



**Problema nr. 1- „Fetița cu chibriturile” (51p)**



Ați auzit probabil de „teoria chibritului”. Această expresie poate fi interpretată ca „teorie de dragul teoriei”, „teorie pe înțelesul orișicui” sau, mai simplu, „dădăceală”. Probabil e nelipsită din limbajul părinților, nu? În această problemă vom face și noi teoria chibritului, studiind însă compoziția chimică acestora.

În perioada când Hans Christian Andersen a scris „Fetița cu chibriturile” (1848) în gămălia chibriturilor se găseau trei compuși anorganici (**A**, **B** și **C**), iar pasta de pe cutie conținea fosfor roșu și praf de sticlă.

**A** este un compus ternar care la încălzire degajă oxigen și se transformă într-un compus **X** format din doi ioni monovalenți cu structura gazului inert ce încheie perioada a treia.

1. Identificați formula chimică a substanței **X**. (2p)

*Rezolvare: Gazul inert ce încheie perioada a treia este argonul – Ar. El are 18 electroni.*

*Ionul monovalent pozitiv ce are structura argonului va aparține elementului metalic care va ceda 1 electron pentru a ajunge la structura de 18 electroni. Așadar, ionul pozitiv aparține elementului K, care are 19 electroni.*

*Ionul monovalent negativ ce are structura argonului va aparține elementului metalic care va accepta 1 electron pentru a ajunge la structura de 18 electroni. Așadar, ionul negativ aparține elementului Cl, care are 17 electroni.*

*Răspuns: substanța X este KCl.*

La încălzirea a 1,960 g compus **A** se obține 1,192 g substanță solidă **X** și oxigen.

2. Determinați formula moleculară a compusului **A**. (5p)

*Rezolvare: Deoarece la descompunerea substanței A se obține doar KCl și O<sub>2</sub>, tragem concluzia că numărul atomilor de K și Cl din substanța A este egal, putem astfel scrie compusul A sub forma: K<sub>x</sub>Cl<sub>x</sub>O<sub>y</sub>.*

*Ecuatia reacției de descompunere este: 2K<sub>x</sub>Cl<sub>x</sub>O<sub>y</sub> → 2xKCl + yO<sub>2</sub>.*

*m(O) = m(K<sub>x</sub>Cl<sub>x</sub>O<sub>y</sub>) – m(KCl) = 1,96 g - 1,192g = 0,768g*

*Cantitatea de atomi de oxigen va fi: v(O) = 0,768g : 16g/mol = 0,048 mol*

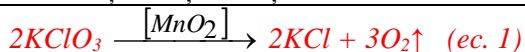
*Cantitatea de KCl: v(KCl) = 1,192g : 74,5g/mol = 0,016 mol. Deoarece 1 mol de KCl conține câte un mol de K și Cl →*

*v(K) = v(Cl) = 0,016 mol*

*Determinăm raportul atomic: v(K) : v(Cl) : v(O) = 0,016 mol : 0,016 mol : 0,048 mol = 1 : 1 : 3*

*Răspuns: Formula moleculară a compusului A este KClO<sub>3</sub>.*

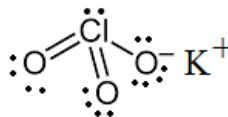
3. Scrieți ecuația reacției ce are loc la încălzirea substanței **A**. (2p)



4. Despre compusul **A** se poate afirma: (Încercuți litera/literele corespunzătoare unui răspuns corect.) (1p)

- a) conține legături ionice;  
 b) conține legături covalente nepolare;  
 c) conține legături covalente duble.

5. Reprezentați formula de structură a substanței **A**.



(2p)

Substanța **B** este un dioxid ce conține 63,22% metal.

6. Determinați formula compusului **B**. (3p)

*Rezolvare: deoarece este un dioxid, formula compusului B va fi MeO<sub>2</sub>. Oxidul va conține 100% - 63,22% = 36,78% oxigen.*

*M<sub>r</sub>(MeO<sub>2</sub>) = A<sub>r</sub>(Me) + 2 · 16*

*A<sub>r</sub>(Me) ..... 63,22%*

*32 ..... 26,78% → A<sub>r</sub>(Me) = (32 · 63,22%) : 36,78% = 55*

*A<sub>r</sub>(Me) = 55 → metalul este Mn (manganul)*

*Răspuns: Formula compusului B este MnO<sub>2</sub>.*

7. Despre substanța **B** se poate afirma (încercuți litera/literele corespunzătoare unui răspuns corect): (1p)

- a) este substanța ce dă culoarea gămăliei chibritului;  
 b) are rol de catalizator în descompunerea substanței **A**;

c) are culoare neagră.

