

**Ministerul Educației și Tineretului  
al Republicii Moldova  
Colegiul Pedagogic „Ion Creangă”, Bălți  
Liceul Teoretic „Ion Creangă”**

**Metoda rezolvării problemelor de determinare  
a formulelor chimice**

**Autor: Postolache Ion,  
profesor de chimie,  
grad didactic superior.**

Un număr mare de probleme pe care elevii le întâlnesc la chimie organică sunt de determinarea formulei moleculare a unui sau mai multor compuși organici: cel mai adesea de determinarea formulei moleculare a compusului respectiv depinzând rezolvarea corectă a problemei în întregime.

În general, problemele de acest tip se încadrează în cinci mari grupe:

1. Probleme în care se cunoaște compoziția procentuală sau rapoartele de masă ale elementelor componente fără alte date.
2. Probleme în care se cunoaște compoziția procentuală sau rapoartele de masă ale elementelor componente și unele date care ne dă posibilitatea determinării masei moleculare M.
3. Probleme în care nu se cunoaște compoziția procentuală a compusului organic, dar se dau informații asupra produșilor reacției de ardere a compusului organic respectiv.
4. Probleme în care formula moleculară se determină din unele raporturi matematice între care se găsesc atomii elementelor componente.
5. Probleme în care formula moleculară se determină concomitent.

În continuare voi lua exemple pentru fiecare caz în parte indicând totodată algoritmul de rezolvare:

1. Acest tip de probleme permite foarte ușor calcularea formulei brute (simple). Formula procentuală reprezintă cota de participare a fiecărui element prezent în 100 părți (grame, kilograme) de substanță.

EXEMPLU: Să se afle formula moleculară a substanței ce conține 75% C și 25% H.

#### R E Z O L V A R E :

Pentru calcule luăm masa substanței egală cu 100g, atunci masa carbonului și hidrogenului va fi egală:

$m_{(C)} = m_{(subst)} * w_{(C)} ;$	$m_{(C)} = 100 * 0,75 \text{ g} = 75 \text{ g}$
$m_{(H)} = m_{(subst)} * w_{(H)} ;$	$m_{(H)} = 100 * 0,25 \text{ g} = 25 \text{ g}$

Cantitatea atomică a carbonului și hidrogenului va fi:

$n_{(C)} = \frac{m_{(C)}}{M_{(C)}},$	$n_{(C)} = \frac{75}{12} = 6,25 \text{ moli}$	$n_{(H)} = \frac{m_{(H)}}{M_{(H)}},$	$n_{(H)} = \frac{25}{1} = 25$
--------------------------------------	---	--------------------------------------	-------------------------------

Calculăm raportul cantitativ al carbonului și hidrogenului:

$$n_{(C)} * n_{(H)} = 6,25 : 25$$

Împărțim partea dreaptă la numărul mai mic (6,25):

$n_{(C)} : n_{(H)} = \frac{6,25}{6,25} : \frac{25}{6,25} ;$	$n_{(C)} : n_{(H)} = 1 : 4$
---	-----------------------------

Adică formula brută a substanței care este CH<sub>4</sub>.

2.1. Probleme în care se cunoaște masa moleculară a substanței și compoziția procentuală.

**EXEMPLU:** Să se stabilească formula moleculară a unei substanțe organice A, dacă are masa moleculară egală cu 126 și conține 57,14% C; 4,76% H; 38,09% O.

### **REZOLVARE :**

#### **I METODĂ.**

Transformarea acestor date în formula brută se face raportând, pentru fiecare element, valoarea procentuală respectivă, la masa sa atomică:

$C : \frac{57.14}{12} = 4,76$	$H : \frac{4.76}{1} = 4,76$	$O : \frac{38.09}{16} = 2,38$
-------------------------------	-----------------------------	-------------------------------

Împărțind valorile rezultate la cîtul cel mai mic, rezultă raportul numeric dintre atomii componenți:

$C : \frac{4.76}{2.38} = 2$	$H : \frac{4.76}{2.38} = 2$	$O : \frac{2.38}{2.38} = 1$
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Raportul numeric dintre atomii componenți va fi deci  $C : H : O = 2 : 2 : 1$  de unde rezultă formula brută a substanței A:  $(C_2H_2O)_n$

Stabilirea valorii lui n din formula brută se face prin împărțirea masei moleculare a formulei brute

Deoarece  $C_2H_2O = 2 * 12 + 2 * 1 + 16 = 42$ , se găsește că  $n = \frac{126}{42} = 3$ ,

deci formula moleculară a substanței A va fi  $(C_2H_2O)_3$  sau  $C_6H_6O_3$ .

#### **II METODĂ.**

Dacă se cunoaște masa moleculară a substanței, atunci se calculează direct formula moleculară neglijind formula brută. Calculul se va face aplicând relația:

$$\text{nr. atomi} = \frac{\% * M}{A * 100}, \text{ unde}$$

M – este masa moleculară a substanței;

A – masa atomică a elementului, al cărui procent este notat cu % și al cărui număr de atomi din formula moleculară se urmărește. Rezultă:

$\text{nr. atomi C} = \frac{57.14 * 126}{12 * 100} = 6$	$\text{nr. atomi H} = \frac{4.76 * 126}{1 * 100} = 6$
---	---

$$\text{nr. atomi O} = \frac{38.09 * 126}{16 * 100} = 3$$

de unde se stabilește aceeași formulă moleculară ca mai sus respectiv  $C_6H_6O_3$ .

