

OLIMPIADA REPUBLICANĂ LA CHIMIE
Turul teoretic, 14 – 17 martie 2025, Clasa a X-a
Soluții și barem de evaluare

Total 70 p.

Item	Soluții și norme de evaluare	Punctaj	Total punctaj
Test	<p>1. Amestecul gazos este format din 80 L de azot și 20 L de amoniac. Câți atomi de azot revin unui atom de hidrogen în astfel de amestec?</p> <p>Răspuns: 3 atomi de azot revin unui atom de hidrogen</p> <p>Varianta de rezolvare:</p> <p>Deoarece atât azotul, cât și amoniacul sunt gaze, atunci:</p> $\frac{v(\text{N}_2)}{v(\text{NH}_3)} = \frac{V(\text{N}_2)}{V(\text{NH}_3)} = \frac{80 \text{ L}}{20 \text{ L}} = \frac{4}{1}$ <p>Luăm o cantitate de acest amestec care conține 1 mol de amoniac. Atunci acest amestec va conține 4 mol de azot.</p> <p>Numărul de moli a atomilor de azot:</p> $v(\text{N}) = 2 \cdot v(\text{N}_2) + 1 \cdot v(\text{NH}_3) = 2 \cdot 4 \text{ mol} + 1 \cdot 1 \text{ mol} = 9 \text{ mol}$ <p>Numărul de moli a atomilor de hidrogen:</p> $v(\text{H}) = 3 \cdot v(\text{NH}_3) = 3 \cdot 1 \text{ mol} = 3 \text{ mol}$ $\frac{N(\text{N})}{N(\text{H})} = \frac{v(\text{N})}{v(\text{H})} = \frac{9 \text{ mol}}{3 \text{ mol}} = 3$ <p>Notă: este necesar doar răspunsul corect; 1 p. pentru răspunsul corect.</p>	1 p.	25 p.
	<p>2. Mineralul malahit se dizolvă la încălzire în soluție concentrată de țipirig, formând o soluție de culoare albastru aprins. Scrieți ecuația reacției care are loc.</p> <p>Răspuns:</p> $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + 4\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{t^\circ} [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}_2 + \text{CuCl}_2 + \text{CO}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>Comentariu:</p> <p>Mineralul malahit (sau carbonatul bazic de cupru) are compoziția $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ și este un mineral relativ rar. Acest lucru se datorează epuizării zăcămintelor descoperite anterior. În zilele noastre el este folosit în principal pentru confecționarea bijuteriilor. Autenticitatea (naturalitatea) malahitului poate fi verificată prin încălzirea acestuia cu o soluție concentrată de țipirig (clorură de amoniu).</p> <p>Notă: 2 p. pentru ecuația corectă a reacției (1 p. pentru toate substanțele scrise corect; 1 p. pentru toți coeficienții corecți).</p> <p>Pentru varianta $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3 + 4\text{NH}_4\text{Cl} \xrightarrow{t^\circ} 2\text{CuCl}_2 + 4\text{NH}_3 \uparrow + \text{CO}_2 \uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ se acordă 1 p. (0,5 p. pentru toate substanțele scrise corect; 0,5 p. pentru toți coeficienții corecți).</p>	2 p.	
	<p>3. Ionul XO_3^- conține 42 de electroni. Determinați elementul X și scrieți ecuația reacției substanței simple a elementului X cu o soluție fierbinte de hidroxid de potasiu.</p> <p>Răspuns: X – Cl</p>	3 p.	

	$3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \xrightarrow{t^\circ} 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>Varianta de rezolvare:</p> <p>Ionul XO_3^- conține 42 de electroni și are sarcina -1 => numărul total de protoni a tuturor atomilor în acest ion este egal cu 41. Atomul de oxigen conține în nucleul său 8 protoni. Atunci numărul de protoni în elementul X este egal cu $41 - 3 \cdot 8 = 17$ => X – Cl</p> <p>Substanța simplă – Cl_2. În soluția fierbinte de KOH are loc reacția de disproportționare:</p> $3\text{Cl}_2 + 6\text{KOH} \xrightarrow{t^\circ} 5\text{KCl} + \text{KClO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ <p>Notă: 1 p. pentru determinarea corectă a elementului X; 2 p. pentru ecuația reacției (1 p. pentru toate substanțele scrise corect; 1 p. pentru toți coeficienții corecți).</p>		
	<p>4. Se cunosc substanțe în compoziția cărora intră ioni izoelectronici (ionii cu configurație electronică identică). Propuneți formulele a două asemenea substanțe și indicați pentru fiecare din ele configurația electronică a ionilor.</p> <p>Varianta de răspuns:</p> <p>Substanța 1 – NaF; configurația electronică a ionilor – $1s^2 2s^2 2p^6$</p> <p>Substanța 2 – KCl; configurația electronică a ionilor – $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$</p> <p>Notă: se acceptă și alte variante de substanțe ionice, care corespund condițiilor. Nu este necesar neapărat, că configurațiile electronice în substanțele 1 și 2 să fie diferite, adică se potrivește și combinația de NaF și MgO. Câte 0,75 p. pentru formula substanței corecte. Câte 0,25 p. pentru configurațiile electronice.</p>	2 p.	