Compusul **C** se poate obține prin combinarea a 15,22 g metal trivalent cu 6 g de sulf.

8. Indicați formula moleculară a compusului **C**.

(5p)

*Rezolvare: Deoarece metalul este trivalent, iar sulful va avea valența II, formula compusului C va fi:  $Me_2S_3$ .*

*Ecuția reacției chimice este:  $2Me + 3S = Me_2S_3$*

*$v(S)=6g: 32 g/mol= 0,1875 mol$ . Conform ecuației reacției:  $\frac{v(Me)}{2} = \frac{v(S)}{3} \rightarrow v(Me) = v(S) \cdot 2/3 = 2 \cdot 0,1875 mol/3 = 0,125 mol$*

*$M(Me)=m(Me): v(Me)=15,22g: 0,125mol=121,76 g/mol \rightarrow$  metalul este Sb (stibiul).*

*Răspuns: Formula compusului C este  $Sb_2S_3$*

Oxigenul obținut la descompunerea compusului **A** este consumat în reacția de ardere a compusului **C**.

9. Scrieți ecuația reacției de ardere a compusului **C**.

(3p)

*$2Sb_2S_3 + 9O_2 = 2Sb_2O_3 + 6SO_2$  (ec. 2) (se acceptă și varianta  $2Sb_2S_3 + 11O_2 = 2Sb_2O_5 + 6SO_2$ )*

10. Calculați ce masă de compus **C** este necesar pentru a consuma tot oxigenul obținut la descompunerea compusului **A**.

(5p)

*Rezolvare: conform calculelor de la punctul 2,  $m(O_2)= 0,768g$ .  $0,768g$*

*$v(O_2)=0,768g: 32 g/mol= 0,024 mol$*

*Conform ecuației 2:  $\frac{v(Sb_2O_3)}{2} = \frac{v(O_2)}{9} \rightarrow v(Sb_2O_3) = v(O_2) \cdot 2/9 = 2 \cdot 0,024 mol/9 = 0,00533 mol$*

*$m(Sb_2O_3) = v(O_2) \cdot M(Sb_2O_3) = 0,00533 mol \cdot 339,52g/mol = 1,8 g$*

*Răspuns:  $m(C)=1,8 g$*

Chibriturile cu aprindere ușoară se pot aprinde prin frecare de orice obiect. Gămălia lor este compusă din substanța **A** și un compus **D**, ce conține fosfor și sulf.

11. Determinați formula moleculară a compusului **D**, dacă se știe că în 1,1 g substanță **D** se găsesc 0,02 mol de atomi de fosfor și  $9,03 \cdot 10^{21}$  atomi de sulf.

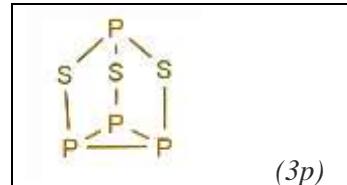
(5p)

*Rezolvare:  $v(S)=N: N_A= 9,03 \cdot 10^{21} : 6,02 \cdot 10^{23} 1/mol=0,015 mol$*

*Raportul molar:  $v(P): v(S)= 0,02 mol: 0,015 mol=20:15=4:3$*

*Răspuns: Formula compusului D este  $P_4S_3$*

12. Reprezentați formula de structură a compusului **D**, știind că toate legăturile dintre atomi sunt unitare, iar numărul legăturilor covalente polare este de două ori mai mare decât cel al legăturilor covalente nepolare.



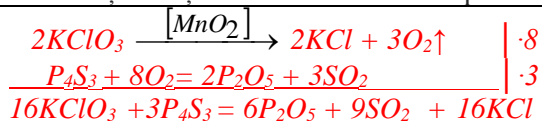
13. Scrieți ecuația chimică a reacției cu oxigenul a compusului **D**.

(3p)

*$P_4S_3 + 8O_2 = 2P_2O_5 + 3SO_2$*

14. Scrieți ecuația sumară a celor două procese ce au loc la aprinderea acestor chibrituri.

(6p)



15. Calculați raportul de masă în care sunt amestecate **A** și **D** în procesul de producere a chibriturilor cu aprindere ușoară.