2.2. Probleme în care se indică densitatea relativă a substanței organice în raport cu o altă substanță, caz în care masa moleculară a substanței organice A se determină din:

$$D_B = \frac{M_A}{M_B}$$

$$M_A = D_B * M_B$$

**EXEMPLU:** Determinați formula moleculară a substanței cu compoziția  $W_C = 31,9\%$ ,  $W_H = 5,3\%$ ,  $W_{Cl} = 62,89\%$ , ce are densitate față de aer egală cu 3,9.

### REZOLVARE :

Determinăm masa molară a substanței  $M_{\text{sub}} = 3,9 * 29 = 113$

Determinăm raportul numeric al atomilor în molecula substanței.

$$\text{nr. atomi C} = \frac{31,9 * 113}{12 * 100} = 3$$

$$\text{nr. atomi H} = \frac{5,3 * 113}{1 * 100} = 6$$

$$\text{nr. atomi Cl} = \frac{6,28 * 10 * 113}{35,5 * 100} = 2$$

de unde se stabilește formula moleculară  $C_3H_6Cl_2$ .

2.3. Probleme în care caz se indică densitatea absolută a unei substanțe organice gazoase în condiții normale de temperatură și presiune:

$$\rho = \frac{M}{V_m}$$

$$M = \rho * V_m$$

**EXEMPLU:** Densitatea vaporilor unei substanțe este egală cu 2,055 g/l. Substanța are compoziția  $W_C = 52,18\%$ ,  $W_H = 13,04\%$ ,  $W_O = 34,74\%$ . Determinați formula moleculară.

### REZOLVARE :

Determinăm masa moleculară a substanței  $M = \rho * V_m$   $M = 2,055 \text{ g/l} * 22,4 \text{ g/m} = 46 \text{ gr/moli}$ . Cu ajutorul formulei nr. atomi =  $\frac{\% * M}{AA * 100}$  se calculează:

$$\text{nr. atomi C} = \frac{52,18 * 46}{12 * 100} = 2$$

$$\text{nr. atomi H} = \frac{13,04 * 46}{1 * 100} = 6$$

$$\text{nr. atomi O} = \frac{34,74 * 46}{16 * 100} = 1$$

De unde se stabilește formula moleculară  $C_2H_6O$

2.4. Sunt cazuri în care se indică densitatea substanței organice gazoase în condiții diferite de condițiile normale; deci la o anumită presiune și temperatură  $T(^{\circ}K)$ . Pentru transformări de a trece de la o condiție date la cele normale; deci și invers – aplicăm una din relațiile cunoscute la studiul legilor gazelor.

Formula  $\frac{PV}{T}$  exprimă unitatea legilor gazelor (Boyle-Mariote și Gey-

Lussac) în care:

$P^{\circ}V^{\circ}T^{\circ}$  - reprezintă valorile corespunzătoare condițiilor normale  $P^{\circ} = 101325$ ,  $P_a = 101,3 \text{ kPa}$  sau  $P^{\circ} = 1 \text{ atm}$

$$T^{\circ} = 273,15^{\circ}\text{K} = 273^{\circ}\text{K}$$

P, V, T – reprezintă valorile corespunzătoare condițiilor reale

$$T = (273 + t)^{\circ}\text{K}, \quad t = ^{\circ}\text{C}$$

Se poate de pornit de la ecuația de stare a gazului ideal

$V = \frac{m}{M} RT$	$M = \frac{mRT}{PV}$	$\frac{m}{M} = n$	a) $V = nRT$
b) $P = \frac{m}{V} * \frac{RT}{M}$	$\frac{m}{V} = \rho$	$P = \rho \frac{RT}{M}$	$M = \rho \frac{RT}{P}$

în care:

n – numărul de moli în gaz

R – constanta gazelor =  $\frac{PV}{T}$  pentru 1 mol de gaz ( $V^{\circ} = 22,4 \text{ l}$ ;  $R = \frac{1 * 22.4}{273} =$

$$0,082 \frac{\text{atm litri}}{\text{K}}$$

P, T, V + reprezintă valorile corespunzătoare condițiilor reale

$$T = (273 + t)^{\circ}\text{K}, \quad t = ^{\circ}\text{C}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 133 \text{ Pa} \quad 1 \text{ atm} = 760 \text{ mm Hg} = 10^5 * 1,013 \text{ Pa} \quad V = \text{m}^3; \quad m = \text{kg}$$

$$R = 8,31 \frac{\text{dj}}{\text{moli}} \text{ } ^{\circ}\text{K} \quad T = ^{\circ}\text{K}$$

**EXEMPLU:** De determinat formula moleculară a substanței organice gazoase ce conține 40% C; 6,67% H; 53,33% O și densitatea de 2,24 g/l la 2 atm., și 27 °C.

Aflăm masa moleculară:

$$M = \rho \frac{RT}{P} \quad M = \frac{2.44 * 300 * 0.028}{2} = 30 \text{ g/mol}$$

După masa moleculară aflăm numărul atomilor =  $\frac{\% * M}{A * 100}$

$$\text{Nr. de atom C} = \frac{40 * 30}{12 * 100} = 1 \quad \text{Nr. de atom H} = \frac{6.67 * 30}{1 * 100} = 2$$

$$\text{Nr. de atom O} = \frac{53.33 * 30}{16 * 100} = 1$$

Formula moleculară  $\text{CH}_2\text{O}$ .

