$

Raportul de masă C:H:O = 72:5:14:32    Raportul atomic C:H:O = 6:5:1:2

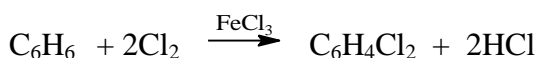
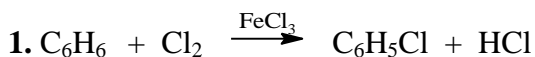
**IX.** Se clorurează 234 kg benzen și se obține un amestec care conține monoclorobenzen și diclorobenzen în raportul molar de 1: 2.

1. Scrieți ecuațiile reacțiilor chimice care au loc.

2. Calculați volumul de clor (c.n.) necesar acestor procese, știind că atât benzenul, cât și clorul, se consumă în totalitate.

3. Calculați procentul masic de clor al amestecului de compuși organici rezultați la clorurare.

Rezolvare:



2. Amestecul rezultat conține:  $x$  moli monoclorobenzen  
 $2x$  moli diclorobenzen

Numărul de moli de benzen:  $x + 2x = 3x$  moli

$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{234}{78} = 3 \text{ moli C}_6\text{H}_6 \Rightarrow 3x = 3, x = 1$

Numărul de moli de clor:  $x + 4x = 5x \Rightarrow 5 \text{ moli Cl}_2$ ;  $V = 5 \cdot 22,4 = 112 \text{ L Cl}_2$

3. Amestecul conține: 1 mol  $\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl}$ , 2 moli  $\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2$

$\mu\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} = 112,5 \text{ g/mol}$      $m = 1 \cdot 112,5 = 112,5 \text{ g C}_6\text{H}_5\text{Cl} \Rightarrow 35,5 \text{ g clor}$

$\mu\text{C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2 = 147 \text{ g/mol}$      $m = 2 \cdot 147 = 294 \text{ g C}_6\text{H}_4\text{Cl}_2 \Rightarrow 2 \cdot 71 = 142 \text{ g clor}$

m amestec = 406,5 g

m clor = 177,5 g

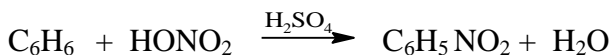
la 406,5 g amestec.....177,5 g clor

100 g amestec.....p

$p = 43,66 \%$

**X.** În prezența amestecului sulfonitric, benzenul suferă mononitrare. Știind că se folosește amestec sulfonitric cu raportul molar acid azotic : acid sulfuric=1: 3, iar soluțiile folosite la prepararea amestecului au concentrațiile procentuale masice de 63% pentru acid azotic și 98% pentru acid sulfuric, calculați masa amestecului sulfonitric (nitrant) folosit la nitrarea a 4 moli de benzen.

Rezolvare:



$$m_{\text{amestec nitrant}} = m_s \text{HNO}_3 + m_s \text{H}_2\text{SO}_4$$

$$\frac{4}{1} = \frac{x}{1} \Rightarrow x = 4 \text{ moli HNO}_3, \quad m_d = 4 \cdot 63 = 252 \text{ g HNO}_3$$

$$\frac{v\text{HNO}_3}{v\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1}{3}, \quad v\text{H}_2\text{SO}_4 = 12 \text{ moli}, \quad m_d = 12 \cdot 98 = 1176 \text{ g H}_2\text{SO}_4$$

$$C\% = \frac{md}{ms} \cdot 100, \quad m_s = \frac{252 \cdot 100}{63} = 400 \text{ g soluție HNO}_3$$

$$m_s = \frac{1176 \cdot 100}{98} = 1200 \text{ g soluție H}_2\text{SO}_4$$

$$m_{\text{amestec nitrant}} = 400 + 1200 = 1600 \text{ g}$$

**XI.** Un amestec conține 2 moli de benzen și 4 moli de naftalină. Calculați:

1. Conținutul procentual molar al amestecului.
2. Conținutul procentual masic al amestecului.

Rezolvare:

$$1. \quad v \text{ amestec} = 2 + 4 = 6$$

La 6 moli amestec.....2 moli benzen .....4 moli naftalină

100 moli amestec.....p<sub>1</sub>.....p<sub>2</sub>

$$p_1 = 33,3(3) \% \text{ benzen} \quad p_2 = 66,6(6) \% \text{ naftalină}$$

2. Se calculează masa fiecărei substanțe din amestec;

$$\mu\text{C}_6\text{H}_6 = 78 \text{ g/mol}, \quad \mu\text{C}_{10}\text{H}_8 = 128 \text{ g/mol}$$

$$v = \frac{m}{\mu} \Rightarrow m = 2 \cdot 78 = 156 \text{ g/mol C}_6\text{H}_6 \quad m = 4 \cdot 128 = 512 \text{ g C}_{10}\text{H}_8$$

$$m_{\text{amestec}} = 156 + 512 = 668 \text{ g amestec}$$

la 668 g amestec.....156 g benzen.....512 g naftalină

100 g amestec..... p<sub>1</sub>..... p<sub>2</sub>

$$p_1 = 23,35\% \text{ benzen} \quad p_2 = 76,65 \% \text{ naftalină}$$

## 9. ALCOOLI

### Conținuturi:

- ✓ Metanol, etanol, glicerină
  - Denumire, formule de structură
  - Proprietăți fizice (stare de agregare, solubilitate, punct fierbere)
- ✓ Izomerie de catenă și de poziție
- ✓ Proprietăți chimice:
  - Deshidratarea 2-butanolului
  - Arderea metanolului, fermentația acetică
  - Oxidarea etanolului ( $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ )
  - Obținerea trinitratului de glicerină
- ✓ Importanța practică și biologică a etanolului

*Alcoolii* sunt compuși organici care conțin în moleculă grupa hidroxil, - OH legată de un atom de carbon ce formează numai legături simple,  $\sigma$ .

### Denumire, formule de structură

Metanol (alcool metilic)  $\text{CH}_3\text{—OH}$

Etanol (alcool etilic)  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$

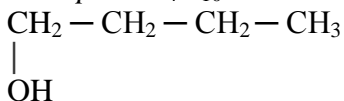
1,2,3 – propantriol (glicerina)  $\begin{array}{c} \text{CH}_2\text{—CH—CH}_2 \\ | \quad | \quad | \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{OH} \end{array}$

*Formula generală* a alcoolilor aciclici monohidroxicici saturați:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{OH}$  sau  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$

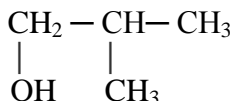
### Izomeria alcoolilor

**1. Izomeria de catenă**, apare la alcoolii cu  $n \geq 4$ .

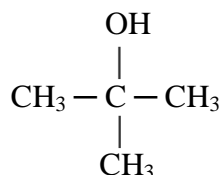
*Exemplu:*  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$



1-butanol  
(alcool n-butilic)



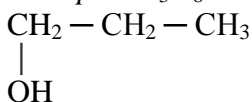
2-metil-1-propanol  
(alcool izobutilic)



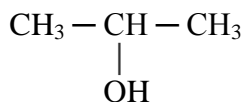
2-metil-2-propanol  
(alcool terțbutilic)

**2. Izomeria de poziție**, apare la alcoolii cu  $n \geq 3$ .

*Exemplu:*  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$

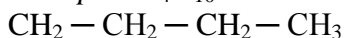


1-propanol  
(alcool propilic)

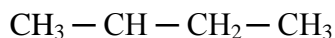


2-propanol  
(alcool izopropilic)

Exemplu: C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O



1-butanol  
(alcool n-butilic)



2-butanol  
(alcool sec-butilic)

### Proprietăți fizice

Proprietățile fizice ale alcoolilor sunt determinate de structura alcoolilor. Prezența atomului de oxigen, puternic electronegativ, determină polarizarea moleculelor de alcool, deci alcoolii au molecule polare.

### **Stare de agregare**

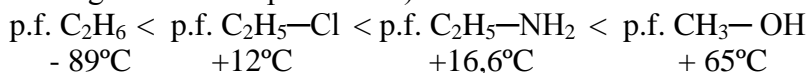
Metanolul, etanolul și glicerina sunt lichizi.

### **Solubilitatea în apă**

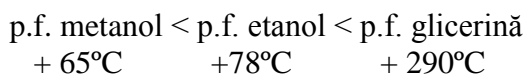
Metanolul, etanolul și glicerina sunt solubili în apă, deoarece între grupele hidroxil polare și moleculele de apă, polare, se stabilesc interacții de hidrogen. Acești alcoolii sunt miscibili cu apa, formează amestecuri omogene. Solubilitatea alcoolilor scade cu creșterea catenei și crește cu numărul grupelor hidroxil.

### **Puncte de fierbere**

Alcoolii au temperaturi de fierbere mai ridicate decât hidrocarburile corespunzătoare și alte substanțe organice, deoarece între moleculele polare ale alcoolilor se stabilesc legături de hidrogen (pentru ruperea acestor legături este necesară energie termică suplimentară).

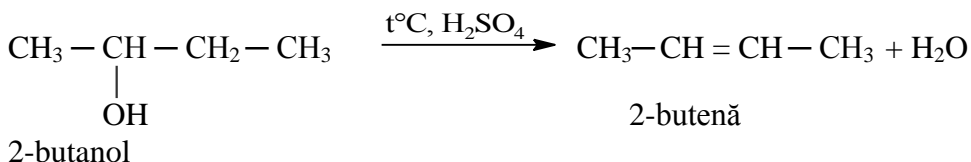


Punctele de fierbere cresc cu masa moleculară și cu numărul grupelor hidroxil, -OH. Punctele de fierbere ale metanolului, etanolului și glicerinei cresc în ordinea:



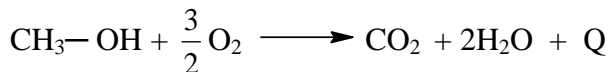
### Proprietăți chimice

**1. Dehidratarea 2-butanolului**, este reacția de eliminare a apei, în prezență de acid sulfuric la cald. Eliminarea apei respectă *regula lui Zaitsev*: se elimină grupa hidroxil și hidrogenul de la atomul de carbon cel mai substituit (cel mai sărac).





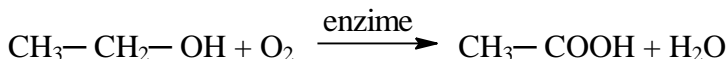
## 2. Arderea metanolului (combustia)



Metanolul are putere calorică mare, de aceea poate fi folosit drept combustibil.

$$\text{Puterea calorică } q = \frac{Q}{m(\text{kg})}$$

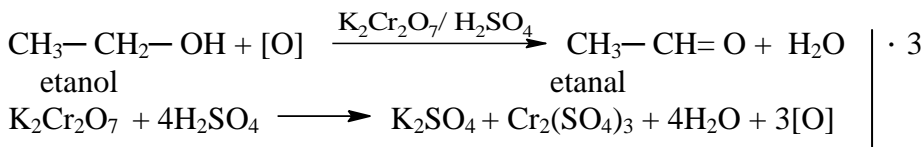
**3. Fermentația acetică (oxidarea fermentativă)** are loc în prezența oxigenului molecular din aer. Alcoolul etilic din vin este oxidat la acid acetic datorită unei enzime – *bacterium aceti*.



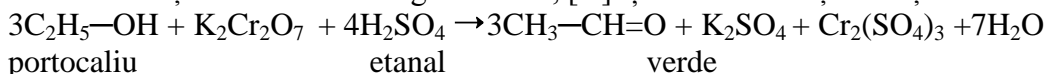
**4. Oxidarea etanolului** are loc în funcție de agentul oxidant folosit:

- Oxidarea blândă cu dicromat de potasiu în soluție de acid sulfuric,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7/\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- Se formează etanal (aldehida acetică), cu miros de mere verzi.

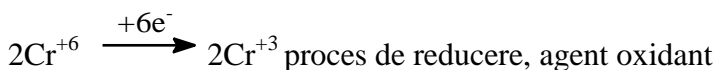
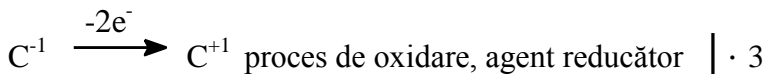
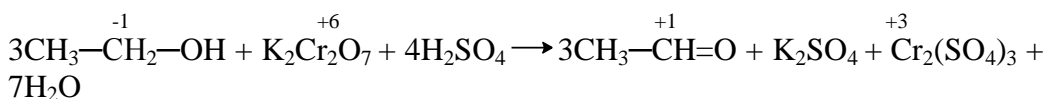
Coeficienții stoechiometrici ai ecuațiilor chimice se stabilesc făcând *bilanțul atomilor* participanți sau prin *metoda redox*.



Se face bilanțul atomilor de oxigen atomic, [O] și se scrie ecuația reacției:



*Metoda redox:*

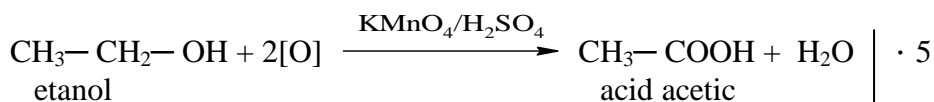


*Etanolul este agent reducător, iar dicromatul de potasiu este agent oxidant.*

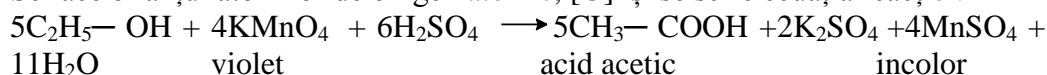
*Reacția de oxidare a etanolului cu dicromat de potasiu în soluție de acid sulfuric stă la baza testului de alcoolemie.*

*Culoarea portocalie dată de ionul  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  se schimbă în verde datorită ionului  $\text{Cr}^{3+}$  din  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .*

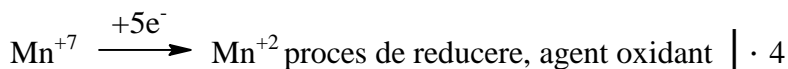
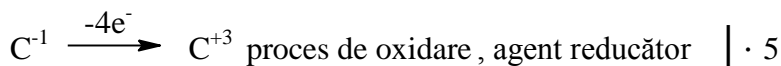
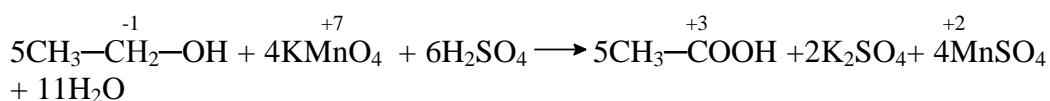
- *Oxidarea energetică* cu permanganat de potasiu în soluție de acid sulfuric,  $\text{KMnO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$ .
- Se formează acid etanoic (acetic), cu miros înțepător, de oțet.



Se face bilanțul atomilor de oxigen atomic, [O] și se scrie ecuația reacției:



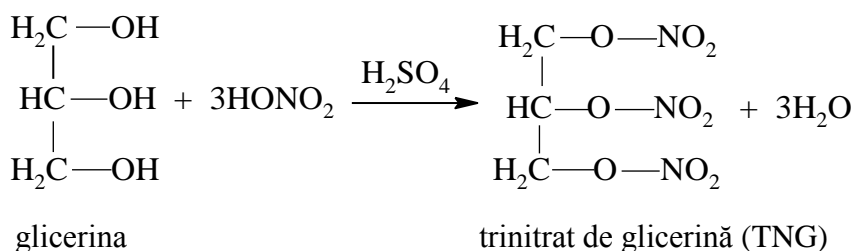
*Metoda redox:*



*Etanolul este agent reducător, iar permanganatul de potasiu este agent oxidant. Culoarea violetă dată de ionul permanganat  $\text{MnO}_4^-$  devine aproape incoloră, datorită ionului  $\text{Mn}^{2+}$  din  $\text{MnSO}_4$ .*

### 5. Nitrarea glicerinei cu amestec sulfonitric, conduce la trinitrat de glicerină.

- Este o reacție de esterificare, deci trinitratul de glicerină este un ester.



Se folosește la obținerea dinamitei, iar sub denumirea de nitroglicerină este folosit și ca medicament, în boli de inimă.

*Trinitratul de glicerină* este un lichid uleios incolor, care explodează foarte ușor. Pentru a împiedica explozia sa, sub acțiunea unor șocuri, lovituri, trinitratul de glicerină se amestecă cu un material anorganic inert, kieselgur și se obține *dinamita*.

*Dinamita* a fost inventată de chimistul suedez *Alfred Bernhard Nobel*, în anul 1867.

### **Acțiunea biologică a etanolului**

*Efectele fiziologice* determinate de prezența alcoolului etilic în organism, sunt:

- Are acțiune depresivă și anestezică, deoarece acționează la nivelul membranelor celulelor nervoase, la fel ca și medicamentele cu acțiune sedativă și tranchilizantă;
- Provoacă dilatarea vaselor de sânge, crește fluxul de sânge prin vasele capilare și apare senzația de căldură;
- Inhibă producerea de hormoni antidiuretici (vasopresina) care determină deshidratarea organismului;
- Prin metabolizarea lui în ficat se obține un produs toxic, etanalul sau aldehida acetică, care produce îmbolnăvirea ficatului (ciroza) și chiar distrugerea lui.

### **Utilizări**

**Metanolul**

Este materie primă pentru obținerea maselor plastice, coloranți, rășini sintetice;  
Se folosește mai rar ca solvent și combustibil, fiind toxic.

**Etanolul**

Dezinfectant sub denumirea de spirt medicinal sau sanitar;  
Obținerea băuturilor alcoolice și esențelor;  
Obținerea parfumurilor și a unor medicamente;  
Combustibil, în spirtierele folosite în unele laboratoare.

**Glicerina**

Obținerea unor soluții farmaceutice și produse cosmetice;  
Se adaugă în unele mase plastice, pentru a le păstra plasticitatea, se utilizează ca lichid în unele termometre;  
Obținerea trinitratului de glicerină.

## Aplicații – alcooli

I. Identificați formulele moleculare și structurale ale următorilor alcooli:

1. Alcoolul monohidroxilic saturat secundar conține 60%C;
2. Alcoolul ce conține în procente de masă: 52,17%C, 13,04%H și are densitatea în raport cu hidrogenul egală cu 23;
3. Triolul cu raportul de masă C:H:O = 9:2:12;
4. Alcoolul monohidroxilic saturat secundar cu raportul masic de combinare C:O = 3.