(5p)

*Rezolvare: 16 mol de  $KClO_3$  vor cântări:  $m(KClO_3) = 16 mol \cdot 122,5 g/mol = 1960g$*

*3 mol de  $P_4S_3$  vor cântări:  $m(P_4S_3) = 3 mol \cdot 220 g/mol = 660g$*

*$m(KClO_3) : m(P_4S_3) = 1960g : 660g = 2,969:1$*

*Răspuns:  $m(A):m(D) = 2,969:1$*

### Problema nr. 2- „Prințul fericit” (40p)



„Prințul fericit” din povestea lui Oscar Wilde era o statuie de bronz acoperită cu foite subțiri de aur. În loc de ochi avea două safire strălucitoare, iar un mare rubin roșiatic îi împodobește mânerul sabiei.

Bronzul folosit la confecționarea statuiilor este un aliaj format din trei metale X, Y și Z.

Atomii metalului X au câte 29 de protoni în nucleu. Elementele Y și Z se găsesc în aceeași subgrupă. Atomii elementului Z au 6 straturi ocupate cu electroni, iar cei ai elementului Y mai puțin cu unul. Suma numerelor atomice ale celor trei elemente este 161, iar diferența dintre numerele atomice ale lui Z și Y este 32.

1. Identificați cele trei elemente metalice ce intră în compoziția bronzului.

(5 p)

**Rezolvare:** Elementul cu 29 protoni are numărul atomic  $Z=29$ , deci  $X$  este  $Cu$  (cupru).  $A_r(Cu)=64$

$$Z(X) + Z(Y) + Z(Z) = 161 \rightarrow Z(Y) + Z(Z) = 161 - 29 = 132 \quad (1)$$

$$Z(Z) - Z(Y) = 32 \rightarrow Z(Z) = Z(Y) + 32 \quad (2)$$

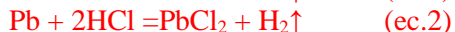
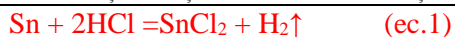
Introducem relația (2) în (1) și obținem:  $Z(Y) + Z(Y) + 32 = 132 \rightarrow Z(Y) = 50$ , elementul  $Y$  este  $Sn$  (staniu)

$Z(Z) = Z(Y) + 32 = 50 + 32 = 82$ , elementul  $Z$  este  $Pb$  (plumbul).

**Răspuns:** Bronzul conține elementele  $Cu$ ,  $Sn$  și  $Pb$ .

Pentru a determina compoziția bronzului din care se produc statuile s-a luat o probă de aliaj cu masa de 35 g și s-a tratat cu  $HCl$ . Metale  $Y$  și  $Z$  s-au „dizolvat” cu eliminarea a 2,726 litri de gaz ( $\rho=0,08988$  g/L). Producții formați de metale în urma reacției cu  $HCl$  sunt compuși binari în care ambele elemente sunt bivalente. În urma reacției, masa aliajului a scăzut de 1,754 ori.

2. Scrieți ecuațiile celor două reacții chimice care au loc. (4p)



3. Reacțiile care au avut loc sunt reacții de: (Încercuțiți răspunsul corect.) (1p)

a. schimb      b. combinare       c. substituție

4. Determinați compoziția în procente de masă a aliajului. (7p)

**Rezolvare:** Gazul este  $H_2$ ,  $m(H_2) = \rho \cdot V = 0,08988$  g/L  $\cdot$  2,726 L = 0,245g;  $v(H_2) = 0,245$ g : 2 g/mol = 0,1225 mol

Din aliaj, după dizolvare în  $HCl$  rămâne doar  $Cu$ :  $m(Cu) = m(\text{aliaj}) : 1,754 = 35$ g : 1,754 = 19,95g.

35 g aliaj.....100%

$$19,95 \text{ g Cu} \dots\dots\dots x\% \rightarrow x = 19,95 \text{ g} \cdot 100\% : 35 \text{ g} = 57\%$$

$$m(Sn) + m(Pb) = 35 \text{ g} - 19,95 \text{ g} = 15,05 \text{ g}$$

conform ecuației 1:  $v(Sn) = v_1(H_2)$ , iar conform ecuației 2:  $v(Pb) = v_2(H_2)$

$$v_1(H_2) + v_2(H_2) = v(H_2) = 0,1225 \text{ mol, așadar } v(Sn) + v(Pb) = 0,1225 \text{ mol.}$$

$$m(Sn) = 119 \cdot v(Sn); \quad m(Pb) = 207 \cdot v(Pb)$$

Din relația:  $m(Sn) + m(Pb) = 15,05$ g, obținem sistemul:

$$\begin{cases} v(Sn) + v(Pb) = 0,1225 \text{ mol} \\ 119 \cdot v(Sn) + 207 \cdot v(Pb) = 15,05 \end{cases} \rightarrow v(Pb) = 0,005 \text{ mol}; \quad m(Pb) = 207 \cdot v(Pb) = 1,035 \text{ g, respectiv, } m(Sn) = 14,015 \text{ g}$$