**Exemplu II.** Calculați formula moleculară a hidrocarburii care conține 85%; 71% C și are la 800 mm Hg și 27 °C densitatea egală cu 2,359 kg/m<sub>3</sub>.

Determinarea masei molare se poate efectua după formula  $M = \rho \frac{RT}{P}$

$$P = \frac{800}{760} = 1,052 \text{ atm} \quad M = \rho \frac{RT}{P} \quad M = \frac{2.395 * 300 * 0.082}{1.052} = 56 \text{ g moli.}$$

Varianta II. Masa moleculară se poate determina aducând densitatea substanței în condiții normale (0 °C; 1 atm.). Pornind de la ecuația de stare a gazului ideal:

$PV = \frac{mRT}{M}$	$P = \frac{m}{V} * \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M}$	$\rho = \frac{PM}{RT}$	$P^{\circ} = \frac{P^{\circ}M}{RT^{\circ}}$
----------------------	--	------------------------	---

$P/P^{\circ} = \frac{PM}{RT} : \frac{P^{\circ}M}{RT^{\circ}}$	$P/P^{\circ} = \frac{PT^{\circ}}{P^{\circ}T}$	$P^{\circ} = P \frac{P^{\circ}T}{PT^{\circ}}$
---	---	---

De unde:

$$P^{\circ} = \frac{2.395 * 760 * 300}{800 * 273} = 2,5 \text{ g/l}$$

$$\text{iar } M = P^{\circ} * V_m = 2,5 \text{ g/l} * 22,4 \text{ l/moli} = 56 \text{ g/moli}$$

Cunoscând masa molară și compoziția procentuală ușor determinăm formula moleculară.

$$\text{Nr. de atom C} = \frac{85.71 * 56}{12 * 100} = 4 \quad \text{Nr. de atom H} = \frac{14.29 * 56}{1 * 100} = 8$$

Formula moleculară a hidrocarburii C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>.

2.5. Probleme în care se indică volumul ocupat în condiții normale de o anumită cantitate de substanță organică gazoasă.

În acest caz determinarea masei moleculare se face ținând seama de semnificația volumului molar. M (g. subst. org.) -----V; M -----V<sub>m</sub>

$$M = \frac{14.29 * 56}{1 * 100} \quad M \text{-----} V_m$$

**EXEMPLU:** Să se afle formula moleculară a substanței ce conține 85,71% C și 14,29% H, știind că 5,4 litri hidrocarbură cântărește 6,75g.

### **REZOLVARE :**

Determinăm masa moleculară:

$M = \frac{6.75 * 22.4}{5.4} = 28 \text{ g moli}$	6,75 g subst. ----- 5,4 l M ----- 22,4 l/moli
---	--

Determinăm formula moleculară:

$$\text{Nr. de atom C} = \frac{85.71 * 28}{12 * 100} = 2 \quad \text{Nr. de atom H} = \frac{14.29 * 28}{1 * 100} = 4$$

Formula moleculară a hidrocarburii este C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

2.6. Probleme în care se indică volumul ocupat la o anumită temperatură și presiune de o cantitate dată de substanță organică.

$$\text{Determinarea M: } PV = \frac{m}{M} RT \quad M = \frac{mRT}{PV}.$$

**PROBLEMĂ:** Să se afle formula moleculară a substanței ce conține 85,71% Carbon și 14,29% Hidrogen, știind că 5,4 litri hidrocarbură măsurate la 127° C și 400 mm Hg cântăresc 2,43 grame.

**REZOLVARE :**

Determinăm masa moleculară:

$$M = \frac{mRT}{PV} \quad 400 \text{ mm Hg} = \frac{400}{760} = 0,526 \text{ atm.}$$

$$M = \frac{2,43 * 0,082 * 400}{5,4 * 0,526} = 28 \text{ g/mol.}$$

Cunoscând masa molară și conținutul procentual ușor determinăm formula moleculară.

$$\text{Nr. de atom C} = \frac{85,71 * 28}{12 * 100} = 2 \quad \text{Nr. de atom H} = \frac{14,29 * 28}{1 * 100} = 4$$

Formula moleculară a hidrocarburii este C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

2.7. Determinarea masei moleculare a substanței organice, ținând seama de legea lui Raoult:

$$\Delta t = K * \frac{C}{M} \quad M = \frac{K * C}{\Delta t} \quad \text{în care:}$$

$\Delta t$  – reprezintă creșterea punctului de fierbere sau scăderea punctului de congelare pentru o soluție

K - constanta ebullioscopică, respectiv crioscopică

C - concentrația soluției (g. substanță dizolvată / g. soluție)

M - masa moleculară a compusului organic.

