

OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA CHIMIE

Turul teoretic, 14 martie 2026, Clasa a X-a

Soluții și barem de evaluare

Total 100 p.

Item	Soluții și norme de evaluare	Punctaj	Total punctaj
Test	<p>1. Aluminiul se dizolvă într-o soluție concentrată de carbonat de sodiu. Scrieți ecuația acestei reacții.</p> <p>Răspuns: $2Al + 2Na_2CO_3 + 8H_2O = 2Na[Al(OH)_4] + 2NaHCO_3 + 3H_2 \uparrow$</p> <p>Notă: este necesară doar ecuația reacției corespunzătoare (1 p. pentru toate substanțele scrise corect în ecuația reacției; 1 p. pentru toți coeficienții corecți). Dacă participantul propune mai multe ecuații de reacții, se evaluează ecuația care acumulează cel mai mic punctaj.</p>	2 p.	34 p.
	<p>2. Scrieți patru ecuații de reacții (câte una pentru fiecare caz), în rezultatul cărora din 19,6 g H_2SO_4 se obține oxid de sulf(IV) cu volumul (c.n.):</p> <p align="center">1) 2,24 L; 2) 4,48 L; 3) 6,72 L; 4) 8,96 L.</p> <p>Varianta de rezolvare:</p> <p>Cantitatea de substanță a acidului sulfuric în toate patru cazurile este identică și egală cu: $\nu(H_2SO_4) = \frac{m(H_2SO_4)}{M(H_2SO_4)} = \frac{19,6 \text{ g}}{98 \text{ g/mol}} = 0,2 \text{ mol}$</p> <p>Cantitatea de substanță a SO_2 corespunzătoare fiecărui din cele 4 cazuri:</p> <p>$\nu_1(SO_2) = \frac{2,24 \text{ L}}{22,4 \text{ L/mol}} = 0,1 \text{ mol} \Rightarrow \text{raport molar } H_2SO_4 : SO_2 = 2 : 1$</p> <p>$\nu_2(SO_2) = \frac{4,48 \text{ L}}{22,4 \text{ L/mol}} = 0,2 \text{ mol} \Rightarrow \text{raport molar } H_2SO_4 : SO_2 = 1 : 1$</p> <p>$\nu_3(SO_2) = \frac{6,72 \text{ L}}{22,4 \text{ L/mol}} = 0,3 \text{ mol} \Rightarrow \text{raport molar } H_2SO_4 : SO_2 = 2 : 3$</p> <p>$\nu_4(SO_2) = \frac{8,96 \text{ L}}{22,4 \text{ L/mol}} = 0,4 \text{ mol} \Rightarrow \text{raport molar } H_2SO_4 : SO_2 = 1 : 2$</p> <p>Răspuns:</p> <p>1) $Cu + 2H_2SO_4(\text{conc.}) = CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$</p> <p>2) $Na_2SO_3 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + SO_2 \uparrow + H_2O$</p> <p>3) $S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 \uparrow + 2H_2O$</p> <p>4) $SCl_2 + H_2SO_4 = 2SO_2 \uparrow + 2HCl \uparrow$</p> <p>Notă: sunt necesare doar ecuațiile reacțiilor corespunzătoare. Câte 2 p. pentru ecuația corectă, care corespunde condițiilor (1,5 p. pentru toate substanțele scrise corect în ecuație; 0,5 p. pentru toți coeficienții corecți). Se acceptă și alte variante corecte. Dacă participantul la oricare din cazuri (1 – 4) propune mai multe variante de ecuații, se evaluează ecuația care acumulează cel mai mic punctaj.</p>	8 p.	

	<p>3. Suma algebrică dintre valența și numărul de oxidare ale atomului de oxigen în ionul de hidroxoniu este egală cu:</p> <p>a) +1; b) -1; c) +2; d) -2.</p> <p>Răspuns: a) +1</p> <p>Varianta de rezolvare: Ionul de hidroxoniu H_3O^+. Valența atomului de oxigen este egală cu 3. Numarul de oxidare este egal cu -2.</p> <p>Notă: este necesar doar răspunsul corect; 1 p. pentru răspunsul corect.</p>	1 p.
	<p>4. Anionul X^{3-} are configurația electronică a kriptonului (Kr). Acest element este:</p> <p>a) Y; b) As; c) Sc; d) Br.</p> <p>Răspuns: b) As</p> <p>Varianta de rezolvare:</p> <p>$Kr \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$</p> <p>$X + 3e^- = X^{3-} \Rightarrow$ atomul elementului X conține cu trei electroni mai puțin \Rightarrow configurația electronică a elementului $X \quad 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^3 \Rightarrow As$</p> <p>Notă: este necesar doar răspunsul corect; 1 p. pentru răspunsul corect.</p>	1 p.
	<p>5. Scrieți două variante de ecuații ale reacțiilor, care permit realizarea transformărilor conform șirului prezentat pe schema de mai jos. În prima variantă toate reacțiile trebuie să decurgă fără schimbarea stărilor de oxidare, iar în a doua variantă toate reacțiile trebuie să fie de oxido-reducere.</p> $Al(NO_3)_3 \longrightarrow X^1 \longrightarrow X^2 \longrightarrow Al(NO_3)_3$ <p>Varianta de răspuns:</p> <p>1)</p> <p>$X^1 - Al(OH)_3$; $X^2 - AlCl_3$</p> <p>$Al(NO_3)_3 + 3KOH = Al(OH)_3 \downarrow + 3KNO_3$</p> <p>$Al(OH)_3 + 3HCl = AlCl_3 + 3H_2O$</p> <p>$AlCl_3 + 3AgNO_3 = Al(NO_3)_3 + 3AgCl \downarrow$</p> <p>2)</p> <p>$X^1 - Al_2O_3$; $X^2 - Al$</p> <p>$4 Al(NO_3)_3 \xrightarrow{t} 2 Al_2O_3 + 12 NO_2 \uparrow + 3 O_2 \uparrow$</p> <p>$2 Al_2O_{3(topitură)} \xrightarrow{electroliză} 4 Al + 3 O_2 \uparrow$</p> <p>$8 Al + 30 HNO_{3(foarte diluat)} \longrightarrow 8 Al(NO_3)_3 + 3 NH_4NO_3 + 9 H_2O$</p> <p>Notă: sunt necesare doar ecuațiile reacțiilor corespunzătoare. Câte 1,5 p. pentru ecuația corectă, care corespunde condițiilor (1 p. pentru toate substanțele scrise corect în ecuația reacției; 0,5 p. pentru toți coeficienții corecți). Se acceptă și alte variante corecte. Dacă participantul propune mai multe variante de ecuații de reacții pentru o oarecare transformare, se evaluează ecuația care acumulează cel mai mic punctaj.</p>	9 p.