35g aliaj.....100%

$$14,015 \text{ g Sn} \dots\dots\dots y\% \rightarrow y = 40,04\% \text{ Sn}$$

$$100\% - 57\% \text{ Cu} - 40,04\% \text{ Sn} = 2,96\% \text{ Pb}$$

**Răspuns:** aliajul conține 57 %  $Cu$ , 40,04%  $Sn$ , 2,96%  $Pb$ .

5. Calculați raportul atomic al metalelor  $X$ ,  $Y$  și  $Z$  în aliaj. (3p)

**Rezolvare:**  $v(Cu) = 19,95$ g : 64g/mol = 0,312 mol;  $v(Sn) = 14,015$ g : 119g/mol = 0,118 mol;

$$v(Pb) = 1,035 \text{ g} : 207 \text{ g/mol} = 0,005 \text{ mol.}$$

Raportul molar este egal cu raportul atomic:

$$v(Cu) : v(Sn) : v(Pb) = 0,312 \text{ mol} : 0,118 \text{ mol} : 0,005 \text{ mol} = 62,4 : 23,6 : 1$$

**Răspuns:**  $X : Y : Z = 62,4 : 23,6 : 1$

Safirul și rubinul sunt pietre prețioase ce conțin ca principal component oxidul de aluminiu ( $Al_2O_3$ ). Culoarele diferite ale safirului se datorează impurităților de alte metale (fier, titan, crom, cupru sau magneziu). Rubinul este o piatră de culoare roșie, aceasta fiind datorată ionilor de  $Cr^{3+}$  care înlocuiesc o parte din ionii de aluminiu în cristal.

6. Știind că doar 1% din ionii de aluminiu sunt înlocuiți cu ionii de crom, determinați numărul ionilor de crom care se găsesc într-un rubin ce conține 0,045 mol de substanță. (3p)

**Rezolvare:**  $v(X_2O_3) = 0,045$  mol

$$1 \text{ mol } X_2O_3 \dots\dots\dots 2 \text{ mol } X^{3+}$$

$$0,045 \text{ mol} \dots\dots\dots v \rightarrow v(X^{3+}) = 0,09 \text{ mol} \rightarrow N(X^{3+}) = 0,09 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 0,5418 \cdot 10^{23}$$

$$0,5418 \cdot 10^{23} X^{3+} \dots\dots\dots 100\%$$

$$N(Cr^{3+}) \dots\dots\dots 1\% \rightarrow N(Cr^{3+}) = 0,5418 \cdot 10^{23} = 5,418 \cdot 10^{20}$$

**Răspuns:**  $N(Cr^{3+}) = 5,418 \cdot 10^{20}$

7. Ionul  $Cr^{3+}$  conține: (Încercuțiți litera/literele corespunzătoare unui răspuns corect.) (1p)

a. 52  $p^+$  și 24  $e^-$       b. 27  $p^+$  și 24  $e^-$       c. 52  $p^+$  și 49  $e^-$        d. 24  $p^+$  și 21  $e^-$

Cel mai mare safir stelat din lume a fost descoperit în 2015 în Sri Lanka și are 1404,49 carate. Un carat de piatră prețioasă reprezintă circa 0,2 g.

8. Calculați ce cantitate de atomi se găsesc în această piatră prețioasă, dacă se consideră că în compoziția ei se găsește doar  $Al_2O_3$  și  $Cr_2O_3$ . (5p)



Rezolvare:  $m(\text{safir}) = n_r \cdot \text{carate} \cdot 0,2 \text{ g} = 1404,49 \cdot 0,2 \text{ g} = 280,898 \text{ g}$

Dacă vom considera că  $v(\text{Cr}) = x \rightarrow v(\text{O})$  din  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  va fi  $3x/2$ . Notăm această cantitate de oxigen cu  $v_1(\text{O})$ .

Cantitatea de aluminiu va fi de 99 ori mai mare, respectiv  $v(\text{Al}) = 99x \rightarrow v(\text{O})$  din  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va fi  $3 \cdot 99x/2$ .