Rezolvare:

1. Formula generală  $C_nH_{2n+2}O$

$$\mu_{C_nH_{2n+2}O} = 14n + 18 \text{ g/mol}$$

$$14n + 18 \text{ g alcool} \dots\dots\dots 12n \text{ g C}$$

$$100 \text{ g alcool} \dots\dots\dots 60 \text{ g C}$$

$$n = 3, \text{ formula moleculară } C_3H_8O, \text{ formula structurală } \begin{array}{c} CH_3 - CH - CH_3 \\ | \\ OH \end{array}$$

2. Se calculează procentul masic de oxigen;

$$\%O = 100 - (52,17 + 13,04) = 34,79$$

$$\begin{array}{l} C = 52,17 : 12 = 4,34 \text{ atomi gram} \\ H = 13,04 \text{ atomi gram} \\ O = 34,79 : 16 = 2,17 \text{ atomi gram} \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right. : 2,17 \quad \begin{array}{l} 2 \text{ atomi C} \\ 6 \text{ atomi H} \\ 1 \text{ atom O} \end{array} \Rightarrow \text{f. brută } C_2H_6O$$

$$d_{H_2} = \frac{\mu}{\mu_{H_2}}, \mu = 23 \cdot 2 = 46 \text{ g/mol}$$

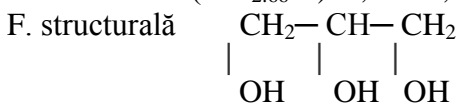
$$\text{F. moleculară } (C_2H_6O)_n, n = 1 \Rightarrow C_2H_6O$$

3. Se împart masele din raport la masele atomice corespunzătoare și apoi la rezultatul cel mai mic.

$$\begin{array}{l} C = 9 : 12 = 0,75 \text{ atomi gram} \\ H = 2 \text{ atomi gram} \\ O = 12 : 16 = 0,75 \text{ atomi gram} \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right. : 0,75 \quad \begin{array}{l} 1 \text{ atom C} \\ 2,6(6) \text{ atomi H} \\ 1 \text{ atom O} \end{array} \quad \text{f. brută } CH_{2,66}O$$

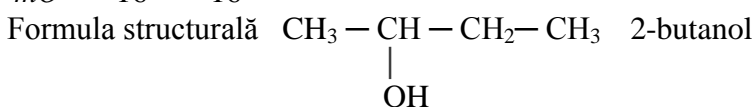
Triolul conține 3 grupe hidroxil, - OH, deci trei atomi de O.

$$\text{F. moleculară } (CH_{2,66}O)_n, n = 3, C_3H_8O_3$$



4. Se face raportul maselor C și O din formula generală  $C_nH_{2n+2}O$ ;

$$\frac{mC}{mO} = \frac{12n}{16}, \frac{12n}{16} = 3, n = 4, \text{ formula moleculară } C_4H_{10}O$$



**II.1.** Comparați punctul de fierbere al glicerinei cu cel al metanolului. Explicați răspunsul.

**2.** Comparați punctul de fierbere al etanolului cu cel al etanului. Explicați răspunsul.

**3.** Comparați solubilitatea în apă a glicerinei cu solubilitatea în apă a alcanului cu același număr de atomi de carbon. Argumentați răspunsul.

Rezolvare:

**1.** p.f. glicerină > p.f. metanol

Punctele de fierbere ale alcoolilor cresc cu masa moleculară și cu numărul grupelor hidroxil.

**2.** p.f. etanol > p.f. etan

Între moleculele polare ale etanolului se stabilesc legături de hidrogen, iar între moleculele nepolare ale etanului se stabilesc forțe van der Waals de dispersie.

Tăria acestor interacții scade în ordinea:

legătura de hidrogen > forțe van der Waals de dispersie.

**3.** Glicerina este solubilă în apă, iar propanul este insolubil în apă.

Între grupele hidroxil polare ale glicerinei și moleculele polare ale apei se stabilesc legături de hidrogen. Propanul are molecule nepolare, deci se dizolvă în solvenți nepolari.

**III.** Un alcool monohidroxilic saturat secundar, conține 21,62%O, procente masice.

**1.** Determinați formula moleculară și structurală a alcoolului.

**2.** Scrieți reacția de deshidratare a alcoolului identificat.

**3.** Calculați volumul de alchenă obținut stoichiometric, în c.n, dacă se folosesc 500 mL alcool cu densitatea,  $\rho = 0,8$  g/mL.

Rezolvare:

**1.** Formula generală  $C_nH_{2n+2}O$

$\mu_{C_nH_{2n+2}O} = 14n + 18$  g/mol

$14n + 18$  g alcool.....16 g O

100 g alcool.....21,62 g O

$n = 4$ , formula moleculară  $C_4H_{10}O$ , formula structurală  $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_2-CH_3 \\ | \\ OH \end{array}$

**2.**  $\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_2-CH_3 \\ | \\ OH \end{array} \xrightarrow{t^\circ C, H_2SO_4} CH_3-CH=CH-CH_3 + H_2O$

**3.**  $\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = 500 \text{ mL} \cdot 0,8 \text{ g/mL} = 400 \text{ g 2-butanol}$

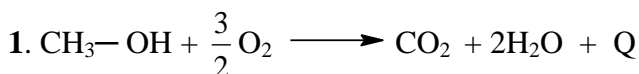
$\mu_{C_4H_{10}O} = 74$  g/mol

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{400}{74} = 5,4 \text{ moli 2-butanol} \Rightarrow 5,4 \text{ moli 2-butenă, } V = 5,4 \cdot 22,4 = 121 \text{ L}$$

IV. Alcoolii au putere calorică mare și dau prin ardere produși nepoluauți. Prețul ridicat al proceselor de obținere împiedică folosirea în prezent a alcoolilor drept combustibili, la scară largă.

1. Scrieți ecuația reacției de ardere a alcoolului metilic.
2. Calculați volumul de CO<sub>2</sub> (c.n.) rezultat stoichiometric prin arderea a 64 kg alcool metilic.
3. Ce volum de aer, cu 20% O<sub>2</sub>, se folosește pentru ardere (c.n.) ?
4. Ce cantitate de căldură se degajă la arderea metanolului, dacă puterea calorică a metanolului este 5300 kcal/kg.

Rezolvare:



$$2. v = \frac{m}{\mu} = \frac{64}{32} = 2 \text{ kmoli alcool metilic} \Rightarrow 2 \text{ kmoli CO}_2, \quad V = 2 \cdot 22,4 = 44,8 \text{ m}^3$$

$$\mu\text{CH}_3\text{OH} = 32 \text{ kg/kmol}$$

3. Se calculează volumul de oxigen pe reacție și apoi volumul de aer.

$$\frac{2}{1} = \frac{x}{3/2}, \quad x = 3 \text{ kmoli O}_2, \quad V = 3 \cdot 22,4 = 67,2 \text{ m}^3 \text{ O}_2$$

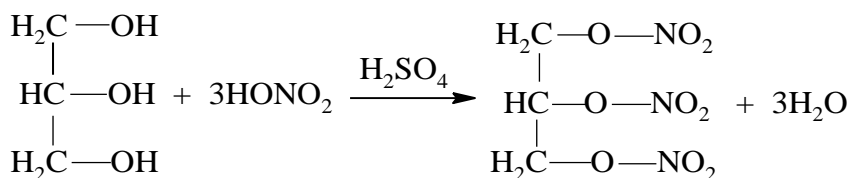
$$V_{\text{aer}} = 5 \cdot 67,2 = 336 \text{ m}^3$$

$$4. q = \frac{Q}{m(\text{kg})} \Rightarrow Q = 5300 \text{ kcal/kg} \cdot 64 \text{ kg} = 339200 \text{ kcal}$$

V. Dinamita se obține prin amestecarea trinitratului de glicerină cu un material anorganic inert, numit kieselgur.

1. Scrieți ecuația reacției de nitrare a glicerinei.
2. Calculați masa de glicerină ce reacționează cu 200 mL soluție de acid azotic de concentrație 3M.
3. Calculați masa de trinitrat de glicerină obținută cu randamentul 80%.

Rezolvare:



$$2. \mu\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 = 92 \text{ g/mol}$$

$$C_M = \frac{v}{V_S} \Rightarrow v = 0,2 \cdot 3 = 0,6 \text{ moli HNO}_3$$

$$\frac{x}{1} = \frac{0,6}{3} \Rightarrow x = 0,2 \text{ moli glicerină, } m = 0,2 \cdot 92 = 18,4 \text{ g glicerină}$$

3. 0,2 moli glicerină  $\Rightarrow$  0,2 moli trinitrat de glicerină

$\mu\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_9\text{N}_3 = 227 \text{ g/mol, } m = 0,2 \cdot 227 = 45,4 \text{ g trinitrat de glicerină (C}_t\text{)}$

$$C_p = \frac{45,4 \cdot 80}{100} = 36,32 \text{ g}$$

**VI.** Oxidarea fermentativă a alcoolului etilic se cunoaște sub denumirea de oțetirea vinului.

Determinați masa de acid acetic pur care se obține dintr-un litru de vin de 12°, densitatea etanolului fiind,  $\rho = 0,8 \text{ g/mL}$ .

Rezolvare:

Gradele alcoolice reprezintă concentrația de etanol din vin, în procente de volum,  $c = 12\%$ .

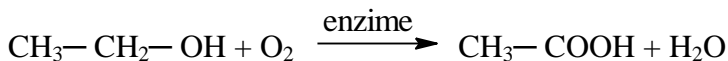
$$c = \frac{V_{alcohol}}{V_{vin}} \cdot 100 \text{ sau } 100 \text{ mL vin} \dots\dots\dots 12 \text{ mL alcool etilic}$$

$$V_{vin} = 1 \text{ L} = 1000 \text{ mL}$$

$$V_{alcohol} = \frac{1000 \cdot 12}{100} = 120 \text{ mL alcool etilic}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = 120 \text{ mL} \cdot 0,8 \text{ g/mL} = 96 \text{ g alcool etilic}$$

$$\mu\text{C}_2\text{H}_6\text{O} = 46 \text{ g/mol, } \mu\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 = 60 \text{ g/mol}$$

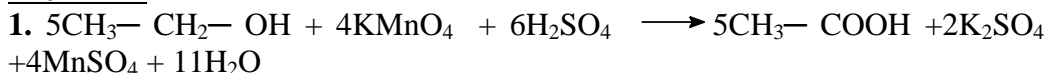


$$\frac{96}{46} = \frac{x}{60}, x = 125,22 \text{ g acid acetic}$$

**VII.** Se oxidează 0,5 moli de etanol cu soluție de  $\text{KMnO}_4$  de concentrație 2M, în prezență de acid sulfuric.

1. Scrieți ecuația reacției chimice și precizați agentul oxidant și reducător;
2. Care este raportul molar  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O} : \text{KMnO}_4 : \text{H}_2\text{SO}_4$ ;
3. Calculați volumul de soluție de  $\text{KMnO}_4$  folosit în reacție;
4. Calculați masa de acid acetic obținută în reacție.

Rezolvare:



Agent reducător -  $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—OH}$  (vezi metoda redox)

Agent oxidant -  $\text{KMnO}_4$

2. Raportul molar este 5 : 4 : 6.

$$3. \frac{0,5}{5} = \frac{x}{4}, x = 0,4 \text{ moli KMnO}_4$$

$$C_M = \frac{\nu}{V_S} \Rightarrow V_S = \frac{0,4}{2} = 0,2 \text{ L KMnO}_4$$

$$4. \frac{0,5}{5} = \frac{x}{5}, x = 0,5 \text{ moli acid acetic, } m = 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ g acid acetic}$$

**VIII.** Asociați numărul de ordine al denumirii compusului organic din coloana A cu litera din coloana B, corespunzătoare unei utilizări a acestuia. Fiecărei cifre din coloana A îi corespunde o singură literă din coloana B.

<b>A</b>	<b>B</b>
1. trinitrat de glicerină	a. insecticid
2. triclorometan	b. sudarea metalelor
3. naftalina	c. obținerea săpunului
4. etanol	d. anestezic
5. etina	e. explozibil
	f. băuturi alcoolice

Rezolvare: 1- e, 2- d, 3- a, 4- f, 5- b

**IX.** Asociați numărul de ordine al formulelor reactanților din coloana A cu litera din coloana B, corespunzătoare denumirii produsului organic rezultat din reacție. Fiecărei cifre din coloana A îi corespunde o singură literă din coloana B.

<b>A</b>	<b>B</b>
1. $C_{10}H_8 + HNO_3 / H_2SO_4 \longrightarrow$	a) etanal
2. $CH_3-CH_2-OH + K_2Cr_2O_7 / H^+ \longrightarrow$	b) clorobenzen
3. $C_6H_6 + Cl_2 / FeCl_3 \longrightarrow$	c) $\alpha$ - nitronaftalina
4. $CH_2 = CH-CH_3 + H_2O / H^+ \longrightarrow$	d) 2- propanol
5. $CH_3-CH_2-OH + O_2 \xrightarrow{\text{enzime}}$	e) $\beta$ -nitronaftalina
	f) acid acetic

Rezolvare: 1- c, 2- a, 3- b, 4- d , 5- f



## 10. ACIZI CARBOXILICI

### Conținuturi:

- ✓ Formule de structură
- ✓ Izomerie de catenă și de poziție
- ✓ Proprietăți fizice (stare de agregare, solubilitate, puncte de fierbere)
- ✓ Proprietăți chimice:
  - Reacții cu metalele reactive
  - Reacții cu oxizi metalici
  - Reacții cu hidroxizi alcalini
  - Reacții cu carbonați
  - Reacția cu alcooli
  - Esterificarea acidului salicilic,
  - Hidroliza acidului acetilsalicilic

*Acizii carboxilici* sunt compuși organici care conțin în moleculă grupa funcțională trivalentă carboxil, - COOH.

### Denumire, formule de structură

- ❖ Acizi monocarboxilici aciclici saturați

Acid metanoic (acid formic)  $\text{H}-\text{COOH}$

Acid etanoic (acid acetic)  $\text{CH}_3-\text{COOH}$

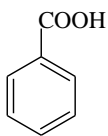
Acid propanoic (acid propionic)  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{COOH}$

- ❖ Acizi monocarboxilici aciclici nesaturați

Acid propenoic (acid acrilic)  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COOH}$

- ❖ Acizi monocarboxilici aromatici

Acid benzencarboxilic (acid benzoic)  $\text{C}_6\text{H}_5-\text{COOH}$  sau



- ❖ Acizi dicarboxilici saturați

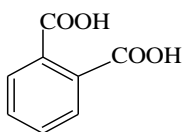
Acid etandioic (acid oxalic)  $\text{HOOC}-\text{COOH}$

Acid propandioic (acid malonic)  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{COOH}$

- ❖ Acizi dicarboxilici nesaturați

Acid 2-butendioic  $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$

- ❖ Acizi dicarboxilici aromatici



Acid 1,2-benzendicarboxilic (acid orto-ftalic)

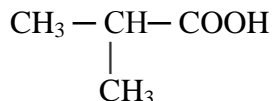
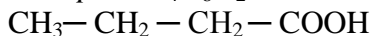
**Formula generală** a acizilor alifatici monocarboxilici saturați:



### Izomeria acizilor

1. **Izomeria de catenă**, apare la acizii alifatici cu  $n \geq 4$ .

Exemplu:  $C_4H_8O_2$



acid butanoic (ac. butiric)

acid 2-metilpropanoic (ac. izobutiric)

2. **Izomeria de poziție**, apare la acizii policarboxilici.

Exemplu: acizii orto-ftalic, meta-ftalic și para-ftalic sunt izomeri de poziție;

3. **Izomerie optică**, se întâlnește la acizii cu atomi de carbon asimetrici.

### Proprietăți fizice

Diferența de electronegativitate dintre atomii de C, O și H, ce intră în componența grupei carboxil, determină polarizarea grupelor carboxil (acizii au molecule polare).

#### **Stare de agregare**

Acizii inferiori sunt lichizi, iar cei superiori și aromatici sunt solizi.

#### **Puncte de topire și fierbere**

Acizii carboxilici au temperaturi de fierbere și topire mai ridicate decât ale unor compuși organici cu același număr de atomi de carbon, deoarece între moleculele polare ale acizilor se stabilesc legături de hidrogen puternice, rezultând asociații numite dimeri.

Ex: p.f.  $CH_3-OH < p.f.H-COOH$  sau p.f.  $CH_3-CH_2-OH < p.f.CH_3-COOH$   
 $+65^\circ C \quad +100,5^\circ C \quad +78^\circ C \quad +118^\circ C$

Temperaturile de fierbere și topire cresc cu masele moleculare.

#### **Solubilitatea**

Acizii carboxilici inferiori sunt solubili în apă, deoarece între grupele carboxil polare și moleculele de apă se stabilesc legături de hidrogen.

Solubilitatea în apă scade cu creșterea numărului de atomi de carbon (masa moleculară).

### Proprietăți chimice

**Caracterul acid** este proprietatea acizilor de a ceda protoni ( $H^+$ ) din grupa carboxil.

- ❖ Este determinat de polarizarea grupei carboxil;
- ❖ Se manifestă în reacțiile cu apa, metalele active, oxizi metalici, hidroxizi și săruri ale unor acizi mai slabi (carbonați, fenoxizi, alcoxizi, etc.).

1. **Ionizarea acizilor** are loc la dizolvarea acizilor în apă.

- ❖ Este o reacție reversibilă, deoarece acizii carboxilici sunt acizi slabi;
- ❖ Soluțiile obținute au caracter acid, colorează soluțiile de indicatori: înroșesc turnesolul și metiloranjul.

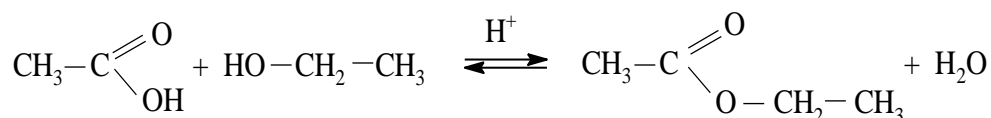
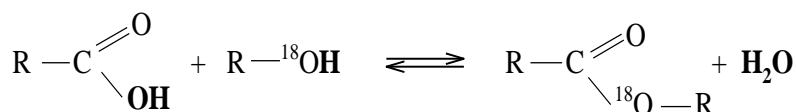


carbonat de calciu

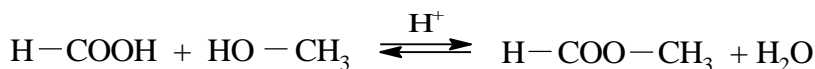
**6. Reacția de esterificare** este reacția dintre un acid și un alcool cu formare de ester și apă.

- ❖ Este o reacție reversibilă și are loc la încălzire în prezența unui acid tare (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).
- ❖ Mecanismul reacției arată că apa formată în reacție provine din grupa hidroxil (-OH) din acid și hidrogenul din alcool.

