

OLIMPIADA DE CHIMIE
etapa județeană/municipiului București
21 martie 2025
Clasa a XII-a

BAREM DE EVALUARE ȘI DE NOTARE

SE PUNCTEAZĂ CORESPUNZĂTOR ORICE FORMULARE/MODALITATE DE REZOLVARE CORECTĂ A CERINTELOR.

Subiectul I

25 de puncte

I.A.

<p>(A.1) $T = 293 \text{ K}$ $k = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C}$ $k_1^{(1)} = \frac{1}{45} \ln \frac{0,458}{0,37} = 4,74 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ $k_1^{(2)} = \frac{1}{107} \ln \frac{0,458}{0,275} = 4,76 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ $k_1^{(3)} = \frac{1}{233} \ln \frac{0,458}{0,151} = 4,76 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ $k_1^{(4)} = \frac{1}{613} \ln \frac{0,458}{0,025} = 4,74 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ $k_1^{(1)} \square k_1^{(2)} = k_1^{(3)} \square k_1^{(4)} \Rightarrow \text{reacția este de ordinul 1}$</p>	2p
<p>(A.2) $T = 293 \text{ K}$ $k_1 = \frac{k_1^{(1)} + k_1^{(2)} + k_1^{(3)} + k_1^{(4)}}{4} = 4,75 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$</p>	2p
<p>(A.3) $T' = 298 \text{ K}$ $t = 92 \text{ min}$ $C = \frac{25}{100} \cdot C_0 \Rightarrow k_1' = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{\frac{25}{100} \cdot C_0} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$</p>	2p
<p>$T' = 298 \text{ K}; k_1' = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ min}^{-1}$ $T = 293 \text{ K}; k_1 = 4,75 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$ $E_a = \frac{RTT'}{T' - T} \ln \frac{k_1'}{k_1} = 166950 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} = 166,95 \text{ kJ} \cdot \text{K}^{-1}$</p>	2p
<p>(A.4) $T' = 298 \text{ K}$ $C = \frac{C_0}{2} \Rightarrow t = t_{1/2}$ $t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k_1'} = 46,2 \text{ min}$</p>	2p

I.B.

