



LICEUL DE CREATIVITATE ȘI INVENTICĂ "PROMETEU-PRIM"
CONCURSUL DE CHIMIE „iChemist”
Ediția a V-a, 17 noiembrie 2018

CODUL
lucrării:

Clasa a XI-a

Timp de lucru – 120 minute

Problema nr. 1 „Florul – „periculos” și util” (43p)



Descoperit în 1886 de francezul Henri Moissan, laureat al premiului Nobel în 1906, fluorul nu a fost studiat mult timp din cauza reactivității și toxicității sale ridicate. Cu ocazia aniversării a 100 ani de la descoperirea acestei substanțe, germanul Karl Otto Christe a propus o metodă nouă de preparare a fluorului de o puritate înaltă.

Procesul constă în încălzirea la 150°C a unui amestec format din hexafluoromanganat (IV) de potasiu și fluorură de stibiu (V). Se obține fluor, un compus ternar (A) ce conține fluor, 14,1818% potasiu și 44,3636% stibiu și un compus binar (B) în care raportul masic *metal:nemetal* este 11:11,4.

1. Stabilește formulele moleculare ale compușilor A și B. (3p)

Rezolvare: **Compusul A are formula $K_xSb_yF_z$. $\omega(F) = 100\% - 14,1818\% - 44,3636\% = 41,4545\%$**

$x:y:z = \frac{14,1818}{39} : \frac{44,3636}{122} : \frac{41,4545}{19} = 0,3636:0,3636:2,1818 = 1:1:6 \Rightarrow$ Compusul A are formula moleculară $KSbF_6$.

Compusul B va conține Mn și F, deci are formula MnF_n .

Raportul molar Mn:F = $\frac{11}{55} : \frac{11,4}{19} = 0,2:0,6 = 1:3 \Rightarrow$ Compusul B are formula moleculară MnF_3 .

Răspuns: formula compusului A este: $KSbF_6$, formula compusului B este: MnF_3 .

2. Scrie ecuația reacției de obținere a fluorului. (2p)

Ecuația reacției: $2K_2MnF_6 + 4SbF_5 = F_2 + 4KSbF_6 + 2MnF_3$

Fluorul este un gaz ușor inflamabil, de aceea el poate genera o flacăra foarte luminoasă la interacțiunea cu multe substanțe, inclusiv cu gazele inerte ca xenonul și radonul. Reacționează cu apa la temperaturi joase, generând ozon.

3. Scrie ecuația reacției fluorului cu apa. (2p)

Ecuația reacției: $3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3$

Este bine cunoscut faptul, că acidul fluorhidric nu poate fi păstrat în vase de sticlă.

4. Explică de ce, argumentând și prin ecuații chimice. (2p)

Acidul fluorhidric distruge sticla, deoarece interacționează cu SiO_2 aflat în componența acesteia.

Ecuația reacției: $6HF + SiO_2 = H_2SiF_6 + 2H_2O$ (se acceptă și ecuația: $4HF + SiO_2 = SiF_4 + 2H_2O$)

5. Despre acidul fluorhidric se poate afirma că: (*Încercuiește litera/literele corespunzătoare unui răspuns corect.*) (2p)

- a. este un acid mai tare decât iodura de hidrogen;
- b. legătura H-F are o lungime mai mică decât legătura H-Br;
- c. energiile de legătură H-F și H-Cl sunt identice.

Fluorul se găsește în natură în diferite minereuri ca: fluorină, fluorapatită și *criolitul*. Ultimul, deși este puțin întâlnit în natură, se folosește în procesul de producere electrolitică a aluminiului, de aceea se obține pe cale sintetică. Procesul are loc în 3 etape: hidroxidul de aluminiu se dizolvă în acidul fluorhidric (I), produsul reacției este tratat cu sodă calcinată (II), ca la final, produșii obținuți în cele două etape să se combine, formând *criolitul* (III).