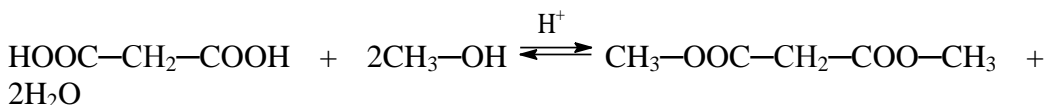
La esterificarea unui acid cu un alcool având oxigen marcat cu izotopul <sup>18</sup>O, esterul format conține oxigenul marcat. Astfel, s-a dovedit că eliminarea apei se face între grupa hidroxil a acidului și atomul de hidrogen din grupa hidroxil a alcoolului.



ac. etanoic                      etanol                                      etanoat de etil  
(ac. acetic)                      (alc. etilic)                                      (acetat de etil)



ac. metanoic                      metanol                                      metanoat de metil  
(ac. formic)                      (alc. metilic)                                      (formiat de metil)



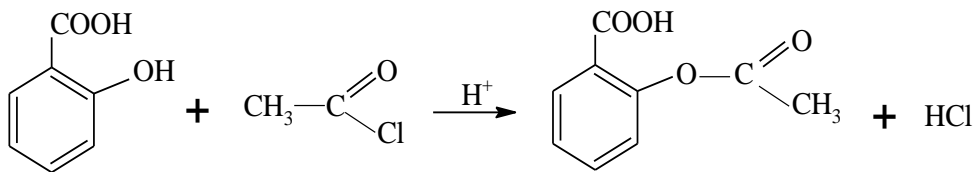
ac. malonic    malonat de dimetil

**Esterii** sunt substanțe cu miros plăcut care contribuie la aroma fructelor și parfumul florilor. Se găsesc în natură sub formă de grăsimi și uleiuri. Sunt insolubili în apă, dar solubili în solvenți organici.

Esterii sunt izomeri de funcțiune cu acizii carboxilici, au aceeași formulă moleculară.

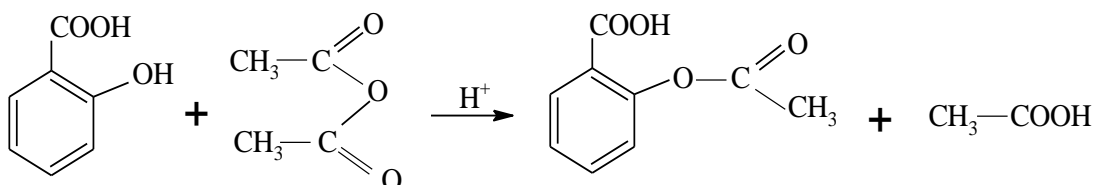
**Formulă generală** a monoesterilor alifatici saturați este aceeași cu cea a acizilor alifatici monocarboxilici saturați C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>O<sub>2</sub>.

**7. Esterificarea acidului salicilic**, cu derivați funcționali ai acizilor carboxilici, are loc la grupa hidroxil.



ac. o-hidroxi benzoic  
(ac. salicilic)

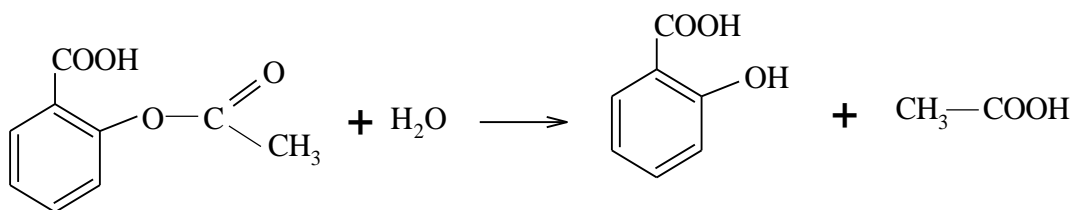
ac. acetilsalicilic (aspirina)



ac. o-hidroxi benzoic  
(ac. salicilic)

ac. acetilsalicilic (aspirina)

**8. Hidroliza acidului acetyl salicilic** conduce la acid salicilic și acid acetic.



ac. acetilsalicilic (aspirina)

ac. salicilic

ac. acetic

În organism are loc *hidroliza enzimatică* a aspirinei, în prezența unei enzime care acționează specific asupra grupei ester a aspirinei.

Proprietățile aspirinei:

- ❖ Analgezic – înlătură durerea;
- ❖ Antiinflamator – indicată în afecțiuni articulare inflamatorii acute;
- ❖ Antitermic (antipiretic) – reduce febra;
- ❖ Antiagregant plachetar – previne coagularea sângelui în artere și vene.
- ❖ Antitumoral – previne cancerul de colon.

### Utilizări

**Acid formic**

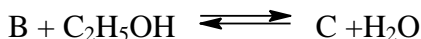
În industria textilă ca mordant;  
În tăbăcărie pentru decalcifierea pieilor;

**Acid acetic**

În alimentație ca oțet (3-9%), la obținerea aspirinei, a mătășii acetat, a adezivilor, a



IV. Se dă schema de reacții chimice:



1. Știind că C este monoester cu 31,37% oxigen, procente masice și A este un alcool monohidroxilic primar saturat, determinați formula de structură a esterului C.

2. Scrieți ecuațiile reacțiilor conform schemei;

3. Calculați masa (g) de compus A necesară obținerii a 1,02 kg de ester C.

Rezolvare:

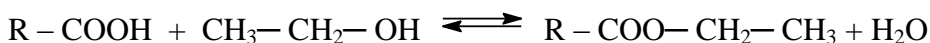
1. Formula generală ester  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$

$$\mu_{\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2} = 14n + 32$$

$$14n + 32 \dots\dots\dots 32 \text{ g O}$$

$$100 \dots\dots\dots 31,37 \text{ g O, } n = 5, \text{ C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$$

B – ac. monocarboxilic



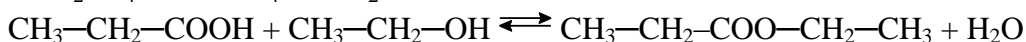
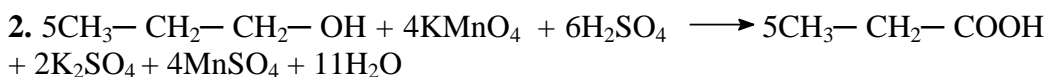
Esterul  $\text{R} - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  are formula moleculară  $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$

Radicalul R, conține 2 atomi de carbon, R este  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 -$

B este  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$ , ac propanoic

A este alcoolul,  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ , alcool propilic (1- propanol)

C este esterul  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ , propanoat de etil



3.  $\mu_{\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2} = 102 \text{ g/mol}$   $\mu_{\text{C}_3\text{H}_8\text{O}} = 60 \text{ g/mol}$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{1020 \text{ g}}{102 \text{ g/mol}} = 10 \text{ moli ester, } \frac{x}{1} = \frac{10}{1}, x = 10 \text{ moli ac. propanoic}$$

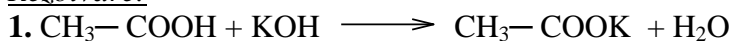
$$\frac{y}{5} = \frac{10}{5}, y = 10 \text{ moli alcool, } m = 10 \cdot 60 = 600 \text{ g alcool propilic}$$

V. Acizii carboxilici se dizolvă în hidroxizi alcalini, formând săruri complet ionizate în soluție apoasă. Peste 200 mL soluție de acid acetic se adaugă 100 mL soluție de hidroxid de potasiu de concentrație  $C_M = 2 \text{ mol/L}$ .

1. Scrieți ecuația reacției acidului acetic cu soluție de hidroxid de potasiu.

2. Calculați concentrația molară a soluției de acid acetic.

Rezolvare:



$$2. C_M = \frac{v}{V_S}, v = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ moli KOH} \Rightarrow 0,2 \text{ moli ac. acetic}$$

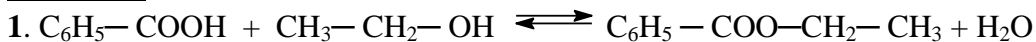
$$C_M = 0,2 / 0,2 = 1 \text{ mol/L}$$

**VI.** Acidul benzoic se găsește în unele rășini vegetale (smirnă, tămâie).

1. Scrieți ecuația reacției de obținere a benzoatului de etil din acidul benzoic și alcoolul corespunzător, în mediu acid.

2. Calculați masa (g) de acid benzoic de puritate 80%, care se consumă stoechiometric în reacția cu 2 kmoli de etanol.

Rezolvare:



2. 2 kmoli etanol  $\Rightarrow$  2 kmoli ac. benzoic

$$m = 2 \cdot 122 = 244 \text{ kg ac. benzoic } (m_p)$$

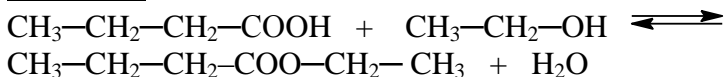
$$m_i = \frac{244 \cdot 100}{80} = 305 \text{ kg} = 305000 \text{ g ac. benzoic}$$

**VII.** Acidul butanoic se găsește în untul din lapte de vacă.

1. Scrieți ecuația reacției de obținere a butanoatului de etil din acidul butanoic și alcoolul corespunzător.

2. Calculați masa de butanoat de etil care se obține din reacția a 9,2 g alcool etilic cu acid butanoic, dacă randamentul reacției este de 66,66%.

Rezolvare:



2.  $\mu_{\text{C}_2\text{H}_6\text{O}} = 46 \text{ g/mol}$      $\mu_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2} = 116 \text{ g/mol}$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{9,2}{46} = 0,2 \text{ moli etanol} \Rightarrow 0,2 \text{ moli butanoat de etil, } m = 0,2 \cdot 116 = 23,2 \text{ g}$$

$$C_p = \frac{23,2 \cdot 66,6}{100} = 15,45 \text{ g butanoat de etil}$$

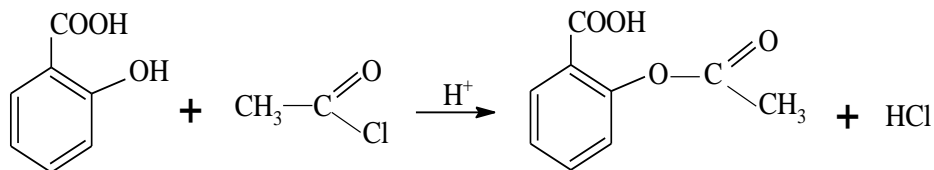
**VIII.** Acidul acetilsalicilic este substanța activă din numeroase medicamente cu proprietăți analgezice și antiinflamatorii. Un comprimat de aspirină tamponată conține 0,85 g excipienți, 0,15 g gluconat de calciu și 0,5 g acid acetilsalicilic.

1. Scrieți ecuația reacției de esterificare a acidului salicilic cu clorura de acetyl.

2. Calculați masa de acid salicilic necesară obținerii a 100 comprimate de aspirină.

Rezolvare:





2. 100 comprimate conțin, 50 g acid acetilsalicilic.

$$\mu_{\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3} = 138 \text{ g/mol} \quad \mu_{\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4} = 180 \text{ g/mol}$$

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{50}{180} = 0,27(7) \text{ moli ac. acetilsalicilic} \Rightarrow 0,27(7) \text{ moli ac. salicilic}$$

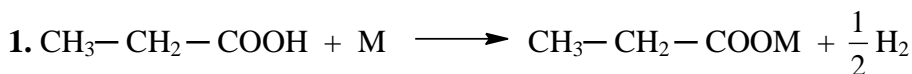
$$m = 0,27(7) \cdot 138 = 38,33 \text{ g ac. salicilic}$$

**IX.** O cantitate de 200 mL soluție de acid propanoic de concentrație  $C_M = 2$  mol/L, reacționează cu 9,2 g metal monovalent.

1. Identificați metalul monovalent.

2. Calculați volumul de hidrogen degajat, măsurat la 2 atm. și 27°C.

Rezolvare:



$$C_M = \frac{\nu}{V_S}, \quad \nu = 2 \cdot 0,2 = 0,4 \text{ moli acid propanoic}$$

$$\frac{0,4}{1} = \frac{9,2}{\mu}, \quad \mu = 23 \text{ g/mol, metalul este Na.}$$

$$2. \frac{0,4}{1} = \frac{x}{0,5}, \quad x = 0,2 \text{ moli H}_2$$

$$PV = \nu RT, \quad T = 273 + 27 = 300 \text{ K}, \quad R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K}$$

$$V = \frac{\nu RT}{P} = \frac{0,2 \cdot 0,082 \cdot 300}{2} = 2,46 \text{ L H}_2$$

**X.** Acidul arahidonic este un acid gras esențial cu următoarea formulă de structură:  $\text{CH}_3\text{—(CH}_2\text{)}_4\text{—(CH=CH—CH}_2\text{)}_4\text{—(CH}_2\text{)}_2\text{—COOH}$ .

Scrieți ecuațiile reacțiilor acidului arahidonic cu:

1.  $\text{H}_2/\text{Ni}$
2.  $\text{Cl}_2/\text{CCl}_4$
3.  $\text{KOH}$
4.  $\text{NaHCO}_3$

Rezolvare: vezi teorie

## 11. GRĂSIMI ȘI AGENȚI TENSIOACTIVI

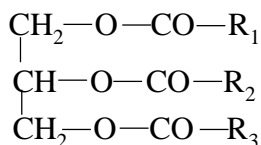
### Conținuturi:

- ✓ Stare naturală
- ✓ Proprietăți fizice
- ✓ Hidrogenarea grăsimilor
- ✓ Hidroliza grăsimilor
- ✓ Importanța grăsimilor
- ✓ Săpunuri și detergenți – acțiunea de spălare

**Grăsimile** sunt amestecuri naturale alcătuite în principal din trigliceride.

**Trigliceridele (triacilgliceroli)** sunt esteri simpli sau micști ai glicerinei (1,2,3-propantriol, glicerol) cu acizi grași saturați sau nesaturați.

Au formula generală:



$\text{R}_1, \text{R}_2, \text{R}_3$  sunt radicali identici sau diferiți

**Acizii grași** sunt acizi monocarboxilici, cu număr par de atomi de carbon ( $\text{C}_4 - \text{C}_{24}$ ), cu catenă liniară, saturați sau nesaturați.

Acizi grași saturați:  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$  sau  $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_2-\text{COOH}$  ac. butanoic (butiric)

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$  ac. hexanoic (capronic)

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_6-\text{COOH}$  ac. octanoic (caprilic)

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_8-\text{COOH}$  ac. decanoic (caprinic)

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}$  ac. hexadecanoic (palmitic)

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}$  ac. octadecanoic (stearic)

Acizi grași nesaturați:

- *Mononesaturați*, conțin o legătură dublă;

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$  ac. 9-octadecenoic (oleic-izomer cis)

- *Polinesaturați*, conțin două sau mai multe legături duble;

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$  ac. linolic

După natura resturilor de acizi grași pe care îi conțin în moleculă, grăsimile (trigliceridele) pot fi:

- Trigliceride simple, conțin resturi identice de acizi grași;
- Trigliceride mixte, conțin resturi diferite de acizi grași;

### Stare naturală

Grăsimile se găsesc în semințele unor plante (floarea soarelui, in, ricin, soia), în unele fructe (măslina, cocos) și în țesutul adipos al animalelor. După extragere, grăsimile destinate consumului alimentar se supun rafinării, în scopul eliminării unor componente sau însușiri nedorite (miros neplăcut, culoare închisă).

### Proprietăți fizice

1. Grăsimile sunt substanțe lichide, solide sau semisolide.

Grăsimile lichide (uleiuri) sunt de obicei *grăsimi nesaturate*, iar cele solide sunt de obicei *saturate*.

Catenele de acid gras saturat se înfășoară și se întrepătrund unele cu altele, precum și cu catenele moleculelor vecine și formează structuri compacte. Acest lucru explică de ce grăsimile saturate sunt solide la temperatura ambiantă.

Catenele nesaturate nu se întrepătrund și nu se așează compact, de aceea grăsimile nesaturate se găsesc în stare lichidă.

2. Grăsimile sunt insolubile în apă, deoarece nu conțin în moleculă atomi de hidrogen legați de atomi de oxigen și nu pot forma legături de hidrogen cu apa. Grăsimile sunt solubile în solvenți nepolari (CS<sub>2</sub>, CCl<sub>4</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>, benzină), datorită catenelor nepolare din structura lor.

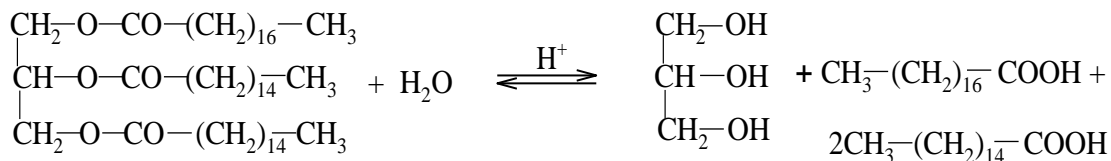
3. Se topesc într-un interval de temperatură, nu au punct de topire fix, fiind amestecuri complexe de trigliceride.

4. Grăsimile au densitatea mai mică decât a apei (plutesc pe apă), deoarece catenele nu sunt strâns legate și între ele rămân goluri de aer.

### Proprietăți chimice

#### 1. Hidroliza grăsimilor

a) **În mediu acid (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sau enzimatic**, grăsimile se transformă în glicerină (glicerol) și acizi grași. Reacția este reversibilă.

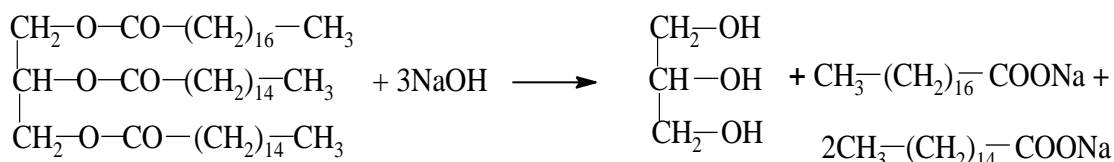


1-stearil-2,3-dipalmitil-glicerol  
(stearo-dipalmitină)

glicerină      acid stearic  
acid palmitic

**Hidroliza enzimatică** se produce în organismul animalelor, în timpul digestiei grăsimilor, în prezența enzimelor numite lipaze.

b) **În mediu bazic (NaOH, KOH)** se mai numește saponificare și formează glicerină și săruri ale acizilor grași (săpunuri).

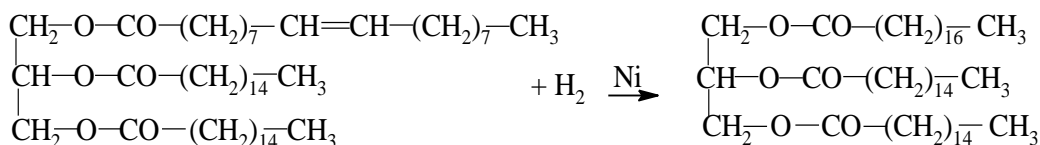


1-stearil-2,3-dipalmitil-glicerol  
(stearo-dipalmitină)

glicerină      stearat de sodiu  
palmitat de sodiu  
(săpun)

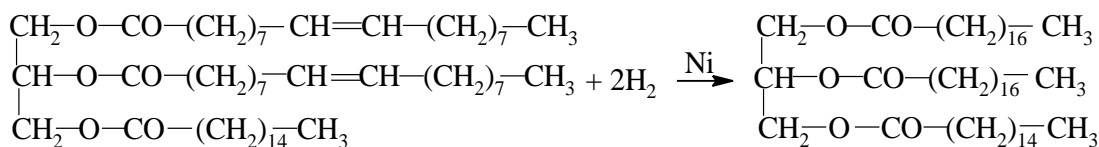
**2. Hidrogenarea grăsimilor lichide** este reacția de adiție a hidrogenului la legăturile duble din molecula lor, în prezența catalizatorilor, Ni, la temperatură și presiune.