**EXEMPLU:** La dizolvarea a 2,6152 g dintr-o substanță necunoscută (care se dizolvă molecular) în 100 g apă: temperatura de congelare a scăzut cu 0,5535° C. Care este greutatea moleculară a substanței necunoscute:

**REZOLVARE :**

$$\Delta t = 0,5535^\circ \text{ C} \quad K = 1860 \text{ kg/mol} \quad C = 2,615 * 10^{-2}$$

$$M = \frac{1865 * 2,6152 * 10^{-2}}{0,5535} = 87,9 = 88 \text{ g/mol.}$$

2.8. Probleme în care se indică raportul masic.

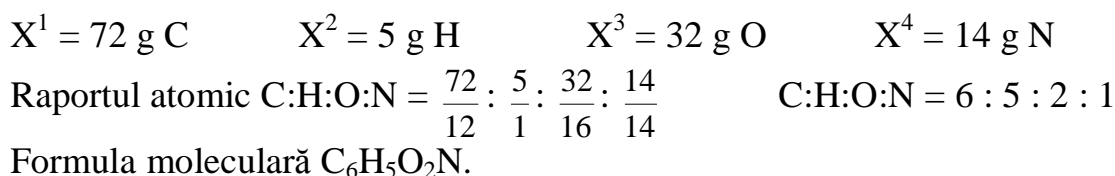
**PROBLEMĂ:** Calculați formula moleculară a substanței în care raportul masic C:H:O:N = 14,4:1:6,4:2,8. Substanța în stare de vapori are densitatea relativă în raport cu azotul egală cu 4,393.

Calculăm masa moleculară:  $M = D_{N_2} * M_{N_2} \quad M = 4,393 * 28 = 123.$

Din raportul masic determinăm masa probei = 14,4 + 1 + 6,4 + 2,8 = 24,6 g.

Calculăm masa elementelor într-un mol:

$$\begin{array}{l} 24,6 \text{ gr. subst.} \text{ ----- } 14,4 \text{ g C} \text{ ----- } 1 \text{ g H} \text{ ----- } 6,4 \text{ g O} \text{ ----- } 2,8 \text{ g N} \\ 123 \text{ g subst.} \text{ ----- } X^1 \text{ g C} \text{ ----- } X^2 \text{ g H} \text{ ----- } X^3 \text{ g O} \text{ ----- } X^4 \text{ g N} \end{array}$$



**PROBLEMĂ:** Un compus organic A are în moleculă doi atomi de oxigen, iar raportul de mase C:H:O:N = 12 : 1 : 2,66 : 2,33. Deduceți formula procentuală a acestui compus. Arătați, că formula moleculară a compusului A corespunde unei substanțe reale. Căru tip de compuși îi aparține substanța A?

### **REZOLVARE :**

Calculăm formula procentuală:

$$\%C = \frac{12}{12 + 1 + 2.66 + 2.33} * 100 = \frac{12 * 100}{18} = 66,66 \%$$

$$\%H = \frac{1 * 100}{18} = 5,55 \% \quad \%O = \frac{2.66 * 100}{18} = 14,77 \%$$

$$\%N = \frac{2.33 * 100}{18} = 12,94 \%$$

Deducem formula brută:  $\text{C:H:O:N} = \frac{66.66}{12} : \frac{5.55}{1} : \frac{14.77}{16} : \frac{12.94}{14}$

$$\text{C:H:O:N} = 5,55 : 5,55 : 0,92 : 0,92$$

$$\text{C:H:O:N} = \frac{5.55}{0.92} : \frac{5.55}{0.92} : \frac{0.92}{0.92} : \frac{0.92}{0.92}$$

$$\text{C:H:O:N} = 6 : 6 : 1 : 1$$

Formula brută  $(\text{C}_6\text{H}_6\text{NO})_n$  Conform enunțului  $n = 2$  Formula  $(\text{C}_6\text{H}_6\text{NO})_2$  sau  $\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$ .

Calculăm suma convalenților S.C. = 70 și nesaturarea echivalentă

$$\text{N.E.} = \frac{(2 * 12 + 2) - (12 - 2)}{2} = 8.$$

Substanța A este un compus aromatic polinuclear.

### **II Metodă.**

1. Deducem formula brută după raportul masic:

$$\text{C:H:O:N} = \frac{12}{1} : \frac{1}{1} : \frac{2.66}{16} : \frac{2.33}{14}$$

$$\text{C:H:O:N} = 1 : 1 : 0,166 : 0,166$$

$$\text{C:H:O:N} = \frac{1}{0.166} : \frac{1}{0.166} : \frac{0.166}{0.166} : \frac{0.166}{0.166}$$

$$\text{C:H:O:N} = 6 : 6 : 1 : 1$$

Formula brută conform enunțului  $(\text{C}_6\text{H}_6\text{NO})_n$ . Conform enunțului  $n = 2$  Formula moleculară  $\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8$ . Formula precedentă se poate calcula reieșind din formula moleculară  $\text{C}_{12}\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8$ .



$$W = \frac{m_{elem} * 100}{100}, \text{ sau ca în Varianta I.}$$

3. Unele probleme nu dau direct formula procentuală a compusului organic, dar indicând produsul reacției de ardere și cantitatea acestora se poate calcula formula moleculară.

### I METODĂ.

Calculăm masa carbonului și hidrogenului în proba de substanță

44 grame ----- 12 grame C	$X = \frac{8.8 * 12}{44} = 2,4 \text{ grame C}$
8,8 grame ----- X grame C	

18 grame H <sub>2</sub> O ----- 2 grame H	$X = \frac{4.32 * 2}{18} = 0,48 \text{ grame H}$
4,32 grame H <sub>2</sub> O ----- X grame H	

Calculăm dacă substanța conține O (oxigen)

$$m_O = m_{subst} - (m_C + m_H)$$

$$m_O = 2,88 \text{ g} - (2,4 + 0,48) = 0. \text{ Substanța nu conține oxigen.}$$

Determinăm formula:

$$C:H = \frac{2.4}{12} : \frac{0.48}{1}$$

$$C:H = 0,2 : 0,48$$

$$N_{CO_2} = \frac{8.8}{44} = 0,2$$

$$N_{H_2O} = \frac{4.32}{18} * 2 = 0,24 * 2 = 0,48$$

$$C:H = \frac{0.2}{0.2} : \frac{0.48}{0.2}$$

$$C:H = (1 : 2,4) * 5 \quad C:H = 5 : 12$$

Formula substanței C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>.