	<p>5. Se știe că substanțele X^1, X^2 și X^3 intră în reacțiile descrise prin următoarele scheme:</p> $\text{X}^1 + \text{O}_2 \longrightarrow \text{X}^2$ $\text{X}^2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{X}^1 + \text{X}^3$ $\text{X}^3 + \text{Cu} \longrightarrow \text{X}^1 + \dots$ $\text{X}^2 + \text{Cu} \xrightarrow{t^\circ} \dots$ <p>Scrieți ecuațiile acestor reacții.</p> <p>Semnul «...» poate însemna una sau mai multe substanțe.</p> <p>Răspuns:</p> $2\text{NO} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{NO}_2$ $3\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^\circ} \text{NO} + 2\text{HNO}_3$ $8\text{HNO}_3(\text{dil.}) + 3\text{Cu} \longrightarrow 2\text{NO} \uparrow + 3\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ $2\text{NO}_2 + 4\text{Cu} \xrightarrow{t^\circ} 4\text{CuO} + \text{N}_2 \uparrow$ <p>Notă: câte 1 p. pentru fiecare ecuație (0,5 p. pentru toate substanțele scrise corect; 0,5 p. pentru toți coeficienții corecți).</p>	4 p.	
	<p>6. Indicați valența și starea de oxidare a atomului central în dihidratul clorurii de diclorotetraaquacrom(III).</p> <p>Răspuns: în dihidratul clorurii de diclorotetraaquacrom(III), care are formula coordinativă $[\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_4\text{Cl}_2]\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ atomul central manifestă valența VI și se află în starea de oxidare +III (se acceptă și +3).</p> <p>Notă: 1 p. pentru indicarea corectă a valenței; 1 p. pentru indicarea corectă a stării</p>	2 p.	

	de oxidare.	
	<p>7. Stabiliți coeficienții stoichiometrici în ROR:</p> $\text{Al} + \text{NO}_2 + \text{NaOH} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{NH}_3 + \text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$ <p>Răspuns: $7\text{Al} + 3\text{NO}_2 + 21\text{NaOH} + 15\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 3\text{NH}_3 + 7\text{Na}_3[\text{Al}(\text{OH})_6]$</p> <p>Varianta de rezolvare:</p> $\overset{0}{\text{Al}} + \overset{+4}{\text{N}}\overset{-2}{\text{O}_2} + \overset{+1}{\text{Na}}\overset{-2}{\text{O}}\overset{+1}{\text{H}} + \overset{+1}{\text{H}}\overset{-2}{\text{O}} \longrightarrow \overset{-3}{\text{N}}\overset{+1}{\text{H}_3} + \overset{+1}{\text{Na}}_3[\overset{+3}{\text{Al}}(\overset{-2}{\text{O}}\overset{+1}{\text{H}})_6]$ $\text{Al}^0 - 3\bar{e} \longrightarrow \overset{+3}{\text{Al}} \quad 3 \quad \cdot 7$ <p style="text-align: center;">21</p> $\overset{+4}{\text{N}} + 7\bar{e} \longrightarrow \overset{-3}{\text{N}} \quad 7 \quad \cdot 3$ <p>Notă: este necesar doar de a determina corect coeficienții. 2 p. pentru toți coeficienții corecți. Răspunsurile parțial corecte nu se punctează.</p>	2 p.