Prin hidrogenare grăsimile lichide se transformă în grăsimi solide.



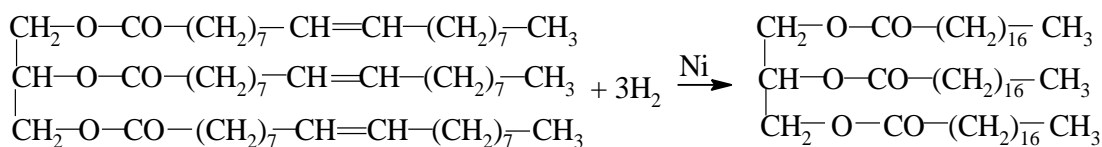
1-oleil-2,3-dipalmitil-glicerol  
(oleo-dipalmitina)  
(gliceridă nesaturată, lichidă)

1-stearil-2,3-dipalmitil-glicerol  
(stearo-dipalmitină)  
(gliceridă saturată, solidă)



dioleo-palmitina

distearo-palmitina



trioleina

tristearina

**Aplicația reacției** este transformarea grăsimilor lichide în grăsimi solide (obținerea margarinei din uleiuri). În locul termenului „margarină” se folosește adesea denumirea „grăsimi vegetale hidrogenate”.

**Schematic** se poate reprezenta:

**Grăsimi (trigliceridă) nesaturată** +  $n\text{H}_2$  → **Grăsimi (trigliceridă) saturată**  
unde  $n$  reprezintă numărul legăturilor duble din grăsime (resturi de acid oleic).

### Rolul grăsimilor în organism

Grăsimile constituie unul din alimentele esențiale necesare organismului, fiind sursă de energie. Un gram de grăsime eliberează la oxidare în organism o cantitate de energie de 9,3 kcal.

### Utilizări

Grăsimile se utilizează în alimentație, la obținerea săpunului, a unor preparate farmaceutice și cosmetice. Uleiurile sicative (in, tung) se folosesc la obținerea lacurilor și vopselelor.

### Mase molare

$\mu_{\text{ac.palmitic}} = 256 \text{ g/mol}$

$\mu_{\text{tripalmitina}} = 806 \text{ g/mol}$

$\mu_{\text{ac.stearic}} = 284 \text{ g/mol}$

$\mu_{\text{tristearina}} = 890 \text{ g/mol}$

$\mu_{\text{ac.oleic}} = 282 \text{ g/mol}$

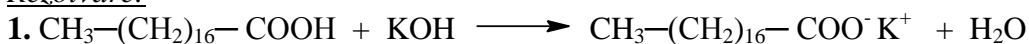
$\mu_{\text{trioleina}} = 884 \text{ g/mol}$

**Aplicații – grăsimi și acizi grași**

**I.** Acidul stearic este unul dintre acizii frecvent întâlniți în grăsimile din corpul animalelor.

1. Scrieți ecuația reacției acidului stearic cu soluție de hidroxid de potasiu.
2. Calculați volumul de soluție de hidroxid de potasiu de concentrație 2M care reacționează stoechiometric cu 568 g acid stearic.

Rezolvare:



$$2. \nu = \frac{m}{\mu} = \frac{568}{284} = 2 \text{ moli ac. stearic} \Rightarrow 2 \text{ moli KOH, } V_s = \frac{2}{2} = 1\text{L}$$

**II.** Uleiul din semințe de in este o sursă importantă de acizi grași nesaturați.

1. Scrieți ecuația reacției de hidrogenare a acidului oleic.
2. Calculați volumul de hidrogen, măsurat în condiții normale, necesar hidrogenării acidului oleic dintr-o probă de ulei de in cu masa de 282 g și cu un conținut masic de 10% acid oleic.

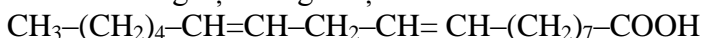
Rezolvare:



$$2. \frac{10}{100} 282 = 28,2 \text{ g ac. oleic}$$

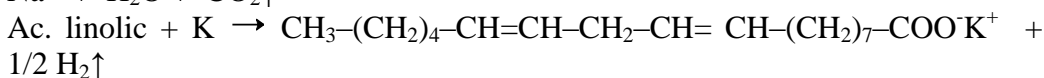
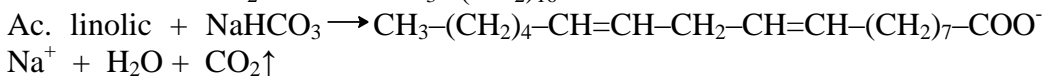
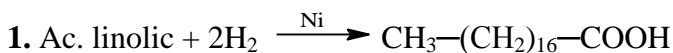
$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{28,2}{282} = 0,1 \text{ moli ac. oleic} \Rightarrow 0,1 \text{ moli H}_2, \quad V = 0,1 \cdot 22,4 = 2,24 \text{ L H}_2$$

**III.** Acidul linolic este un acid gras polinesaturat, o categorie specială de grăsimi numite acizi grași omega-3 și are formula de structură:



1. Scrieți ecuațiile reacțiilor acidului linolic cu : a.  $\text{H}_2(\text{Ni})$ ; b.  $\text{NaHCO}_3$ ; c. K
2. Calculați volumul de  $\text{H}_2$ , măsurat la 300K și presiunea de 5 atm, necesar stoechiometric reacției cu 5 moli de acid linolic.  $R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K}$ .

Rezolvare:



$$2. \frac{5}{1} = \frac{x}{2}, \quad x = 10 \text{ moli H}_2, \quad V = \frac{\nu RT}{P} = \frac{10 \cdot 0,082 \cdot 300}{5} = 49,2 \text{ L H}_2$$

**IV.** Uleiul de migdale utilizat la fabricarea de emoliente farmaceutice conține gliceride ale acidului oleic.

Calculați masa de produs obținut stoichiometric prin hidrogenarea trioleinei din 2,21 kg ulei de migdale, care conține 80% trioleină (procente masice).

Rezolvare: trioleină + 3H<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{Ni}}$  tristearină

$$\frac{80}{100} 2210 = 1768 \text{ g trioleină}$$

$$\nu = \frac{1768}{884} = 2 \text{ moli trioleină} \Rightarrow 2 \text{ moli tristearină, } m = 2 \cdot 890 = 1780 \text{ g tristearina}$$

**V.** O probă de 35,44 g trigliceridă nesaturată cu masa molară 886 g/mol se solidifică prin hidrogenare cu 1,792 L hidrogen (c.n.). Determinați numărul de legături duble dintr-o moleculă de trigliceridă.

Rezolvare: trigliceridă nesaturată + nH<sub>2</sub>  $\xrightarrow{\text{Ni}}$  trigliceridă saturată

$$\frac{35,44}{886} = \frac{1,792}{n \cdot 22,4}, n = 2, 2 \text{ legături duble}$$

**VI.** Un mol de gliceridă consumă pentru hidrogenarea totală 6,24 L H<sub>2</sub>, măsurați la 27°C și 8·10<sup>5</sup> Pa, rezultând palmitodistearină. Determinați formula structurală a gliceridei și scrieți ecuația reacției chimice. R = 8,31 J/mol·K

Rezolvare:

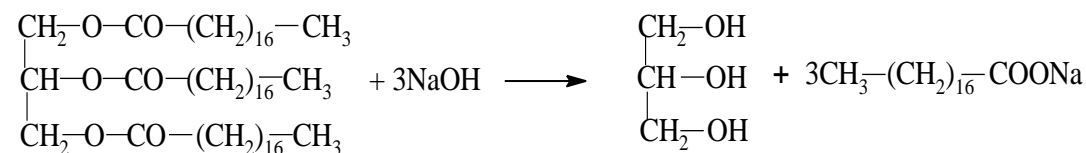
$$V = 6,24 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3, \nu = \frac{PV}{RT} = \frac{8 \cdot 10^5 \cdot 6,24 \cdot 10^{-3}}{8,31 \cdot 300} = 2 \text{ moli H}_2, 2 \text{ legături duble}$$

Glicerida conține 2 resturi de acid oleic care se transformă în 2 resturi acid stearic. Glicerida este palmitodioleina.

**VII.** Se saponifică 1 kg de tristearină de puritate 89% cu soluție de hidroxid de sodiu de concentrație 40%. Calculați:

1. Masa de soluție de hidroxid de sodiu necesară;
2. Masa de săpun obținut, dacă acesta conține 20% apă.

Rezolvare:



$$1. \quad \frac{89}{100} 1000 = 890 \text{g tristearină pură, } 1 \text{ mol tristearină} \Rightarrow 3 \text{ moli de NaOH,}$$

$$m_d = 3 \times 40 = 120 \text{g, } m_s = 120 \times 100 / 40 = 300 \text{g NaOH}$$

$$2. \quad 3 \text{ moli stearat de sodiu, } m = 3 \times 304 = 912 \text{g, } \frac{80}{100} m_{\text{săpun}} = 912, \quad m_{\text{săpun}} = 1140 \text{g}$$

Săpunul conține 20% apă și 80% stearat de sodiu.

## Săpunuri

**Săpunurile** sunt săruri cu metalele ale acizilor grași ( $C_{12} - C_{18}$ ).

Ex:  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COONa}$  palmitat de sodiu

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOK}$  stearat de potasiu

$(\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COO})_2\text{Ca}$  stearat de calciu

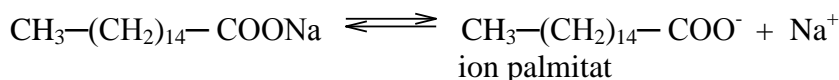
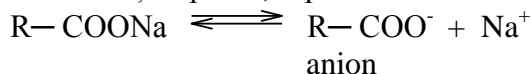
### Formule generale

$\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COONa}$ , săpun de sodiu (potasiu)

$(\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COO})_2\text{Ca}$ , săpun de calciu (magneziu, bariu, plumb)

### Proprietatea de spălare

În soluție apoasă, săpunul ionizează:



Anionul săpunului conține două părți:

- radicalul hidrocarbonat ( $\text{R}-$ ), nepolar, reprezintă **partea hidrofobă**, insolubilă în apă, dar solubilă în grăsimi;

- grupa carboxilat ( $\text{COO}^-$ ), polară, reprezintă **partea hidrofilă**, solubilă în apă.

Existența celor două părți în molecula săpunului determină proprietățile tensioactive și capacitatea de spălare a săpunului. Când moleculele săpunului vin în contact cu substanțele insolubile în apă (murdăria), partea hidrofobă se orientează spre substanțele insolubile, iar partea hidrofilă spre apă. Substanțele insolubile se fragmentează în particule foarte fine înconjurate de moleculele săpunului numite micle (micelii).

Săpunurile se mai numesc **agenți tensioactivi**, deoarece micșorează tensiunea superficială a apei, ceea ce determină capacitatea de spălare.

De asemenea, se mai numesc **agenți activi de suprafață**, pentru că acționează la nivelul suprafeței care desparte apa de grăsimi (murdărie).

### Utilizări

Săpunul de sodiu este utilizat ca agent de spălare. Săpunul de potasiu este moale și este utilizat în industria textilă. Săpunurile de calciu și aluminiu, în amestec cu uleiurile minerale, formează unsorile. Săpunurile de bariu și plumb se folosesc la obținerea pastelor adezive.

## Detergenți

**Detergenții** sunt produși organici de sinteză care au structuri și proprietăți asemănătoare săpunului. Sunt agenți activi de suprafață sau agenți tensioactivi.

Moleculele detergenților conțin două părți:

- **partea hidrofobă**, radicalul hidrocarbonat (R—), nepolar, insolubil în apă;
- **partea hidrofilă**, o grupă polară ionică sau neionică, solubilă în apă.

După natura grupelor hidrofile, detergenții se clasifică astfel:

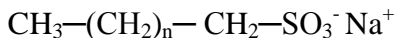
**1. detergenți ionici**, care pot fi:

- **anionici**, conțin drept grupă polară un anion  $-\text{OSO}_3^-$  sau  $-\text{SO}_3^-$  ;

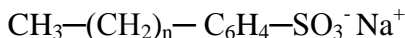
- săruri de sodiu ale sulfatilor acizi de alchil:



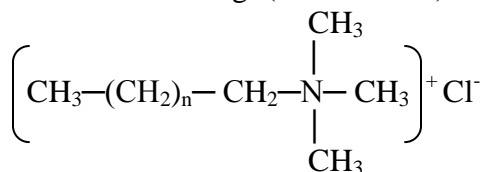
- săruri de sodiu ale acizilor alchil-sulfonici:



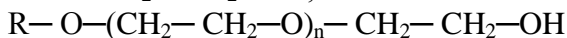
- săruri de sodiu ale acizilor alchil-aril-sulfonici:



- **cationici**, conțin o grupă cuaternară de amoniu la capătul unei catene saturate lungi (alchil-amine):



**2. detergenți neionici**, sunt de obicei eteri polietoxilați, conțin grupe etoxi,  $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}-$ ;



Detergenții anionici pot fi utilizați în soluție acidă și în apa dură.

Detergenții cationici sunt dezinfectanți foarte eficienți, deoarece coagulează proteinele din bacterii; intră în componența balsamului pentru rufe.

Detergenții neionici nu formează spumă, deoarece grupele etoxi se fixează la apă prin legături de hidrogen.

Detergenții neionici (cu catene liniare) și săpunurile sunt **biodegradabili**, adică pot fi degradați de enzimele produse de unele microorganisme din natură și nu poluează mediul înconjurător.

### Proprietatea de spălare (detergență)

Detergenții sunt alcătuiți dintr-o parte hidrofobă, radicalul hidrocarbonat, care se fixează pe substanțele insolubile și o parte hidrofilă care se leagă de moleculele apei. Se formează asociații numite micle (micelii) care separă murdăria și o ridică la suprafață. Detergenții au proprietăți tensioactive, deoarece modifică tensiunea superficială a apei, ceea ce determină capacitatea de spălare. Puterea de spălare a detergenților este mai mare decât a săpunurilor.



## Aplicații –săpunuri, detergenți

**I.** Consumul de săpun pe cap de locuitor este un indicator folosit pentru aprecierea gradului de civilizație a populației unei comunități.

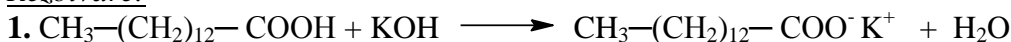
1. Scrieți ecuația reacției de obținere a săpunului de potasiu prin reacția acidului dodecanoic (acid monocarboxilic, cu 12 atomi de carbon în moleculă) cu KOH.

2. Explicați, pe baza structurii, proprietățile tensioactive ale săpunului de potasiu.

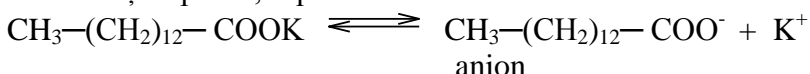
3. Calculați volumul (L) de soluție KOH de concentrație 2M necesară reacției cu 5 kmoli de acid dodecanoic.

4. Calculați masa de săpun obținută cu randamentul 90%.

Rezolvare:



2. În soluție apoasă, săpunul ionizează:



Anionul săpunului conține două părți:

- radicalul hidrocarbonat,  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{12}-$ , reprezintă partea hidrofobă, insolubilă în apă, dar solubilă în grăsimi;
- grupa carboxilat ( $\text{COO}^-$ ), polară, reprezintă partea hidrofilă, solubilă în apă.

Existența celor două părți în molecula săpunului determină proprietățile tensioactive ale săpunului (vezi teorie).

3. 5 kmoli ac. dodecanoic  $\Rightarrow$  5 kmoli KOH

$$C_M = \frac{v}{V_S}, \quad V_S = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ m}^3 \text{ soluție KOH}$$

4. 5 kmoli săpun,  $m = 5 \cdot 266 = 1330 \text{ kg}$  săpun,

$$C_p = 1330 \cdot 80/100 = 1064 \text{ kg săpun}$$

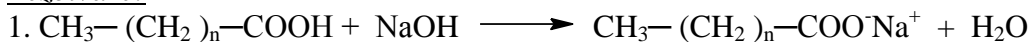
$$\mu_{\text{săpun}} = 266 \text{ kg/kmol}$$

**II.** Săpunurile se obțin și prin neutralizarea acizilor grași care conțin număr mare de atomi de carbon în moleculă. Prin neutralizarea unui acid gras cu 250 mL soluție NaOH (aq) de concentrație molară 1M se formează 69,5 g de săpun cu formula structurală generală,  $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_n-\text{COO}^- \text{Na}^+$

1. Scrieți ecuația reacției de obținere a săpunului de sodiu de mai sus.

2. Calculați numărul de atomi de carbon din molecula acidului gras.

Rezolvare:



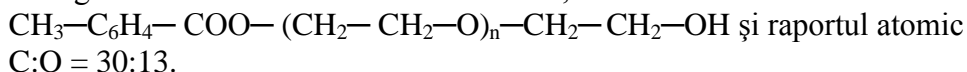
$$2. v = 0,25 \cdot 1 = 0,25 \text{ moli NaOH}, \quad \mu_{\text{săpun}} = 14n + 82 \text{ g/mol}$$

$$\frac{0,25}{1} = \frac{69,5}{14n + 82}, \quad n = 14, \quad 16 \text{ atomi de carbon}$$

**III.** Pentru a proteja mediul de poluarea cu detergenți, producătorii de detergenți se orientează spre sinteza compușilor biodegradabili.

Calculați numărul de atomi de carbon din următorii detergenți:

1. Detergentul neionic cu formula de structură,

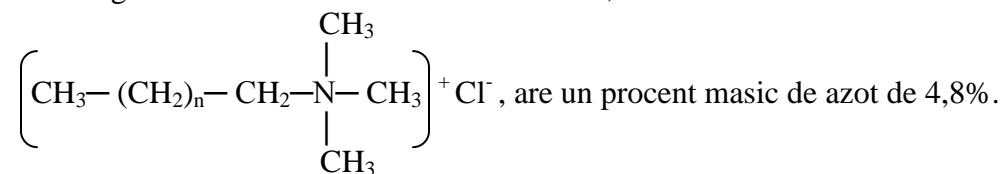


2. Detergentul neionic cu formula de structură,

$\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_n\text{-CH}_2\text{-O-(CH}_2\text{-CH}_2\text{-O)}_{n+2}\text{-H}$ , știind că 1 mol de detergent conține 208 g de oxigen.

3. Detergentul anionic cu formula de structură,  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_n\text{-C}_6\text{H}_4\text{-SO}_3^- \text{Na}^+$  știind că, are masa molară  $\mu = 292$  g/mol.