Deci, cantitatea totală de oxigen va fi  $3x/2 + 3 \cdot 99x/2 = 3x \cdot 100/2 = 150x$

$m(\text{Cr}) = v \cdot M = x \cdot 52$ ,  $m(\text{Al}) = 99x \cdot 27$ ,  $m(\text{O}) = 150x \cdot 16 \rightarrow 280,898 = 52x + 99x \cdot 27 + 150x \cdot 16 \rightarrow x = 0,0546 \text{ mol}$

$v_{\text{total}}(\text{atomi}) = v(\text{Cr}) + v(\text{Al}) + v(\text{O}) = x + 99x + 150x = 250x = 250 \cdot 0,0546 \text{ mol} = 13,65 \text{ mol}$

$N_{\text{total}}(\text{atomi}) = v \cdot N_A = 13,65 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ 1/mol} = 8,2173 \cdot 10^{24}$

Răspuns:  $N(\text{atomi}) = 8,2173 \cdot 10^{24}$

9. Calculați masele de oxigen și aluminiu ce trebuie să reacționeze pentru a produce aceeași masă de oxid de aluminiu ca cea prezentă în acest safir. (3p)

Rezolvare:  $v(\text{Al}) = 99x = 99 \cdot 0,0546 \text{ mol} = 5,4 \text{ mol} \rightarrow m(\text{Al}) = 5,4 \text{ mol} \cdot 27 \text{ g/mol} = 145,8 \text{ g}$

$5,4 \text{ mol } x$

$4\text{Al} + 3\text{O}_2 = 2\text{Al}_2\text{O}_3$

$4 \text{ mol } \quad 3 \text{ mol} \quad \rightarrow x = 3 \cdot 5,4 / 4 = 4,05$ ;  $v(\text{O}_2) = 4,05 \text{ mol} \rightarrow m(\text{O}_2) = 4,05 \text{ mol} \cdot 32 \text{ g/mol} = 129,6 \text{ g}$

Răspuns:  $m(\text{Al}) = 145,8 \text{ g}$ ,  $m(\text{O}_2) = 129,6 \text{ g}$

Foițele de aur cu care se acoperă statuile conțin aur de 23 de carate (23 K). Ele au dimensiunea  $8 \times 8 \text{ cm}$ , grosimea de 10 micrometri (1 micrometru =  $10^{-6} \text{ m}$ ) și cântăresc 1,29 g. Un pachet de foițe de aur conține 25 bucăți și costă aproximativ 1000 lei.

10. Calculați procentul de aur din aceste foițe, știind că la aur, caratele reprezintă procentul de aur din aliaj, iar aurul de 24 de carate este aur pur 100%. (2p)

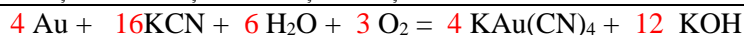
Rezolvare:  $100\% \text{ Au} \dots \dots \dots 24 \text{ carate}$

$x \dots \dots \dots 23 \text{ carate} \rightarrow x = 100\% \cdot 23 / 24 = 95,83\%$

Răspuns: Foița conține 95,83% Au.

Aurul este unul din puținele metale care se găsesc în natură în stare nativă (liber). Prin prelucrarea unei tone de minereu se produc circa 2 g de aur. Cel mai ieftin procedeu de producere a aurului are la bază cianurarea, prin care se poate extrage 97% din metalul prezent în minereu. Acesta se bazează pe tratarea minereului cu cianura de potasiu – o substanță foarte toxică pentru om. Doza letală fiind de 200–300 mg.

11. Stabiliți coeficienții în ecuația reacției de cianurare a aurului: (3p)



12. Calculați ce masă de minereu s-a prelucrat pentru extragerea aurului, dacă în reacția de cianurare s-au consumat 30,55 g KCN. (3p)

Rezolvare:  $v(\text{KCN}) = 30,55 \text{ g} / 65 \text{ g/mol} = 0,47 \text{ mol}$

$4 \text{ mol Au} \dots \dots \dots 16 \text{ mol KCN}$

$x \dots \dots \dots 0,47 \text{ mol KCN} \rightarrow x = 4 \cdot 0,47 \text{ mol} / 16 = 0,1175 \text{ mol Au}$

$m(\text{Au}) = 0,1175 \text{ mol} \cdot 197 \text{ g/mol} = 23,15 \text{ g}$

1 tonă minereu  $\dots \dots \dots 2 \text{ g Au}$

$m(\text{minereu}) \dots \dots \dots 23,15 \text{ g Au} \rightarrow m(\text{minereu}) = 23,15 \text{ g} \cdot 1 \text{ t} / 2 \text{ g} = 11,57 \text{ t}$

Răspuns:  $m(\text{minereu}) = 11,57 \text{ t} = 11570 \text{ kg}$

**Total –91p**