	<p>8. Masa soluției cu partea de masă 0,1 KOH și masa apei necesare pentru prepararea 500 g soluție cu partea de masă 0,02 KOH sunt egale cu:</p> <p>a) 250 g și 250 g; b) 10 g și 490 g; c) 300 g și 200 g; d) 100 g și 400 g.</p> <p>Răspuns: d) 100 g și 400 g</p> <p>Varianta de rezolvare:</p> <p>Această problemă poate fi rezolvată, aplicând regula dreptunghiului, în care apa poate fi prezentată ca o soluție cu partea de masă egală cu 0.</p> <div style="text-align: center;"> </div> <p>Calculăm masa soluției cu $\omega_1(\text{KOH}) = 0,1$</p> $m_1 = \frac{m \cdot 0,02}{0,02 + 0,08} = \frac{500 \text{ g} \cdot 0,08}{0,02 + 0,08} = 100 \text{ g}$ <p>Masa apei constituie: $m(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m \cdot 0,08}{0,02 + 0,08} = \frac{500 \text{ g} \cdot 0,08}{0,02 + 0,08} = 400 \text{ g}$</p> <p>Altă variantă de rezolvare.</p> <p>Masa KOH în soluția finală este egală cu masa KOH în soluția inițială.</p> $m_1(\text{KOH}) = m(\text{KOH}) = m_{\text{sol.}} \cdot \omega(\text{KOH}) = 500 \text{ g} \cdot 0,02 = 10 \text{ g}$ <p>Atunci masa soluției inițiale de KOH:</p> $m_{1,\text{sol.}} = \frac{m_1(\text{KOH})}{\omega_1(\text{KOH})} = \frac{10 \text{ g}}{0,1} = 100 \text{ g}$ <p>Atunci masa apei adăugate:</p> $m_{\text{ad.}}(\text{H}_2\text{O}) = m_{\text{sol.}} - m_{1,\text{sol.}} = 500 \text{ g} - 100 \text{ g} = 400 \text{ g}$ <p>Notă: este necesar doar răspunsul; pentru răspunsul corect 1 p.; pentru un răspuns greșit sau un răspuns multiplu – 0 p.</p>	1 p.
	<p>9. În rezultatul electrolizei cu electrozi inerti a 1000 g soluție de sulfat de sodiu cu partea de masă a substanței dizolvate egală cu 5% la anod s-au degajat 80 L de gaz ($t = 25^\circ\text{C}$, $P = 1,24 \cdot 10^5 \text{ Pa}$). Partea de masă (în %) a sulfatului de sodiu în soluția obținută după electroliză este egală cu:</p> <p>a) 5,8; b) 5,7; c) 5,4; d) 4,7.</p>	2 p.

	<p>Răspuns: a) 5,8</p> <p>Varianta de rezolvare:</p> <p>Sulfatul de sodiu reprezintă un electrolit tare:</p> $\text{Na}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ <p>Ionii de sodiu nu se reduc la catod în procesul de electroliză a soluțiilor apoase. Ionii sulfat nu se oxidează în procesul de electroliză a soluțiilor apoase.</p> <p>Atunci în timpul electrolizei vor avea loc procesele de reducere a apei la catod și oxidare a apei la anod.</p> <p>Catod (-): $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$</p> <p>Anod (+): $2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$</p> <p>În rezultatul electrolizei soluției apoase de Na_2SO_4 are loc descompunerea apei. Masa sării (Na_2SO_4) în soluție nu se schimbă, dar se micșorează masa apei, care joacă rolul solventului. Din cauza acestui proces concentrația sării se mărește. Pentru rezolvarea problemei trebuie de recalculat concentrația sării.</p> $2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{electroliza}} 2\text{H}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$ <p>Determinăm cantitatea oxigenului degajat utilizând ecuația Clapeyron-Mendeleev:</p> $v(\text{O}_2) = \frac{P \cdot V}{R \cdot T} = \frac{1,24 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0,08 \text{ m}^3}{8,314 \text{ J} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 298 \text{ K}} = 4 \text{ mol}$ <p>Prin urmare, 8 mol de apă au fost supuse descompunerii.</p> $m_r(\text{H}_2\text{O}) = v_r(\text{H}_2\text{O}) \cdot M(\text{H}_2\text{O}) = 8 \text{ mol} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 144 \text{ g}$ $m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = m_{\text{l.sol.}} \cdot \omega_1(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 1000 \text{ g} \cdot 0,05 = 50 \text{ g}$ <p>Partea de masă a sării în soluția finală:</p> $\omega_2(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{m(\text{Na}_2\text{SO}_4)}{m_{\text{l.sol.}} - m_r(\text{H}_2\text{O})} = \frac{50 \text{ g}}{1000 \text{ g} - 144 \text{ g}} = 0,0584 = 5,84\%$ <p>Notă: este necesar doar răspunsul; pentru răspunsul corect 2 p.; pentru un răspuns greșit sau un răspuns multiplu – 0 p.</p>		