<p>(B.1) $8S_7(g) \rightleftharpoons 7S_8(g)$ $\Delta_r H^\circ = \sum n' \cdot \Delta H_{\text{legături desfăcute}} - \sum n \cdot \Delta H_{\text{legături formate}}$ $\Delta_{r,d} H^\circ = 8 \cdot 7 \cdot 260,0 - 7 \cdot 8 \cdot 263,3 = -184,8 \text{ kJ}$</p>	2p						
<p>(B.2) $m = 1 \text{ g sulf}$ $m_{S_7} = 0,01056 \text{ g} \Rightarrow n_{S_7} = 4,714 \cdot 10^{-5} \text{ mol}$ $m_{S_8} = 0,98944 \text{ g} \Rightarrow n_{S_8} = 3,865 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$</p>	2p						
<p>(B.3) $C_M = \frac{n}{V_s} \Rightarrow [S_8] = 3,865 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ $[S_7] = 4,714 \cdot 10^{-5} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ $K_c = \left(\frac{[S_8]^7}{[S_7]^8} \right)_{\text{echil}} = 5,284 \cdot 10^{17} \text{ mol}^{-1} \cdot L$</p>	2p						
<p>(B.4)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">$S_8 \text{ (s, ortorombic)} + 8O_2(g) \longrightarrow 8SO_2(g)$</td> <td style="padding: 5px;">$\Delta_c H_{S_8 \text{ (ortorombic)}}^\circ = -296,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">$S_8 \text{ (s, monoclinic)} + 8O_2(g) \longrightarrow 8SO_2(g)$</td> <td style="padding: 5px;">$\Delta_c H_{S_8 \text{ (monoclinic)}}^\circ = -297,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">$S_8 \text{ (s, ortorombic)} \longrightarrow S_8 \text{ (s, monoclinic)}$</td> <td style="padding: 5px;">$\Delta H^\circ = \Delta_c H_{S_8 \text{ (ortorombic)}}^\circ - \Delta_c H_{S_8 \text{ (monoclinic)}}^\circ$</td> </tr> </tbody> </table> <p>$\Delta H^\circ = +0,3 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$</p>	$S_8 \text{ (s, ortorombic)} + 8O_2(g) \longrightarrow 8SO_2(g)$	$\Delta_c H_{S_8 \text{ (ortorombic)}}^\circ = -296,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$S_8 \text{ (s, monoclinic)} + 8O_2(g) \longrightarrow 8SO_2(g)$	$\Delta_c H_{S_8 \text{ (monoclinic)}}^\circ = -297,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	$S_8 \text{ (s, ortorombic)} \longrightarrow S_8 \text{ (s, monoclinic)}$	$\Delta H^\circ = \Delta_c H_{S_8 \text{ (ortorombic)}}^\circ - \Delta_c H_{S_8 \text{ (monoclinic)}}^\circ$	3p
$S_8 \text{ (s, ortorombic)} + 8O_2(g) \longrightarrow 8SO_2(g)$	$\Delta_c H_{S_8 \text{ (ortorombic)}}^\circ = -296,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$						
$S_8 \text{ (s, monoclinic)} + 8O_2(g) \longrightarrow 8SO_2(g)$	$\Delta_c H_{S_8 \text{ (monoclinic)}}^\circ = -297,1 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$						
$S_8 \text{ (s, ortorombic)} \longrightarrow S_8 \text{ (s, monoclinic)}$	$\Delta H^\circ = \Delta_c H_{S_8 \text{ (ortorombic)}}^\circ - \Delta_c H_{S_8 \text{ (monoclinic)}}^\circ$						
<p>În condiții standard, $S_8 \text{ (ortorombic)}$ este mai stabil decât $S_8 \text{ (monoclinic)}$.</p>	1p						
<p>(B.5) $H_2(g) + \frac{1}{8} S_8 \text{ (s, ortorombic)} + 2O_2(g) \rightarrow H_2SO_4(l)$</p>	2p						
<p>$\Delta_r H^\circ = \frac{1}{2} \cdot \Delta_r H_1^\circ - 1 \cdot \Delta_r H_2^\circ + \frac{1}{8} \cdot \Delta_r H_3^\circ + 1 \cdot \Delta_r H_4^\circ = -813,8 \text{ kJ}$ $\Delta_f H_{H_2SO_4(l)}^\circ = -813,8 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$</p>	3p						

Subiectul al II-lea

20 de puncte

<p>(2.1) $\ln K_c = -\frac{\Delta_r H^\circ}{R} \cdot \frac{1}{T} + C \Rightarrow \ln \frac{K_{c(T_2)}}{K_{c(T_1)}} = \frac{\Delta_r H^\circ}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$ $T_1 = 623 \text{ K}$ $T_2 = 718 \text{ K}$ $K_{c(T_1)} = \frac{k_{d(T_1)}}{k_{i(T_1)}} = 75$</p>	2p
<p>$\ln \frac{K_{c(T_2)}}{K_{c(T_1)}} = \frac{\Delta_r H^\circ \cdot (T_2 - T_1)}{RT_1 T_2} \Rightarrow K_{c(T_2)} = K_{c(T_1)} \cdot e^{\frac{\Delta_r H^\circ \cdot (T_2 - T_1)}{RT_1 T_2}} = 53,333$</p>	2p