### **EXEMPLU:**

O substanță organică A cu masa moleculară 122 dă la analiză următoarele rezultate: din 0,244 g de substanță se obțin 0,3136 l CO<sub>2</sub> și 0,1080 g H<sub>2</sub>O. Să se stabilească formula procentuală, brută și moleculară a substanței A.

Calculăm masa carbonului în CO<sub>2</sub>:

$$22,4 \text{ l CO}_2 \text{ ----- } 12 \text{ g C} \quad 0,3136 \text{ l CO}_2 \text{ ----- } X \text{ g C} \quad X = 0,168 \text{ g C}$$

Calculăm masa de hidrogen în H<sub>2</sub>O:

$$18 \text{ g H}_2\text{O} \text{ ----- } 2 \text{ g H} \quad 0,1080 \text{ g H}_2\text{O} \text{ ----- } X \text{ g H} \quad X = 0,012 \text{ g H}$$

Calculăm dacă substanța conține O (oxigen)

$$m_O = m_{subst} - (m_C + m_H)$$

$$m_O = 0,244 - (0,168 + 0,012) = 0,064. \text{ Determinarea formulei se poate face prin diferite metode.}$$

I M E T O D Ă	II M E T O D Ă
Determinăm formula brută	Calculăm conținutul procentual de C în probă de substanță
$C:H:O = \frac{0.168}{12} : \frac{0.012}{1} : \frac{0.064}{16}$	0,244 g ----- 100%
$C:H:O = 0,14 : 0,012 : 0,004$	0,168 g ----- X %
$C:H:O = \frac{0.014}{0.004} : \frac{0.012}{0.004} : \frac{0.004}{0.004}$	$X = 68,85\%$
$C:H:O = (3,5 : 3 : 1) * 2$	Calculăm conținutul procentual de H în proba de substanță:

<p>C:H:O = 7 : 6 : 2          Formula moleculară C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>.          Determinăm formula procentuală:  <math>W_C = \frac{7 \cdot 12 \cdot 100}{122} = 68,85\%</math>  <math>W_H = \frac{6 \cdot 1 \cdot 100}{122} = 4,29\%</math>  <math>W_O = \frac{2 \cdot 16 \cdot 100}{122} = 26,23\%</math></p>	<p>0,244 g ----- 100%          0,012 g ----- X          X = 4,92%          Calculăm conținutul procentual de O:          0,244 g ----- 100%          0,064 g ----- X          X = 26,13          Determinăm raportul numeric al atomilor în moleculă:          Nr. de atomi C = <math>\frac{68.85 \cdot 122}{12 \cdot 100} = 7</math>          Nr. de atomi H = <math>\frac{4.29 \cdot 122}{1 \cdot 100} = 6</math>          Nr. de atomi O = <math>\frac{26.23 \cdot 122}{16 \cdot 100} = 2</math>          Formula C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub></p>
---	--

### III METODĂ

După condițiile reacției s-au format 0,3136 l CO<sub>2</sub> adică 0,3136 = 0,014 moli CO<sub>2</sub> care conțin 0,014 moli adică 0,014 \* 12 = 0,168 g carbon și 0,1080 g de H<sub>2</sub>O, adică  $\frac{0.1080}{18} = 0,006$  moli H<sub>2</sub>O, care conțin 0,006 \* 2 = 0,012 moli, adică 0,012 \* 1 = 0,012 g hidrogen.

Calculăm dacă substanța conține oxigen:

$$m_O = m_{\text{subst}} - (m_C + m_H)$$

$$m_O = 0,244 \text{ g} - (0,168 \text{ g} + 0,012 \text{ g}) = 0,064.$$

Raportul dintre elemente este:

$$C:H:O = \frac{0.168}{12} : \frac{0.012}{1} : \frac{0.064}{16}$$

$$C:H:O = 0,14 : 0,012 : 0,004$$

$$C:H:O = \frac{0.014}{0.004} : \frac{0.012}{0.004} : \frac{0.004}{0.004}$$

$$C:H:O = 7 : 6 : 2$$

Formula moleculară C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>.

$$M_{C_7H_6O_2} = 122 \text{ g / moli.}$$

Formula brută corespunde formulei moleculare.

3.1. În unele probleme produsul de ardere nu sunt indicați în condiții normale.

**PROBLEMĂ:** Supunând analizei elementare cantitative 2,67 grame de compus organic se formează 2,21 litri CO<sub>2</sub> (măsurat la 27° C și 1 atm), 1,89 grame apă și 0,168 litri azot (măsurat la 2 atm și 0° C). Determinați compoziția în procente de masă a substanței analizate.

**REZOLVARE:**

Aducem la condițiile normale volumul de CO<sub>2</sub> și N<sub>2</sub>:

$$\frac{PV}{T} = \frac{PV^{\circ}}{T^{\circ}} \quad V^{\circ} = \frac{PVT^{\circ}}{TP^{\circ}}; \quad P = P^{\circ}; \quad V^{\circ} = \frac{VT^{\circ}}{T} = \frac{2.21 * 273}{300} = 20,1 \text{ l CO}_2.$$

În condiții normale volumul de azot este de  $V^{\circ} = \frac{PV}{P^{\circ}} = \frac{2 * 0.168}{1} = 0,336$  litri de N<sub>2</sub>.

