



OLIMPIADA DE CHIMIE
etapa județeană/ a sectoarelor municipiului București
22 martie 2026
Clasa a XII-a

BAREM DE EVALUARE ȘI DE NOTARE

Orice modalitate de rezolvare corectă a cerințelor va fi punctată corespunzător.
Se acordă 10 puncte din oficiu.

Subiectul I 15 puncte

A. (10 puncte)

$m_s = 300 \text{ g}$ soluție de H_2SO_4 49% $m_d = 147 \text{ g}$ H_2SO_4 ; $m_{\text{H}_2\text{O}} = 153 \text{ g}$ $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,5 \text{ mol}$ $n_{\text{H}_2\text{O}} = 8,5 \text{ mol}$ (2p)	10p
Pentru această soluție: $x = \frac{n_{\text{H}_2\text{O}}}{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{8,5}{1,5} = 5,67 \frac{\text{mol H}_2\text{O}}{\text{mol H}_2\text{SO}_4}$ $Q_{\text{diz}} = \frac{74,8 \cdot x}{1,8 + x} = \frac{74,8 \cdot 5,67}{1,8 + 5,67} = 56,78 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$ (2p)	
$\text{SO}_3(\ell) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\ell) \quad \Delta H_1^\circ = -97 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\text{SO}_3(\ell) \rightarrow \text{SO}_3(\text{g}) \quad \Delta H_2^\circ = +33 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\text{H}_2\text{SO}_4(\ell) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}(\ell)} \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \quad \Delta_{\text{diz}} H^\circ = -56,78 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ $\text{SO}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\ell) \longrightarrow \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \quad \Delta H^\circ$ $\Delta H^\circ = \Delta H_1^\circ - \Delta H_2^\circ + \Delta_{\text{diz}} H^\circ$ (3p) $\Delta H^\circ = -186,78 \frac{\text{kJ}}{\text{mol H}_2\text{SO}_4}$ (1p) Pentru soluția care conține 1,5 mol H_2SO_4 : $Q = -n \cdot \Delta H^\circ = -1,5 \cdot (-186,78) = +280,17 \text{ kJ}$ (2p)	

B. (5 puncte)

$2\text{C}(\text{s, grafit}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2(\text{g}) \quad \Delta_r H^\circ$ (1p)	5p
$\Delta_r H^\circ = (-1) \cdot \Delta_r H_1^\circ + \frac{1}{2} \cdot \Delta_r H_2^\circ + 1 \cdot \Delta_r H_4^\circ - \frac{1}{2} \cdot \Delta_r H_5^\circ + \frac{1}{2} \cdot \Delta_r H_6^\circ$ (3p)	
Ecuția termochimică (3) nu este necesară. $\Delta_r H^\circ = 227,05 \text{ kJ}$	
$\Delta_r H^\circ = 1 \cdot \Delta_r H_{\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})}^\circ \Rightarrow \Delta_r H_{\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})}^\circ = +227,05 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (1p)	