<p>6. Pentru a mări de 1,5 ori partea de masă a $(NH_4)_2SO_4$ în soluție este necesar la 300 g soluție a sulfatului de amoniu cu partea de masă 5% de adăugat alaun de aluminiu și amoniu $(NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O)$ sau $(NH_4)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ cu masa (în g):</p> <p style="text-align: center;">a) 30; b) 53; c) 106; d) 456.</p> <p>Răspuns: c) 106</p> <p>Varianta de rezolvare:</p> <p>Masa sulfatului de amoniu în soluția inițială este egală cu:</p> $m_1((NH_4)_2SO_4) = m_1(sol.) \cdot \omega_1((NH_4)_2SO_4) = 300 \text{ g} \cdot 0,05 = 15 \text{ g}$ <p>Pentru mărirea părții de masă a $(NH_4)_2SO_4$ de 1,5 ori este necesar de adăugat la această soluție x mol de $NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. Atunci masa alaunului constituie:</p> $m(NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) = M(NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) \cdot \nu(NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) = 453 \cdot x \text{ g}$ <p>Cantitatea de substanță a sulfatului de amoniu adăugat:</p> $\nu_{ad.}((NH_4)_2SO_4) = 0,5 \cdot x \text{ mol}$ <p>Atunci masa $(NH_4)_2SO_4$ în soluția obținută:</p> $m_2((NH_4)_2SO_4) = m_1((NH_4)_2SO_4) + \nu_{ad.}((NH_4)_2SO_4) \cdot M((NH_4)_2SO_4) = 15 \text{ g} + 0,5 \cdot x \text{ mol} \cdot 132 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = (15 + 66 \cdot x) \text{ g}$ <p>Masa soluției obținute:</p> $m_2(sol.) = m_1(sol.) + m(NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) = 300 \text{ g} + 453 \cdot x \text{ g} = (300 + 453 \cdot x) \text{ g}$ <p>Conform condiției problemei, partea de masă a $(NH_4)_2SO_4$ în soluția finală trebuie să se mărească de 1,5 ori, adică trebuie să constituie 7,5%:</p> $\omega_2((NH_4)_2SO_4) = \frac{m_2((NH_4)_2SO_4)}{m_2(sol.)} = \frac{15 + 66 \cdot x}{300 + 453 \cdot x} = 0,075$ $15 + 66 \cdot x = 0,075 \cdot (300 + 453 \cdot x)$ $15 + 66 \cdot x = 22,5 + 33,975 \cdot x$ $32,025 \cdot x = 7,5$ $x = 0,2342$ <p>Atunci masa alaunului adăugat:</p> $m(NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) = M(NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) \cdot \nu(NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O) = 453 \cdot x \text{ g} = 453 \cdot 0,2342 \text{ g} = 106 \text{ g}$ <p>Notă: este necesar doar răspunsul; 2 p. pentru răspunsul corect; pentru răspuns incorect sau răspuns multiplu – 0 p.</p>	2 p.
---	------

