

SANDA FĂTU
CORNELIA GRECESCU
VERONICA DAVID
VALERIA LUPU

CHIMIE

Manual pentru clasa a 11-a

C1

filiera teoretică / profil real / specializările:
matematică-informatică și științe ale naturii

Editura
ALL

Cuprins

1. Caracteristici ale compușilor organici	
1.1. Clasificarea compușilor organici	5
1.2. Caracterizarea claselor de compuși organici studiați	8
2. Tipuri de reacții în chimia organică	
2.1. Reacția de substituție	18
2.2. Reacția de adiție	22
2.3. Reacția de eliminare	29
2.4. Reacția de transpoziție	31
<i>Exerciții și probleme</i>	34
☒ 3. Conversie. Randament	38
Noțiuni de tehnologie chimică	33
<i>Exerciții și probleme</i>	40
4. Compuși organici cu grupe funcționale	
4.1. Compuși halogenați	42
<i>Exerciții și probleme</i>	52
4.2. Compuși hidroxilici	54
<i>Exerciții și probleme</i>	61
☒ 4.3. Amine	63
<i>Exerciții și probleme</i>	73
☒ 4.4. Compuși carbonilici	75
<i>Exerciții și probleme</i>	84
☒ 4.5. Compuși carboxilici	86
<i>Exerciții și probleme</i>	89
5. Izomerie optică	96
<i>Exerciții și probleme</i>	101
6. Compuși cu importanță biologică	
6.1. Compoziția chimică a materiei vii	103
6.2. Zaharide	104
<i>Exerciții și probleme</i>	118
6.3. Aminoacizi	119
6.4. Proteine	124
☒ 6.5. Enzime–biocatalizatori	128
☒ 6.6. Hormoni	130
6.7. Acizi nucleici	131
<i>Exerciții și probleme</i>	136
<i>Probleme rezolvate</i>	140
<i>Subiecte date la examenul de admitere la medicină generală – 2005</i>	142

1 Caracteristici ale compușilor organici

1.1. Clasificarea compușilor organici

Unul dintre obiectivele majore ale chimiei organice este acela de a stabili o relație între structura moleculelor substanțelor organice și proprietățile lor fizice și chimice.

Substanțele organice se pot clasifica în funcție de natura legăturilor chimice și a grupelor funcționale (atomi sau grupe de atomi care determină o reactivitate chimică specifică).

Atomii de carbon pot fi legați prin legături simple (σ), duble (σ - π) sau triple (σ - π - π). Legăturile simple determină caracterul saturat al compușilor organici, cele duble sau triple, caracterul nesaturat al acestora.

Există clase de compuși care pe lângă atomi de carbon și hidrogen conțin și atomi ai altor elemente organogene (O, N, S, P, X – heteroatomi).

Atomul sau grupele de atomi dintr-o moleculă organică care se manifestă ca un centru al reactivității chimice se numesc *grupe funcționale*. Ele pot fi secvențe structurale ce includ legături π sau grupe care conțin alte elemente organogene.

Un compus organic cu funcțiuni este format dintr-un rest de hidrocarbură și o grupă funcțională.

Restul care se obține prin îndepărtarea unui sau a mai multor atomi de hidrogen din molecula unei hidrocarburi se numește *radical hidrocarbonat* (notat R—, Ar—).

Un compus organic se poate reprezenta, în mod general, prin formula: R—Y, în care: R reprezintă restul de hidrocarbură (radical hidrocarbonat); Y – grupa funcțională; când Y este un atom de hidrogen, compusul este o hidrocarbură: R—H.

În funcție de numărul atomilor de hidrogen care se pot substitui în molecula unei hidrocarburi, grupele funcționale se clasifică în:

- *monovalente*, care se leagă printr-o legătură simplă (σ) de radicalul hidrocarbonat (înlocuiesc un atom de hidrogen); de exemplu, —Cl, —OH;

- *divalente*, care se leagă printr-o legătură dublă de restul hidrocarbonat (înlocuiesc doi atomi de hidrogen); de exemplu, $\text{—C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{smallmatrix}$, $\text{—C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ | \end{smallmatrix}$;

- *trivalente*, care înlocuiesc trei atomi de hidrogen; de exemplu, $\text{—C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{smallmatrix}$, $\text{—C} \equiv \text{N}$.

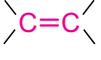
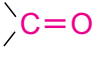
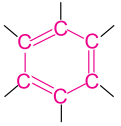
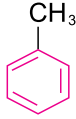
Compușii care conțin aceeași grupă funcțională au proprietăți fizico-chimice asemănătoare.

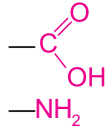
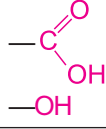
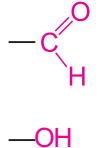
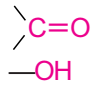
Substanțele organice care conțin în moleculă două sau mai multe grupe funcționale diferite sunt substanțe cu *funcțiuni mixte* și se regăsesc, în general, în compoziția materiei vii, de

exemplu: $\text{R—} \begin{smallmatrix} | \\ \text{NH}_2 \end{smallmatrix} \text{H—COOH}$, $\text{R—} \begin{smallmatrix} | \\ \text{OH} \end{smallmatrix} \text{H—COOH}$, $\text{H}_2\text{C—} \begin{smallmatrix} | \\ \text{OH} \end{smallmatrix} (\text{CHOH})_n \text{—C} \begin{smallmatrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{smallmatrix}$.

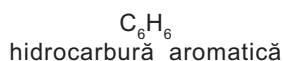
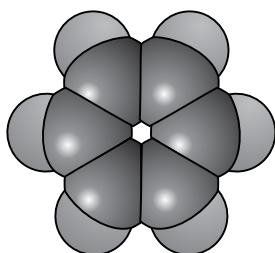
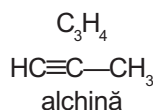
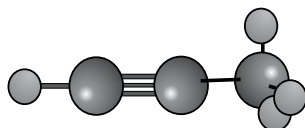
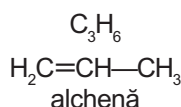
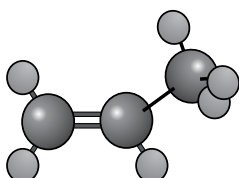
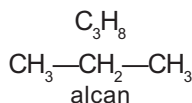
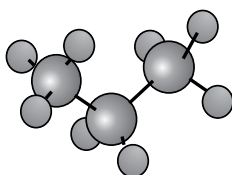
Noțiunea de grupă funcțională a permis sistematizarea a milioane de compuși organici și a simplificat studiul acestora.