Subiectul al II-lea 20 de puncte

a) $\begin{array}{c} \text{Fe}^{3+} \xrightarrow{\varepsilon_{\text{Fe}^{3+} \text{Fe}^{2+}}^{\circ}} \text{Fe}^{2+} \xrightarrow{-0,44 \text{ V}} \text{Fe} \\ \uparrow \text{ } -0,036 \text{ V} \text{ } \downarrow \end{array}$ $3 \cdot \varepsilon_{\text{Fe}^{3+} \text{Fe}}^{\circ} = 1 \cdot \varepsilon_{\text{Fe}^{3+} \text{Fe}^{2+}}^{\circ} + 2 \cdot \varepsilon_{\text{Fe}^{2+} \text{Fe}}^{\circ} \Rightarrow \varepsilon_{\text{Fe}^{3+} \text{Fe}^{2+}}^{\circ} = 0,772 \text{ V} \quad (2\text{p})$	2p
b) (1) $\text{Br}^{-} + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \frac{1}{2} \text{Br}_2$ $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^{2+} \quad \varepsilon_{(+)} = \varepsilon_{\text{Fe}^{3+} \text{Fe}^{2+}}^{\circ}$ $\text{Br}^{-} \rightarrow \frac{1}{2} \text{Br}_2 + \text{e}^{-} \quad \varepsilon_{(-)} = \varepsilon_{\text{Br}_2 \text{Br}^{-}}^{\circ}$ $E^{\circ} = \varepsilon_{(+)} - \varepsilon_{(-)} = -0,294 \text{ V} < 0$. Rezultă că, în condiții standard, reacția (1) nu este spontană în sens direct. (2p) (2) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{Br}^{-} \rightarrow \text{Fe} + \text{Br}_2$ $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe} \quad \varepsilon_{(+)} = \varepsilon_{\text{Fe}^{2+} \text{Fe}}^{\circ}$ $2\text{Br}^{-} \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{e}^{-} \quad \varepsilon_{(-)} = \varepsilon_{\text{Br}_2 \text{Br}^{-}}^{\circ}$ $E^{\circ} = \varepsilon_{(+)} - \varepsilon_{(-)} = -1,506 \text{ V} < 0$. Rezultă că, în condiții standard, reacția (2) nu este spontană în sens direct. (2p) (3) $\text{I}^{-} + \text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \frac{1}{2} \text{I}_2$ $\text{Fe}^{3+} + \text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe}^{2+} \quad \varepsilon_{(+)} = \varepsilon_{\text{Fe}^{3+} \text{Fe}^{2+}}^{\circ}$ $\text{I}^{-} \rightarrow \frac{1}{2} \text{I}_2 + \text{e}^{-} \quad \varepsilon_{(-)} = \varepsilon_{\text{I}_2 \text{I}^{-}}^{\circ}$ $E^{\circ} = \varepsilon_{(+)} - \varepsilon_{(-)} = +0,237 \text{ V} > 0$. Rezultă că, în condiții standard, reacția (3) este spontană în sens direct. (2p) (4) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{I}^{-} \rightarrow \text{Fe} + \text{I}_2$ $\text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Fe} \quad \varepsilon_{(+)} = \varepsilon_{\text{Fe}^{2+} \text{Fe}}^{\circ}$ $2\text{I}^{-} \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^{-} \quad \varepsilon_{(-)} = \varepsilon_{\text{I}_2 \text{I}^{-}}^{\circ}$ $E^{\circ} = \varepsilon_{(+)} - \varepsilon_{(-)} = -0,975 \text{ V} < 0$. Rezultă că, în condiții standard, reacția (4) nu este spontană în sens direct. (2p) Concluzie: În soluție, în condiții standard, numai ionul I^{-} poate reduce doar ionul Fe^{3+}. Observație: Se poate calcula și $\Delta_r G^{\circ}$ pentru fiecare reacție.	8p



c) Experiment (1) KI reacționează doar cu ionii Fe^{3+} din soluție. $2\text{I}^- + 2\text{Fe}^{3+} \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + \text{I}_2$ (1p) Iodul rezultat se titrează cu o soluție de tiosulfat de sodiu. $\text{I}_2 + 2\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$ (2p) $n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 0,002 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{I}_2} = 0,001 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{Fe}^{3+}} = 0,002 \text{ mol}$ initial (1p)	10p
Experiment (2) Conform concluziilor de la subpunctul (2), bromul oxidează ionii Fe^{2+} la Fe^{3+}. $2\text{Fe}^{2+} + \text{Br}_2 \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 2\text{Br}^-$ (1p) Se determină cantitatea totală de ioni Fe^{3+} din soluție. $n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 0,005 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{I}_2} = 0,0025 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{Fe}^{3+}} = 0,005 \text{ mol}$ final (1p) $n_{\text{Fe}^{2+}} = n_{\text{Fe}^{3+}(\text{final})} - n_{\text{Fe}^{3+}(\text{initial})} = 0,005 - 0,002 = 0,003 \text{ mol}$ Fe^{2+} (2p) $[\text{Fe}^{2+}] = \frac{n}{V_s} = \frac{0,003}{0,1} = 0,03 \text{ M}$ (1p) $[\text{Fe}^{3+}] = \frac{n}{V_s} = \frac{0,002}{0,1} = 0,02 \text{ M}$ (1p)	