6. Scrie ecuațiile reacțiilor care au loc în cele trei etape și identifică formula moleculară a *criolitolului*. (6p)

- I. $Al(OH)_3 + 3HF = AlF_3 + 3H_2O$
- II. $AlF_3 + 2Na_2CO_3 = 3NaF + 4NaAlO_2 + 2CO_2$
- III. $AlF_3 + 3NaF = Na_3AlF_6$

7. Despre *criolit* se poate afirma că: (*Încercuiește litera/literele corespunzătoare unui răspuns corect.*) (2p)

- a. Este un compus ionic.
- b. Se formează printr-un mecanismul donor-acceptor.
- c. Conține legături covalente nepolare.

Producerea în 1906 a diclorodifenilmetanul și utilizarea acestuia în calitate de agent frigorific a stimulat reluarea cercetărilor asupra compușilor fluorului. Faptul că diverși compuși organici în care atomii de hidrogen sunt înlocuiți cu cei de fluor sunt inactivi chimic a condus spre diversificarea domeniilor de utilizare ale acestora: izolatori electrice, mase plastice, lubrifianti, agenți frigorifici.

Compusul organic *Novec 1230* este un lichid incolor și inodor, numit uneori *apă uscată*, deoarece nu umețează hârtia sau obiectele peste care este turnat. Aceste calități permite utilizarea lui în sistemele antiincendiu, utilizate în muzee, biblioteci sau arhive. *Novec 1230* conține 5,063% O, iar carbonul și fluorul sunt în raportul masic de 18:57.

8. Stabilește formula moleculară a compusului *Novec 1230*. (3p)

Rezolvare: *Compusul Novec 1230 are formula $C_xF_yO_z$.*

Raportul molar C:F = $\frac{18}{12} : \frac{57}{19} = 1,5:3 = 1:2 \Rightarrow C_xF_{2x}O_z$

$M_r(C_xF_{2x}O_z) = 12x + 19 \cdot 2x + 16z$

100% $M_r(C_xF_{2x}O_z)$

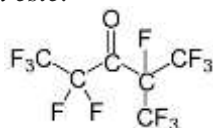
5,063% $16z \Rightarrow M_r(C_xF_{2x}O_z) = 316z = 12x + 19 \cdot 2x + 16z$

Dacă $z=1 \Rightarrow 12x + 19 \cdot 2x + 16 = 316 \Rightarrow x=6$

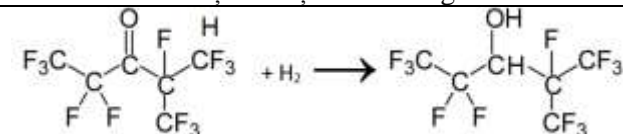
*Răspuns: formula moleculară a compusului *Novec 1230* este $C_6F_{12}O$.*

9. Reprezintă formula de structură semidesfășurată a lui *Novec 1230*, știind că acesta are o catenă aciclică ramificată și conține 3 atomi de carbon primari și unul terțiar, iar oxigenul este legat de al treilea atom de carbon. (2p)

Formulă de structură semidesfășurată este:

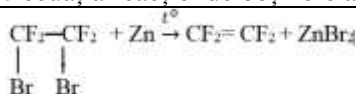


10. Scrie ecuația reacției cu hidrogenul a lui *Novec 1230*. (2p)



Denumirea brandului TEFAL provine de la teflon, un material plastic produs din tetrafluoretenă (TFE). În laborator, TFE se poate obține prin încălzirea 1,2-dibromotetrafluoroetanului cu Zn.

11. Scrie ecuația reacției de obținere a tetrafluoroetenei în laborator. (2p)



TFE este un gaz inflamabil care detonează la presiuni mai mari de 0,25 MPa, rezultând carbon și un derivat organic saturat. Efectul termic al acestei reacții este egal cu 257 kJ.