	<p>10. Scrieți ecuațiile reacțiilor de descompunere termică pentru trei săruri diferite (X^1, X^2, X^3), în rezultatul cărora se formează metal (substanță simplă). Sărurile X^1, X^2, X^3 nu trebuie să conțină nici cationi de metal identici, nici anioni de rest acid identici.</p> <p>Variante de răspuns:</p> <p>a) $2\text{AgNO}_3 \xrightarrow{440^\circ\text{C}} 2\text{Ag} + 2\text{NO}_2 \uparrow + \text{O}_2 \uparrow$</p> <p>b) $2\text{NaN}_3 \xrightarrow{300^\circ\text{C}} 2\text{Na} + 3\text{N}_2 \uparrow$</p> <p>c) $\text{Hg}_2(\text{NO}_2)_2 \xrightarrow{\geq 100^\circ\text{C}} 2\text{Hg} + 2\text{NO}_2 \uparrow$</p> <p>d) $\text{FeC}_2\text{O}_4 \xrightarrow{370^\circ\text{C}} \text{Fe} + 2\text{CO}_2 \uparrow$</p> <p>Notă: câte 2 p. pentru fiecare din trei ecuații, care corespund tuturor condițiilor (1 p. pentru toate substanțele scrise corect; 1 p. pentru toți coeficienții corecți). Se acceptă și alte variante corecte.</p>	6 p.	
<p>Problema 1.</p>	<p>La dizolvarea completă a 21,1 g amestec alcătuit din sodiu și aluminiu în 100 mL de apă, se degajă 12,32 L (c.n.) de hidrogen. Calculați părțile de masă ale metalelor în amestecul inițial. Ce volum de soluție de acid clorhidric cu concentrația de 0,5 mol/L trebuie de adăugat la soluția obținută pentru ca în rezultat masa precipitatului</p>		11 p.

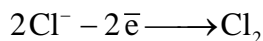
format să fie maximă? Care este masa acestui sediment? Scrieți ecuațiile tuturor reacțiilor.	
Rezolvare: $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ $2\text{Al} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$ <p>Notă: 1 p. pentru prima ecuație (0,5 p. pentru toate substanțele scrise corect; 0,5 p. pentru toți coeficienții corecți); 2 p. pentru a doua ecuație (1 p. pentru toate substanțele scrise corect; 1 p. pentru toți coeficienții corecți).</p> <p>De asemenea cu 3 p. se apreciază varianta cu trei ecuații (câte 1 p. pentru fiecare):</p> $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{NaOH} + \text{H}_2 \uparrow$ $2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2 \uparrow$ $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]$	3 p.
Determinăm cantitatea de gaz degajat: $v(\text{H}_2) = \frac{V(\text{H}_2)}{V_m} = \frac{12,32\text{L}}{22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}}} = 0,55 \text{ mol}$	0,5 p.
Fie: $v(\text{Na}) = x \text{ mol}$ $v(\text{Al}) = y \text{ mol}$	
Atunci masa amestecului de metale: $m(\text{amestec}) = m(\text{Na}) + m(\text{Al}) = v(\text{Na}) \cdot M(\text{Na}) + v(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) =$ $= x \text{ mol} \cdot 23 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + y \text{ mol} \cdot 27 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = (23x + 27y) \text{g} = 21,1 \text{g}$ $23 \cdot x + 27 \cdot y = 21,1$	0,5 p.
Conform ecuațiilor reacțiilor cantitatea hidrogenului degajat: $v(\text{H}_2) = v_1(\text{H}_2) + v_2(\text{H}_2) = 0,5 \cdot x \text{ mol} + 1,5 \cdot y \text{ mol} = 0,55 \text{ mol}$ $0,5 \cdot x + 1,5 \cdot y = 0,55$	0,5 p.