Subiectul al III-lea 25 de puncte

a) $t = 950^\circ\text{C}$, în absența aerului $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) \xrightarrow{950^\circ\text{C}} \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta_r H_1^\circ$ (2X2p) $\text{CaCO}_3(\text{s}) \xrightarrow{950^\circ\text{C}} \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta_r H_2^\circ$	7p
$t = 500^\circ\text{C}$, în prezența aerului $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) \xrightarrow{500^\circ\text{C}} \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}(\text{g}) \quad \Delta_r H_3^\circ$ $\text{CO}(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{500^\circ\text{C}} \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta_r H_4^\circ$ $\text{CaC}_2\text{O}_4(\text{s}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) \xrightarrow{500^\circ\text{C}} \text{CaCO}_3(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \quad \Delta_r H^\circ$ (3p)	
b) Masa probei scade datorită apei de cristalizare vaporizate: $m_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{9,184}{100} \cdot 19,6 = 1,8 \text{ g}$ Masa probei P' este: $m_{\text{P}'} = m_{\text{P}} - m_{\text{H}_2\text{O}} = 19,6 - 1,8 = 17,8 \text{ g}$ (2p)	10p
$\Delta_r H_1^\circ = +221,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol CaC}_2\text{O}_4}$ (2p) $\Delta_r H_2^\circ = +178,3 \frac{\text{kJ}}{\text{mol CaCO}_3}$ (2p) $n_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = a \text{ mol}; n_{\text{CaCO}_3} = b \text{ mol}$ $t = 950^\circ\text{C}$ $\Delta H^\circ = +31,065 \text{ kJ} = a \cdot \Delta_r H_1^\circ + b \cdot \Delta_r H_2^\circ$ (1) $m_{\text{P}'} = 128a + 100b = 17,8 \text{ g}$ (2) Din ecuațiile (1) și (2) rezultă: $a = 0,1 \text{ mol CaC}_2\text{O}_4$; $b = 0,05 \text{ mol CaCO}_3$ (2p) $m = 0,1 \cdot 128 = 12,8 \text{ g CaC}_2\text{O}_4$ anhidru $p_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = \frac{12,8}{19,6} \cdot 100 = 65,3\%$ (2p)	



c) $m_{\text{H}_2\text{O}} = 1,8 \text{ g} \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{O}} = 0,1 \text{ mol}$ $n_{\text{CaC}_2\text{O}_4} = 0,1 \text{ mol}$ $\text{CaC}_2\text{O}_4 : \text{H}_2\text{O} = 1 : 1$ (raport molar) Formula chimică a cristalohidratului este: $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (3p)	3p
d) $t = 500^\circ\text{C}$, în prezența aerului – Vezi subpunctul a) $\Delta_r H_3^\circ = +43,2 \frac{\text{kJ}}{\text{mol CaC}_2\text{O}_4}$ $\Delta_r H_4^\circ = -283 \frac{\text{kJ}}{\text{mol CO}}$ $\Delta_r H^\circ = \Delta_r H_3^\circ + \Delta_r H_4^\circ = -239,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol CaC}_2\text{O}_4}$ (3p) $Q = -n \cdot \Delta_r H^\circ = -0,1 \cdot (-239,8) = 23,98 \text{ kJ}$ (2p)	5p

Subiectul al IV-lea 30 de puncte

a) Celula (1) Catod (-): Pt; Anod (+): C (2p) Celula (2) Catod (-): Me; Anod (+): Pt (2p)	4p
b) Celula (1) $\text{Me}^{z+} + z\text{e}^- \rightarrow \text{Me}$ $n_{\text{Me}} = \frac{m_{\text{Me}}}{A_{\text{Me}}} = \frac{I \cdot t}{z \cdot F} \Rightarrow A_{\text{Me}} = \frac{m_{\text{Me}} \cdot z \cdot F}{I \cdot t}$ $m_{\text{Me depus}} = 1,164 \text{ g} = C_p \Rightarrow C_t = \frac{C_p \cdot 100}{\eta} = \frac{1,164 \cdot 100}{65} = 1,79 \text{ g Me}$ (1p) $A_{\text{Me}} = \frac{1,79 \cdot z \cdot 96485}{1,5 \cdot 3600} = 32z$ (1p) Pentru $z = 2 \Rightarrow A_{\text{Me}} = 64 \Rightarrow \text{Me este Cu}$ (1p)	3p
c) Celula (2) $m_{\text{CuCl}_2} = \frac{C \cdot m_s}{100} = \frac{C \cdot \rho_s \cdot V_s}{100} = \frac{10 \cdot 1,08 \cdot 100}{100} = 10,8 \text{ g}$ $n_{\text{CuCl}_2} = \frac{m}{M} = \frac{10,8}{135} = 0,08 \text{ mol}$ $n_{\text{Cu depus E(1)}} = \frac{I \cdot t}{z \cdot F} = \frac{1,5 \cdot 3600}{2 \cdot 96485} = 0,028 \text{ mol}$ (1p) $\Rightarrow n_{\text{Cu depus E(2)}} = 0,08 - 0,028 = 0,052 \text{ mol}$ (1p) $n_{\text{Me}} = \frac{I \cdot t}{z \cdot F} \Rightarrow t = \frac{n_{\text{Me}} \cdot z \cdot F}{I}$ $t = \frac{0,052 \cdot 2 \cdot 96485}{1,5} = 6689,62 \text{ s} \approx 1,86 \text{ h}$ (1p)	3p