12. Calculați care va fi cantitatea de căldură degajată la detonarea TFE în cazul în care se obțin 3 tone de carbon. (4p)

Rezolvare: $\text{CF}_2=\text{CF}_2 \xrightarrow{P>0,25\text{MPa}} \text{C} + \text{CF}_4 + 257 \text{ kJ}$

$\nu(\text{C}) = 3 \cdot 10^6 \text{ g} : 12 \text{ g/mol} = 250 \text{ kmol}$

$Q = 250 \text{ kmol} \cdot 257 \text{ kJ} = 64250 \text{ MJ}$

Răspuns: Căldura degajată la detonarea TFE este de 64250 MJ

La scară industrială, pentru producerea TFE se utilizează cloro-difluorometan (CDFM) care este supus pirolizei.

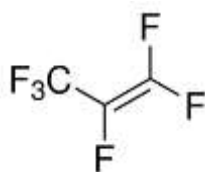
13. Scrieți ecuația reacției de producere a TFE prin această metodă. (2p)

Ecuația reacției: $2\text{CHF}_2\text{Cl} \xrightarrow{t^0} \text{CF}_2=\text{CF}_2 + 2\text{HCl}$

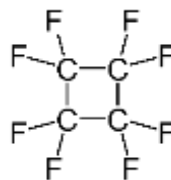
În procesul de piroliză se obțin mulți compuși secundari, cum ar fi hexafluoropropena sau octafluorociclobutan.

14. Scrie formulele de structură ale acestor compuși. (2p)

1. hexafluoropropena



2. octafluorociclobutan



CDFM se obține prin reacția cloroformului cu fluorură de hidrogen. Cloroformul se obține din gazul natural.

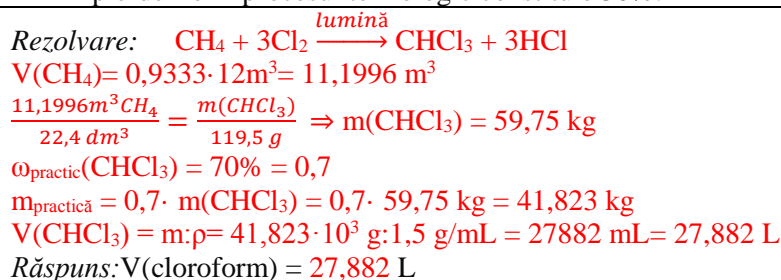
15. Scrie ecuația reacției de producere a cloroformului. (2p)

Ecuația reacției: $\text{CH}_4 + 3\text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{lumină}} \text{CHCl}_3 + 3\text{HCl}$

16. Despre această reacție se poate afirma că: (Încercuiește litera/literele corespunzătoare unui răspuns corect.) (2p)

- a. este o reacție de adiție;
 b. este o reacție fotochimică;
c. este o reacție de schimb.

17. Calculează volumul de cloroform ($\rho = 1,5 \text{ g/mL}$) ce poate fi produs din 12 m^3 gaz natural cu 93,33% metan, dacă pierderile în procesul tehnologic constituie 30%. (3p)



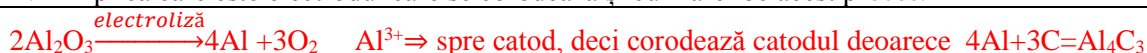
Problema nr. 2. „Carburi și hidrocarburi” (57p)



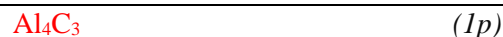
De la instrumente folosite în tehnica dentară, la unelte pentru industria extractivă sau componente ale rachetelor spațiale, carburile își găsesc diverse utilizări datorită proprietăților lor speciale. Carburile sunt compuși binari ai carbonului, cu elemente cu o electronegativitate mai mică decât acesta.

Carbură de aluminiu se obține ca produs secundar în procesul de obținere electrolică a aluminiului cu electrozi de grafit. Electroful pe care se depune aluminiul se corodează în timp.

1. Explică care este electroful care se corodează și cum are loc acest proces. (2p)

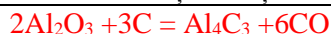


2. Indică formula substanței obținute în procesul coroziunii electrofului.



Prin calcinarea la 1800°C a bauxitei (minereu ce conține oxid de aluminiu) cu cărbune se obține carbură de aluminiu și un gaz (X) foarte toxic.