Calculăm masa C; H; N în produșii de ardere:

22,4 l CO <sub>2</sub> ----- 12 g C	$m = \frac{2.01 * 12}{22.4} = 1,0767 \text{ g}$
2,01 l CO <sub>2</sub> ----- X g C	
18 l H <sub>2</sub> O ----- 2 g H	$m = \frac{1.89 * 12}{18} = 0,21 \text{ g}$
1,89 l H <sub>2</sub> O ----- X g H	
22,4 l N <sub>2</sub> ----- 28 g	$m = \frac{0.336 * 28}{22.4} = 0,42 \text{ g}$
0,336 l N <sub>2</sub> ----- X g	

Calculăm conținutul procentual al elementelor în probă:

$$W_C = \frac{1.0767 * 100}{2.67} = 40,32\%$$

$$W_H = \frac{0.21 * 100}{2.67} = 7,86\%$$

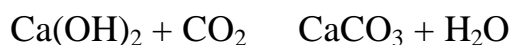
$$W_N = \frac{0.42 * 100}{2.67} = 15,73\%$$

$$W_O = \frac{0.9633 * 100}{2.67} = 36,09\%$$

3.2. În cazul, în care nu se dau direct cantitățile de CO<sub>2</sub> și apă, dar se furnizează o serie de informații ce permit calcularea

**EXEMPLU:** 4,6 g substanță organică a fost supusă analizei elementare. Bioxidul de carbon a fost determinat cu apa de var, rezultând 30 g precipitat. Apa rezultată determină scăderea concentrației a 10 ml soluție H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 96% și densitatea egală cu 1,84 g/ml la 83,7%. Azotul rezultat ocupă un volum de 0,6151 l la 27° C și presiunea normală. Să se determine formula moleculară a substanței, știind că are în moleculă 2 atomi de azot.

### REZOLVARE :



$$n_{\text{CaCO}_3} = \frac{30}{100} = 0,3 \text{ moli}; \quad n_{\text{CaCO}_3} = n_{\text{CO}_2} = 0,3 \text{ moli}; \quad C = \frac{m_d}{m_s} * 100$$

$$m_{\text{sol}} = 10 \text{ ml} * 1,84 \text{ g/ml} = 18,4 \text{ g}; \quad m_{\text{sub}} = \frac{1.84 * 96}{100} = 17,664 \text{ g H}_2\text{SO}_4 ;$$

$$83,7 = \frac{17.664}{18.4 + x} * 100; \quad x = 2,7 \text{ g H}_2\text{O}; \quad PV = \frac{m}{M} RT; \quad \frac{m}{M} = n; \quad PV = nRt$$

$$n = \frac{PV}{RT}; \quad n_{\text{N}_2} = \frac{PV}{RT} = 0,025 \text{ moli N}_2; \quad n_{\text{H}_2} = \frac{2.7 \text{ g}}{18 \text{ g / moli}} = 0,15 \text{ moli}$$

Calculăm masa C; H ; N:

1 mol CO <sub>2</sub> ----- 12 g C	$m_c = \frac{0.3 * 12}{1} = 3,6 \text{ g}$
0,3 moli CO <sub>2</sub> ----- X g C	

1 mol H <sub>2</sub> O ----- 2 g C 0,15 moli H <sub>2</sub> O----- X g C	$m_H = \frac{0.15 * 2}{1} = 0,3 \text{ g}$
1 mol N <sub>2</sub> ----- 28 g N 0,025 moli N <sub>2</sub> ----- X	$X = \frac{0.25 * 28}{1} = 0,7 \text{ g}$

Se verifică, dacă compusul organic nu conține oxigen  $M_C + M_H + M_N = 4,6 \text{ g}$ , deci compusul organic nu mai conține un alt element.

Determinăm formula brută:

$$C:H:N = \frac{3.6}{12} : \frac{0.3}{1} : \frac{0.7}{14}$$

$$C:H:N = 0,3 : 0,3 : 0,05$$

$$C:H:N = \frac{0.3}{0.05} : \frac{0.3}{0.05} : \frac{0.05}{0.05}$$

$$C:H:N = 6 : 6 : 1$$

Formula brută C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>N. Formula moleculară (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>N)<sub>2</sub>; C<sub>12</sub>H<sub>12</sub>N.

3.3. Sunt unele probleme, în care oxigenul folosit la ardere este în exces, determinarea volumului de oxigen în exces se realizează prin absorbirea gazelor de ardere în pirogalol.

**EXEMPLU:** Prin arderea unei substanțe organice A în 1000 ml oxigen se obține un amestec gazos, care este trecut prin pirogalol; constatându-se o creștere a masei de 0,4685 g. Analiza gazelor rămase conduce la concluzia că ele conțin 896 ml CO<sub>2</sub> și 0,36 g apă. Știind că substanța A decolorează apa de brom și nu dă reacția Fehling, să se indice formula moleculară a acesteia:

### REZOLVARE :

Calculăm volumul de oxigen în exces:

32 g O <sub>2</sub> ----- 22,4 l 0,4685 g O <sub>2</sub> ----- X l	$V = \frac{22.4 * 0.4685}{32} = 328 \text{ mililitri O}_2$ reținuți de pirogalol
---	---

Calculăm volumul oxigenului consumat la ardere:  $V = 1000 - 328 = 672 \text{ ml O}_2$ .