d) $m_{Cu_i} = m \text{ g}$ $m_{Cu_f} = m_{Cu_i} + m_{Cu_{dep} (E1)} - m_{Cu_{react} (E2)}$ $\Delta m_{Cu} = m_{Cu_f} - m_{Cu_i} = m_{Cu_{dep} (E1)} - m_{Cu_{react} (E2)}$ $m_{Cu_{dep} (E1)} = n_{Cu_{dep} (E1)} \cdot A_{Cu} = 0,028 \cdot 64 = 1,792 \text{ g}$ $n_{Cu_{react} (E2)} = \frac{I \cdot t}{z \cdot F} = \frac{1,5 \cdot 6689,62}{2 \cdot 96485} = 0,052 \text{ mol}$ $m_{Cu_{react} (E2)} = 0,052 \cdot 64 = 3,328 \text{ g}$ $\Delta m_{Cu} = m_{Cu_{dep} (E1)} - m_{Cu_{react} (E2)} = 1,792 - 3,328 = -1,536 \text{ g} \quad (1p)$ Masa electrodului de Cu scade cu 1,536 g. (1p)	2p
e) Experimentul (1) – Celula (1) În celula (1), în soluție există următoarele specii chimice: Cu^{2+}, NO_3^-, H_2O, H^+. Anod (+) – C(grafit) Ionul azotat, în care azotul are număr de oxidare maxim, nu se poate oxida la anod. La anod are loc procesul: $H_2O \rightarrow \frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^- \quad (1p) \quad \epsilon_{O_2, H^+ H_2O} = \epsilon_{O_2, H^+ H_2O}^o + \frac{0,059}{2} \lg(P_{O_2}^{1/2} \cdot [H^+]^2) + \Delta \epsilon_{O_2}$ $\epsilon_{O_2, H^+ H_2O} = 1,23 + \frac{0,059}{2} \lg(10^{-3})^2 + 0,79 = 1,843 \text{ V} \quad (1p)$ Catod (-) – Pt $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu \quad (1p) \quad \epsilon_{Cu^{2+} Cu} = \epsilon_{Cu^{2+} Cu}^o + \frac{0,059}{2} \lg[Cu^{2+}] = 0,34 \text{ V} \quad (1p)$ $[Cu^{2+}] = 1 \text{ M}$ Ecuția procesului global este: $Cu^{2+} + H_2O \xrightarrow{\text{electroliză}} Cu + \frac{1}{2} O_2 + 2H^+ \quad (1p)$ sau $Cu(NO_3)_2 + H_2O \xrightarrow{\text{electroliză}} Cu + \frac{1}{2} O_2 + 2HNO_3$	5p
Experimentul (1) – Celula (2) În celula (2), în soluție există următoarele specii chimice: Cu^{2+}, Cl^-, H^+, H_2O. Anod (+) – Pt Procese posibile la anod: (1) $H_2O \rightarrow \frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^-$ $\epsilon_{O_2, H^+ H_2O} = \epsilon_{O_2, H^+ H_2O}^o + \frac{0,059}{2} \lg(P_{O_2}^{1/2} \cdot [H^+]^2) + \Delta \epsilon_{O_2}$ $\epsilon_{O_2, H^+ H_2O} = 1,23 + \frac{0,059}{2} \lg(10^{-3})^2 + 0,96 = 2,013 \text{ V} \quad (1p)$ (2) $2Cl^- \rightarrow Cl_2 + 2e^-$ $(1p) \quad \epsilon_{Cl_2 Cl^-} = \epsilon_{Cl_2 Cl^-}^o + \frac{0,059}{2} \lg \frac{P_{Cl_2}}{[Cl^-]^2} + \Delta \epsilon_{Cl_2} = 1,357 \text{ V} \quad (1p)$	7p