$K_{c(T_2)} = \frac{k_{d(T_2)}}{k_{i(T_2)}} \Rightarrow k_{d(T_2)} = K_{c(T_2)} \cdot k_{i(T_2)} = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$	2p						
<p>(2.2)</p> $k = A \cdot e^{-\frac{E_a}{RT}}$ $\ln \frac{k_{(T_2)}}{k_{(T_1)}} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow E_a = \frac{RT_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_{(T_2)}}{k_{(T_1)}}$ $\Rightarrow E_{a_d} = \frac{RT_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_{d(T_2)}}{k_{d(T_1)}} = 155670 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = 155,67 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ $E_{a_i} = \frac{RT_1 T_2}{T_2 - T_1} \ln \frac{k_{i(T_2)}}{k_{i(T_1)}} = 169016 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} = 169,016 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$	2p						
<p>$E_{a_d} = E^* - E_R$, E_R – energia potențială medie a reactanților</p> <p>$E_{a_i} = E^* - E_P$, E_P – energia potențială medie a produșilor de reacție</p> <p>$\Delta_{r,d}H^\circ = E_P - E_R = E_{a_d} - E_{a_i} = 155,67 - 169,016 = -13,346 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$</p>	2p						
<p>(2.3)</p> <p>$[k_d] = \text{mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow$ reacția directă este de ordinul 2</p> <p>$[k_i] = \text{mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1} \Rightarrow$ reacția inversă este de ordinul 2</p>	2p						
<p>(2.4)</p> $C_0 = \frac{n}{V} \Rightarrow C_0 = 0,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ $\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = 2k_d t \Rightarrow C = \frac{C_0}{1 + 2C_0 k_d t}$ <p>$[AB] = C = 0,431 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$</p>	2p						
$\% AB_{\text{descompus}} = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100 = 13,8\%$	2p						
<p>(2.5)</p> <p>$T = 718 \text{ K}$</p> <p>$K_{c(r,d)} = 53,33$</p> <table border="1" data-bbox="145 1496 900 1686" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tbody> <tr> <td style="width: 20%;"></td> <td style="text-align: center;">$2AB(g) \xrightleftharpoons[k_i]{k_d} A_2(g) + B_2(g)$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$I \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$</td> <td style="text-align: center;">$C_0 \quad \quad \quad - \quad \quad \quad -$</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">$E \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$</td> <td style="text-align: center;">$(C_0 - 2x) \quad \quad \quad x \quad \quad \quad x$</td> </tr> </tbody> </table> $K_c = \left(\frac{[A_2] \cdot [B_2]}{[AB]^2} \right)_{\text{echil}} \Rightarrow K_c = \frac{x^2}{(C_0 - 2x)^2}$ $\frac{x^2}{(0,5 - 2x)^2} = 53,333 \Rightarrow \frac{x}{0,5 - 2x} = 7,3 \Rightarrow x = 0,233$		$2AB(g) \xrightleftharpoons[k_i]{k_d} A_2(g) + B_2(g)$	$I \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$	$C_0 \quad \quad \quad - \quad \quad \quad -$	$E \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$	$(C_0 - 2x) \quad \quad \quad x \quad \quad \quad x$	2p
	$2AB(g) \xrightleftharpoons[k_i]{k_d} A_2(g) + B_2(g)$						
$I \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$	$C_0 \quad \quad \quad - \quad \quad \quad -$						
$E \text{ (mol} \cdot \text{L}^{-1}\text{)}$	$(C_0 - 2x) \quad \quad \quad x \quad \quad \quad x$						
<p>$[AB]_e = 0,5 - 2x = 0,034 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$</p> <p>$[A_2]_e = x = 0,233 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$</p> <p>$[B_2]_e = x = 0,233 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$</p>	2p						