În tabelul următor se regăsesc principalele grupe funcționale și clasele de substanțe pe care le formează:

Grupa funcțională	Formula și denumirea clasei de compuși cu grupă funcțională	Exemple	Denumirea și utilizarea compusului dat ca exemplu
—X (F, Cl, Br, I)	Halogen	R—X	Derivați halogenați
CH ₃ —Cl CH ₂ =CH—Cl			clorură de metil; agent frigorific, solvent clorură de vinil; obținerea polimerilor (policlorură de vinil)
—OH	Oxidril (hidroxil)	R—OH	Compuși hidroxilici
C ₂ H ₅ —OH C ₆ H ₅ —OH			alcool etilic; industria alimentară, medica- mente, parfumuri fenol; industria colo- ranților, medicamen- telor, rășinilor sintetice
—SH	Sulfhidril	R—SH	Tioli
CH ₃ —SH			metantioil; odorizarea gazului metan din conduce
—NH ₂	Amino	R—NH ₂	Amine
C ₆ H ₅ —NH ₂			anilină; sinteze colo- ranți, medicamente, rășini sintetice
—NO ₂	Nitro	R—NO ₂	Nitroderivați
C ₆ H ₅ —NO ₂			nitrobenzen; obține- rea anilinei și a substanțelor odorante
—SO ₃ H	Sulfonică	R—SO ₃ H	Acizi sulfonici
C ₆ H ₅ —SO ₃ H			acid benzensulfonic; obținerea fenolului
 Legătură dublă	(H)R—C=C—R(H) (H)R—C=C—R(H)	Alchene	H ₂ C=CH ₂ H ₃ C—HC=CH ₂
 Carbonil	R—C(=O)H R—C(=O)—R	Aldehyde Cetone	CH ₃ —C(=O)H CH ₃ —C(=O)—CH ₃
—C≡C—	Legătură triplă	(H)R—C≡C—R(H)	Alchine
HC≡CH			acetilenă; sudură, obținerea de monomeri vinilici
 Nucleu benzenic	(H)R—C ₆ H ₄ —R(H) (H)R—C ₆ H ₄ —R(H)	Arene	 ; 
			benzen, toluen; sol- venți, obținerea coloranților, medica- mentelor, maselor plastice, detergen- ților etc.

Grupa funcțională	Formula și denumirea clasei de compuși cu grupă funcțională		Exemple	Denumirea și utilizarea compusului dat ca exemplu
 Carboxil	$R-C(=O)OH$	Acizi carboxilici	$CH_3-C(=O)OH$	acid acetic; în industria coloranților și maselor plastice, în alimentație (oțet)
Derivați funcționali ai acizilor carboxilici	$R-C(=O)X$	Halogenuri acide	$CH_3-C(=O)Cl$	clorură de acetil; sinteze organice, agent de acilare
	$R-C(=O)O-R'$	Esteri	$CH_3-C(=O)O-C_2H_5$	acetat de etil; solvent
	$R-C(=O)O-C(=O)R$	Anhidride acide	$CH_3-C(=O)O-C(=O)CH_3$	anhidridă acetică; fabricarea medicamentelor, a coloranților
	$R-C\equiv N$	Nitrili	$CH_2=CH-C\equiv N$	acrilonitril; cauciucuri
	$R-C(=O)NH_2$	Amide	$H_2N-C(=O)NH_2$	uree; îngrășământ, rășini
Grupe funcționale mixte			CH_2-COOH $ $ NH_2	glicocol (glicină)
	$R-CH-COOH$ $ $ NH_2	Aminoacizi	$CH_3-CH-COOH$ $ $ NH_2	α-alanină; sinteze proteine
	$R-CH-COOH$ $ $ OH	Hidroxiacizi	$CH_3-CH-COOH$ $ $ OH	acid lactic; adeziv, polimeri biodegradabili, detergenți
	CHO $ $ $(CHOH)_n$ $ $ CH_2OH	Hidroxialdehide (zaharide)	CHO $ $ $(CHOH)_4$ $ $ CH_2OH	glucoză; industria alimentară, medicină
	CH_2OH $ $ $C=O$ $ $ $(CHOH)_n$ $ $ CH_2OH	Hidroxicetone (zaharide)	CH_2OH $ $ $C=O$ $ $ $(CHOH)_3$ $ $ CH_2OH	fructoză; industria alimentară

1.2. Caracterizarea claselor de compuși organici studiați



■ Formule și modele ale unor hidrocarburi.

● Chimia organică se ocupă cu studiul hidrocarburilor și al derivaților funcționali ai acestora.

● Moleculele compușilor organici sunt formate prin legături covalente simple, duble sau triple. Chimia organică este predominant chimia legăturilor covalente.

● Compoziția substanțelor organice se determină prin analiză elementală. Pe baza compoziției substanțelor organice se stabilesc formulele acestora, care pot fi: brute și moleculare.

● Geometria moleculelor se stabilește pe baza unor tehnici moderne de măsurare a distanțelor interatomice și a unghiurilor dintre legături.

● Tipul legăturilor chimice din moleculele organice determină caracterul saturat sau nesaturat al acestora.

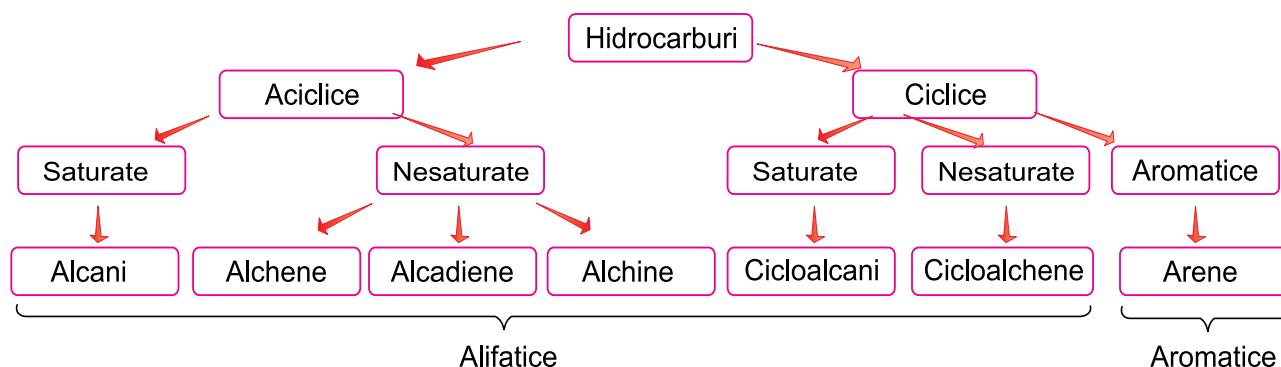
Tipul legăturii covalente	simplă	dublă	triplă
Lungimea legăturii	1,54 Å	1,33 Å	1,20 Å
Caracteristici	permite rotația liberă în jurul legăturii	nu permite rotația liberă	nu permite rotația liberă

● Între proprietățile substanțelor organice și structura lor există o relație univocă.

● Substanțele cu aceeași formulă moleculară, dar cu formule structurale diferite, se numesc izomeri.

● Ordinea de legare a atomilor în moleculă determină apariția izomeriei de constituție (structură): de catenă, de poziție, de funcțiune.

● Compușii organici alcătuiți din atomi de carbon și hidrogen se numesc hidrocarburi; ele se clasifică astfel:



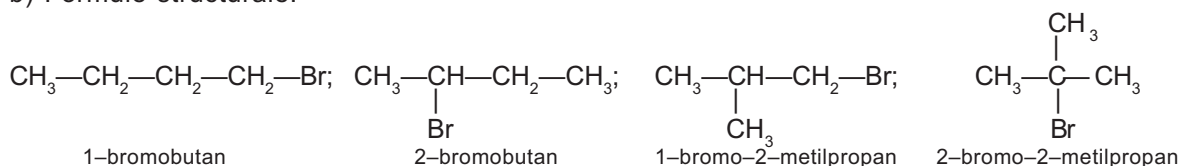
Formulă brută. Formulă moleculară

Probleme rezolvate

1. La analiza a 34,25 g substanță organică s-au determinat 44 g CO₂, 20,25 g H₂O și 47 g AgBr. Stabilește:
a) formulele brută și moleculară ale substanței analizate, știind că masa moleculară a acesteia este 137;
b) formulele structurale posibile.