	<p>7. Stabiliți coeficienții stoechiometrici în reacția de oxido-reducere:</p> $P_2S_3 + K_2Cr_2O_7 + H_2SO_4 \xrightarrow{t} CrPO_4 \downarrow + SO_2 \uparrow + Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + H_2O$ <p>Răspuns:</p> $3P_2S_3 + 11K_2Cr_2O_7 + 35H_2SO_4 \xrightarrow{t} 6CrPO_4 \downarrow + 9SO_2 \uparrow + 8Cr_2(SO_4)_3 + 11K_2SO_4 + 35H_2O$ <p>Varianta de rezolvare:</p> $\overset{+3}{P}_2\overset{-2}{S}_3 + \overset{+1}{K}_2\overset{+6}{Cr}_2\overset{-2}{O}_7 + \overset{+1}{H}_2\overset{+6}{S}\overset{-2}{O}_4 \xrightarrow{t} \overset{+3}{Cr}\overset{+5}{P}\overset{-2}{O}_4 \downarrow + \overset{+4}{S}\overset{-2}{O}_2 \uparrow + \overset{+3}{Cr}_2\left(\overset{+6}{S}\overset{-2}{O}_4\right)_3 + \overset{+1}{K}_2\overset{+6}{S}\overset{-2}{O}_4 + \overset{+1}{H}_2\overset{-2}{O}$ $\left. \begin{array}{l} 2P^{+3} - 4e^- \longrightarrow 2P^{+5} \\ 3S^{-2} - 18e^- \longrightarrow 3S^{+4} \end{array} \right\} - 22e^- \quad 22 \quad \cdot 3$ $2Cr^{+6} + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{+3} \quad 6 \quad \cdot 11$ <p>Notă: 2 p. pentru toți coeficienții corecți; pentru coeficienții parțial corecți – 0 p.</p>	2 p.
	<p>8. Indicați câte două substanțe inițiale în fiecare din următoarele scheme de reacții (sunt indicate toate substanțele finale fără coeficienți stoechiometrici):</p> <p>1) ...+...$\longrightarrow BaSO_4 \downarrow + H_2SO_4 + H_2O$ 2) ...+...$\longrightarrow Ba(OH)_2 + H_2O$</p> <p>3) ...+...$\longrightarrow Fe(NO_3)_3 + NO + HCl + H_2O$ 4) ...+...$\longrightarrow AgI \downarrow + NH_4I + H_2O$</p> <p>Scrieți ecuațiile reacțiilor respective.</p> <p>Varianta de răspuns:</p> <p>1) $Ba(HSO_3)_2 + 2H_2O_2 = BaSO_4 \downarrow + H_2SO_4 + 2H_2O$</p> <p>2) $BaH_2 + 2H_2O_2 = Ba(OH)_2 + 2H_2O$</p> <p>3) $3FeCl_2 + 10HNO_3 = 3Fe(NO_3)_3 + NO + 6HCl + 2H_2O$</p> <p>4) $[Ag(NH_3)_2]OH + 3HI = AgI \downarrow + 2NH_4I + H_2O$</p> <p>Notă: câte 1,5 p. pentru fiecare din cele patru ecuații, care corespund tuturor condițiilor (1 p. pentru toate substanțele scrise corect în ecuația reacției; 0,5 p. pentru toți coeficienții corecți). Se acceptă și alte variante corecte.</p>	6 p.
	<p>9. Partea de masă a atomilor de oxigen în compoziția ruginei $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ este egală cu 40,82%. Indicați valoarea numerică a lui n.</p> <p>Răspuns: $n = 2$.</p> <p>Varianta de rezolvare:</p> $\omega(O) = \frac{(3+n) \cdot M_r(O)}{M_r(Fe_2O_3 \cdot nH_2O)} = \frac{(3+n) \cdot 16}{56 \cdot 2 + 16 \cdot 3 + n \cdot (2 \cdot 1 + 16)} = \frac{48 + 16 \cdot n}{160 + 18 \cdot n} = 0,4082$ $48 + 16 \cdot n = 65,312 + 7,3476 \cdot n$ $8,6524 \cdot n = 17,312$ $n = 2$ <p>Notă: este necesar doar de indicat valoarea corectă a lui n; 2 p. pentru răspunsul corect; pentru răspuns incorect – 0 p.</p>	2 p.

	<p>10. La 100 mL soluție de sulfat de fier(II) cu concentrația de 0,1 mol/L se adaugă 100 mL soluție de o sare necunoscută cu aceeași concentrație, obținând în rezultat 1,52 g precipitat. Indicați formula sării în precipitat.</p> <p>Răspuns: $FeHPO_4$</p> <p>Varianta de rezolvare:</p> <p>Masa $FeSO_4$, care a reacționat, constituie:</p> $m(FeSO_4) = \nu(FeSO_4) \cdot M(FeSO_4) = c(FeSO_4) \cdot V_{sol.}(FeSO_4) \cdot M(FeSO_4) =$ $= 0,1 \frac{mol}{L} \cdot 0,1 L \cdot 152 \frac{g}{mol} = 1,52 g$ <p>Masa sulfatului de fier și a sării, care s-a precipitat, sunt egale. Una dintre variante este precipitarea completă a sării de fier(II) de către anionul unei sări necunoscute. În acest caz, masa molară care corespunde unui atom de fier este egală cu masa molară a lui $FeSO_4$, adică 152 g/mol. Aceasta sare este hidrogenofosfatul de fier(II) $FeHPO_4$.</p> <p>Notă: 1 p. pentru formula corectă a sării sedimentate. Se acceptă și alte variante corecte.</p>	1 p.	
<p>Problema</p> <p>1.</p>	<p>La dizolvarea în apă a 100 g de cristalohidrat al unei sări de sodiu s-au obținut 500 mL soluție de sare cu o concentrație de 0,621 mol/L. La calcinarea îndelungată (~300°C) a unei probe de acest cristalohidrat, pierderea de masă a substanței solide constituie 55,9%. Stabiliți formula cristalohidratului. Arătați calculele dvs.</p> <p>Rezolvare:</p> <p>Determinăm cantitatea de substanță a sării (X) în soluția obținută:</p> $\nu(X) = V(sol.) \cdot c(X) = 0,5 L \cdot 0,621 \frac{mol}{L} = 0,3105 mol$ <p>Presupunem formula cristalohidratului $(X \cdot nH_2O)$, unde n - numărul de moli de molecule de H_2O, care revine la 1 mol sare X, și știind masa cristalohidratului determinăm masa lui molară:</p> $M(X \cdot nH_2O) = \frac{m(X \cdot nH_2O)}{\nu(X \cdot nH_2O)} = \frac{m(X \cdot nH_2O)}{\nu(X)} = \frac{100 g}{0,3105 mol} = 322 \frac{g}{mol}$ <p>Pierderea de masă la calcinare constituie 55,9%, cea ce poate fi legat cu pierderea moleculelor de apă, dacă la încălzire nu a avut loc descompunerea sării. În acest caz,</p> $\omega(H_2O) = 55,9\%$ <p>Atunci numărul moleculelor de apă în cristalohidrat:</p> $n = \frac{M(X \cdot n(H_2O)) \cdot \omega(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{322 \frac{g}{mol} \cdot 0,559}{18 \frac{g}{mol}} = 10$	<p>5 p.</p> <p>1 p.</p> <p>1 p.</p> <p>1 p.</p>	