4. Detergentul cationic cu formula de structură,



5. Un detergent cu formula structurala:  $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{n+6}\text{-CH}_2\text{-O-(CH}_2\text{-CH}_2\text{-O)}_n\text{-H}$  are raportul masic C:O=7:2.

Rezolvare:

1. Raportul atomilor de carbon și oxigen este:

$$\frac{10 + 2n}{3 + n} = \frac{30}{13}, \quad n = 10, \quad 30 \text{ atomi carbon}$$

2. Masa de oxigen din detergent este:  $16 + 16(n + 2) = 16n + 48$

$16n + 48 = 208, \quad n = 10, \quad 36$  atomi de carbon

3.  $\mu_{\text{detergent}} = 14n + 194$  g/mol,  $14n + 194 = 292, \quad n = 7, \quad 14$  atomi de carbon

4.  $\mu_{\text{detergent}} = 14n + 123,5$  g/mol

$14n + 123,5$  g.....14 g N

100 g.....4,8 g N

$n = 12, \quad 17$  atomi de carbon

5.  $m_c = 36n + 96, \quad m_o = 16n + 16$

$m_c/m_o = 7/2, \quad n = 2, \quad 14$  atomi de carbon

**IV.** Săpunul de plumb este insolubil și lipicios, fiind utilizat la fabricarea pastelor adezive. Calculați masa molară a săpunului ce conține 42,158% plumb, procente de masa.

Masa atomică a plumbului  $A=207$ .

Rezolvare:

Săpunul de plumb  $(\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_n\text{-COO)}_2\text{Pb}$

$\mu_{\text{săpun}} \dots \dots \dots 207$  g Pb

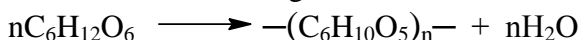
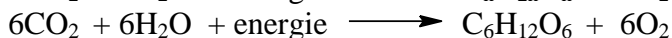
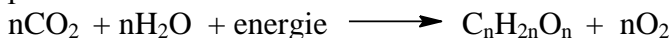
100 g săpun.....42,158 g Pb,  $\mu_{\text{săpun}} = 491$  g/mol

## 12. ZAHARIDE

### Conținuturi:

- ✓ Glucoza, zaharoza, amidonul, celuloza
  - Stare naturală, proprietăți fizice
- ✓ *Monozaharide*: glucoza și fructoza (formule plane), formule de perspectivă (Haworth): glucopiranoza. fructofuranoza
  - Oxidarea glucozei cu reactiv Tollens și Fehling
  - Condensarea monozaharidelor
- ✓ *Polizaharide*
  - Hidroliza enzimatică a amidonului
  - Identificarea amidonului
- ✓ *Importanță*

**Zaharidele** (glucide, carbohidrați) sunt compuși naturali sintetizați în plante prin fotosinteză.



glucoza

polizaharidă

**Monozaharidele** sunt compuși organici cu funcțiuni mixte care conțin în moleculă o grupă carbonil (aldehidă sau cetonă) și mai multe grupe hidroxil.

### Glucoza și fructoza

**Stare naturală.** Glucoza și fructoza se găsesc în concentrații mari în fructele dulci și mierea de albine. Glucoza este prezentă și în sânge, limfă, lichidul cefalo-rahidian, în concentrații mici.

### Proprietăți fizice

*Stare de agregare.* Sunt substanțe solide, cristalizate.

*Gust dulce,* proprietate care se intensifică odată cu creșterea numărului de grupe hidroxil din moleculă. Fructoza este cea mai dulce monozaharidă.

*Temperatura de topire* este ridicată deoarece între grupele hidroxil ale monozaharidelor se stabilesc legături (interacții) de hidrogen.

#### *Solubilitate*

Glucoza și fructoza sunt solubile în apă, parțial solubile în alcool și greu solubile în solvenți organici. Solubilitatea în apă se explică prin formarea legăturilor de hidrogen între grupele hidroxil, polare și moleculele de apă (polare).

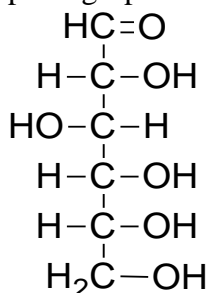
### Formula moleculară, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$

Glucoza și fructoza au aceeași formulă moleculară, aceeași compoziție procentuală 40%C, 6,66%H, 53,33%O, aceeași formulă brută  $\text{CH}_2\text{O}$ , dar formule de structură diferite. Sunt izomeri de funcțiune.

## Formule structurale

### 1. Formula structurală (aciclică plană)

Glucoza conține o grupă carbonil de tip aldehydă, o grupă hidroxil primar și patru grupe hidroxil secundar (aldohexoză).

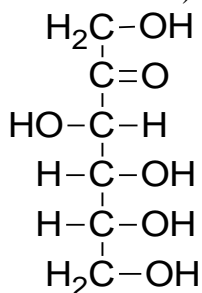


2,3,4,5,6-pentahidroxi-hexanal (glucoza)

Glucoza cu structură aciclică are patru atomi de carbon asimetrici (chirali), iar  $2^4 = 16$  izomeri optici (enantiomeri, stereoizomeri).

Fructoza cu structură aciclică conține o grupă carbonil de tip cetonă, două grupe hidroxil primar și trei grupe hidroxil secundar (cetoheoză).

Are trei atomi de carbon asimetrici,  $2^3 = 8$  izomeri optici (enantiomeri, stereoizomeri).



1,3,4,5,6-pentahidroxi-2-hexanonă (fructoză)

### 2. Formule (ciclice) de perspectivă Haworth

Glucoza se reprezintă printr-un hexagon regulat perpendicular pe planul hârtiei, numit ciclu piranozic (5 atomi de carbon și 1 atom de oxigen).

Fructoza se reprezintă printr-un pentagon regulat numit ciclu furanozic (4 atomi de carbon și 1 atom de oxigen).

În funcție de poziția grupei hidroxil glicozidic, atât glucoza cât și fructoza se găsesc sub forma a doi stereoizomeri: anomerul  $\alpha$  și anomerul  $\beta$ .

- **anomerul  $\alpha$**  – hidroxilul glicozidic se află de aceeași parte a ciclului hidroxilul de la atomul de carbon C4.

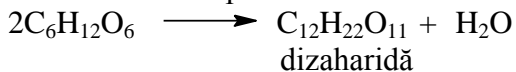
- **anomerul  $\beta$**  – hidroxilul glicozidic este în partea opusă a ciclului hidroxilul de la atomul de carbon C4.





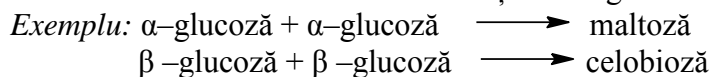
**3. Condensarea monozaharidelor** este reacția de eliminare a apei între molecule identice sau diferite de monozaharide.

Prin eliminarea apei între două molecule de monozaharide se obțin dizaharide.

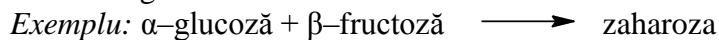


În funcție de modul de eliminare a apei dizaharidele pot fi:

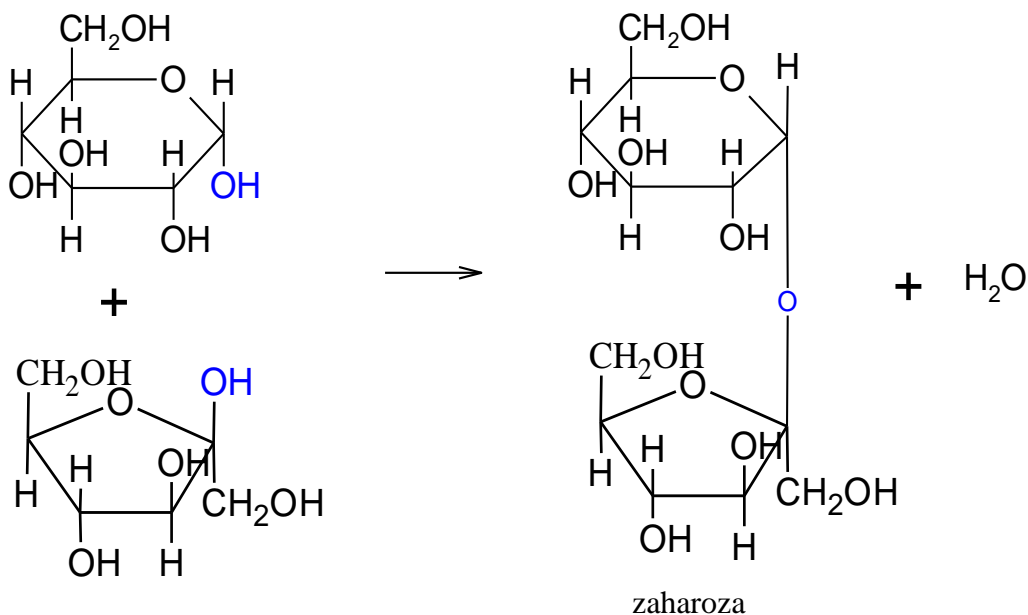
- *Reducătoare*, eliminarea apei se face între grupa hidroxil glicozidic al unei molecule și o grupă hidroxil al celeilalte monozaharide. Aceste dizaharide reduc reactivii Tollens și Fehling.



- *Nereducătoare*, eliminarea apei se face între grupele hidroxil glicozidice ale monozaharidelor. Aceste dizaharide nu reduc reactivii Tollens și Fehling.

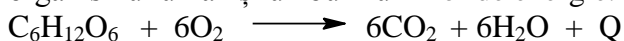


Zaharoza se obține prin eliminarea apei între grupele hidroxil glicozidice ale  $\alpha$ -glucozei ( $\alpha$ -glucopiranozei) și  $\beta$ -fructozei ( $\beta$ -fructofuranozei).



### Utilizări

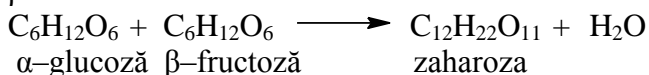
Glucoza este folosită în medicină, deoarece este un compus ușor asimilabil în organismul uman și un bun furnizor de energie.



Industrial se utilizează la prepararea produselor zaharoase, a gluconatului de calciu, a pastilelor de vitamina C și la fabricarea oglinzilor, obținerea băuturilor alcoolice.

## Zaharoza (zahărul)

Este o dizaharidă rezultată prin condensarea unei molecule de  $\alpha$ -glucoză și  $\beta$ -fructoză.



### Stare naturală

Se găsește în tulpina trestiei de zahăr și în sfecla de zahăr, plante din care se extrage industrial, dar și în morcovi, pepeni, zmeură, piersici, caise, etc.

### Proprietăți fizice

Zaharoza este solidă, cristalizată, cu gust dulce. Este solubilă în apă (se realizează legături de hidrogen între grupele hidroxil și moleculele de apă), greu solubilă în alcool și în solvenți organici. Se topește la 185°C, rezultând caramelul, iar la încălzire avansată se carbonizează.

### Utilizare

Zaharoza se folosește în alimentație, având rol energetic în organism (un gram de zahăr eliberează prin oxidare 4,1 kcal). Industrial se utilizează la fabricarea produselor zaharoase și a băuturilor răcoritoare.

## Amidonul

Este o polizaharidă rezultată prin policondensarea  $\alpha$ -glucozei.

Are **rol de rezervă** în plante.

Din punct de vedere al compoziției chimice, amidonul este un amestec de două polizaharide: amiloza (20%) reprezintă miezul granulei și amilopectina (80%) învelișul granulei. Amiloza este partea solubilă din amidon, iar amilopectina partea insolubilă.

*Formula moleculară* a amidonului este  $-(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n-$ , iar structura sa conține unități de  $\alpha$ -glucoză.

### Stare naturală

Se găsește sub formă de granule în cereale, cartofi, rădăcinoase, etc.

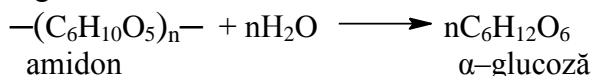
### Proprietăți fizice

Amidonul este o pulbere albă, amorfă, fără gust dulce și fără miros. Este insolubil în apă rece, iar la încălzire 50-60°C, formează o suspensie vâscoasă, lipicioasă, care prin răcire devine un gel, numit cocă (formată din amilopectină).

### Proprietăți chimice

**Hidroliza enzimatică parțială a amidonului** are loc în organism în prezența enzimelor numite amilaze. Amidonul se transformă în *dextrine* (oligozaharide superioare) și *maltoză*.

**Hidroliza enzimatică totală a amidonului** sau **hidroliza acidă** conduce la  $\alpha$ -glucoză.





### Identificarea amidonului

În prezența *iodului*, amidonul se colorează în *albastru* (compuși de incluziune ai iodului în golurile din structura amidonului). Această reacție se folosește la identificarea amidonului în produse alimentare (smântână, iaurt).

Celuloza nu se colorează în prezența iodului.

### Utilizări

Amidonul se utilizează în alimentație sub formă de cartofi, pâine, paste făinoase, budinci, creme.

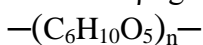
În organismul omului contribuie la necesarul glucidic, are rol energetic.

În industrie se folosește la obținerea glucozei, alcoolului, apretului, dar și ca agent de îngroșare, aditiv în tablete farmaceutice.

## Celuloza

Este *cea mai răspândită* pozaharidă din natură. Are *rol de susținere* în plante, asigură plantelor rezistență mecanică și elasticitate.

*Fomula moleculară* este aceeași cu a amidonului, iar în structura sa intră resturi de  $\beta$ -glucoză.



unde  $n$  variază între 300 și 3000 în funcție de specia din care provine.

### Stare naturală

Celuloza se găsește în bumbac, in, cânepă, lemn, stuf, paie. Cea mai pură celuloză se află în bumbac și se folosește în industria textilă. Celuloza din lemn, stuf, paie este mai puțin pură, iar separarea componentelor necelulozice se face cu ajutorul unor reactivi acizi sau bazici. Celuloza rezultată este folosită la fabricarea hârtiei și fibrelor artificiale.

### Proprietăți fizice

Celuloza este solidă, amorfă, de culoare albă, insolubilă în apă și în solvenți organici. Insolubilitatea în apă se explică prin formarea legăturilor de hidrogen puternice între grupele hidroxil din macromoleculele celulozei, acestea sunt împachetate foarte strâns și oferă rezistență față de solvenți.

Este solubilă în hidroxid de tetraaminocupru (II),  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$  numit și reactiv Schweitzer. Soluția obținută prin dizolvarea celulozei în reactivul Schweitzer este trecută prin orificii foarte fine (filare umedă) într-o baie cu acid și astfel se obține un tip de mătase artificială.

Nu are gust dulce specific zaharidelor și nu se topește prin încălzire.

### Utilizări

Celuloza se folosește în industria textilă, la obținerea hârtiei și a mătăsii artificiale (mătase vâscoză, mătase acetat), a unor materiale pentru bandaj, substanțe explozive.

Pentru organismul uman, celuloza nu are valoare nutritivă, deoarece în organismul omului nu există enzimele necesare hidrolizei celulozei. Celuloza intră în componența fibrelor alimentare care au efect benefic în digestie.

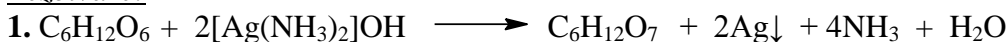
## Aplicații –zaharide

I. Glucoza este un combustibil esențial pentru organism.

1. Scrieți ecuația reacției glucozei cu reactiv Tollens.

2. Calculați masa de argint, care se formează în reacția unei probe de 200 mL glucoză de concentrație 1M cu o cantitate stoechiometrică de reactiv Tollens.  
 $A_{Ag} = 108$ .

Rezolvare:



$$2. C_M = \frac{v}{V_S}, \quad v = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ moli glucoză}$$

$$\frac{0,2}{1} = \frac{x}{2}, \quad x = 0,4 \text{ moli Ag}, \quad m = 0,2 \cdot 108 = 21,6 \text{ g Ag}$$

II. Prin oxidarea glucozei cu reactiv Tollens se obține un produs (A) cu caracter acid.

1. Calculați masa de compus (A) obținut din 7 moli de glucoză, dacă randamentul reacției este de 80%.

2. Scrieți ecuația reacției chimice dintre compusul (A) și hidroxidul de calciu.

3. Calculați masa de gluconat de calciu obținută în condițiile de la punctul 1.

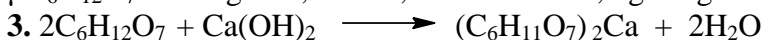
Rezolvare:

1. A -  $C_6H_{12}O_7$ , acid gluconic

2. 7 moli glucoză  $\Rightarrow$  7 moli ac. gluconic ( $C_t$ )

$$C_p = \frac{7 \cdot 80}{100} = 5,6 \text{ moli ac. gluconic}$$

$$\mu C_6H_{12}O_7 = 196 \text{ g/mol}, \quad m = 5,6 \cdot 196 = 1097,6 \text{ g ac. gluconic}$$



$$\frac{5,6}{2} = \frac{x}{1}, \quad x = 2,8 \text{ moli gluconat de calciu}$$

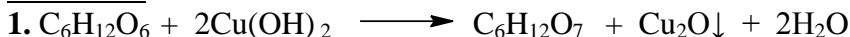
$$\mu(C_6H_{11}O_7)_2Ca = 430 \text{ g/mol}, \quad m = 2,8 \cdot 430 = 1204 \text{ g gluconat de calciu}$$

III. O cantitate de 200 g soluție de glucoză se tratează cu reactiv Fehling și se obțin 72 g de precipitat.

1. Determinați concentrația procentuală de masă a soluției de glucoză.

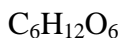
2. Calculați volumul de soluție de reactiv Fehling de concentrație 2M utilizat în reacție.

Rezolvare:



$$\mu C_6H_{12}O_6 = 180 \text{ g/mol} \quad \mu Cu_2O = 144 \text{ g/mol}$$

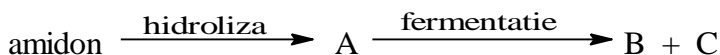
$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{72}{144} = 0,5 \text{ moli Cu}_2\text{O} \Rightarrow 0,5 \text{ moli C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6, \quad m = 0,5 \cdot 180 = 90 \text{ g}$$



$$c = \frac{90 \cdot 100}{200} = 45 \%$$

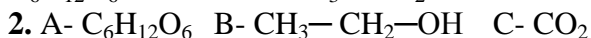
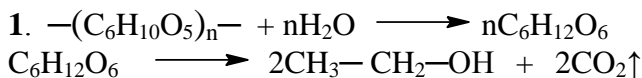
$$2. \frac{x}{2} = \frac{0,5}{1}, \quad x = 1 \text{ mol Cu(OH)}_2 \quad V_s = 0,5 \text{ L soluție}$$

IV. Amidonul participă la următoarea succesiune de reacții:



1. Scrieți ecuațiile reacțiilor chimice din schemă;
2. Denumiți compușii organici notați cu litere A, B și C.
3. Știind că se supune hidrolizei o cantitate de 500 kg amidon de puritate 81%, calculați volumul de gaz degajat, măsurat la 27°C și 2 atm.