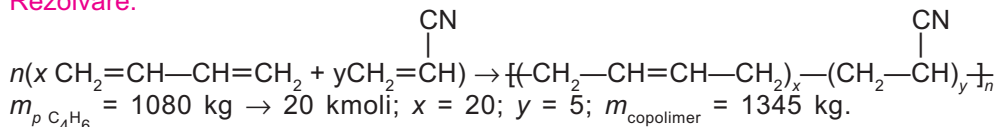
Rezolvare:

- a) Din rezultatele analizei se poate stabili formula empirică a substanței analizate: C_xH_yBr_zO_w.
– Determinarea numărului de atomi gram din fiecare element:
44 g CO₂ → 1 mol CO₂ → 1 atom g C; 20,25 g H₂O → 1,125 moli H₂O → 2,25 atomi g H;
47 g AgBr → 0,25 moli AgBr → 0,25 atomi g Br.
– Determinarea conținutului în oxigen al substanței se face prin diferență: 34,25 g, deci substanța nu conține oxigen; C : H : Br = 1 : 2,25 : 0,25 = 4 : 9 : 1. Formula brută: (C₄H₉Br)_n.
– Determinarea valorii lui n = 137 : (4 · 12 + 9 + 80) = 1. Formula moleculară: C₄H₉Br.
b) Formule structurale:



2. Ce masă de cauciuc se obține din reacția de copolimerizare a 1,8 t butadienă cu acrilonitril (CH₂=CH—CN), dacă raportul monomerilor în copolimer este 4 : 1, iar butadiena se copolimerizează în proporție de 60%?

Rezolvare:



3. Compusul A cu densitatea față de aer 4,81 conține 17,266% C. Determină formula moleculară a substanței A, dacă prin analiza elementală a 2,78 g A s-a obținut 3,76 g AgBr, iar raportul atomic C : H = 2 : 3.

Rezolvare:

$$M_A = 4,81 \cdot 28,9 = 139;$$
$$m_C = 139 \cdot \frac{17,266}{100} = 24 \text{ g} \rightarrow 2 \text{ atg C}; \text{ C : H} = 2 : 3;$$
$$m_{\text{AgBr}} = \frac{3,76 \cdot 139}{2,78} = 188 \text{ g AgBr} \rightarrow 1 \text{ atg Br};$$
$$m_O = 32 \text{ g} \rightarrow 2 \text{ atg O. Formula moleculară C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{Br.}$$



- Determină formula moleculară a substanței organice care conține în compoziția sa 40,6 % C, 8,47% H, 23,73% N și are masa moleculară egală cu 59. Stabilește formulele structurale posibile, știind că substanța conține o legătură dublă C=O.

R. C₂H₅NO.

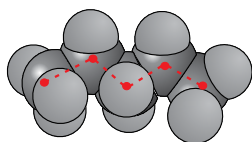
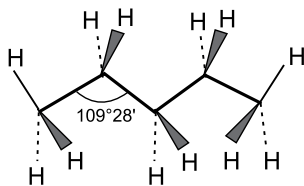
- Stabilește formulele procentuale și brute ale substanțelor cu următoarele formule moleculare: C₂H₆O, C₂H₄O, C₂H₄O₂. Modelează formulele structurale posibile și indică tipul legăturilor chimice.

- Prin combustia completă a 0,1 moli aspartam, îndulcitor sintetic, se obțin 16,2 g apă. La determinarea compoziției în procente de masă a aspartamului s-au stabilit următoarele valori: 57,14% C, 9,52% N, 6,12% H. Stabilește:

- a) formulele brută și moleculară ale substanței;
b) cantitatea de soluție de Ca(OH)₂ 20 % necesară pentru a reține CO₂ rezultat din arderea a 2 moli de aspartam.

R. b) 10,36 kg soluție Ca(OH)₂ 20%.

Alcani



■ Formula și modelul *n*-pentanului.

- Alcanii sunt hidrocarburi saturate. Ei se clasifică în:
 - aciclici (*n*-alcani și izoalcani), cu formula generală C_nH_{2n+2} ;
 - ciclici (cicloalcani), cu formula generală C_nH_{2n} .
- Alcanii prezintă izomerie de catenă.
- Legăturile σ din alcani sunt legături puternice, practic nepolare, care permit rotația liberă a atomilor în jurul acestora; se rup greu și generează, prin scindare, particule cu caracter de radical.
- Proprietățile chimice ale alcanilor implică ruperea legăturilor C—C, reacții de izomerizare, cracare și ardere, și a legăturilor C—H, reacții de substituție, dehidrogenare, oxidare.

Problemă rezolvată

Compoziția în procente de volum a unei probe dintr-un gaz de sondă este următoarea: 40 % etan, 35 % propan și 25 % butan. Determină:

- masa moleculară medie și densitatea medie a amestecului în raport cu aerul ($\bar{M}_{\text{aer}} = 28,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$);
- compoziția în procente de masă a amestecului.

Rezolvare:

- Determinarea masei moleculare medii a amestecului:

$$\bar{M} = \frac{40}{100} \cdot 30 + \frac{35}{100} \cdot 44 + \frac{25}{100} \cdot 58 = 41,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

- Determinarea densității amestecului, în raport cu aerul, din relația (procentele de volum sunt egale

cu procentele molare): $\bar{d} = \frac{\bar{M}}{\bar{M}_{\text{aer}}} = 41,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} / 28,9 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 1,45.$

- În 100 L amestec se găsesc 40 L etan, 35 L propan și 25 L butan.

- Determinarea numărului de moli ai fiecărui component din amestec ($n = V/V_m$):

$$n_{C_2H_6} = 1,78 \text{ moli}; n_{C_3H_8} = 1,56 \text{ moli}; n_{C_4H_{10}} = 1,11 \text{ moli}.$$

- Determinarea masei totale a amestecului: $m_t = 184,4 \text{ g}.$

- Determinarea conținutului procentual masic, din relația: $c\% = \frac{m}{m_t} \cdot 100;$

$$c\%_{C_2H_6} = 28,64; c\%_{C_3H_8} = 36,82; c\%_{C_4H_{10}} = 34,53.$$

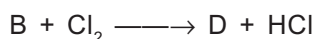
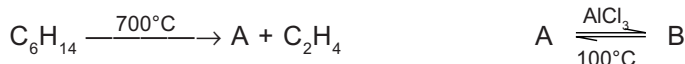


- Scrie formulele structurale ale următorilor compuși: 1-metilbutan; 2-metil-3-etilpropan; 2-izopropilbutan; 2,4-dimetilbutan.

Explică de ce denumirile nu sunt corecte și denumește-le conform IUPAC.

- Stabilește numărul de compuși diclorurați ai propanului, denumirea lor și scrie formulele structurale ale acestora.

- Identifică, din schema de mai jos, substanțele notate cu litere:



- Calculează volumul de acetilenă care se obține teoretic din 840 m³ gaz metan natural, care conține 80% metan (procente de volum), dacă randamentul este 75 %.

$$R. 252 \text{ m}^3 C_2H_2.$$

- Se prepară 417 kg negru de fum din metan cu un randament de 45%. Calculează:

- volumul de metan de puritate 87% necesar;
- volumul de aer (20% oxigen) utilizat în reacție.

$$R. a) 1\,988,25 \text{ m}^3 CH_4; b) 3\,892 \text{ m}^3 \text{ aer}.$$

Alchene

● Alchenele sunt hidrocarburi aciclice nesaturate care conțin în moleculă o singură dublă legătură; formula lor generală este C_nH_{2n} .

● Legătura dublă este formată dintr-o legătură σ și o legătură π .