	<p>Atunci masa molară a sării anhidre:</p> $M(X) = M(X \cdot 10H_2O) - 10 \cdot M(H_2O) = 322 \frac{g}{mol} - 10 \cdot 18 \frac{g}{mol} = 142 \frac{g}{mol}$ <p>Prin metoda ajustării aflăm, că masa molară dată corespunde sulfatului de sodiu.</p>	1 p.	
	Răspuns: $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	1 p.	
Problema 2.	<p>Scrieți ecuațiile reacțiilor care corespund următoarei scheme de transformări, indicând condițiile în care acestea au loc:</p> $NaCl \xrightarrow{1} X^1 \xrightarrow{2} O_2 \xrightarrow{3} X^2 \xrightarrow{4} K_2CO_3 \xrightarrow{5} X^3 \xrightarrow{6} CaO \xrightarrow{7} X^4 \xrightarrow{8} \xrightarrow{8} NH_3 \xrightarrow{9} X^5 \xrightarrow{10} K_3[Al(OH)_6] \xrightarrow{11} X^6 \xrightarrow{12} K_2S$	18 p.	
	Rezolvare:		
	Una dintre variantele posibile ale formulelor substanțelor $X^1 - X^6$:		
	$X^1 - NaNO_3$; $X^2 - CO_2$; $X^3 - K_2CO_3$; $X^4 - Ca(OH)_2$; $X^5 - KNO_3$; $X^6 - K_2SO_3$.		
	1) $NaCl + AgNO_3 = NaNO_3 + AgCl \downarrow$		
	2) $2NaNO_3 \xrightarrow{t} 2NaNO_2 + O_2 \uparrow$		
	3) $C + O_2 = CO_2$		
	4) $2KOH + CO_2 = K_2CO_3 + H_2O$		
	5) $K_2CO_3 + CaCl_2 = CaCO_3 \downarrow + 2KCl$		
	6) $CaCO_3 \xrightarrow{t} CaO + CO_2 \uparrow$		
	7) $CaO + H_2O = Ca(OH)_2$		
	8) $Ca(OH)_2 + 2NH_4Cl \xrightarrow{t} CaCl_2 + 2NH_3 \uparrow + 2H_2O$		
	9) $NH_3 + 8KMnO_4 + 9KOH = KNO_3 + 8K_2MnO_4 + 6H_2O$		
	10) $3KNO_3 + 8Al + 21KOH + 18H_2O \xrightarrow{t} 3NH_3 \uparrow + 8K_3[Al(OH)_6]$		
	Alt mod de prezentare a ecuației reacției:		
	$3KNO_3 + 8Al + 21KOH + 21H_2O = 3NH_4OH + 8K_3[Al(OH)_6]$		
	11) $2K_3[Al(OH)_6] + 3SO_2 = 3K_2SO_3 + 2Al(OH)_3 \downarrow$		
	12) $4K_2SO_3 \xrightarrow{t} K_2S + 3K_2SO_4$		
	O altă variantă interesantă pentru $X^2 - KO_2$. Atunci ecuațiile reacțiilor:		
	3) $K + O_2 = KO_2$		
	4) $4KO_2 + 2CO_2 = 2K_2CO_3 + 3O_2 \uparrow$		
	O altă variantă simplă pentru $X^5 - Al(OH)_3$. Atunci ecuațiile reacțiilor:		
	9) $3NH_3 + AlCl_3 + 3H_2O = Al(OH)_3 \downarrow + 3NH_4Cl$		
	10) $Al(OH)_3 + 3KOH = K_3[Al(OH)_6]$		