(3.1) $2 \cdot \varepsilon_{\text{HClO}, \text{H}^+/\text{Cl}^-}^\circ = 1 \cdot \varepsilon_{\text{HClO}, \text{H}^+/\text{Cl}_2}^\circ + 1 \cdot \varepsilon_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}^\circ \Rightarrow \varepsilon_{\text{HClO}, \text{H}^+/\text{Cl}^-}^\circ = 1,495 \text{ V}$	3p
$\varepsilon_{\text{HClO}, \text{H}^+/\text{Cl}^-}^\circ > \varepsilon_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}^\circ \Rightarrow$ în mediu acid, HClO este un agent oxidant mai puternic decât clorul.	2p
(3.2) Într-o soluție apoasă de clor există echilibrul: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCl} + \text{HClO}$	2p
(3.3) $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Cl}^- \quad \varepsilon_{(+)} = \varepsilon_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}^\circ = +1,36 \text{ V}$ $2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^- \quad \varepsilon_{(-)} = \varepsilon_{\text{I}_2/\text{I}^-}^\circ = +0,535 \text{ V}$ <hr/> $\text{Cl}_2 + 2\text{I}^- \rightarrow 2\text{Cl}^- + \text{I}_2$	3p
$E^\circ = \varepsilon_{(+)} - \varepsilon_{(-)} = +0,825 \text{ V} > 0 \Rightarrow$ reacția este spontană în condiții standard	2p
$\text{Cl}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{HCl} \quad \varepsilon_{(+)} = \varepsilon_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}^\circ = +1,36 \text{ V}$ $\text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{H}^+ + 10\text{e}^- \quad \varepsilon_{(-)} = \varepsilon_{\text{HIO}_3, \text{H}^+/\text{I}_2}^\circ = +1,195 \text{ V}$ <hr/> $5\text{Cl}_2 + \text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{HCl}$	3p
$E^\circ = \varepsilon_{(+)} - \varepsilon_{(-)} = +0,165 \text{ V} > 0 \Rightarrow$ reacția este spontană în condiții standard	2p
$\text{HClO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{HCl} + \text{H}_2\text{O} \quad \varepsilon_{(+)} = \varepsilon_{\text{HClO}, \text{H}^+/\text{Cl}^-}^\circ = 1,495 \text{ V}$ $\text{I}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 10\text{H}^+ + 10\text{e}^- \quad \varepsilon_{(-)} = \varepsilon_{\text{HIO}_3, \text{H}^+/\text{I}_2}^\circ = +1,195 \text{ V}$ <hr/> $5\text{HClO} + \text{I}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HIO}_3 + 5\text{HCl}$	2p
$E^\circ = \varepsilon_{(+)} - \varepsilon_{(-)} = +0,3 \text{ V} > 0 \Rightarrow$ reacția este spontană în condiții standard	2p
(3.4) $\text{Cl}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{HCl} \quad \varepsilon_{(+)} = \varepsilon_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}^\circ = +1,36 \text{ V}$ $\text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HBrO}_3 + 10\text{H}^+ + 10\text{e}^- \quad \varepsilon_{(-)} = \varepsilon_{\text{HBrO}_3, \text{H}^+/\text{Br}_2}^\circ = +1,478 \text{ V}$ <hr/> $5\text{Cl}_2 + \text{Br}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{HBrO}_3 + 10\text{HCl}$	2p
$E^\circ = \varepsilon_{(+)} - \varepsilon_{(-)} = -0,118 \text{ V} < 0 \Rightarrow$ reacția nu este spontană în condiții standard	2p

(4.1) Etapa (1) (a) $\text{Co}_3\text{O}_4(\text{s}) \xrightarrow{t^\circ\text{C}} 3\text{CoO}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$ $\Delta_r H_{298}^\circ = 3 \cdot \Delta_f H_{\text{CoO}(\text{s})}^\circ + \frac{1}{2} \cdot \Delta_f H_{\text{O}_2(\text{g})}^\circ - 1 \cdot \Delta_f H_{\text{Co}_3\text{O}_4(\text{s})}^\circ = +170,3 \text{ kJ}$ $\Delta_r S_{298}^\circ = 3 \cdot S_{\text{CoO}(\text{s})}^\circ + \frac{1}{2} \cdot S_{\text{O}_2(\text{g})}^\circ - 1 \cdot S_{\text{Co}_3\text{O}_4(\text{s})}^\circ = +157,7 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ $\Delta_r G_T^\circ = \Delta_r H_{298}^\circ - T \cdot \Delta_r S_{298}^\circ \Rightarrow \Delta_r G_T^\circ = (170300 - 157,7 \cdot T) \text{ J}$	3p
--	----