Rezolvare:



$$3. m_p = \frac{81 \cdot 500}{100} = 405 \text{ g amidon pur} \Rightarrow 450 \text{ g glucoză}$$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{450}{180} = 2,5 \text{ moli glucoză} \Rightarrow 5 \text{ moli CO}_2$$

$$PV = \nu RT, \quad T = 273 + 27 = 300 \text{ K}, \quad R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K}.$$

$$V = \frac{\nu RT}{P} = \frac{5 \cdot 0,082 \cdot 300}{2} = 61,5 \text{ L CO}_2$$

V. În cursul arderilor din organism, glucoza eliberează o cantitate de energie de 2817 kJ/ mol. Calculați cantitatea de energie eliberată de 500 g de struguri cu 80 % glucoză (procente masice).

Rezolvare:

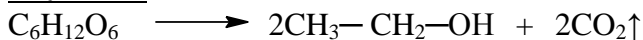
$$\frac{80}{100} 500 = 400 \text{ g glucoză}$$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{400}{180} = 2,2(2) \text{ moli glucoză}$$

1 mol glucoză.....	2817 kJ	
2,2(2) moli glucoză.....	x	x = 6260 kJ

**VI.** O proprietate importantă a glucozei este aceea că fermentează , în prezența unor enzime din drojdia de bere, cu formare de alcool etilic și dioxid de carbon. Știind că, o cantitate de 900 kg glucoză formează prin fermentație 36,9 m<sup>3</sup> de dioxid de carbon măsurați la 27°C și 4 atm, determinați randamentul fermentației alcoolice.

Rezolvare:



$$PV = \nu RT, \quad T = 273 + 27 = 300 \text{ K}, \quad R = 0,082 \text{ L} \cdot \text{atm} / \text{mol} \cdot \text{K}, \quad V = 36900 \text{ L}$$

$$\nu = \frac{PV}{RT} = \frac{4 \cdot 36900}{0,082 \cdot 300} = 6000 \text{ moli } CO_2 = 6 \text{ kmoli } CO_2 (C_p)$$

$$\nu = \frac{m}{\mu} = \frac{900}{180} = 5 \text{ kmoli glucoză} \Rightarrow 10 \text{ kmoli } CO_2 (C_t)$$

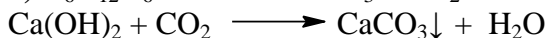
$$\eta = \frac{C_p}{C_t} \cdot 100 = \frac{6}{10} \cdot 100 = 60\%$$

**VII.** Se supun fermentației alcoolice 1800 kg soluție de glucoză de concentrație 80% . Dioxidul de carbon se absoarbe total în soluție de hidroxid de calciu de concentrație 2M.

1. Scrieți ecuațiile reacțiilor care au loc;

2. Calculați volumul de soluție de hidroxid de calciu necesar;

Rezolvare:



$$2) m_d = \frac{1800 \cdot 80}{100} = 1440 \text{ kg glucoză}, \quad \nu = \frac{m}{\mu} = \frac{1440}{180} = 8 \text{ kmoli glucoză} \Rightarrow 16$$

kmoli CO<sub>2</sub> care reacționează cu 16 kmoli Ca(OH)<sub>2</sub>, V<sub>s</sub> = 16:2 = 8 L soluție

**VIII.** Asociați numărul de ordine al denumirii compusului organic din coloana A cu litera din coloana B, corespunzătoare unei proprietăți a acestuia. Fiecărei cifre din coloana A îi corespunde o singură literă din coloana B.

**A**

1. amidon
2. celuloză
3. zaharoză
4. fructoză
5. glucoză

**B**

- a. cea mai dulce monozaharidă
- b. formează oglinda de argint
- c. se dizolvă în reactiv Schweitzer
- d. formează prin hidroliză α-glucoză
- e. este gazoasă
- f. este o dizaharidă

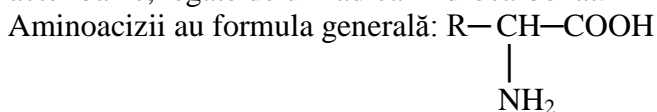
Rezolvare: 1-d, 2-c, 3-f, 4-a, 5-b

### 13. AMINOACIZI. PROTEINE

#### Conținuturi:

- ✓ *Aminoacizi* (glicina, alanina, valina, serina, cisteina, acidul glutamic, lisina)
  - Denumire, clasificare, proprietăți fizice
  - Caracter amfoter
  - Condensarea aminoacizilor
  - Identificarea aminoacizilor
- ✓ *Proteine*
  - Hidroliza enzimatică a proteinelor
  - Denaturarea proteinelor
  - Stare naturală și importanță

**Aminoacizii** sunt compuși organici cu funcțiuni mixte care conțin în molecula lor grupa carboxil (-COOH) cu caracter acid și grupa amino (-NH<sub>2</sub>) cu caracter bazic, legate de un radical hidrocarbonat.

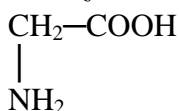


unde: **R** este un radical organic sau restul catenei care poate să conțină și alte grupe funcționale.

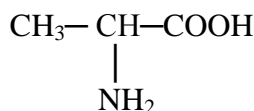
Dacă **R**, este un *radical alifatic saturat* se poate înlocui cu **C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>**.

**Clasificarea aminoacizilor** după numărul grupelor amino și carboxil și alte grupe funcționale existente în moleculă:

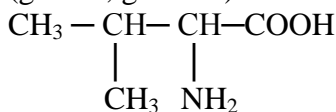
#### 1. acizi monoaminomonocarboxilici



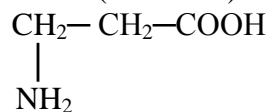
ac. aminoetanoic  
(glicina, glicocol)



ac. 2-aminopropanoic  
(α-alanina)

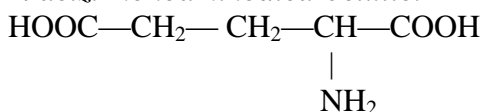


ac. 2-amino-3-metil-butanoic  
(valina)



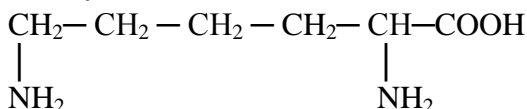
ac. 3-aminopropanoic  
(β-alanina)

#### 2. acizi monoaminodicarboxilici



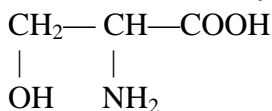
ac. 2-aminopentandioic  
(ac. glutamic)

**3. acizi diaminomonocarboxilici**



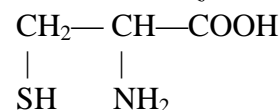
ac. 2,6-diaminohexanoic  
(lisina)

**4. hidroxiaminoacizi**



ac. 2-amino-3-hidroxiopropanoic  
(serina)

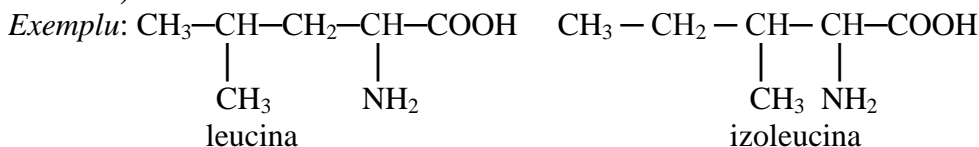
**5. tioaminoacizi**



ac. 2-amino-3-tiopropoanic  
(cisteina)

**Izomeria aminoacizilor**

**a) Izomerie de catenă**



**b) Izomeria de poziție** determinată de poziția grupei amino în catenă.

Exemplu:  $\alpha$ -alanina și  $\beta$ -alanina

**c) Izomeria optică (stereoizomerie)**

Cu excepția glicinei,  $\alpha$ -aminoacizii naturali conțin cel puțin un atom de carbon asimetric, deci prezintă izomeri optici.

**Proprietăți fizice**

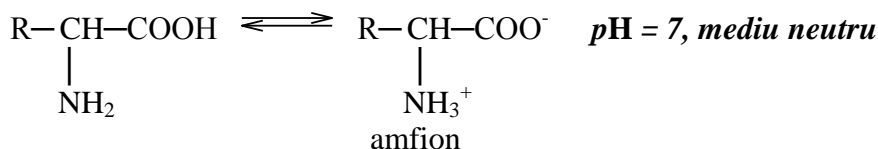
**Stare de agregare**, aminoacizii sunt substanțe solide, cristalizate.

**Solubilitate**, aminoacizii se dizolvă în apă deoarece între amfionii lor și moleculele de apă se stabilesc atracții electrostatice puternice.

**Punctele de topire** ale aminoacizilor sunt ridicate, se topesc la peste 250°C, fiind mult mai ridicate decât ale acizilor corespunzători. Acest lucru se explică prin formarea unor atracții electrostatice puternice între sarcinile de semn contrar ale amfionilor aminoacizilor.

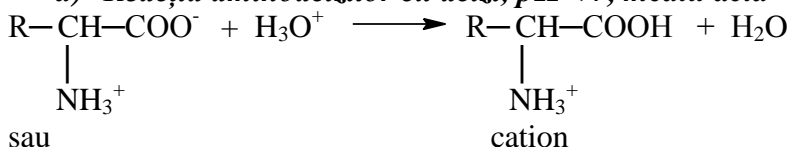
**Proprietăți chimice**

**1. Caracterul amfoter** este proprietatea aminoacizilor de a se comporta atât ca acizi cât și ca baze. Grupa carboxil cu caracter acid, cedează un proton ( $\text{H}^+$ ) grupei amino, rezultând **structura de amfion** (ion cu ambele tipuri de sarcini).

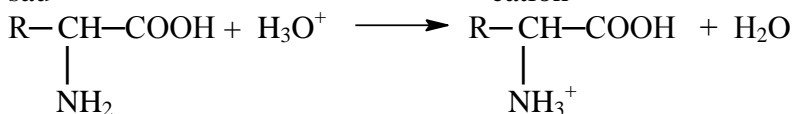


Datorită structurii de amfion aminoacizii pot neutraliza acizii și bazele cu care vin în contact.

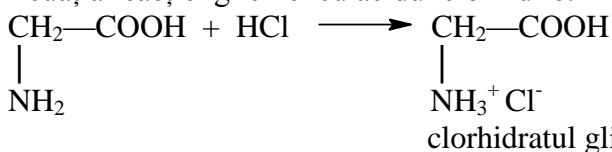
**a) Reacția aminoacizilor cu acizi, pH < 7, mediu acid**



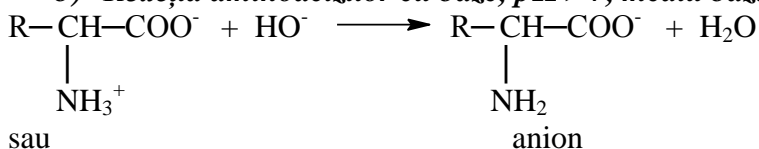
sau



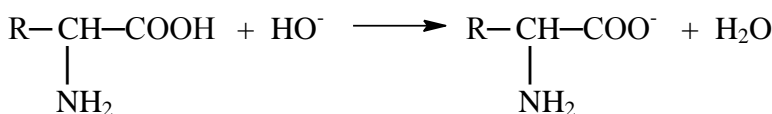
Ecuatia reacției glicinei cu acidul clorhidric:



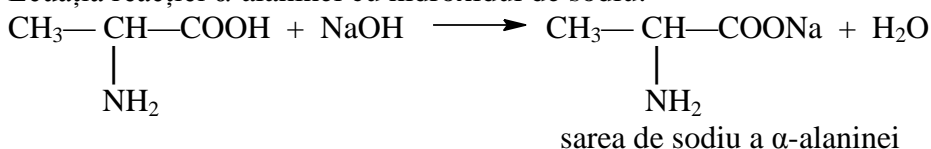
**b) Reacția aminoacizilor cu baze, pH > 7, mediu bazic**



sau



Ecuatia reacției α-alaninei cu hidroxidul de sodiu:



**Soluțiile de aminoacizi sunt soluții tampon**, adică neutralizează mici cantități de acizi și baze și mențin pH-ul soluțiilor constant.

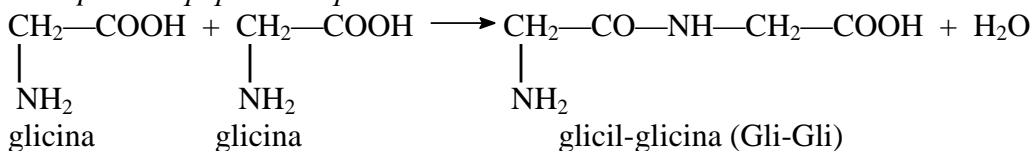
**2. Reacția de condensare și policondensare**, sunt reacții la care participă ambele grupe funcționale. *Reacția de condensare* este reacția de eliminare a apei între grupa carboxil a primului aminoacid și grupa amino a următorului aminoacid cu formarea unei legături peptidice (amidice) —CO—NH—.

Prođușii rezultați în urma proceselor de condensare și policondensare sunt: peptide (până la 10 molecule de aminoacizi), polipeptide ( între 10 și 50 aminoacizi), proteine ( 50 până la 10000 aminoacizi).

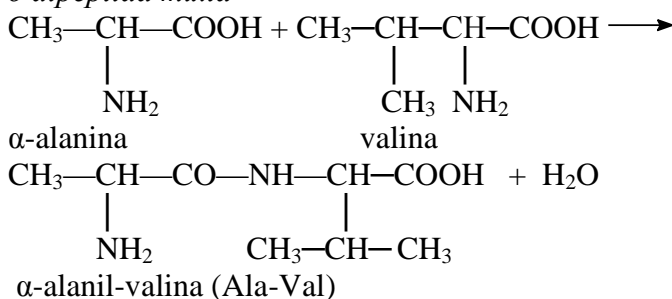
**Peptidele** pot fi:

- După natura aminoacizilor:
  - Simple, conțin aminoacizi identici;
  - Mixte, conțin aminoacizi diferiți;
- După numărul de aminoacizi:
  - Dipeptide (2 aminoacizi)
  - Tripeptide (3 aminoacizi), tetrapeptide, pentapeptide,.....

*Exemplu: o dipeptidă simplă*



*o dipeptidă mixtă*



Denumirea peptidelor se formează din numele acidului C-terminal la care se adaugă, ca prefix, numele radicalilor celorlalți aminoacizi.

Atunci când la reacția de condensare participă două molecule de aminoacizi diferiți se pot obține mai multe peptide. Exemplu, din glicină și valină se pot obține 4 dipeptide:

- dipeptide simple (2): glicil-glicină, valil-valină;
- dipeptide mixte (2): glicil-valină, valil-glicină.

Dacă la reacția de condensare participă trei molecule de aminoacizi diferiți (glicină, serină, cisteină) se pot obține următoarele tripeptide:

- tripeptide simple (3): glicil-glicil-glicină, seril-seril-serină, cisteinil-cisteinil-cisteină;
- tripeptide mixte (6): glicil-seril-cisteină, glicil-cisteinil-serină, seril-glicil-cisteină, seril-cisteinil-glicină, cisteinil-glicil-serină, cisteinil-seril-glicină.

*Majoritatea aminoacizilor care intră în compoziția proteinelor sunt  $\alpha$ -aminoacizi.* Aminoacizii care nu sunt sintetizați de organismul animal și trebuie introduși prin hrană, alimente de origine vegetală și animală, se numesc **aminoacizi esențiali**. Aceștia sunt: valina, leucina, izoleucina, lisina, treonina, fenil-alanina, metionina, triptofan și histidina doar pentru copii.

Aminoacizii care sunt sintetizați de organism se numesc **neesențiali**.

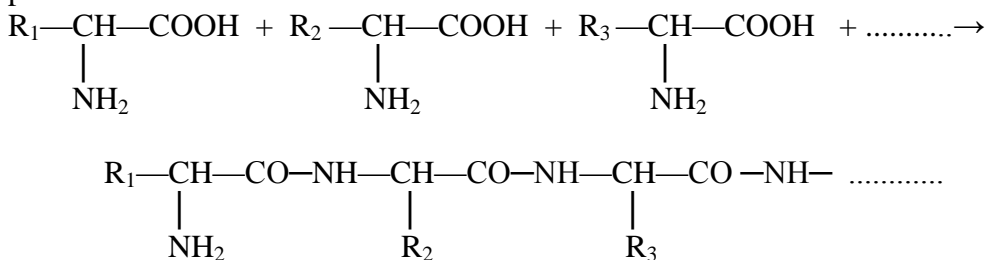
### 3. Identificarea aminoacizilor

- cu sulfat de cupru, aminoacizii capătă o culoare albastru intens;
- cu ninhidrină, aminoacizii se colorează în albastru sau albastru-violet.



## PROTEINE

**Proteinele** sunt compuși macromoleculari naturali rezultați prin policondensarea  $\alpha$ -aminoacizilor.



Proteinele sunt compuși organici care conțin toate elementele organogene.

Numărul mare de aminoacizi, dar mai ales posibilitățile multiple în care aceștia se pot succeda în macromoleculele proteice, conduc la o diversitate mare de proteine. Proteinele sunt tipice unei anumite specii vegetale sau animale.

### Proprietățile proteinelor

**1. Reacția de hidroliză**, este proprietatea proteinelor în urma căreia se obțin peptide (hidroliză parțială) sau amestecuri de  $\alpha$ -aminoacizi (hidroliza totală).

**Hidroliza enzimatică** are loc în timpul digestiei proteinelor din alimente în prezența enzimelor proteolitice din organism. Producții obținuți prin hidroliza enzimatică a proteinelor sunt peptidele și apoi aminoacizii. Aminoacizii rezultați sunt folosiți de organism pentru a forma proteinele proprii necesare creșterii, refacerii țesuturilor, sintezei de enzime și hormoni.

*De exemplu*, prin hidroliza parțială a hexapeptidei: Ala-Gli-Ser-Val-Glu-Cis, se obține un amestec de peptide care poate conține:

- *pentapeptide*: Ala-Gli-Ser-Val-Glu, Gli-Ser-Val-Glu-Cis;
- *tetrapeptide*: Ala-Gli-Ser-Val, Gli-Ser-Val-Glu, Ser-Val-Glu-Cis;
- *tripeptide*: Ala-Gli-Ser, Val-Glu-Cis, Gli-Ser-Val, Ser-Val-Glu, Val-Glu-Cis;
- *dipeptide*: Ala-Gli, Ser-Val, Glu-Cis, Gli-Ser, Val-Glu.