	<p>Notă: se acceptă orice variantă corectă a ecuațiilor reacțiilor, care corespunde integral condiției. În cazul răspunsului multiplu pentru o anumită transformare, se evaluează varianta care acumulează cel mai mic punctaj. Câte 1,5 p. pentru fiecare ecuație corectă a reacției (1 p. pentru toate substanțele scrise corect în ecuația reacției; 0,5 p. pentru toți coeficienții corecți).</p>	
Problema 3.	<p>Un amestec cu masa de 42 g, alcătuit din pirită (FeS_2) și sulfură de aluminiu, a fost dizolvat în 605,5 mL de soluție fierbinte a acidului azotic (densitatea 1,37 g/mL) cu partea de masă a substanței dizolvate de 60%. În rezultat se degajă 148,7 L gaz brun ($27^\circ C$; 105,6 kPa). Soluția obținută a fost tratată cu un exces de soluție apoasă de hidroxid de sodiu. Calculați masa precipitatului format și părțile de masă ale substanțelor în amestecul inițial. Arătați calculele dvs. și raționamentele. Scrieți ecuațiile tuturor reacțiilor care au avut loc.</p>	18 p.
Rezolvare:		
<p>La dizolvarea amestecului de FeS_2 și Al_2S_3 în acid azotic concentrat fierbinte au loc următoarele reacții:</p> $FeS_2 + 18HNO_3 = 15NO_2 \uparrow + Fe(NO_3)_3 + 2H_2SO_4 + 7H_2O$ $Al_2S_3 + 30HNO_3 = 24NO_2 \uparrow + 2Al(NO_3)_3 + 3H_2SO_4 + 12H_2O$ <p>Notă: câte 2 p. pentru fiecare ecuație corectă (1 p. pentru toate substanțele scrise corect în ecuația reacției; 1 p. pentru toți coeficienții corecți).</p>		4 p.
<p>Determinăm cantitatea de substanță a gazului brun:</p> $p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$ $\nu(NO_2) = \frac{p(NO_2) \cdot V(NO_2)}{R \cdot T(NO_2)} = \frac{105,6 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 0,1487 \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273 + 27) \text{ K}} = 6,30 \text{ mol}$		1 p.
Presupunem, că acidul azotic este în exces.		
Notăm: $\nu(FeS_2) = x \text{ mol}$ și $\nu(Al_2S_3) = y \text{ mol}$.		
<p>Atunci masa amestecului:</p> $m(\text{amestec}) = m(FeS_2) + m(Al_2S_3) = \nu(FeS_2) \cdot M(FeS_2) + \nu(Al_2S_3) \cdot M(Al_2S_3) =$ $= x \text{ mol} \cdot 120 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + y \text{ mol} \cdot 150 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = (120 \cdot x + 150 \cdot y) \text{ g} = 42 \text{ g}$ <p>Cantitatea de substanță a NO_2 degajat:</p> $\nu(NO_2) = (15 \cdot x + 24 \cdot y) \text{ mol} = 6,30 \text{ mol}$		1 p.
<p>Rezolvăm sistemul de ecuații:</p> $\begin{cases} 120 \cdot x + 150 \cdot y = 42 \\ 15 \cdot x + 24 \cdot y = 6,30 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 120 \cdot x + 150 \cdot y = 42 \\ 120 \cdot x + 192 \cdot y = 50,4 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 120 \cdot x + 150 \cdot y = 42 \\ 42 \cdot y = 8,4 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 0,1 \\ y = 0,2 \end{cases}$		2 p.
Notă: în total 3 p. pentru determinarea cantităților de substanță (câte 1 p. pentru $\nu(NO_2)$; $\nu(FeS_2)$ și $\nu(Al_2S_3)$).		
<p>Atunci părțile de masă ale substanțelor în amestecul inițial:</p> $\omega(FeS_2) = \frac{m(FeS_2)}{m(\text{amestec})} = \frac{120 \cdot x \text{ g}}{m(\text{amestec})} = \frac{120 \cdot 0,1 \text{ g}}{42} = 0,2857 = 28,57\%$		1 p.

	$\omega(Al_2S_3) = \frac{m(Al_2S_3)}{m(amestec)} = \frac{150 \cdot y \text{ g}}{m(amestec)} = \frac{150 \cdot 0,2 \text{ g}}{42} = 0,7143 = 71,43\%$		
	Cantitatea de substanță a acidului azotic reacționat: $\nu_r(HNO_3) = (18 \cdot x + 30 \cdot y) \text{ mol} = (18 \cdot 0,1 + 30 \cdot 0,2) \text{ mol} = 7,8 \text{ mol}$	1 p.	
	Cantitatea inițială de HNO_3 : $\nu_0(HNO_3) = \frac{m_0(HNO_3)}{M(HNO_3)} = \frac{m_0(sol.) \cdot \omega_0(HNO_3)}{M(HNO_3)} =$ $= \frac{V_0(sol.) \cdot \rho_0(sol.) \cdot \omega_0(HNO_3)}{M(HNO_3)} = \frac{605,5 \text{ mL} \cdot 1,37 \frac{\text{g}}{\text{mL}} \cdot 0,60}{63 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 7,9 \text{ mol}$	1 p.	
	Cantitatea de HNO_3 rămasă în exces: $\nu_{exces}(HNO_3) = \nu_0(HNO_3) - \nu_r(HNO_3) = 7,9 \text{ mol} - 7,8 \text{ mol} = 0,1 \text{ mol}$ <p>Notă: este necesar de demonstrat că acidul azotic se afla în exces.</p>	1 p.	
	La tratarea soluției obținute cu un exces de bază alcalină au loc următoarele reacții: $HNO_3 + NaOH = NaNO_3 + H_2O$ $H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$ $Fe(NO_3)_3 + 3NaOH = Fe(OH)_3 \downarrow + 3NaNO_3$ $Al(NO_3)_3 + 4NaOH = Na[Al(OH)_4] + 3NaNO_3$ <p>Notă: câte 1 p. pentru fiecare ecuație.</p>	4 p.	
	În precipitat rămâne doar $Fe(OH)_3$: $\nu(Fe(OH)_3) = \nu(FeS_2) = 0,1 \text{ mol}$ $m(Fe(OH)_3) = \nu(Fe(OH)_3) \cdot M(Fe(OH)_3) = 0,1 \text{ mol} \cdot 107 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 10,7 \text{ g}$	2 p.	
	Răspuns: $\omega(FeS_2) = 28,57\%$ $\omega(Al_2S_3) = 71,43\%$ $m(Fe(OH)_3) = 10,7 \text{ g}$		
Problema 4.	O placă de fier cu masa 14,28 g a fost scufundată în 200 mL soluție, care conține următorii nitrați: $Fe(NO_3)_2$ ($c = 0,10 \text{ mol/L}$), $Fe(NO_3)_3$ ($c = 0,12 \text{ mol/L}$), $Cu(NO_3)_2$ ($c = 0,14 \text{ mol/L}$), $Zn(NO_3)_2$ ($c = 0,16 \text{ mol/L}$), $AgNO_3$ ($c = 0,18 \text{ mol/L}$), $Pb(NO_3)_2$ ($c = 0,20 \text{ mol/L}$). Modificarea masei plăcii pe parcursul timpului poate fi prezentată schematic în forma următorului grafic: <div style="text-align: center;"> </div>		25 p.