3. Scrie ecuația reacției menționate. (2p)



4. Despre gazul X se poate afirma: (Încercuiește litera/literele corespunzătoare unui răspuns corect.) (2p)

a. Este de 2,75 ori mai greu că metanul.

b. Conține 3 cupluri comune de electroni.

c. La interacțiunea cu clorul formează un gaz utilizat în calitate de gaz de luptă.

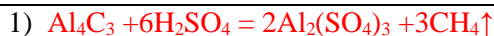
Carborundul (carbura de siliciu) este utilizat ca material abraziv, dar și pentru confecționarea vestelor antiglonț. Prin încălzirea acestuia cu aluminiu se obține carbură de aluminiu.

5. Scrie ecuația acestei reacții. (2p)



Una dintre metodele de obținere în laborator a hidrocarburi A este tratarea carburi de aluminiu cu soluții apoase de baze alcaline sau cu acizi.

6. Scrie ecuațiile reacțiilor ce au loc la tratarea carburi de aluminiu cu acid sulfuric și, respectiv, cu soluție apoasă de hidroxid de sodiu. (4p)



7. Despre hidrocarbura A se poate afirma că: (Încercuiește litera/literele corespunzătoare unui răspuns corect.) (2p)

a. conține un atom de carbon nular;

b. molecula are o formă plană unghiulară;

c. prezintă 2 izomeri;

d. are un singur omolog inferior.

Încălzirea hidrocarburi A la temperatura de 1500°C , urmată de o răcire bruscă a sistemului reactant, permite sinteza hidrocarburi B.

8. Scrie ecuația reacției de obținere a hidrocarburi B.



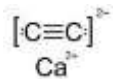
(2p)

Hidrocarbura B poate fi obținută la hidroliză carburi de calciu (compus ce conține 62,5 % metal).



9. Indicați formulele moleculare și de structură ale carbunii de calciu. (3p)

Rezolvare: Formula moleculară: $\text{Ca}_x\text{C}_y \Rightarrow x:y = \frac{62,5}{40} : \frac{37,5}{12} = 1,5625 : 3,125 = 1:2 \Rightarrow \text{CaC}_2$. Formula de structură a CaC_2



este:

10. Despre hidrocarbura **B** se poate afirma că: (Încercuiește litera/literele corecnpnzătoare unui răspuns corect.) (2p)

a. este un compus ionic;

b. conține 2 legături π ;

c. atomul de carbon are gradul de oxidare -4.

Un amestec gazos format din hidrocarburile **A** și **B** densitatea în c.n. egală cu 1,0097 g/L.

11. Calculați fracțiile molare și părțile de masă ale componentelor în amestec. (5p)

Rezolvare: Considerăm 1 mol de amestec $\Rightarrow \bar{M}_{(\text{amestec})} = \rho \cdot V_m = 1,0097 \text{ g/L} \cdot 22,4 \text{ L/mol} = 22,64 \text{ g/mol}$

Notăm cu $a = x(\text{CH}_4)$ = fracția molară a hidrocarbunii **A** (CH_4), atunci $x(\text{C}_2\text{H}_2) = 1-a$ = fracția molară a hidrocarbunii **B** (C_2H_2)

$$\bar{M}_{(\text{amestec})} = x(\text{CH}_4) \cdot M(\text{CH}_4) + x(\text{C}_2\text{H}_2) \cdot M(\text{C}_2\text{H}_2) = 16a + 26(1-a) = 26 - 10a = 22,64 \Rightarrow a = 0,336$$