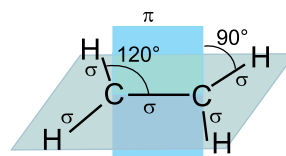
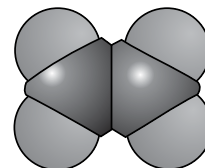
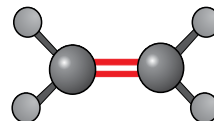
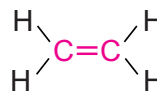
● Fiecare atom de carbon implicat în dubla legătură se leagă de alți trei atomi prin trei legături σ , care se găsesc în același plan și care formează între ele un unghi de 120° și o legătură π . Planul legăturii π este orientat perpendicular pe planul legăturilor σ .

● Alchenele prezintă izomerie de poziție, de catenă, geometrică și de funcțiune.

● Principalele proprietăți chimice ale alchenelor sunt legate de prezența legăturii π (mai bogată în energie decât legătura σ). Prin scindarea legăturii π și adăugarea unor compuși de tipul $A-A$ (H_2 , X_2) sau $A-B$ (HX , $H-OH$) se obțin produși de reacție saturați.

● Alchenele pot participa la reacții de polimerizare.

● Alchenele se oxidează în prezența diferiților agenți oxidanți.



■ Formule și modele ale moleculei de etenă.

Problemă rezolvată

O masă de 0,63 g alchenă A se bromurează cu 24 g soluție 5 % Br_2 în CCl_4 . Prin adăugarea apei la alchenă se formează un singur alcool B, iar prin oxidare energetică, acidul D. Determină:

a) formula moleculară a alchenei A;

b) izomerii de poziție și izomerii geometrici posibili ai acesteia.

Rezolvare:

a) Ecuația reacției de bromurare a alchenei: $C_nH_{2n} + Br_2 \rightarrow C_nH_{2n}Br_2$

– Determinarea cantității de brom consumată: $n_{Br_2} = 7,5 \cdot 10^{-3}$ moli.

Conform ecuației reacției, un mol Br_2 reacționează cu un mol de alchenă.

– Masa alchenei: $M_A = 84 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

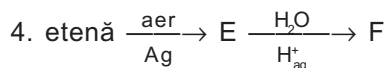
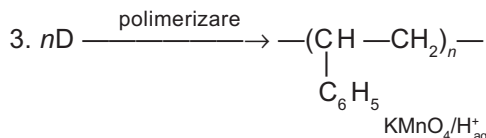
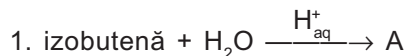
– Stabilirea formulei moleculare a alchenei A (C_nH_{2n}): $M_A = nM_C + 2nM_H = 14n$;

$14n = 84$, $n = 6$, deci alchena A corespunde formulei moleculare C_6H_{12} .

b) Deoarece prin reacția de adăugare se formează un singur alcool, alchena A poate avea două structuri simetrice: (1) $CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_3$; (2) $CH_3-C(CH_3)=C(CH_3)-CH_3$.



■ Identifică substanțele notate cu litere și scrie ecuațiile reacțiilor:



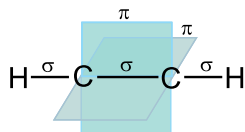
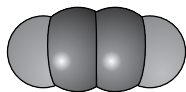
■ Un volum de 672 mL alchenă A, măsurată în condiții normale, reacționează cu Br_2 și formează 6,06 g produs de reacție. Determină:

a) formula moleculară a alchenei A;

b) volumul soluției de $KMnO_4$ 0,2 M care reacționează în mediu acid cu volumul dat de alchenă;

c) volumul de aer (c.n.) necesar arderii a 4 moli alchenă A.

R. a) $A = C_3H_6$; b) 0,1 L sol. $KMnO_4$; c) 2 016 L aer.



■ Formule și modele ale moleculei de acetilenă.

Alchine

● Alchinele sunt hidrocarburi aciclice nesaturate care conțin în moleculă o singură legătură triplă; formula lor generală este $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$.

● Legătura triplă este formată dintr-o legătură σ și două legături π ; alchinele au o structură liniară.

● Prezența celor două legături π în structura alchinelor (caracter nesaturat mai pronunțat ca al alchenelor) face ca acestea să aibă reacțiile caracteristice alchenelor: adiție, polimerizare, oxidare.

● La alchinele nesimetrice, reactivii polari (HCl , HOH , HCN , CH_3COOH etc.) se adăunează conform regulii lui Markovnikov.

● Legătura carbon-hidrogen ($\equiv\text{C}-\text{H}$), marginală în alchine, este polarizată; hidrogenul poate fi cedat ca proton, ceea ce determină participarea alchinelor la reacții de substituție (caracter acid).

Problemă rezolvată

Prin procedeul arcului electric se obțin $1\,120\text{ m}^3$ de acetilenă, care se folosesc astfel: 25% la sudură autogenă, 336 m^3 la fabricarea policlorurii de vinil, iar restul se conservă. Calculează:

a) volumul de metan de puritate 98% necesar fabricării acetilenei, considerând că nu au loc reacții secundare;

b) volumul de oxigen consumat în sudură;

c) masa de polimer obținută;

d) masa de substanță care s-ar obține cu un randament de 60 %, dacă acetilena conservată ar reacționa cu apa, în mediu acid, în prezența ionilor Hg^{2+} .

Rezolvare:

a) $2\text{CH}_4 \xrightarrow{1\,500^\circ\text{C}} \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ Din 2 moli CH_4 se formează 1 mol C_2H_2 .

$V_{\text{CH}_4} = 2\,240\text{ m}^3$; $V_{\text{CH}_4\,98\%} = 2\,285,71\text{ m}^3$.

b) Volumul de C_2H_2 utilizat în sudură este 280 m^3 ; $V_{\text{O}_2} = 280\text{ m}^3 \cdot 2,5 = 700\text{ m}^3$.

c) $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{HCl} \rightarrow \text{CH}_2=\text{CHCl}$; $n\text{CH}_2=\text{CHCl} \rightarrow \text{---}(\text{CH}_2\text{---CHCl})_n\text{---}$

$n_{\text{C}_2\text{H}_2} = 15\text{ kmoli}$; $m_{\text{polimer}} = 15 \cdot 62,5 = 937,5\text{ kg}$.

d) $V_{\text{C}_2\text{H}_2\text{ conservat}} = 504\text{ m}^3 \Rightarrow 22,5\text{ kmoli}$; $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{HOH} \xrightarrow{\text{H}^+_{\text{aq}}/\text{Hg}^{2+}} \text{CH}_3\text{---}\underset{\text{A}}{\text{C}}\begin{matrix} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H} \end{matrix}$

$m_{\text{CH}_3\text{CHO (teoretic)}} = 22,5 \cdot 44 = 990\text{ kg}$; $\eta = m_p/m_t \cdot 100$; $m_p = 594\text{ kg CH}_3\text{CHO}$.

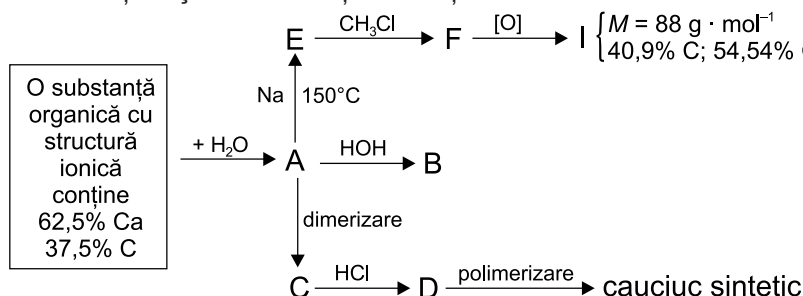


■ Scrie ecuația reacției de obținere a 2-pentinei, pornind de la metan ca unică materie primă organică.