	<p>În momentul de timp X, placa a fost scoasă din soluție. Masa ei a devenit egală cu 16,63 g. Volumul soluției a fost readus cu apă distilată la 200 mL obținând soluția Y.</p> <p>4.1. Calculați concentrațiile molare ale tuturor ionilor în soluția Y (neglijând procesele de hidroliză și autoprotoliză).</p> <p>4.2. Scrieți ecuațiile tuturor reacțiilor care au avut loc.</p> <p>Din soluția Y au fost prelevate două probe a câte 50 mL fiecare, care au fost plasate în doi electrolizori conectați consecutiv. În primul electolizor au fost utilizați electrozi de platină, iar în al doilea – de cupru. Electroliza a fost continuată până când masa anodului în al doilea electolizor nu s-a micșorat cu 0,0992 g.</p> <p>4.3. Scrieți ecuațiile semireacțiilor, care decurg la electrozi în fiecare electrolizor, obligatoriu indicând în care electrolizor și la care electrod (catod sau anod) a avut loc această semireacție.</p> <p>După finalizarea procesului de electroliză volumul soluției din primul electrolizor a fost adus cu apă distilată până la 100 mL și s-a amestecat, obținând soluția F1. În mod analog, volumul soluției din al doilea electrolizor a fost adus până la 100 mL, obținând soluția F2.</p> <p>4.4. Calculați concentrațiile molare ale tuturor ionilor în soluția F1 (neglijând procesele de hidroliză și autoprotoliză).</p> <p>4.5. Calculați concentrațiile molare ale tuturor ionilor în soluția F2 (neglijând procesele de hidroliză și autoprotoliză).</p>		
	<p>Rezolvare:</p> <p>Fierul este capabil să reducă din soluție ionii Fe^{3+}, Cu^{2+}, Ag^+, Pb^{2+}.</p> <p>Scriem ecuațiile acestor reacții în forma ionică:</p> $2Fe^{3+} + Fe = 3Fe^{2+} \quad (I)$ $Cu^{2+} + Fe = Cu + Fe^{2+} \quad (II)$ $2Ag^+ + Fe = 2Ag + Fe^{2+} \quad (III)$ $Pb^{2+} + Fe = Pb + Fe^{2+} \quad (IV)$ <p>Dacă în fiecare reacție participă câte 1 mol de Fe, atunci:</p> <ul style="list-style-type: none"> - în cazul reacției (I) masa plăcii se micșorează cu 56 g (Fe reacționează, dar în rezultat nu are loc depunerea metalului pe placă); - în cazul reacției (II) masa crește cu $64 - 56 = 8$ g; - în reacția (III) masa crește cu $(2 \cdot 108 - 56) = 160$ g; - în reacția (IV) masa crește cu $(207 - 56) = 151$ g. <p>Rezultă, că numai în cazul reacției (I) are loc micșorarea masei plăcii => în primul rând are loc prima reacție (sau poate în paralel, dar cu predominanța anume a primei reacții).</p>		
	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="245 1904 1366 2089"> Cantitatea inițială a ionilor Fe^{3+} $\nu_0(Fe^{3+}) = c_0(Fe(NO_3)_3) \cdot V_0 = 0,12 \frac{mol}{L} \cdot 0,2 L = 0,024 mol$ </td><td data-bbox="1366 1904 1532 2089"> 0,5 p. </td></tr> </table>	Cantitatea inițială a ionilor Fe^{3+} $\nu_0(Fe^{3+}) = c_0(Fe(NO_3)_3) \cdot V_0 = 0,12 \frac{mol}{L} \cdot 0,2 L = 0,024 mol$	0,5 p.
Cantitatea inițială a ionilor Fe^{3+} $\nu_0(Fe^{3+}) = c_0(Fe(NO_3)_3) \cdot V_0 = 0,12 \frac{mol}{L} \cdot 0,2 L = 0,024 mol$	0,5 p.		

Dacă toți ionii Fe^{3+} reacționează, atunci cantitatea de substanță a fierului reacționat:		
$\nu_{I,r}(Fe) = \frac{\nu_0(Fe^{3+})}{2} = \frac{0,024 \text{ mol}}{2} = 0,012 \text{ mol}$		
Schimbarea masei plăcii alcătuiește:		
$\Delta m_{I,pl.} = -\nu_{I,r}(Fe) \cdot 56 \frac{g}{mol} = -0,012 \text{ mol} \cdot 56 \frac{g}{mol} = -0,672 \text{ g}$		
Deoarece masa finală a plăcii este mai mare decât masa ei inițială, evident, că trebuie să decurgă și o anumită reacție, care duce la mărirea masei plăcii. Din șirul ionilor Cu^{2+} , Ag^+ , Pb^{2+} cele mai pronunțate proprietăți oxidative posedă ionii de argint => în al doilea rând va avea loc reacția (III).		
Cantitatea inițială a ionilor Ag^+ :	0,5 p.	
$\nu_0(Ag^+) = c_0(AgNO_3) \cdot V_0 = 0,18 \frac{mol}{L} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,036 \text{ mol}$		
Dacă toți ionii de argint vor reacționa, atunci cantitatea de substanță a fierului reacționat:		
$\nu_{III,r}(Fe) = \frac{\nu_0(Ag^+)}{2} = \frac{0,036 \text{ mol}}{2} = 0,018 \text{ mol}$		
Schimbarea masei plăcii va constitui:		
$\begin{aligned} \Delta m_{III,pl.} &= -\nu_{III,r}(Fe) \cdot M(Fe) + \nu_0(Ag) \cdot M(Ag) = \\ &= -0,018 \text{ mol} \cdot 56 \frac{g}{mol} + 0,036 \text{ mol} \cdot 108 \frac{g}{mol} = 2,88 \text{ g} \end{aligned}$		
Atunci masa plăcii va deveni egală cu:		
$\begin{aligned} m_{I,III}(pl.) &= m_0(pl.) + \Delta m_{I,pl.} + \Delta m_{III,pl.} = \\ &= 14,28 \text{ g} - 0,672 \text{ g} + 2,88 \text{ g} = 16,488 \text{ g} \end{aligned}$ Această valoare este mai mică decât masa reală a placii => trebuie să aibă loc și următoarea reacție. Următorul după proprietățile oxidative este ionul de Cu^{2+} => are loc reacția (II).		
Cantitatea inițială a ionilor Cu^{2+} :		
$\nu_0(Cu^{2+}) = c_0(Cu(NO_3)_2) \cdot V_0 = 0,14 \frac{mol}{L} \cdot 0,2 \text{ L} = 0,028 \text{ mol}$		
Dacă toți ionii de cupru reacționează, atunci cantitatea de substanță a fierului reacționat:		
$\nu_{II,r}(Fe) = \nu_0(Cu^{2+}) = 0,028 \text{ mol}$		
Schimbarea masei plăcii va fi:		
$\begin{aligned} \Delta m_{II,pl.} &= -\nu_{II,r}(Fe) \cdot M(Fe) + \nu_0(Cu) \cdot M(Cu) = \\ &= -0,028 \text{ mol} \cdot 56 \frac{g}{mol} + 0,028 \text{ mol} \cdot 64 \frac{g}{mol} = 0,224 \text{ g} \end{aligned}$		