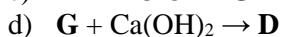
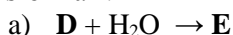
$$x(\text{CH}_4) = 0,336; x(\text{C}_2\text{H}_2) = 1 - 0,336 = 0,664$$

$$m(\text{CH}_4) = x(\text{CH}_4) \cdot M(\text{CH}_4) = 0,336 \cdot 16 \text{ g} = 5,376 \text{ g} \Rightarrow \omega(\text{CH}_4) = 5,376 \text{ g} : 22,64 \text{ g} = 0,2375 \Rightarrow \omega\%(\text{CH}_4) = 23,75\%$$

$$\omega\%(\text{C}_2\text{H}_2) = 100\% - 23,75\% = 76,25\%$$

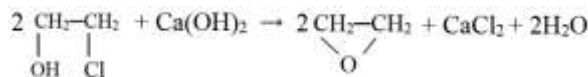
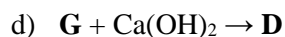
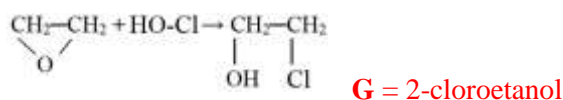
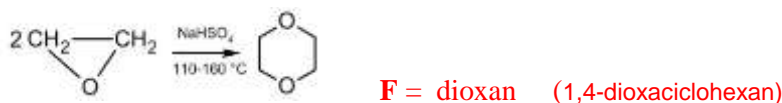
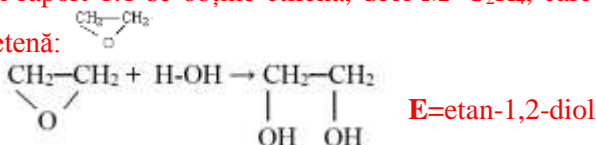
Răspuns: $x(\text{A}) = 0,336$, $x(\text{B}) = 0,664$, $\omega(\text{A}) = 23,75\%$, $\omega(\text{B}) = 76,25\%$

În urma reacției gazului **B** cu hidrogenul, în raport molar 1:1, se obține compusul **M**. Prin oxidarea cu oxigen din aer, în prezența catalizatorului Ag_2O , compusul **M** se transformă într-un compus ciclic, **D**, care participă la următoarele transformări:



12. Identifică substanțele notate cu litere și scrie ecuațiile reacțiilor. (12p)

a) La hidrogenarea gazului **B** în raport 1:1 se obține etilena, deci $\text{M} = \text{C}_2\text{H}_4$, care la oxidare cu $\text{O}_2/\text{Ag}_2\text{O}$ formează compusul ciclic **D** = oxid de etenă:



Hidrocarburile saturate **L** și **Z** au un conținut de carbon de 92,308 % și, respectiv, 84,21%. Compusul **L** conține doar atomi de carbon terțiari, iar **Z** conține numai atomi de carbon cuaternari și primari. Raportul maselor molare ale compușilor **L**:**Z** este egal cu 0,9123.

13. Stabiliți formulele moleculare și de structură ale substanțelor **L** și **Z**. (6p)

Rezolvare: Compusul **L** are formula $\text{C}_x\text{H}_y \Rightarrow m(\text{C}) = 12 \cdot x$

$$12x \dots\dots 92,308\%$$

$$M_r(\text{L}) \dots 100\% \Rightarrow M_r(\text{L}) = 1200x : 92,308 = 13x$$

$$\text{Raportul molar } x:y = \frac{92,308}{12} : \frac{100-92,308}{1} = 7,692 : 7,692 = 1:1 \Rightarrow x=y$$

Compusul **Z** are formula $\text{C}_m\text{H}_n \Rightarrow m(\text{C}) = 12 \cdot x$

$$12a \dots\dots 84,21\%$$

$$M_r(\text{Z}) \dots 100\% \Rightarrow M_r(\text{Z}) = 1200a : 84,21 = 14,25a$$

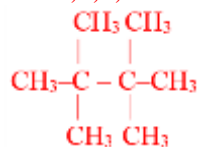
$$\text{Raportul molar } a:b = \frac{84,21}{12} : \frac{100-84,21}{1} = 7,0175 : 15,79 = 1:2,25 = 8:18 \Rightarrow \text{compusul } \text{Z} \text{ are formula } \text{C}_8\text{H}_{18}$$