■ Un volum de $51,52\text{ L}$ amestec de etan, propină și 2-butină se trece printr-un vas care conține o soluție amoniacală de cupru, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]\text{Cl}$. În urma reacției se obține un precipitat cu masa de $51,5\text{ g}$. Amestecul gazos rămas reacționează în mediu acid cu un mol de apă. Stabilește conținutul procentual volumic al amestecului de gaze.

R. 34,78 % C_2H_6 ; 21,74% C_3H_4 ; 43,47 % C_4H_6 .

■ Identifică substanțele și scrie ecuațiile reacțiilor chimice din următoarea schemă:



Arene

● Arenele sunt hidrocarburi care conțin în moleculă unul sau mai multe nuclee benzenice.

● Reprezentantul tipic al hidrocarburilor aromatice este benzenul.

● Benzenul (C_6H_6) conține un sistem ciclic cu 6 electroni π delocalizați, care formează orbitali moleculari extinși asupra întregii molecule, ceea ce îi conferă o mare stabilitate.

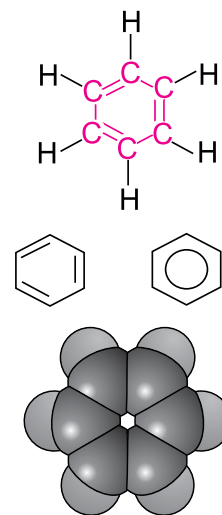
● Benzenul dă, preferențial, reacții de substituție și are un singur izomer monosubstituit. În condiții energice (activate) poate da reacții de adiție și reacții de oxidare.

● Introducerea primului substituent în molecula benzenului poate avea loc în oricare dintre cele șase poziții echivalente.

● Introducerea celui de al doilea substituent în molecula benzenului este determinată de interacțiunile dintre primul substituent și nucleul benzenic.

Substituenții de ordinul I: $-X$, $-NH_2$, $-OH$, $-OR$, alchil ($-R$) orientează substituția preferențial în pozițiile *orto* și *para*.

Substituenții de ordinul II: $-CHO$, $-SO_3H$, $-NO_2$, $-COOH$ orientează substituția în poziția *meta*.



■ Formule și modele ale moleculei de benzen.

Problemă rezolvată

Prin arderea completă a 13,8 g hidrocarbură aromatică mononucleară A se formează 46,2 g CO_2 . Determină:

a) compoziția în procente de masă a hidrocarburii;

b) formulele moleculară și structurală, știind că masa moleculară a lui A este 92;

c) masa de soluție de HNO_3 63%, conținută în amestecul sulfonitric, care în reacție cu proba de hidrocarbură A formează un derivat nitrat B cu masa molară $182 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Rezolvare:

a) Determinarea maselor de carbon și hidrogen din probă: 91,3 % C și 8,7 % H.

b) Formula moleculară: C_7H_8 care corespunde toluenului.

c) Determinarea formulei moleculare a derivatului nitrat B:

$M_B = 182$, B are formula $C_7H_{8-x}(NO_2)_x$; $M_{C_7H_{8-x}(NO_2)_x} = 182 \Rightarrow 45x = 90$, $x = 2$;

$C_6H_5-CH_3 + 2HNO_3 \rightarrow C_6H_5CH_3(NO_2)_2 + 2H_2O$; $m_{HNO_3} = 18,9 \text{ g}$; $m_{\text{soluție } HNO_3 \text{ 63\%}} = 30 \text{ g}$.

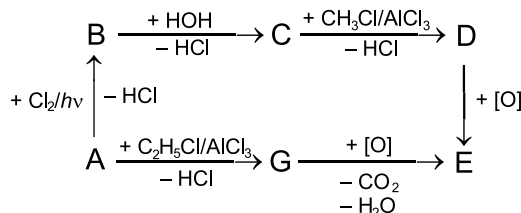


■ O hidrocarbură aromatică A cu formula moleculară C_9H_{10} decolorează soluția de Br_2 în CCl_4 . Hidrogenarea catalitică a lui A conduce la compusul B (C_9H_{12}). Hidrogenarea energetică a compusului A conduce la compusul C (C_9H_{18}). Oxidarea substanței A, în fază de vapori, la $250^\circ C$ și în prezență de V_2O_5 , conduce la compusul D ($C_8H_4O_3$).

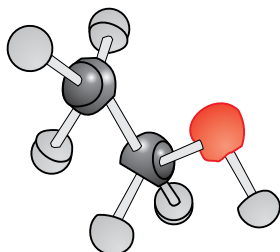
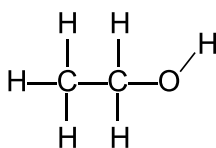
a) Identifică structurile compuşilor notați cu litere.

b) Stabilește produşii rezultați prin oxidarea izomerilor disubstituiți ai substanței A cu soluție de $KMnO_4$, în mediu acid.

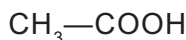
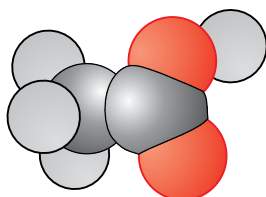
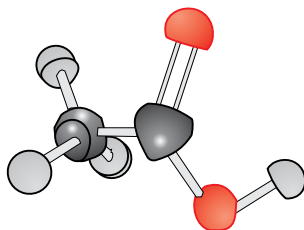
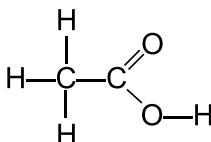
■ Identifică substanțele notate cu litere din schema următoare și scrie ecuațiile reacțiilor chimice corespunzătoare:



Substanța A este o arenă cu compoziția procentuală: 91,3 % C și 8,7 % H.



■ Formule și modele ale moleculei de alcool etilic.



■ Formule și modele ale moleculei de acid acetic.

Compuși organici cu grupe funcționale

- Alcoolii sunt compuși organici care conțin în moleculă una sau mai multe grupe hidroxil, —OH, legate de atomi de carbon saturați.
- Grupele —OH a alcoolilor are două caracteristici importante:

– polarizarea celor două legături $\overset{\delta+}{\text{C}}-\overset{\delta-}{\text{O}}-\overset{\delta+}{\text{H}}$ determinată de electronegativitatea atomului de oxigen;

– prezența la atomul de oxigen a două dublete de electroni liberi.

- Polarizarea legăturii —O—H din molecula alcoolilor determină un slab caracter acid al acestora, care se manifestă în reacția cu metalele alcaline.



- Acizii carboxilici sunt compuși organici care conțin în moleculă una sau mai multe grupe funcționale carboxil, $\text{—C} \begin{array}{l} \text{O} \\ \parallel \\ \text{OH} \end{array}$.

- Acizii carboxilici apar frecvent în procesele biochimice și reprezintă produșii finali ai reacțiilor de oxidare care se desfășoară în organism.

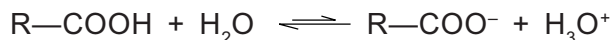
- Grupele funcționale hidroxil (—OH) și carboxil (—COOH) sunt polare, ceea ce determină posibilitatea formării de asociații intermoleculare prin legături de hidrogen atât cu molecule de același tip, cât și cu alte molecule polare.

- Asocierea moleculelor prin legături de hidrogen determină puncte de topire și de fierbere anormal de ridicate, comparativ cu cele ale substanțelor cu mase moleculare apropiate.