	<p>Atunci masa plăcii va deveni egală cu:</p> $m_{I,III,II}(pl.) = m_0(pl.) + \Delta m_{I,pl.} + \Delta m_{III,pl.} + \Delta m_{II,pl.} =$ $= 14,28 \text{ g} - 0,672 \text{ g} + 2,88 \text{ g} + 0,224 \text{ g} = 16,712 \text{ g}$ <p>Este mai mare decât masa reală a plăcii => nu toți ionii de cupru reacționează => reacția (IV) nu a avut loc deloc.</p>		
	<p>Fie în reacția (II) reacționează doar x mol de Cu^{2+}. Atunci masa finală a plăcii:</p> $m_f(pl.) = m_0(pl.) + \Delta m_{I,pl.} + \Delta m_{III,pl.} + (M(\text{Cu}) \cdot x \text{ mol} - M(\text{Fe}) \cdot x \text{ mol}) =$ $= 14,28 \text{ g} - 0,672 \text{ g} + 2,88 \text{ g} + (64 - 56) \cdot x \text{ g} = (16,488 + 8x) \text{ g} = 16,63 \text{ g}$ $16,488 + 8x = 16,63$ $8x = 0,142$ $x = 0,01775$	1 p.	
	<p>Atunci în soluția finală:</p> <ul style="list-style-type: none"> - se conțin cationii Zn^{2+} (cantitatea nu s-a schimbat); - se conțin Pb^{2+} (cantitatea nu s-a schimbat); - se conțin Cu^{2+} (cantitatea s-a micșorat cu 0,01775 mol); - se conțin Fe^{2+} (cantitatea s-a mărit cu $\nu_0(\text{Fe}^{3+}) \cdot \frac{3}{2} + \frac{\nu_0(\text{Ag}^+)}{2} + \nu_r(\text{Cu}^{2+})$); - nu se conțin cationii Ag^+ și Fe^{3+}; - cantitatea ionilor nitrat nu s-a schimbat. 		
	<p>4.1. Deoarece volumul soluției finale a fost adus la volumul inițial:</p> $c(\text{Zn}^{2+}) = c_0(\text{Zn}(\text{NO}_3)_2) = 0,16 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	0,5 p.	
	$c(\text{Pb}^{2+}) = c_0(\text{Pb}(\text{NO}_3)_2) = 0,20 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	0,5 p.	
	$\nu(\text{Cu}^{2+}) = \nu_0(\text{Cu}^{2+}) - 0,01775 \text{ mol} = (0,028 - 0,01775) \text{ mol} = 0,01025 \text{ mol}$ $c(\text{Cu}^{2+}) = \frac{\nu(\text{Cu}^{2+})}{V} = \frac{0,01025 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,05125 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	1 p.	
	$\nu(\text{Fe}^{2+}) = \nu_0(\text{Fe}^{2+}) + \nu_0(\text{Fe}^{3+}) \cdot \frac{3}{2} + \frac{\nu_0(\text{Ag}^+)}{2} + \nu_{np}(\text{Cu}^{2+}) =$ $= 0,10 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \cdot 0,2 \text{ L} + 0,024 \text{ mol} \cdot \frac{3}{2} + \frac{0,036 \text{ mol}}{2} + 0,01775 \text{ mol} =$ $= 0,09175 \text{ mol}$ $c(\text{Fe}^{2+}) = \frac{\nu(\text{Fe}^{2+})}{V} = \frac{0,09175 \text{ mol}}{0,2 \text{ L}} = 0,45875 \frac{\text{mol}}{\text{L}}$	2 p.	