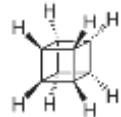
$$a=8, M_r(\mathbf{Z})=14,25 \cdot 8=114$$

$$M_r(\mathbf{L}): M_r(\mathbf{Z})=0,9123 \Rightarrow M_r(\mathbf{L})=114 \cdot 0,9123 = 104 \Rightarrow x=104:13=8 \Rightarrow \text{compusul } \mathbf{L} \text{ are formula } \text{C}_8\text{H}_8.$$

$N.E.(\text{C}_8\text{H}_{18})=0$ (compusul \mathbf{Z} este saturat și aciclic). Izomerul care conține doar atomi de carbon cuaternari și primari este 2,2,3,3-tetrametilbutan:



$N.E.(\text{C}_8\text{H}_{10})=5$. Deoarece \mathbf{L} este saturat, acesta trebuie să conțină 5 cicluri. Compusul care satisface aceste condiții este cubanul (pentacyclo[4.2.0.0^{2,5}.0^{3,8}.0^{4,7}]octane):



Răspuns: substanța $\mathbf{L} = \text{C}_8\text{H}_8$, substanța $\mathbf{Z} = \text{C}_8\text{H}_{18}$.

La tratare hidrocarburii \mathbf{L} cu amestec nitrant se obține un exploziv puternic. Acesta nu conține deloc hidrogen, iar partea de masă a azotului este de 24,138 %.

14. Indică formula moleculară și de structură a explozivului. (2p)

Rezolvare: Dacă hidrocarbura nu mai conține hidrogen, înseamnă că în explozivul conține 8 grupe nitro, formula sa va fi: $\text{C}_8(\text{NO}_2)_8$

$$M_r(\text{C}_8\text{N}_8\text{O}_{16})=464, \omega(\text{N})=8 \cdot 14/464=0,2413, \text{ care coincide cu valoarea dată, deci formula presupusă este corectă.}$$

Compusul este octanitrocubanul:



Răspuns: explozivul are formula $\text{C}_8(\text{NO}_2)_8$.

15. Scrie ecuația reacției hidrocarburii \mathbf{L} cu amestecul nitrant. (2p)



Carbură de magneziu poate fi utilizată pentru sinteza unui solvent foarte cunoscut (\mathbf{Q}). Pentru aceasta carbura este supusă hidrolizei, formând compusul organic \mathbf{J} . Prin clorurarea în primele 2 etape a acestuia, se obține substanța \mathbf{T} care prin hidroliză duce la obținerea solventului \mathbf{Q} .

16. Indică formula moleculară a carburii de magneziu, dacă aceasta conține 72,7272 % Mg. (2p)

Rezolvare: carbura are formula Mg_xC_y .

$$x,y = \frac{72,7272}{24} : \frac{100-72,7272}{12} = 3,03 : 2,27 = 1,33 : 1 = 4 : 3 \Rightarrow \text{carbura are formula } \text{Mg}_4\text{C}_3.$$

Răspuns: Mg_4C_3

17. Scrie ecuațiile reacțiilor prin care carbura de magneziu se transformă în solventul \mathbf{Q} . (6p)

- 1) $\text{Mg}_4\text{C}_3 + 8\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{Mg}(\text{OH})_2 + \text{H}_3\text{C-CH}_2\text{-CH}_3$ $\mathbf{J} = \text{propan}$
- 2) $\text{H}_3\text{C-CH}_2\text{-CH}_3 + 2\text{Cl}_2 \rightarrow \text{H}_3\text{C-CCl}_2\text{-CH}_3 + 2\text{HCl}$ $\mathbf{T} = 2,2\text{-dicloropropan}$
- 3) $\text{H}_3\text{C-CCl}_2\text{-CH}_3 + 2\text{HOH} \rightarrow \text{H}_3\text{C-CO-CH}_3 + 2\text{HCl}$ $\mathbf{Q} = \text{propanona (acetona)}$

Total –100 p