- Alcoolii și acizii carboxilici există numai în stare de agregare lichidă și solidă, datorită legăturilor de hidrogen.

- Alcoolii cu mase moleculare mici (până la 4 atomi de carbon) se prepară în cantități mari și sunt solubili în apă în orice proporție. Ei au multiple utilizări în industrie atât ca materii prime pentru obținerea altor substanțe, cât și în viața de toate zilele.

- Compușii carboxilici au caracter acid (pot ceda protonul grupei —COOH). Comparativ cu acizii minerali (HCl, H₂SO₄, HNO₃), acizii carboxilici sunt acizi slabi. În soluție apoasă se stabilește echilibrul:



- Dintre proprietățile generale ale alcoolilor o importanță deosebită o prezintă reacțiile de esterificare (cu acizi organici și anorganici) și reacțiile de oxidare.

- Un ester anorganic cu largi utilizări practice este trinitratul de glicerină, numit impropriu nitroglicerină.

Reacțiile de oxidare ale alcoolilor se folosesc:

- pentru obținerea unor produși cu un conținut mai mare în oxigen;
- pentru obținerea unor cantități de căldură.

- Proprietățile chimice ale acizilor carboxilici sunt:
 - comune tuturor acizilor:
 - reacția cu indicatorii;
 - reacția cu oxizii metalici;
 - reacția cu sărurile acizilor mai slabi (H_2CO_3 , HCN etc.);
 - specifice grupei funcționale carboxil:
 - reacția cu alcoolii $\rightarrow$ esteri.

Probleme rezolvate

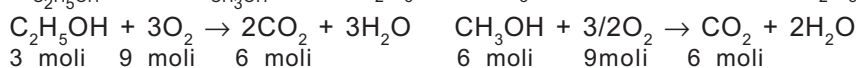
1. O masă de 330 g amestec etanol și metanol care se găsesc în raport molar 1 : 2 este supusă arderii. Determină:

a) Volumul de CO_2 (c.n.) care se degajă la arderea amestecului, dacă randamentul fiecărei reacții este 75%.

b) Volumul de aer (20% O_2) consumat la ardere, dacă se lucrează cu un exces de 20%.

Rezolvare:

$M_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 46$; $M_{\text{CH}_3\text{OH}} = 32$; $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} : \text{CH}_3\text{OH} = 1 : 2 \rightarrow 3 \text{ moli } \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \text{ și } 6 \text{ moli } \text{CH}_3\text{OH}$;



a) $n_{\text{t CO}_2} = 12 \text{ moli}$, $\eta = \frac{n_p}{n_t} \cdot 100$; $n_p = 9 \text{ moli } \text{CO}_2 \rightarrow V = 201,6 \text{ L}$;

b) $n_{\text{t O}_2} = 18 \text{ moli}$; $n_{\text{O}_2 \text{ exces}} = 3,6 \text{ moli}$; $n_{\text{consumat}} = 21,6 \text{ moli}$; $V_{\text{aer}} = 21,6 \cdot 5 \cdot 22,4 = 2,43 \text{ m}^3$.

2. Un volum de 15 mL soluție apoasă a unui acid monocarboxilic saturat se neutralizează cu 40 mL soluție KOH 0,75M.

a) Care este concentrația molară a soluției acide?

b) Determină formulele moleculară și structurală ale acidului, știind că la analiza cantității de acid luată în lucru s-au obținut 2,64 g CO_2 și 1,08 g H_2O .

Rezolvare:

a) $\text{RCOOH} + \text{KOH} \rightarrow \text{RCOOK} + \text{H}_2\text{O}$; $M = n_{\text{KOH}}/V_L$; $n_{\text{KOH}} = 0,03 \text{ moli}$;

$M_{\text{sol RCOOH}} = 0,03/0,015 = 2 \text{ mol/L}$.

b) $2,64 \text{ g } \text{CO}_2 \rightarrow 0,06 \text{ moli } \text{CO}_2 \rightarrow 0,06 \text{ at} \cdot \text{g C}$.

$1,08 \text{ g } \text{H}_2\text{O} \rightarrow 0,06 \text{ moli } \text{H}_2\text{O} \rightarrow 0,12 \text{ at} \cdot \text{g H}$.

$0,03 \text{ moli } \text{RCOOH} \rightarrow 0,06 \text{ at} \cdot \text{g C} \rightarrow \text{acidul conține 2 atomi de carbon} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH}$.

3. Sarea unui acid monocarboxilic saturat A care conține 14,92% calciu reacționează cu 400 cm³ soluție HCOOH 0,5M și eliberează acidul B. Determină:

a) formulele moleculare ale compuşilor A și B;

b) masa de compus B rezultat.

Acidul formic și acidul B pot reacționa cu magneziu metallic cu degajare de hidrogen; apreciază pe baza acestei reacții tăria celor doi acizi.

Rezolvare:

a) Formula sării de calciu A $\rightarrow (\text{R}-\text{COO})_2\text{Ca}$; $M_{(\text{R}-\text{COO})_2\text{Ca}^{2+}} = 268$; $M_{2(\text{RCOO})^-} = 228$;

$M_B = 114 + 2 = 116$.

Formula generală a compusului B este: $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2 \rightarrow n = 6$.

Formula acidului B: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_4-\text{COOH}$, acid hexanoic (acid capronic).

b) $M = \frac{n}{V(L)}$; $n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,2 \text{ moli}$; $n_B = 0,2 \text{ moli} \rightarrow 23,2 \text{ g}$.



- Masa glicerinei care se esterifică total cu 600 cm³ soluție HNO₃ 0,5M este:
a) 9,2 g; b) 0,92 g; c) 2,76 g; d) 27,6 g.
- Cât acid acetic intră în reacție și ce volum de hidrogen se degajă prin acțiunea acidului acetic asupra 0,1 moli Fe metalic?

a) 24 g; 22,4 L; b) 12 g; 2,24 L; c) 12 g; 22,4 L; d) 36 g; 2,24 L.

- Volumul soluției de NaOH 0,4M necesar pentru a neutraliza 60 cm³ soluție de acid acetic 0,2M este:
a) 30 cm³; b) 20 cm³; c) 60 cm³; d) 15 cm³.

- Un vin care conține 90 mL etanol la litru se transformă în oțet. Care este concentrația molară a oțetului format, știind că densitatea alcoolului este 0,795 g/cm³?

R. 1,55 mol · L⁻¹.

- În gazul de sinteză, raportul molar CO : H₂ este 1 : 3. Ce volum de metanol se obține din 358,4 m³ gaz de sinteză (c.n.), dacă densitatea metanolului este 0,7915 g/cm³? Ce volum de gaz rămâne nereacționat?

R. 160 L CH₃OH; 89,6 L H₂.

- Etanolul se folosește la prepararea băuturilor alcoolice. Ce concentrație molară are o soluție de etanol, dacă din 2 L soluție de alcool etilic s-au preparat 5 L băutură alcoolică de concentrație 12,5% în volume (ρ_{C₂H₅OH} = 0,7893 g/cm³)?

R. 5,36 mol · L⁻¹.

- Densitatea în raport cu aerul a vaporilor unui alcool monohidroxilic saturat este 2,56. Identifică alcoolul, scrie formula brută, stabilește structura acestuia, dacă are *p.f.* cel mai scăzut, și denumește izomerii corespunzători formulei moleculare.

R. M = 74 g/mol, C₄H₁₀O.

Test 1

- I.** Subliniază răspunsul din paranteză care face ca afirmația să fie corectă.