Calculăm m carbonului și hidrogenului în produșii de ardere:

22,4 l CO <sub>2</sub> ----- 12 g C 0,896 L CO <sub>2</sub> ----- X g C	$m_C = \frac{0.896 * 12}{22.4} = 0,48 \text{ g C}$
18 g H <sub>2</sub> O ----- 2 g H 0,36 g H <sub>2</sub> O----- X g H	$m_H = \frac{0.36 * 2}{18} = 0,04 \text{ g H}$

Faptul, că nu se cunoaște cantitatea de compus organic supus arderii ne obligă să verificăm dacă oxigenul din CO<sub>2</sub> și HO<sub>2</sub> provine în întregime din oxigenul consumat (cei 672 ml), sau că o parte din acesta provine din compusul organic (deci compusul organic ar conține și oxigen).

Calculăm masa de oxigen în CO<sub>2</sub> și HO<sub>2</sub>

22,4 l CO <sub>2</sub> ----- 32 g O <sub>2</sub> 0,896 L CO <sub>2</sub> ----- X g O <sub>2</sub>	$m_C = \frac{0.896 * 32}{22.4} = 1,28 \text{ g O}_2$
18 g H <sub>2</sub> O ----- 16 g O <sub>2</sub> 0,36 g H <sub>2</sub> O----- X g O <sub>2</sub>	$m_H = \frac{0.36 * 16}{18} = 0,32 \text{ g O}_2$

Calculăm masa de oxigen consumat la ardere:

22,4 l CO <sub>2</sub> ----- 32 g O <sub>2</sub>	$M = \frac{0,672 \cdot 32}{22,4} = 0,96 \text{ g O}_2$
0,672 L CO <sub>2</sub> ----- X g O <sub>2</sub>	

Deci  $(1,28 + 0,32) - 0,96 = 0,64 \text{ g O}_2$  reprezintă masa de oxigen ce provine din compusul A.

Compusul A conține: 0,48 g C; 0,04 g H; 0,64 g O       $M_A = 1,16 \text{ g}$

Calculăm formula procentuală a compusului A:

$$W_C = \frac{0,48 \cdot 100}{1,16} = 41,38\%$$

$$W_H = \frac{0,04 \cdot 100}{1,16} = 3,45\%$$

$$W_O = \frac{0,64 \cdot 100}{1,16} = 55,17\%$$

Calculăm formula brută:

$$C:H:O = \frac{41,38}{12} : \frac{3,45}{1} : \frac{55,17}{16}$$

$$C:H:O = 3,45 : 3,45 : 3,45$$

$$C:H:O = 1 : 1 : 1$$

Formula brută (CHO)<sub>n</sub>. Determinarea lui n se face prin încercări:

n = 1 nu există CHO

n = 2 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> – acid oxalic nu decolorează apa de brom

n = 3 C<sub>3</sub>H<sub>3</sub>O<sub>3</sub> – scrieți izometrii corespunzătoare, se constată că nici unul nu îndeplinește condițiile impuse de problemă;

n = 4 C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>4</sub> – dă reacții cu apa de brom și nu dă reacție Fihling; formulele de structură sunt:

$\begin{array}{c} H \quad C \quad \text{-----} \quad C \quad O \quad O \quad H \\ \quad \quad \parallel \quad \quad \quad \quad \parallel \\ H \quad C \quad \text{-----} \quad C \quad O \quad O \quad H \end{array}$	$\begin{array}{c} C \quad O \quad O \quad H \quad \text{-----} \quad C \quad H \\ \\ H \quad C \quad \text{----} \quad C \quad O \quad O \quad H \end{array}$
<i>Acid maleic</i>	<i>Acid fumaric</i>

4. Acest tip de probleme este în general destul de ușor de rezolvat, limitându-se adesea la rezolvarea unor ecuații, sisteme de ecuații sau inecuații etc.

**EXEMPLU:** Un compus organic format din C; N și H are raportul de masă: C/H= 6/1.

Se cere:      a) știind că numărul atomilor din moleculă este de 17 să se identifice compusul;

                 b) toți izometrii posibili.

### **REZOLVARE :**

$$C : N = 6 : 1 \quad C : N = \frac{6}{12} : \frac{1}{14} = \frac{1}{2} : \frac{1}{14}$$

Notând compusul C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>N<sub>z</sub> vom avea:

$$x - y + z = 17$$

$$x + y + z = 17$$

$$\frac{x}{z} = \frac{14}{2}$$

$$y = 17 - 8z \text{ din condiția } y = 0; z = 1 \quad x = 11$$

Deci formula moleculară este  $C_7H_{11}N$ .

5. Probleme în care formula moleculară se determina concomitent cu cea de structură, ținând seama de procesele la care participă compusul organic.

**EXEMPLU:** Hidrocarbura A cu formula brută  $C_4H_5$  se poate obține prin monoalchilarea  $C_6H_6$  cu o alchenă. Se cere:

- Formula moleculară și de structură a hidrocarbunii;
- B) care este alchena folosită;
- C) calculul cantitativ de  $C_6H_6$  (kmoli; kg) și alchenă (kmoli; kg) necesare pentru a obține 5,3 tone compus A.