<p>(b) $\text{CoFe}_2\text{O}_4(\text{s}) \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{CoO}(\text{s}) + 2\text{FeO}(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g})$</p> $\Delta_r H_{298}^\circ = 1 \cdot \Delta_f H_{\text{CoO}(\text{s})}^\circ + 2 \cdot \Delta_f H_{\text{FeO}(\text{s})}^\circ + \frac{1}{2} \cdot \Delta_f H_{\text{O}_2(\text{g})}^\circ - 1 \cdot \Delta_f H_{\text{CoFe}_2\text{O}_4(\text{s})}^\circ = +318,9 \text{ kJ}$ $\Delta_r S_{298}^\circ = 1 \cdot S_{\text{CoO}(\text{s})}^\circ + 2 \cdot S_{\text{FeO}(\text{s})}^\circ + \frac{1}{2} \cdot S_{\text{O}_2(\text{g})}^\circ - 1 \cdot S_{\text{CoFe}_2\text{O}_4(\text{s})}^\circ = +141,9 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ $\Delta_r G_T^\circ = \Delta_r H_{298}^\circ - T \cdot \Delta_r S_{298}^\circ \Rightarrow \Delta_r G_T^\circ = (318900 - 141,9 \cdot T) \text{ J}$	3p
<p>(4.2)</p> <p>(a) $\Delta_r G_T^\circ = 0 \Rightarrow 170300 - 157,7 \cdot T = 0 \Rightarrow T = 1080 \text{ K}$</p> <p>(b) $\Delta_r G_T^\circ = 0 \Rightarrow 318900 - 141,9 \cdot T = 0 \Rightarrow T = 2247 \text{ K}$</p>	2p
<p>Temperatura la care începe descompunerea spontană a Co_3O_4 este mult mai mică decât temperatura la care începe descompunerea spontană a CoFe_2O_4.</p>	1p
<p>(4.3)</p> <p>(a)</p> $\Delta_r G_T^\circ = (170300 - 157,7 \cdot T) \text{ J}$ <p>$T = 1700 \text{ K} \Rightarrow \Delta_r G_T^\circ = -97790 \text{ J} < 0 \Rightarrow$ La 1700 K, la orice presiune practic posibilă a oxigenului, întreaga cantitate de Co_3O_4 s-a descompus.</p>	3p
<p>(b)</p> $\Delta_r G_T^\circ = -RT \ln K_p; K_p = P_{\text{O}_2}^{1/2}$ $\Delta_r G_T^\circ = -RT \ln P_{\text{O}_2}^{1/2} \Rightarrow P_{\text{O}_2} = e^{-\frac{2 \cdot \Delta_r G_T^\circ}{RT}}$ $\Delta_r G_T^\circ = (318900 - 141,9 \cdot T) \text{ J}$ <p>$T = 1700 \text{ K} \Rightarrow \Delta_r G_T^\circ = +77670 \text{ J} > 0$</p> $P_{\text{O}_2} = e^{-\frac{2 \cdot \Delta_r G_T^\circ}{RT}} = 1,68 \cdot 10^{-5} \text{ atm}$ <p>Pentru ca la 1700 K CoFe_2O_4 să se descompună complet, presiunea oxigenului din reactor trebuie să fie mai mică de $1,68 \cdot 10^{-5} \text{ atm}$.</p>	3p
<p>Concluzie: având în vedere prima etapă, este mai potrivit să se utilizeze Co_3O_4, deoarece se descompune complet la temperaturi mult sub temperatura fezabilă din punct de vedere economic, la orice presiune practic posibilă a oxigenului în reactor.</p> <p>La 1700 K, pentru descompunerea completă a CoFe_2O_4, este necesar să se creeze un vid înaintat în reactor.</p>	3p
<p>(4.4)</p> <p>Etapa (2)</p> <p>(a) $3\text{CoO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \xrightleftharpoons{t^\circ\text{C}} \text{Cr}_3\text{O}_4(\text{s}) + \text{H}_2(\text{g})$</p> $\Delta_r H_{298(2)}^\circ = 1 \cdot \Delta_f H_{\text{Cr}_3\text{O}_4(\text{s})}^\circ + 1 \cdot \Delta_f H_{\text{H}_2(\text{g})}^\circ - 3 \cdot \Delta_f H_{\text{CoO}(\text{s})}^\circ - 1 \cdot \Delta_f H_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})}^\circ = +71,5 \text{ kJ}$ $\Delta_r S_{298(2)}^\circ = 1 \cdot S_{\text{Cr}_3\text{O}_4(\text{s})}^\circ + 1 \cdot S_{\text{H}_2(\text{g})}^\circ - 3 \cdot S_{\text{CoO}(\text{s})}^\circ - 1 \cdot S_{\text{H}_2\text{O}(\text{g})}^\circ = -113,4 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ $\Delta_r G_{T(2)}^\circ = \Delta_r H_{298(2)}^\circ - T \cdot \Delta_r S_{298(2)}^\circ = 71500 + 113,4 \cdot T > 0 \text{ întotdeauna.}$	3p