**2. Denaturarea proteinelor** constă în modificarea structurii și proprietăților proteinelor în prezența unor agenți fizici și chimici. Denaturarea proteinelor poate fi:

- **reversibilă**, este determinată de agenți fizici, de exemplu temperaturile scăzute, iar proteinele revin la structura și proprietățile inițiale.
- **ireversibilă**, este determinată de agenți fizici (temperatura ridicată, raze X), de agenți chimici (săruri ale metalelor grele, acizi concentrați) și de agenți biochimici (enzime), iar proteinele nu-și mai pot reface structura și proprietățile biochimice inițiale. *Exemplu* de denaturare ireversibilă: coagularea albușului de ou la încălzire sau la tratarea cu acid clorhidric.

### **Stare naturală și importanță**

Principalele surse de proteine sunt:

- ✓ Vegetale: soia, ciuperci, linte, fasole, năut, alune, susan, nuci;

- ✓ Animale: carne, brânzeturi, ouă, pește, lactate;
- ✓ Surse alternative: alge, proteine de biosinteză;

Proteinele au rol vital în organismele vii.

1. Intră în constituția organismului uman cu rol fundamental sau auxiliar.
  - Colagenul contribuie la forma corpului (oase, tendoane, piele);
  - Keratina formează părul, unghiile;
2. Au rol de transport
  - Hemoglobina din sânge transportă oxigenul, fierul;
3. Sunt biocatalizatori, deoarece intră în compoziția enzimelor care catalizează procesele metabolice.
4. Sunt compuși responsabili de apariția imunității. Anticorpul sunt proteine care apără organismul de virusuri.

### Aplicații – aminoacizi

I. Aminoacizii naturali sunt, cu mici excepții,  $\alpha$ -aminoacizi.

1. Stabiliți formula structurală și denumirea IUPAC pentru  $\alpha$ -aminoacidul monoamino-monocarboxilic alifatic care conține în molecula sa 35,95% O, procente masice.

2. Scrieți formulele structurale ale aminoacidului identificat la:

a)  $pH=2$ , mediu acid;      b)  $pH=13$ , mediu bazic.

3. Calculați volumul de soluție de NaOH de concentrație 20% și  $\rho=1,2$  g/cm<sup>3</sup>, ce reacționează cu 2 moli de  $\alpha$ -alanina.

Rezolvare:

1. Formula generală:  $R-CH-COOH$ ,  $\mu$ aminoacid = R + 74 g/mol



R + 74 g .....32 g O

100 g.....35,95 g,    R = 15,    R este CH<sub>3</sub>-

Formula structurală a aminoacidului CH<sub>3</sub>-CH-COOH, ac. 2-aminopropanoic;



2. a) formula de structură în mediu acid CH<sub>3</sub>-CH-COOH, este un cation;



b) formula de structură în mediu bazic CH<sub>3</sub>-CH-COO<sup>-</sup>, este un anion;



3. CH<sub>3</sub>-CH-COOH + NaOH  $\longrightarrow$  CH<sub>3</sub>-CH-COONa + H<sub>2</sub>O



2 moli  $\alpha$ -alanina  $\Rightarrow$  2 moli NaOH  $\Rightarrow$  m = 2·40 = 80 g (m<sub>d</sub>)  
 m<sub>s</sub> = 80 · 100/20 = 400 g soluție, V<sub>s</sub> = 400/1,2 = 333,3(3) cm<sup>3</sup>

**II.** Aminoacizii esențiali sunt necesari pentru sinteza unor substanțe biologice importante în organism și sunt introduși în organism prin intermediul alimentelor.

1. Identificați formula structurală și denumirea IUPAC a  $\alpha$ -aminoacidului diamino-monocarboxilic, esențial, A, care conține raportul de masă C:H:O:N = 36:7:16:14.

2. Scrieți ecuațiile reacțiilor aminoacidului identificat cu:

a) KOH(aq);      b) HCl(aq).

3. Calculați masa de  $\alpha$ -aminoacid, A, identificat ce reacționează cu 200 cm<sup>3</sup> acid clorhidric de concentrație 2 mol/L.

Rezolvare:

1. C = 36/12 = 3 atomi-gram

H = 7 atomi-gram

O = 16/16 = 1 atomi-gram

N = 14/14 = 1 atomi-gram,  $\Rightarrow$  formula brută C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>ON

Formula moleculară (C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>ON)<sub>n</sub>

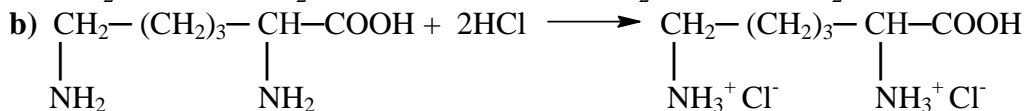
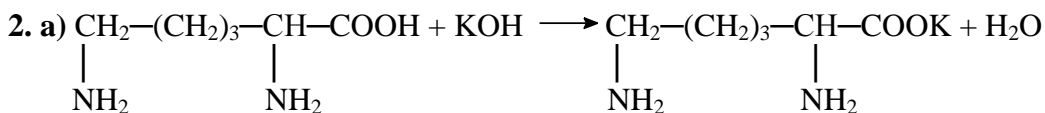
Deoarece aminoacidul este diamino-monocarboxilic, n=2, formula moleculară este C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>O<sub>2</sub>N<sub>2</sub>

CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—CH—COOH

|  
NH<sub>2</sub>

|  
NH<sub>2</sub>

ac. 2,6-diaminohexanoic (lisina)



3. V<sub>s</sub> = 0,2 L, C<sub>M</sub> = 2 mol/L,  $v = 0,2 \cdot 2 = 0,4$  moli HCl,  $\Rightarrow 0,8$  moli lisina

$\mu\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_2\text{N}_2 = 146$  g/mol,  $m = 0,8 \cdot 146 = 116,8$  g lisină

**III.** Aminoacizii sunt elemente esențiale cu rol în formarea proteinelor și asigură rezervele de energie necesară organismelor.

1. Se dau formulele structurale pentru următorii aminoacizi:

(A) HO-CH<sub>2</sub>-CH(NH<sub>2</sub>)-COOH (B) H<sub>3</sub>C-CH(NH<sub>2</sub>)-COOH

(C) HS-CH<sub>2</sub>-CH(NH<sub>2</sub>)-COOH

a) Precizați numărul dipeptidelor obținute din aminoacizii A și B; scrieți formula structurală a unei dipeptide mixte.

b) Precizați numărul de tripeptide obținute din aminoacizii A, B, C.

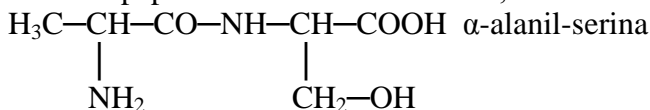
2. a) Calculați procentul masic de azot dintr-o tripeptidă mixtă.

b) Calculați compoziția procentuală elementală masică a serinei.

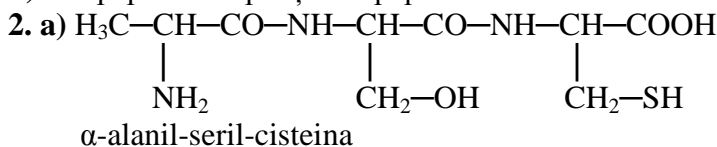
Rezolvare:

1. a) 2 dipeptide simple: seril-serina;  $\alpha$ -alanil- $\alpha$ -alanină.

2 dipeptide mixte: seril- $\alpha$ -alanină;  $\alpha$ -alanil-serina.



b) 3 tripeptide simple și 6 tripeptide mixte izomere.



$\mu\text{C}_9\text{H}_{17}\text{O}_5\text{N}_3 = 247 \text{ g/mol}$

$$\% \text{ N} = \frac{42 \cdot 100}{247} = 17$$

b)  $\mu\text{C}_3\text{H}_7\text{O}_3\text{N} = 105 \text{ g/mol}$

$$\% \text{ C} = \frac{36 \cdot 100}{105} = 34,28 \quad \% \text{ H} = \frac{7 \cdot 100}{105} = 6,6(6) \quad \% \text{ N} = \frac{14 \cdot 100}{105} = 13,3(3)$$

$$\% \text{ O} = \frac{48 \cdot 100}{105} = 45,71$$

IV. Prin reacția de condensare dintre  $\alpha$ -alanină și un aminoacid monoamino-monocarboxilic (A) rezultă o dipeptidă mixtă cu  $\mu = 188 \text{ g/mol}$ .

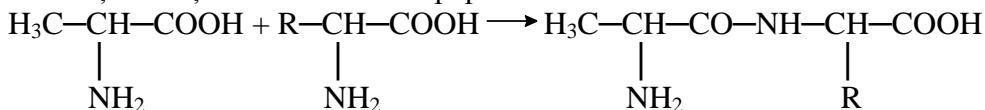
1. Stabiliți formula de structură a aminoacidului (A).

2. Scrieți formulele structurale ale dipeptidelor mixte obținute din  $\alpha$ -alanină și aminoacidul identificat.

3. Stabiliți raportul masic al elementelor din dipeptida mixtă identificată.

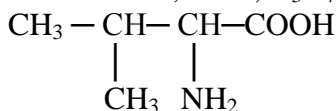
Rezolvare:

1. ecuația reacției de formare a dipeptidei:



$\mu\text{dipeptida } \text{C}_5\text{H}_9\text{O}_3\text{N}_2\text{R} = 188 \text{ g/mol}, 145 + \text{R} = 188, \text{R} = 43,$

$14n + 1 = 43, n = 3, \text{C}_3\text{H}_7-$



ac. 2-amino-3-metil-butanoic (valina)

2. Dipeptidele mixte:  $\alpha$ -alanil-valina; valil- $\alpha$ -alanină

3. C:H:O:N = 96:16:48:28 = 24:4:12:7



## 14. EXERCITII ȘI PROBLEME RECAPITULATIVE

### Hidrocarburi

**A.** Citiți următoarele enunțuri. Dacă apreciați că enunțul este adevărat scrieți, pe foaia de examen, numărul de ordine al enunțului și litera A. Dacă apreciați că enunțul este fals scrieți, pe foaia de examen, numărul de ordine al enunțului și litera F.

1. Formula brută  $\text{CH}_2$ , aparține etanului.
2. Reacțiile comune alcanilor și alchinelor sunt cele de ardere.
3. Acidul clorhidric se adăunează conform regulii lui Markovnikov la 1-butenă.
4. Metanul are formulă structurală spațială.
5. Cloroetanul este monomer în reacțiile de polimerizare.

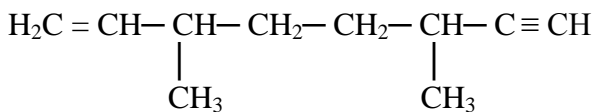
**B.** Pentru fiecare item al acestui subiect, notați numai litera corespunzătoare răspunsului corect. Fiecare item are un singur răspuns corect.

1. Numărul radicalilor monovalenți proveniți de la alcanul 2-metilbutan, este egal cu: a. 2 b. 4 c. 5 d. 6
2. Monoclorurarea benzenului decurge:
  - a. cu scindarea legăturilor C-C
  - b. cu obținerea unui singur produs de substituție
  - c. cu scindarea legăturilor C=C
  - d. cu obținerea unui singur produs de adiție
3. Numărul de alchene izomere de poziție cu formula moleculară  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ , este:
  - a. 2
  - b. 3
  - c. 4
  - d. 5
4. Hidrocarbura care *nu* decolorează apa de brom, este:
  - a. propena
  - b. 1-butina
  - c. benzenul
  - d. etina
5. Prin clorurarea fotochimică a toluenului se obține:
  - a. o-clorotoluen
  - b. p-clorotoluen
  - c. clorura de benzil
  - d. triclorotoluen

**C.** Scrieți, pe foaia de examen, numărul de ordine al formulelor reactanților din coloana **A**, însoțit de litera din coloana **B**, corespunzătoare denumirii produsului organic rezultat din reacție. Fiecărei cifre din coloana **A** îi corespunde o singură literă din coloana **B**.

A	B
1. $\text{CH} \equiv \text{CH} + \text{HOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4 / \text{HgSO}_4}$	a. tetralina
2. $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 + \text{HOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{SO}_4}$	b. etanal
3. $\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{CH}_3 + \text{Br}_2 \xrightarrow{\text{CCl}_4}$	c. polietena
4. $\text{C}_{10}\text{H}_8 + 5\text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}}$	d. 1,2-dibromopropan
5. $n\text{CH}_2 = \text{CH}_2 \longrightarrow$	e. decalina
	f. 2-butanol

**D.** Pentru hidrocarbura cu următoarea formulă structurală, precizați:



1. Tipul catenei din hidrocarbura, având în vedere natura legăturilor chimice dintre atomii de carbon;
2. Numărul de legături  $\pi$  și numărul de electroni  $\pi$  din molecula hidrocarburi;
3. Raportul atomic Cterțiar : Cprimar din molecula hidrocarburi;
4. Calculați masa de hidrogen, exprimată în grame, din 27,2 g de hidrocarbura;
5. Scrieți ecuațiile reacțiilor hidrocarburi cu:
  - a.  $\text{H}_2$  (Ni)
  - b.  $\text{H}_2$  (Pd/  $\text{Pb}^{2+}$ )
  - c.  $\text{H}_2\text{O}$ / ( $\text{HgSO}_4/\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

**E. 1.** Prin arderea a 0,58 g alcan gazos se formează 0,896 L  $\text{CO}_2$  în c.n.

- a) Determinați formula moleculară a alcanului și scrieți izomerii săi;
  - b) Denumiți compușii rezultați prin monobromurarea celor doi izomeri.
2. Adiția de brom se folosește pentru recunoașterea alchenelor și determinarea lor cantitativă.
    - a) Prin bromurarea totală a unei alchene masa acesteia crește cu 163,25%. Identificați formula moleculară a alchenei.
    - b) Scrieți un izomer al alchenei care să prezinte atât izomeri geometrici, cât și izomeri optici.
  3. Prin adiția acidului clorhidric la 11,2 L alchină (c.n) se formează 63,5 g derivat diclorurat. Identificați formula moleculară și structurală a alchinei simetrice.

**F. 1.** Benzenul și toluenul au numeroase întrebuințări ca materii prime în industria chimică. Prin clorurarea toluenului se obține un amestec de monoclorotoluen, diclorotoluen și triclorotoluen în raport molar de 3:2:1.

- Calculați volumul de clor, măsurat în condiții normale, necesar obținerii 759 kg monoclorotoluen în condițiile date.
2. Prin clorurarea catalitică a benzenului se formează un amestec care conține monoclorobenzen, diclorobenzen și triclorobenzen în raport molar de 3:1:1. Calculați masa de benzen necesară pentru obținerea a 1332 g amestec de compuși clorurați.
  3. Prin alchilarea benzenului cu o alchenă se obține un compus cu raportul de masă C:H = 9:1.
    - a) Identificați alchena și scrieți ecuația reacției chimice;
    - b) Calculați volumul de benzen cu  $\rho=0,8$  g/mL ce reacționează cu 0,164 m<sup>3</sup> de propenă, la 27°C și 2280 mmHg.  $R=0,082$  l·atm/mol·K.

Rezolvare:

- A.** 1-F, 2-A, 3-A, 4-A, 5-F.  
**B.** 1-b, 2-b, 3-b, 4-c, 5-c.

C. 1-b, 2-f, 3-d, 4-e, 5-c.

D. 1. Catenă nesaturată;

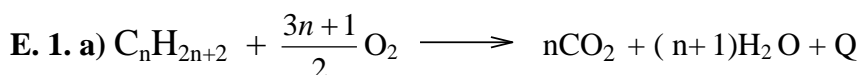
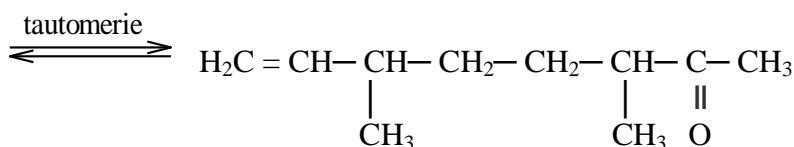
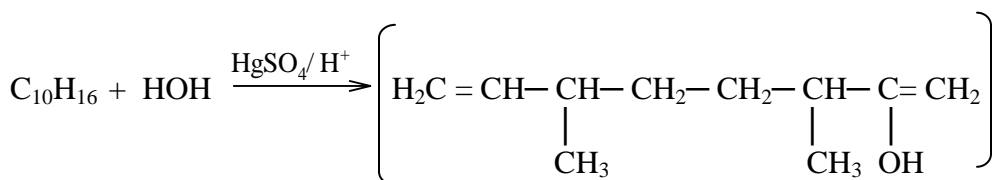
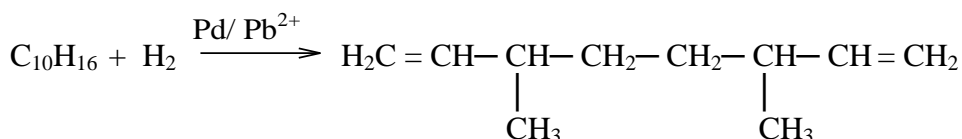
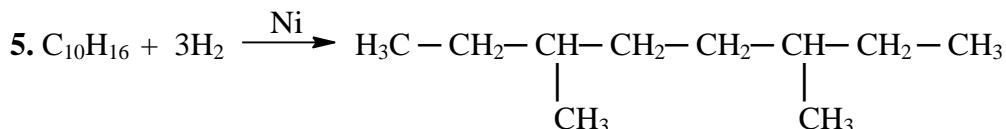
2. Conține 3 legături  $\pi$  și 6 electroni  $\pi$ ;

3. Ct:Cp = 4:2 = 2:1;

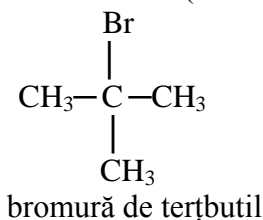
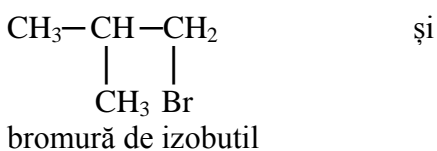
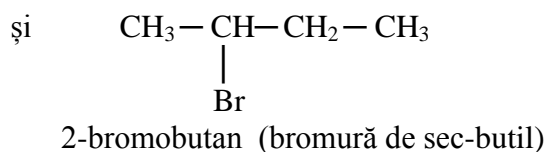
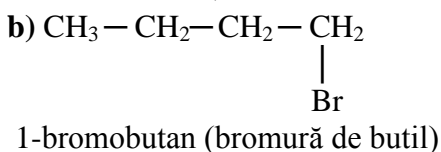
4.  $\mu_{C_{10}H_{16}} = 136$  g/mol,

136 g hidrocarbură.....16 g H

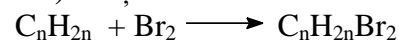
27,2 g hidrocarbură.....x g H, x= 3,2 g H



$$\frac{0,58}{14n+2} = \frac{0,896}{n \cdot 22,4}, n = 4, C_4H_{10}, n\text{-butan și izobutan (2-metilpropan)}$$



2. a) Creșterea masei este determinată de fixarea bromului la alchenă.