### REZOLVARE :



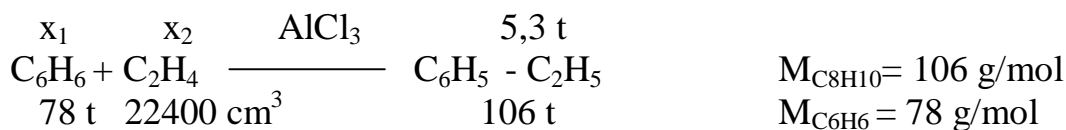
Numărul atomilor de carbon în compusul A este  $6+x$ ; numărul atomilor de hidrogen în compusul A este  $2x+1$ , deci:

$$\frac{6+x}{2x+6} = \frac{4}{5} \quad 8x + 24 = 30 + 5x; \quad 3x = 6; \quad x = 2$$

Formula moleculară

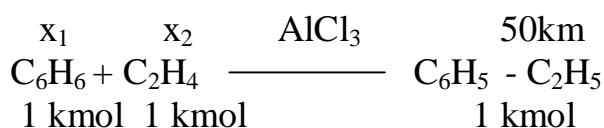
$C_6H_5 - C_2H_5$  etilbenzen formula de structură:

b) Alchena folosită este  $C_2H_4$  etena Calculăm cantitativ punctul C



$$M_{C_6H_6} = \frac{78 \cdot 5,3}{106} = 3,9 \text{ t}$$

$$V_{C_2H_4} = \frac{22400 \cdot 5,3}{106} = 1120 \text{ m}^3.$$

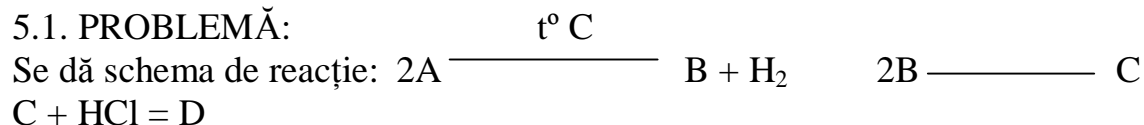


$$n_{C_6H_5C_2H_5} = \frac{5300}{106} = 50$$

$$n_{C_6H_5C_2H_5} = n_{C_6H_6} = n_{C_2H_4} = 50 \text{ kmol}$$

$$M_{C_6H_6} = 3,9 \text{ t} \quad V_{C_2H_4} = 1120 \text{ m}^3 \quad n_{C_6H_6} = 50 \text{ kmol} \quad n_{C_2H_4} = 50 \text{ kmol}$$

### 5.1. PROBLEMĂ:

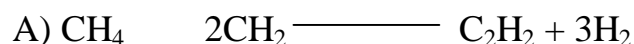
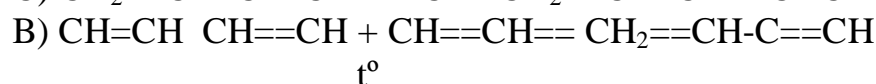


Știind că A este o hidrocarbură, iar D un derivat cu  $M = 88,5$ , să se stabilească structura compușilor A; B; C și D și să se scrie ecuațiile reacțiilor chimice ce au loc.

### REZOLVARE:

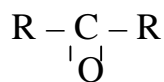
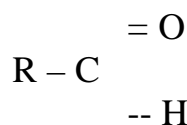
$$M_{RCL} = 88,5 \text{ g/mol} \quad R = 88,5 - 35,5 = 53$$

În 53 pot fi numai 4 atomi de carbon și deci  $53 - n(4 * 12) = 5$  atomi de hidrogen.



5.2. Determinați formula moleculară a compusului monocarbonilic ce are N. E. = 2 și conține 19,95% O. Dacă compusul prezintă izomerie optică – care este formula de structură a acestuia.

### REZOLVARE:

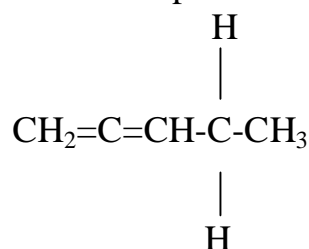


16 g O ----- 19,05 %	$x = \frac{80,95 * 16}{19,05} = 68$
x g ----- 80,95%	

În 68 pot fi numai 5 atomi de carbon și 8 atomi de hidrogen.

Formula:  $C_5H_8O$

Izomerie optică au numai substanțele ce conțin atomi de carbon asimetrici



$$N. E. = \frac{8 - (2 * 5 + 2)}{2} = 2$$

## Bibliografie:

- 1) V.Isac, G.Dragalina , P.Chetrus , M.Revenco „Probleme de chimie”, Chişinău,Lumina 1995
- 2) Paraschiva Arsene , Cecilia Marinescu „Chimie și probleme de chimie organică”, Bucureşti , ALL Educațional 1997
- 3) Lavinia Stănescu „Probleme de chimie organică clasa X-XII”, Bucureşti 1994
- 4) G.Homcenco ,I.Homcenco „Probleme de chimie ”, Chişinău , Lumina 1997
- 5) Petru Budruşac „Probleme de chimie ” , Bucureşti 1986
- 6) Liviu Olenic „Probleme rezolvate de chimie organică”, Cluj-Napoca , Dacia 1993
- 7) Ligia Stoica , Irina Constantinescu „Chimie generală în exerciții , probleme și teste ”, Bucureşti , Didactica 1993.
- 8) Glinca N. „Probleme și exerciții de chimie generală”,Moscova , Mir 1986