<p>(b) $\text{CoO(s)} + 2\text{FeO(s)} + \text{H}_2\text{O(g)} \xrightleftharpoons{t^\circ\text{C}} \text{CoFe}_2\text{O}_4\text{(s)} + \text{H}_2\text{(g)}$</p> <p>$\Delta_r H_{298(2)}^\circ = 1 \cdot \Delta_f H_{\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{(s)}}^\circ + 1 \cdot \Delta_f H_{\text{H}_2\text{(g)}}^\circ - 1 \cdot \Delta_f H_{\text{CoO(s)}}^\circ - 2 \cdot \Delta_f H_{\text{FeO(s)}}^\circ - 1 \cdot \Delta_f H_{\text{H}_2\text{O(g)}}^\circ = -77,1 \text{ kJ}$</p> <p>$\Delta_r S_{298(2)}^\circ = 1 \cdot S_{\text{CoFe}_2\text{O}_4\text{(s)}}^\circ + 1 \cdot S_{\text{H}_2\text{(g)}}^\circ - 1 \cdot S_{\text{CoO(s)}}^\circ - 2 \cdot S_{\text{FeO(s)}}^\circ - 1 \cdot S_{\text{H}_2\text{O(g)}}^\circ = -97,6 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$</p> <p>Dacă $K_{P(2)} = 1 \Rightarrow \Delta_r G_{T(2)}^\circ = -RT \ln K_p = 0$</p> <p>$\Delta_r G_{T(2)}^\circ = \Delta_r H_{298(2)}^\circ - T \cdot \Delta_r S_{298(2)}^\circ = -77100 + 97,6 \cdot T = 0 \Rightarrow T = 790 \text{ K}$</p>	3p
<p>(4.5) În etapa (2), reacția (a) este endotermă, iar reacția (b) este exotermă. Conform principiului lui Le Châtelier, la creșterea temperaturii echilibrul reacției (a) se deplasează spre dreapta, iar echilibrul reacției (b) se deplasează spre stânga.</p>	2p
<p>(4.6) La 790 K este posibilă obținerea hidrogenului în cantități suficiente folosind CoFe_2O_4. Nu se va utiliza Co_3O_4 pentru obținerea hidrogenului, deoarece la temperaturi de aproximativ 790 K, pentru reacția (a):</p> $\Delta_r G_{T(2)}^\circ = \Delta_r H_{298(2)}^\circ - T \cdot \Delta_r S_{298(2)}^\circ = 71500 + 113,4 \cdot T = 161086 \text{ J și}$ $K_{P(2)} = \frac{P_{\text{H}_2\text{(g)}}}{P_{\text{H}_2\text{O(g)}}} = e^{-\frac{\Delta_r G_{T(2)}^\circ}{RT}} = 2,2 \cdot 10^{-11}$ <p>\Rightarrow cantitatea de hidrogen tinde la zero, indiferent de presiunea vaporilor de apă din reactor.</p>	4p

Barem elaborat de:

prof. Vasile Sorohan, *Colegiul Național "Costache Negruzzi", Iași*
 prof. Constantin Guceanu, *Colegiul Național "Mihai Eminescu", Botoșani*
 prof. Mihaela Vișan, *Colegiul Național "Petru Rareș", Piatra-Neamț*
 prof. Doinița Păduraru, *Colegiul Național "Dragoș Vodă", Sighetu Marmației*
 prof. Marioane Cristina, *Colegiul Național de Informatică "Carmen Sylva" din Petroșani*