14n g alchenă.....160g g Br<sub>2</sub>



100 g alchenă.....163,25 g Br<sub>2</sub>

n = 7, C<sub>7</sub>H<sub>14</sub>

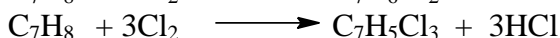
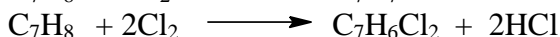
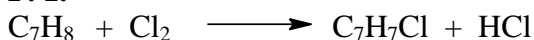
b) CH<sub>3</sub>–CH=CH–CH–CH<sub>2</sub>–CH<sub>3</sub> 4-metil-2-hexena



3. C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub> + 2HCl → C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>Cl<sub>2</sub>

$$\frac{11,2}{22,4} = \frac{63,5}{14n + 71}, n = 4, \text{C}_4\text{H}_6, \text{CH}_3\text{—C}\equiv\text{C—CH}_3 \quad \text{2-butina}$$

### F. 1.



Considerăm 3x kmoli C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>Cl, μ<sub>C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>Cl</sub> = 126,5 kg/kmol

2x kmoli C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>

x kmoli C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>Cl<sub>3</sub>

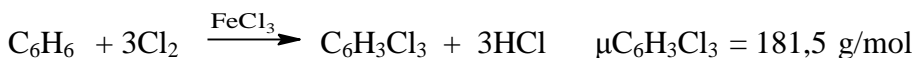
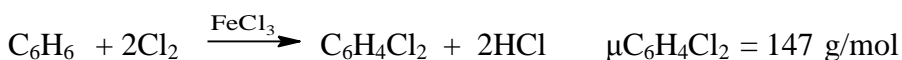
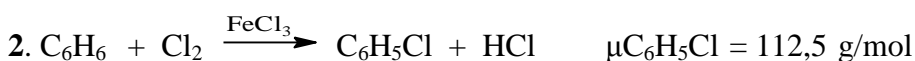
$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{759}{126,5} = 6 \text{ kmoli}, 3x = 6, x = 2$$

3x kmoli C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>Cl, 6 kmoli C<sub>7</sub>H<sub>7</sub>Cl, 6 kmoli Cl<sub>2</sub>

2x kmoli C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>, 4 kmoli C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>2</sub>, 8 kmoli Cl<sub>2</sub>

x kmoli C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>Cl<sub>3</sub>, 2 kmoli C<sub>7</sub>H<sub>5</sub>Cl<sub>3</sub>, 6 kmoli Cl<sub>2</sub>

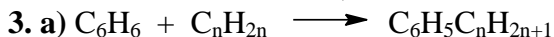
v = 20 kmoli Cl<sub>2</sub>, V = 20 · 22,4 = 448 m<sup>3</sup> Cl<sub>2</sub>



Considerăm 3x moli C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl, x moli C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>, x moli C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>Cl<sub>3</sub>

$$3x \cdot 112,5 + x \cdot 147 + x \cdot 181,5 = 1332, x = 2$$

3x + x + x = 5x moli benzen, 10 moli benzen, m = 10 · 78 = 780 g benzen



Raportul de masă al compusului  $\frac{C}{H} = \frac{72+12n}{6+2n} = \frac{9}{1}, n = 3, \text{C}_3\text{H}_6$



b) PV = νRT, T = 273 + 27 = 300K, p = 2280 : 760 = 3 atm, V = 164 L

$$v = \frac{PV}{RT} = \frac{3 \cdot 164}{0,082 \cdot 300} = 20 \text{ moli propenă}, 20 \text{ moli benzen}, m = 20 \cdot 78 = 156 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{156}{0,8} = 195 \text{ mL benzen}$$

## Compuși organici cu funcțiuni simple și mixte

**A.** Citiți următoarele enunțuri. Dacă apreciați că enunțul este adevărat scrieți, pe foaia de examen, numărul de ordine al enunțului și litera A. Dacă apreciați că enunțul este fals scrieți, pe foaia de examen, numărul de ordine al enunțului și litera F.

1. Compusul obținut la tratarea etanolului cu o soluție acidă de  $\text{KMnO}_4$  este etanal.
2. Punctul de fierbere al acidului butanoic este mai mare decât al butanului.
3. Este un tioaminoacid serina.
4. Radicalul hidrocarbonat din compoziția unui săpun este hidrofob.
5. Caracterul reducător al glucozei este pus în evidență în reacția cu reactivul Fehling.

**B.** Pentru fiecare item al acestui subiect, notați numai litera corespunzătoare răspunsului corect. Fiecare item are un singur răspuns corect.

1. Din reacția acidului etanoic cu etanolul se obține:

- |  |  |
|--|--|
| a. $\text{CH}_3\text{—COO—CH}_2\text{—CH}_3$ | b. $\text{H—COO—CH}_2\text{—CH}_3$                   |
| c. $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—COO—CH}_3$ | d. $\text{CH}_3\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—COOH}$ |

2. Trinitratul de glicerină se obține, din glicerină, printr-o reacție de:

- a. adiție    b. ardere    c. esterificare    d. izomerizare

3. Acidul acetic *nu* poate reacționa cu următoarea substanță:

- a.  $\text{NaHCO}_3$     b.  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}/\text{H}^+$     c.  $\text{KOH}$     d.  $\text{Ag}$

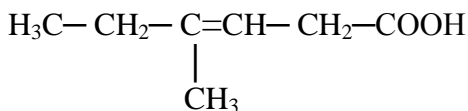
4. Într-o soluție cu  $\text{pH} = 2$ , valina se prezintă majoritar sub formă de:

- a. amfion    b. cation    c. anion    d. moleculă neutră

5. Are același conținut procentual masic de C, H, O, N, ca și tripeptida simplă alanil-alanil-alanină, următoarea tripeptidă:

- a. glicil-alanil-serină    b. glicil-valil-valină  
c. glicil-glicil-valină    d. alanil-alanil-serină

**C.** Compusul (A) are formula de structură:



1. Precizați o particularitate structurală a compusului.

2. Calculați raportul masic C:H din compusul (A).

3. Scrieți ecuațiile reacțiilor compusului (A) cu:

- a.  $\text{Br}_2$  ( $\text{CCl}_4$ );    b.  $\text{NaOH}$  (aq);    c.  $\text{H}_2\text{O}$  ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )    d.  $\text{MgCO}_3$ .

4. Calculați masa de sare obținută în reacția compusului (A) cu 20 g carbonat de magneziu, de puritate 84%.

5. Determinați formula brută a compusului (A).

**D. 1.** Fermentațiile sunt procese biochimice determinate de enzimele unor microorganisme. Se consideră schema următoare:



a) Scrieți ecuațiile reacțiilor chimice;

b) Calculați masa de glucoză necesară obținerii a 10 kg de oțet cu 6% acid acetic.

**2.** Etanolul poate fi folosit drept combustibil, având o putere calorică ridicată, 7100 kcal/kg. Calculați cantitatea de căldură care se degajă prin arderea a 115 mL etanol cu densitatea  $\rho=0,8$  g/mL.

**3.** Esterii inferiori sunt substanțe frumos mirositoare. Prin esterificarea unui acid monocarboxilic saturat cu etanolul se obține un ester cu miros de ananas și masa moleculară 116 g/mol.

a) Identificați acidul și scrieți ecuația reacției chimice.

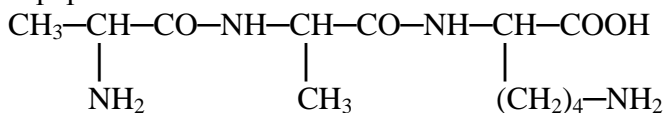
b) Precizați structura și denumirea esterului.

c) Calculați masa de ester obținută cu randamentul 80% din 2 kmoli acid.

**4.** Principalul dezavantaj al detergenților obișnuiți este faptul că ei nu sunt biodegradabili, așa cum sunt săpunurile și poluează apele.

Un detergent cationic se caracterizează prin raportul molar grupe metilen: grupe metil = 2,75. Determinați formula detergentului și masa lui molară.

**E. 1.** Peptidele sunt produși de hidroliză parțială a proteinelor din alimente, în timpul digestiei. Prin hidroliza parțială a unei proteine s-a obținut următoarea tripeptidă:



a) Precizați denumirea tripeptidei;

b) Scrieți ecuația reacției de hidroliză totală a tripeptidei;

c) Denumiți IUPAC aminoacidul monoamino-monocarboxilic din compoziția tripeptidei;

d) Scrieți structura aminoacidului de la punctul c), la  $pH=2$ .

**2.** Prin hidroliza parțială a unei pentapeptide se formează dipeptidele: glicil-glicina, alanil-valina, glicil-alanina și valil-glicina.

a) Precizați denumirea și formula plană a pentapeptidei;

b) Precizați aminoacizii din structura pentapeptidei, cu activitate optică;

c) Identificați aminoacidul din structura pentapeptidei cu cel mai mare conținut procentual de azot.

**3.** Un amestec echimolecular de glucoză și fructoză se tratează cu exces de soluție de reactiv Fehling de concentrație 2M și se formează 432 g precipitat roșu-cărămiziu.

a) Calculați masa amestecului de glucoză și fructoză;

b) Calculați volumul de soluție de reactiv Fehling folosit.

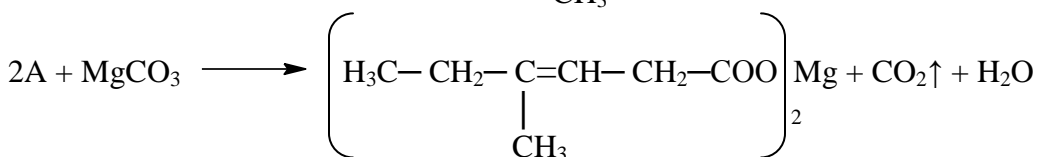
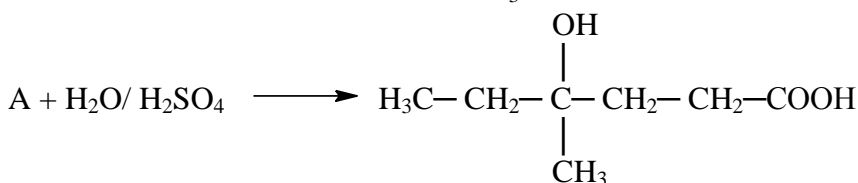
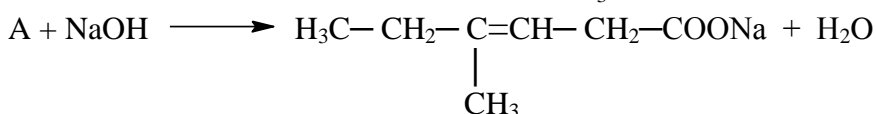
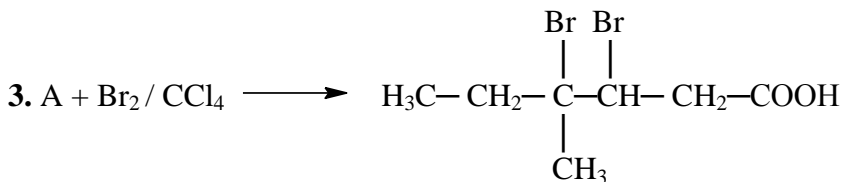
Rezolvare:

**A.** 1-F, 2-A, 3-F, 4-A, 5-A.

**B.** 1-a, 2-c, 3-d, 4-c, 5-c.

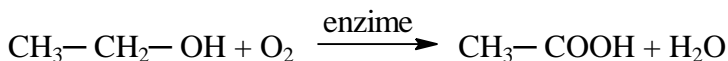
**C. 1.** Grupa carboxil,  $-\text{COOH}$

**2.** C:H = 84:12 = 7:1



$$4. \text{ mp} = \frac{84}{100} 20 = 16,8 \text{ g MgCO}_3, \quad \frac{16,8}{84} = \frac{x}{278}, \quad x = 55,6 \text{ g sare}$$

**5.** Raportul atomic C:H:O = 7:12:2, formula brută  $\text{C}_7\text{H}_{12}\text{O}_2$ .



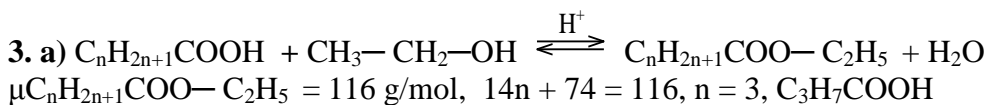
$$\text{b) } m_{\text{acid}} \frac{6}{100} 10 = 0,6 \text{ kg} = 600\text{g}, \quad v = \frac{600}{60} = 10 \text{ moli acid acetic}$$

Calculul pe reacție conduce la: 10 moli etanol, 5 moli glucoză

$$m_{\text{glucoză}} = 5 \cdot 180 = 900 \text{ g}$$

$$2. \rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = 115 \text{ mL} \cdot 0,8 \text{ g/mL} = 92 \text{ g} = 0,092 \text{ kg etanol}$$

$$q = \frac{Q}{m(\text{kg})} \Rightarrow Q = 7100 \text{ kcal/kg} \cdot 0,092 \text{ kg} = 653,2 \text{ kcal}$$



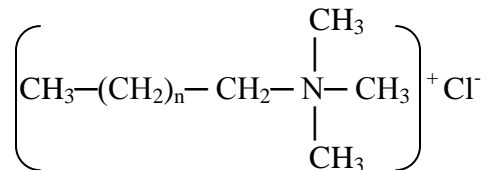


b) butanoat de etil,  $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COO}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$

c) 2 kmoli acid butanoic  $\Rightarrow$  2 kmoli ester,  $m = 2 \cdot 116 = 232 \text{ kg (C}_1)$

$$C_p = \frac{232 \cdot 80}{100} = 185,6 \text{ kg butanoat de etil}$$

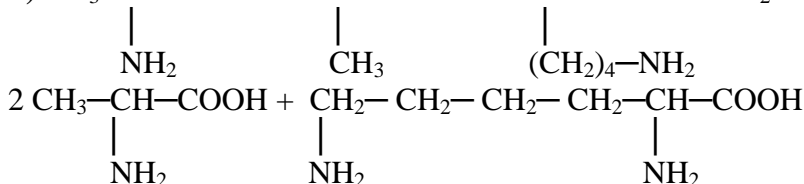
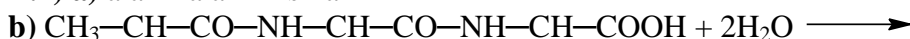
4.



Detergentul cationic conține  $n+1$  grupe metilen,  $-\text{CH}_2-$  și 4 grupe metil,  $-\text{CH}_3$

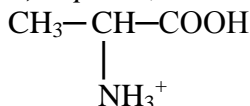
$$\frac{n+1}{4} = 2,75 \Rightarrow n = 10, \quad \mu_{\text{C}_{15}\text{H}_{34}\text{NCl}} = 263,5 \text{ g/mol}$$

E.1) a) alanil-alanil-lisina



c) acid 2-aminopropanoic

d) la  $\text{pH}=2$ , aminoacidul se găsește sub formă de cation;

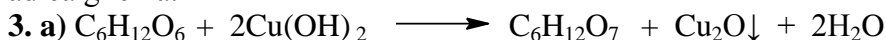


2. a) Glicil-glicil-alanil-valil-glicina

b)  $\alpha$ -alanina și valina

c)  $\% \text{N} = \frac{14 \cdot 100}{\mu_{\text{am}}}$ , pentru aminoacizii cu o singură grupă amino;

Cel mai mare procent de azot îl are aminoacidul cu cea mai mică masă molară, adică glicina.



$\mu_{\text{Cu}_2\text{O}} = 144 \text{ g/mol}$

$$v = \frac{m}{\mu} = \frac{432}{144} = 3 \text{ moli Cu}_2\text{O}$$

$$\frac{x}{1} = \frac{3}{1}, \quad x = 3 \text{ moli glucoză, 3 moli fructoză (amestec echimolecular)}$$

6 moli amestec,  $m = 6 \cdot 180 = 1080 \text{ g amestec glucoză și fructoză}$

b)  $\frac{y}{2} = \frac{3}{1}, y = 6 \text{ moli Cu}(\text{OH})_2, \quad V_s = 6/2 = 3 \text{ L soluție Cu}(\text{OH})_2$

## **15. BIBLIOGRAFIE**

1. Nenițescu, C.D., Chimie organică, vol. 1 și 2, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.
2. Avram, M., Chimie organică, vol. 1 și 2, Editura Academiei R.S. România, București, 1983.
3. Arsene, P., Marinescu, C., Chimie organică, teorie, probleme, exerciții, aplicații, Editura Aramis, București, 2004.
4. Alexandrescu, E., Dănciulescu, D., Chimie organică pentru liceu-Sinteze, probleme, teste, Editura LVS Crepuscul, Ploiești, 2009.
5. Vlădescu, L., Tărăbășanu-Mihăilă, C., Irinel Doicin, L., Chimie manual pentru clasa a X-a, Editura Grup Editorial Art, 2005.
6. Albu, C. D., Petrescu, O., Cosma, I., Chimie manual pentru clasa a X-a, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1994.
7. Petrescu, O., Dobrescu, G., Chimie manual pentru clasa a X-a, Editura Aramis, București, 2002.
8. Vlădescu, L., Badea, I. A., Irinel Doicin, L., Chimie manual pentru clasa a XI-a, Editura Grup Editorial Art, 2006.
9. Loloiu, G., Baci, I., Bogdan, D., Chimie manual pentru clasa a XI-a, Editura All Educational, București, 2002.
10. Alexandrescu, E., Nedelcu, M., Zaharia, V., Chimie XI, Editura LVS Crepuscul, Ploiești, 2006.
11. Alan I., Manual pentru clasa a XI-a, Editura Aramis Print, 2006.
12. Alexandrescu, E., Nedelcu, M., Zaharia, V., Chimie XII, Editura LVS Crepuscul, Ploiești, 2002.
13. Ursea, L., Cercasov, C., Chimie manual pentru clasa a XII-a, Editura Humanitas, București, 2002.
14. Bogdan, D., Baci, I., Probleme de chimie, culegere pentru clasele a X-a și a XI-a, Editura Mistral Info Media, 2007.
15. Mihăilă, V., Nistor, M., Grigore, R., Cantemir, G., Culegere de probleme de chimie, Editura Sapiens, Brăila, 1998.
16. Petrescu, V., Petrescu, S., Culegere de exerciții și probleme chimie organică, Editura Danubius, Brăila, 2011.
17. Modele de subiecte pentru examenul de bacalaureat, Ministerul Educației Naționale, Centrul Național de Evaluare și Examinare, 2009.
18. Programa de examen pentru disciplina Chimie Bacalaureat. Anexa nr. 2 la OMENCS nr. 5070 / 31.08.2016 privind organizarea și desfășurarea examenului de bacalaureat național - 2017