$c(NO_3^-) = c_0(NO_3^-) = 2 \cdot c_0(Fe(NO_3)_2) + 3 \cdot c_0(Fe(NO_3)_3) + 2 \cdot c_0(Cu(NO_3)_2) + 2 \cdot c_0(Zn(NO_3)_2) + 1 \cdot c_0(AgNO_3) + 2 \cdot c_0(Pb(NO_3)_2) =$ $= (2 \cdot 0,10 + 3 \cdot 0,12 + 2 \cdot 0,14 + 2 \cdot 0,16 + 1 \cdot 0,18 + 2 \cdot 0,20) \frac{mol}{L} = 1,74 \frac{mol}{L}$	1 p.
Notă: 7 p. pentru rezolvarea corectă a itemului 4.1.	
4.2. Ecuațiile reacțiilor care au avut loc: $2Fe^{3+} + Fe = 3Fe^{2+}$ $2Ag^+ + Fe = 2Ag + Fe^{2+}$ $Cu^{2+} + Fe = Cu + Fe^{2+}$	3 p.
4.3. În al doilea electrolizor: La catod: $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$ La anod: $Cu - 2e^- = Cu^{2+}$	2 p.
Atunci micșorarea masei anodului în al doilea electrolizor este egală cu masa cuprului reacționat. $\nu_{el,2,r}(Cu) = \frac{ \Delta m(anod) }{M(Cu)} = \frac{0,0992 \text{ g}}{64 \frac{g}{mol}} = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ Atunci cantitatea electronilor, care a trecut prin circuitul exterior: $\nu(e^-) = 2 \cdot \nu_{el,2,r}(Cu) = 2 \cdot 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ Această cantitate de electroni a participat la procesele care au avut loc la catod și la anod în primul și al doilea electrolizor.	1 p.
În primul electrolizor în primul rând va avea loc reducerea ionilor Cu^{2+} . Cantitatea de substanță a ionilor de cupru în 50 mL soluție (o pătrime din volumul total de 200 mL): $\nu_{50 \text{ mL}}(Cu^{2+}) = \frac{\nu(Cu^{2+})}{4} = \frac{0,01025 \text{ mol}}{4} = 2,5625 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	1 p.
Pentru reducerea completă a acestor ioni este necesară cantitatea de electroni: $\nu_{necesat}(e^-) = 2 \cdot \nu_{50 \text{ mL}}(Cu^{2+}) = 2 \cdot 2,5625 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 5,125 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ Această valoare este mai mare decât cantitatea care a trecut prin circuitul exterior \Rightarrow unicul proces care are loc la catod este procesul de reducere a ionilor Cu^{2+} .	1 p.
La catod: $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$	1 p.
Atunci cantitatea ionilor de cupru rămasă în soluție: $\nu_{F1}(Cu^{2+}) = \nu(Cu^{2+}) - \frac{\nu(e^-)}{2} = 2,5625 \cdot 10^{-3} \text{ mol} - \frac{3,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{2} =$ $= 1,0125 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	1 p.

<p>Ionii nitrat nu sunt oxidați la anod => are loc oxidarea apei.</p> <p>La anod: $2H_2O - 4e^- = 4H^+ + O_2$</p>	1 p.	
<p>Atunci cantitatea ionilor H^+:</p> $\nu_{F1}(H^+) = \frac{\nu(e^-)}{4} \cdot 4 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$	1 p.	
Notă: în total 9 p. pentru rezolvarea corectă a itemului 4.3.		
<p>4.4. Concentrația ionilor după aducerea volumului până la 100 mL:</p> $c_{F1}(Zn^{2+}) = \frac{c(Zn^{2+})}{2} = \frac{0,16 \frac{mol}{L}}{2} = 0,08 \frac{mol}{L}$ $c_{F1}(Pb^{2+}) = \frac{c(Pb^{2+})}{2} = \frac{0,20 \frac{mol}{L}}{2} = 0,10 \frac{mol}{L}$ $c_{F1}(Fe^{2+}) = \frac{c(Fe^{2+})}{2} = \frac{0,45875 \frac{mol}{L}}{2} = 0,229375 \frac{mol}{L}$ $c_{F1}(NO_3^-) = \frac{c(NO_3^-)}{2} = \frac{1,74 \frac{mol}{L}}{2} = 0,87 \frac{mol}{L}$ $c_{F1}(Cu^{2+}) = \frac{\nu_{F1}(Cu^{2+})}{V_{F1}} = \frac{1,0125 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,010125 \frac{mol}{L}$ $c_{F1}(H^+) = \frac{\nu_{F1}(H^+)}{V_{F1}} = \frac{3,1 \cdot 10^{-3} \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 0,031 \frac{mol}{L}$ <p>Sunt binevenite rotunjiri rezonabile.</p>	3 p.	
<p>4.5. Electroliza în al doilea electrolizor nu duce la schimbarea cantității ionilor în soluție, deoarece are loc numai transferul cuprului de pe anod la catod. De aceea modificarea concentrațiilor este legată numai cu diluarea soluției după electroliză.</p> $c_{F2}(Zn^{2+}) = \frac{c(Zn^{2+})}{2} = \frac{0,16 \frac{mol}{L}}{2} = 0,08 \frac{mol}{L}$ $c_{F2}(Pb^{2+}) = \frac{c(Pb^{2+})}{2} = \frac{0,20 \frac{mol}{L}}{2} = 0,10 \frac{mol}{L}$ $c_{F2}(Fe^{2+}) = \frac{c(Fe^{2+})}{2} = \frac{0,45875 \frac{mol}{L}}{2} = 0,229375 \frac{mol}{L}$ $c_{F2}(NO_3^-) = \frac{c(NO_3^-)}{2} = \frac{1,74 \frac{mol}{L}}{2} = 0,87 \frac{mol}{L}$ $c_{F2}(Cu^{2+}) = \frac{c(Cu^{2+})}{2} = \frac{0,05125 \frac{mol}{L}}{2} = 0,025625 \frac{mol}{L}$ <p>Sunt binevenite rotunjiri rezonabile.</p>	3 p.	