1. Hidrocarbura saturată care conține 16,66 % H are (trei/cinci atomi C).
2. Alchena care formează prin oxidare energetică 2 moli acid acetic este (propena/2-butenă).
3. Prin adiția apei la acetilenă se formează (alcool etilic/acetaldehidă).
4. Volumul de etenă necesar obținerii a 2 kmoli stiren, cu randament de 80%, este (35,84 m³/56 m³).
4×0,5 p = 2 p

- II.** La următoarele afirmații răspunde cu A (adevărat) sau cu F (fals):

1. Poziția dublei legături într-o alchenă se stabilește prin oxidare energetică.
2. Cauciucul natural este polimerul poliizoprenic forma *trans*.
3. Alcoolul etilic reacționează cu acetatul de sodiu cu formare de acid acetic și etoxid de sodiu.
4. Un mol de toluen reacționează fotochimic cu 2 moli de clor cu formarea unui mol de diclorofenilmetan.
4×0,5 p = 2 p

- III.** Scrie ecuațiile reacțiilor prin care se realizează următoarele transformări:

1. 1-butenă → 2-butenă; 3. metan → nitrotoluen;
2. 2-butenă → 1-butenă; 4. etenă → acid acetic.

4×0,5 p = 2 p

- IV.** Rezolvă.

1. Alchina A cu densitatea față de aer 0,9 participă la următoarele transformări:



Scrie ecuațiile reacțiilor chimice și stabilește denumirea substanțelor obținute.

0,5 p

2. Determină volumul soluției apoase de KMnO_4 0,5M necesar pentru a reacționa cu 3 moli substanță A. 2 p
3. Calculează volumul de aer consumat la arderea a 5 moli substanță A. 0,5 p
- 9 p + 1 p din oficiu = 10 p

Test 2

- I. Subliniază răspunsul din paranteză care face ca afirmația să fie corectă.
- În reacția de izomerizare se desfac legăturile (C—C/C—H).
 - Reacționează 1 mol de sodiu cu 1 mol de (1,3—butadienă/propină).
 - La obținerea a 3,68 kg alcool etilic, prin fermentație, volumul de CO_2 degajat este (1792 L/896 L).
 - Volumul soluției de var 0,2M care reacționează cu 3 moli CH_3COOH este (0,75 L/7,5 L). 4×0,5 p = 2 p
- II. La următoarele afirmații răspunde cu A (adevărat) sau cu F (fals):
- Hidrocarburile aromatice conțin un nucleu format din 6 atomi de carbon și 3 duble legături.
 - Glicerina este un triol cu acțiune emolientă asupra pielii.
 - Reacțiile de adiție la butadiene se petrec numai în pozițiile 1, 4.
 - Acidul acetic și etanolul au caracter acid și colorează soluția de turnesol în roșu. 4×0,5 p = 2 p
- III. Scrie ecuațiile reacțiilor prin care se realizează următoarele transformări:
- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1. propenă → propină; | 3. acetilenă → etanol; |
| 2. metan → 1,1—dibromoetan; | 4. etenă → acetat de etil |
- 4×0,5 p = 2 p
- IV. Rezolvă.
- Hidrocarbura aromatică A cu raportul de masă C : H = 9,6 : 5 și masa moleculară 106 formează prin oxidare un acid monocarboxilic.
Determină formula moleculară și izomerii hidrocarburii. 1 p
 - Selectează dintre următoarele substanțe: Cl_2 , HBr, CH_3Cl , HOH și H_2SO_4 pe acelea care reacționează cu substanța A, scrie ecuațiile reacțiilor chimice și indică denumirile substanțelor rezultate. 1,5 p
 - Calculează masa soluției de HNO_3 de concentrație 60% necesară pentru nitrarea a 530 g substanță A în prezență de H_2SO_4 concentrat. 0,5 p
- 9 p + 1 p din oficiu = 10 p

Activități de tip proiect

Alege una dintre următoarele teme propuse și întocmește un *referat*:

- Petrolul și cărbunii – surse de materii prime organice.
- Linii de chimizare ale metanului.
- Efectele alcoolului și drogurilor asupra organismului uman.
- Valoarea nutritivă și terapeutică a vitaminelor.

Prezintă referatul în fața clasei, organizează o dezbatere pe baza temei alese și motivează alegerea făcută.

Bibliografie: Manualele de chimie – clasa a X-a.

Nenițescu C.D. *Chimie organică* – vol. I și II. E.D.P., București, 1980.

Pentru documentare poți accesa site-urile:

http://portal.edu.ro/var/uploads/pachete_lectii.html

www.vitamine_info.nl

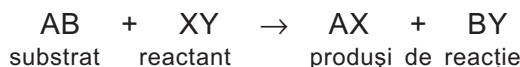
2 Tipuri de reacții în chimia organică

„Indicând, pe de o parte, grupările atomice care rămân neschimbate în cursul anumitor reacții și, pe de altă parte, cele care joacă un rol în transformări care se repetă des, astfel de formule structurale oferă un tablou al naturii chimice a substanței...”

Kekulé von Stradonitz (1829–1896)

Compușii organici prezintă o varietate remarcabilă de structuri și proprietăți. Aceștia sunt formați din molecule în care atomii sunt legați prin legături covalente stabile.

Reacțiile substanțelor organice sunt procese complexe în cursul cărora se desfac legăturile covalente din moleculele reactanților și se refac covalențe în moleculele produșilor de reacție. În forma generală, o reacție chimică poate fi reprezentată astfel:

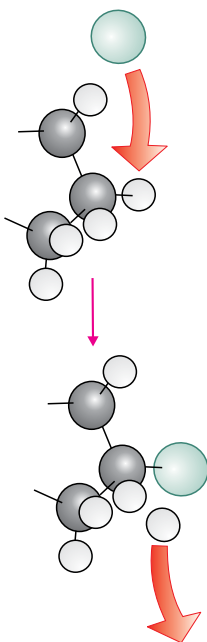


Substratul este substanța asupra căreia acționează *reactantul*.

Aceste reacții se desfășoară în solvenți organici în care compușii covalenți sunt solubili. Ele sunt în general reacții lente, reversibile și sensibile la condițiile de reacție: concentrație, temperatură, natura solventului etc.

Compușii organici și transformările lor constituie fundamentul biologiei moderne și de aceea stau la baza vieții.

Reacțiile compușilor organici se clasifică în: substituție, adiție, eliminare și transpoziție (rearanjare).



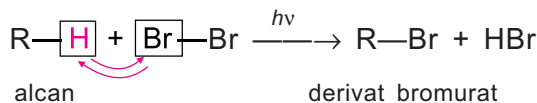
■ Modelarea reacției de substituție.

2.1. Reacția de substituție

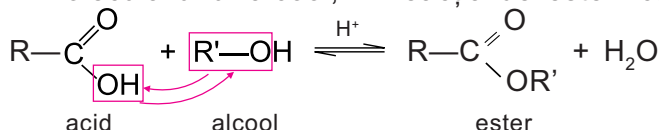
În reacțiile de substituție un atom sau o grupă de atomi dintr-o moleculă este înlocuită cu un alt atom sau o altă grupă de atomi.

De exemplu:

● Înlocuirea unui atom de hidrogen din molecula unei hidrocarburi cu un atom de brom:



● Înlocuirea grupei oxidril din molecula unui acid cu o grupă $-\text{O}-\text{R}'$ din molecula unui alcool, în reacția de esterificare:



Reacțiile de substituție se pot clasifica în funcție de procesele chimice fundamentale pe baza cărora se desfășoară acestea.