$C_M(\text{CuCl}_2) = \frac{10 \cdot \rho_s \cdot C\%}{M} = \frac{10 \cdot 1,08 \cdot 10}{135} = 0,8 \text{ M} \Rightarrow [\text{Cl}^-] = 2 \cdot C_M = 1,6 \text{ M}; [\text{Cu}^{2+}] = 0,8 \text{ M}$ La anod are procesul (2). Catod (-) – Cu $(1) \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu} \quad \varepsilon_{\text{Cu}^{2+} \text{Cu}} = \varepsilon_{\text{Cu}^{2+} \text{Cu}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Cu}^{2+}] = 0,337 \text{ V} \quad (1\text{p})$ $[\text{Cu}^{2+}] = 0,8 \text{ M}$ Deci, la electrozi au loc procesele: Anod (+) – Pt: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \quad (2 \times 1\text{p})$ Catod (-) – Cu: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ $\text{Cu}^{2+} + 2\text{Cl}^- \xrightarrow{\text{electroliză}} \text{Cu} + \text{Cl}_2 \quad (1\text{p})$	
f) Experimentul (2) – Celula (1) În celula (1) în soluție există următoarele specii chimice: Cu^{2+}, NO_3^-, H_2O, H^+. Anod (+) – Cu Procese posibile la anod: $(1) \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \quad \varepsilon_{\text{Cu}^{2+} \text{Cu}} = \varepsilon_{\text{Cu}^{2+} \text{Cu}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Cu}^{2+}] = 0,329 \text{ V} \quad (1\text{p})$ $n_{\text{Cu}^{2+}(\text{E2})} = n_{\text{Cu}^{2+}(\text{init})} - n_{\text{Cu}^{2+}(\text{depus E1})} = 0,05 - 0,028 = 0,022 \text{ mol}$ $[\text{Cu}^{2+}]_{\text{E2}} = \frac{0,022}{0,05} = 0,44 \text{ M}$ $(2) \text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \quad \varepsilon_{\text{O}_2, \text{H}^+ \text{H}_2\text{O}} = \varepsilon_{\text{O}_2, \text{H}^+ \text{H}_2\text{O}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg(\text{P}_{\text{O}_2}^{1/2} \cdot [\text{H}^+]^2)$ $\varepsilon_{\text{O}_2, \text{H}^+ \text{H}_2\text{O}} = 1,23 + \frac{0,059}{2} \lg(10^{-3})^2 = 1,05 \text{ V} \quad (1\text{p})$ La anod are loc procesul (1). Catod (-) – Pt $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu} \quad \varepsilon_{\text{Cu}^{2+} \text{Cu}} = \varepsilon_{\text{Cu}^{2+} \text{Cu}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Cu}^{2+}] = 0,329 \text{ V} \quad (1\text{p})$ $[\text{Cu}^{2+}]_{\text{E2}} = \frac{0,022}{0,05} = 0,44 \text{ M}$ Deci, la electrozi au loc procesele: Anod (+) – Cu $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \quad (2 \times 1\text{p})$ Catod (-) – Pt $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$ $\text{Cu} + \text{Cu}^{2+} \xrightarrow{\text{electroliză}} \text{Cu}^{2+} + \text{Cu} \quad (1\text{p})$	6p

Barem elaborat de:

prof. Vasile Sorohan, Colegiul Național *Costache Negruzzi* din Iași
prof. Iuliana Shajaani, Colegiul Național *Matei Basarab* din București
prof. Daniela Tudor, Colegiul Național *Mihai Viteazul* din București
prof. Mihaela Vișan, Colegiul Național *Petru Rareș* din Piatra-Neamț