În tabelul următor sunt enumerate câteva tipuri de reacții de substituție, incluse în programa de liceu, pe care le veți studia în cadrul claselor de compuși.

Grupă substituită	Substrat	Reactant	Produs	Tip de reacție
Atom de hidrogen	R—H	X ₂ (Cl ₂ , Br ₂)	R—X	halogenare
	CH ₂ =CH—CH ₃	X ₂ (Cl ₂ , Br ₂)	CH ₂ =CH—CH ₂ X	halogenare alilică
	Ar—H	X ₂ (Cl ₂ , Br ₂)	Ar—X	halogenare la nucleu
	Ar—CH ₃	X ₂ (Cl ₂ , Br ₂)	Ar—CH ₂ —X	halogenare la catena laterală
	Ar—H	HONO ₂	Ar—NO ₂	nitrare arene
	Ar—H	HOSO ₃ H	Ar—SO ₃ H	sulfonare arene
	Ar—H	R—X	Ar—R	alchilare arene
	Ar—H	R—CH=CH ₂	Ar—CH—R CH ₃	alchilare arene
	Ar—H	R—COCl	Ar—CO—R	acilare arene
Grupă de atomi	R—Cl	Ar—NH ₂	Ar—NH—R	alchilare amine
	R—COCl (R—CO) ₂ O	Ar—NH ₂	Ar—NH—CO—R	acilare amine
	R—COO—R'	H—OH (H ⁺ , HO ⁻)	R—COOH R'—OH	hidroliză acidă sau bazică
	R—CH ₂ —X	H—OH	R—CH ₂ —OH	} hidroliza derivaților halogenați
	R—CHX ₂	H—OH	R—CHO	
	R—CX ₃	H—OH	R—COOH	
	R—COOH	R'—OH	R—COOR'	
				esterificare

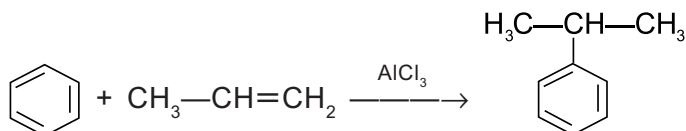
După cum se observă din tabel, reacțiile de substituție sunt caracteristice atât sistemelor alifactice, cât și celor aromatice.

În cele ce urmează se vor exemplifica câteva tipuri de reacții de substituție cu importanță practică.

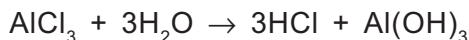
Aminteste-ți!

Substituirea unui atom de hidrogen dintr-o hidrocarbură

Alchilarea benzenului cu propenă

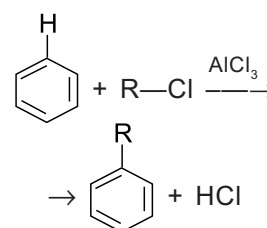


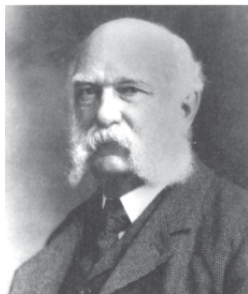
În reacția de alchilare Friedel-Crafts a benzenului cu propenă, agentul de alchilare este clorura de izopropil care se formează în mediul de reacție sub influența catalizatorului:



Alchilarea benzenului

În reacția de alchilare Friedel-Crafts un atom de hidrogen din molecula benzenului se înlocuiește cu o grupă alchil. Ca agenți de alchilare se folosesc derivați halogenați și alchene.

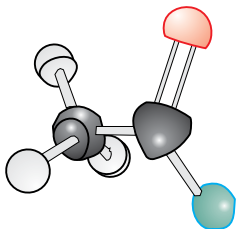
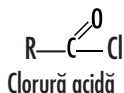




■ Chimistul american J. M. Crafts alături de profesorul Charles Friedel au descoperit metoda de obținere a alchil- și arilbenzenului.

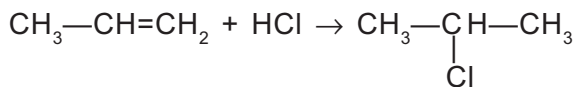
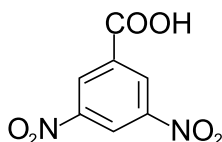
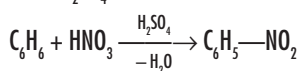
Aminteste-ți!

■ Clorurile acide sunt derivați funcționali ai acizilor carboxilici:

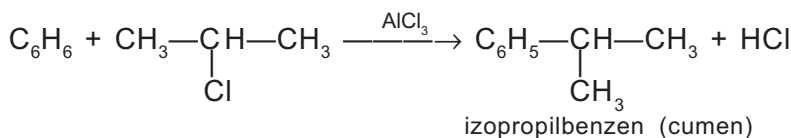


■ Modelul clorurii de acetil.

■ Nucleul benzenic se nitrează la o temperatură moderată. Agentul de nitrare este HNO_3 conc. în prezență de H_2SO_4 (amestec sulfonitric):



clorură de izopropil



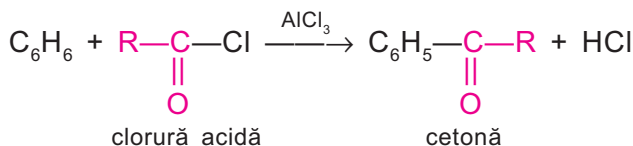
Cumenul este folosit în industrie la fabricarea fenolului și acetonei, precum și la obținerea α -metilstirenului (monomer utilizat la fabricarea cauciucului sintetic).

Reacțiile de alchilare se pot utiliza la obținerea omologilor superiori ai benzenului și la alchilarea amoniacului (pag. 67).

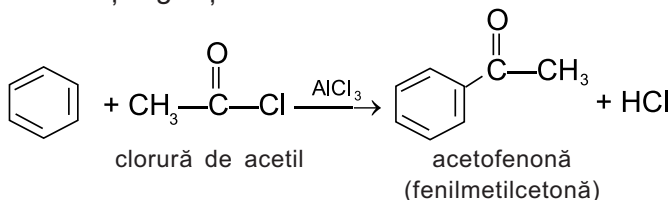
Vrei să știi
mai mult?

Reacția de acilare. Introducerea unei grupe $\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-$ (acil) într-o moleculă organică, prin substituția

unui atom de hidrogen, se numește *acilare*.



Cei mai folosiți agenți de acilare sunt clorurile acide.

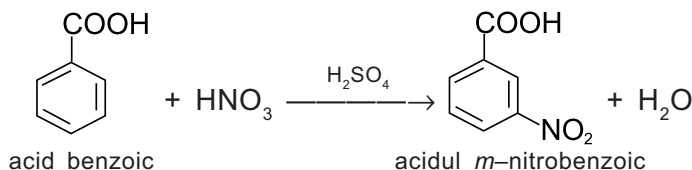


Prin reacția de acilare a arenelor se obțin cetone.

Substituirea unui atom de hidrogen dintr-o substanță cu funcțiune

✓ Nitrarea acidului benzoic

Reacția se desfășoară la nucleul aromatic, substituția fiind orientată de grupa carboxil ($-\text{COOH}$), care se comportă ca un substituent de ordinul II (poziția *meta*):



Nitroderivații aromatici se folosesc ca intermediari în industria coloranților.

Introducerea unei a doua grupe $-\text{NO}_2$ în molecula acidului *m*-nitrobenzoic are loc în condiții energice, deoarece ambele grupe funcționale sunt substituenți de ordinul II care dezactivează nucleul aromatic.