Rezolvăm sistemul de ecuații: $\begin{cases} 23 \cdot x + 27 \cdot y = 21,1 \\ 0,5 \cdot x + 1,5 \cdot y = 0,55 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 23 \cdot x + 27 \cdot y = 21,1 \\ 23 \cdot x + 69 \cdot y = 25,3 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 23 \cdot x + 27 \cdot y = 21,1 \\ 42 \cdot y = 4,2 \end{cases} \Leftrightarrow$ $\Leftrightarrow \begin{cases} 23 \cdot x = 21,1 - 27 \cdot 0,1 \\ y = 0,1 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x = 0,8 \\ y = 0,1 \end{cases}$	1 p.
Atunci masele metalelor în amestecul inițial: $m(\text{Na}) = v(\text{Na}) \cdot M(\text{Na}) = x \text{ mol} \cdot 23 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,8 \text{ mol} \cdot 23 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 18,4 \text{g}$ $m(\text{Al}) = v(\text{Al}) \cdot M(\text{Al}) = y \text{ mol} \cdot 27 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,1 \text{ mol} \cdot 27 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 2,7 \text{g}$	0,5 p.
Parțile de masă ale metalelor în amestecul inițial: $\omega(\text{Na}) = \frac{m(\text{Na})}{m(\text{amestec})} = \frac{18,4 \text{g}}{21,1 \text{g}} = 0,872 = 87,2\%$	1 p.

	$\omega(\text{Al}) = \frac{m(\text{Al})}{m(\text{amestec})} = \frac{2,7 \text{ g}}{21,1 \text{ g}} = 0,128 = 12,8\%$	
	La adăugarea acidului clorhidric în primul rând se neutralizează excesul de bază alcalină, iar apoi hidroxocomplexul cu formarea hidroxidului insolubil: $\text{NaOH} + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + \text{HCl} \longrightarrow \text{NaCl} + \text{Al}(\text{OH})_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$	2 p.
	$v_2(\text{NaOH}) = v_1(\text{NaOH}) - v_{1,\text{reacționat}}(\text{NaOH}) = v(\text{Na}) - v(\text{Al}) =$ $= 0,8 \text{ mol} - 0,1 \text{ mol} = 0,7 \text{ mol}$ $v_2(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = v(\text{Al}) = 0,1 \text{ mol}$	0,5 p.
	Atunci cantitatea de HCl, care este necesară pentru obținerea masei maxime de precipitat: $v(\text{HCl}) = v_2(\text{NaOH}) + v_2(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = 0,7 \text{ mol} + 0,1 \text{ mol} = 0,8 \text{ mol}$	0,5 p.
	Atunci volumul necesar de soluție a acidului clorhidric: $V(\text{HCl}) = \frac{v(\text{HCl})}{c(\text{HCl})} = \frac{0,8 \text{ mol}}{0,5 \frac{\text{mol}}{\text{L}}} = 1,6 \text{ L}$	0,5 p.
	$v(\text{Al}(\text{OH})_3) = v_2(\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4]) = v(\text{Al}) = 0,1 \text{ mol}$ $m(\text{Al}(\text{OH})_3) = v(\text{Al}(\text{OH})_3) \cdot M(\text{Al}(\text{OH})_3) = 0,1 \text{ mol} \cdot 78 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 7,8 \text{ g}$	0,5 p.
	Notă: se acceptă și alte variante corecte care corespund totalmente condițiilor problemei.	
Problema 2.	<p>Metalul necunoscut A a fost dizolvat în 200,0 g soluție de acid azotic concentrat la încălzire. La răcirea soluției obținute s-a format precipitatul B. O jumătate din precipitatul format a fost calcinată la 200°C până la masă constantă. Ca rezultat s-a degajat gaz, densitatea căruia (la această temperatură și presiunea 780 mm Hg) este egală cu 0,779 g/L, iar masa reziduului solid alcătuit este 14,9 g. A doua jumătate a precipitatului B a fost dizolvată în 400,0 g soluție de clorură de sodiu cu partea de masă a substanței dizolvate 7,00%. În rezultat s-a format soluția C, în care partea de masă a clorurii de sodiu a devenit egală cu 6,29%. Soluția C a fost supusă electrolizei folosind electrozi inerti la intensitatea curentului electric de 20 A. Procesul a fost realizat până când volumele gazelor degajate la catod și anod au devenit egale. După finalizarea electrolizei electrozii au fost scoși din soluție, iar soluția a fost agitată.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinați compoziția soluției (% de masă) după agitare. • Cu ce este egală diferența maximă între volumele gazelor degajate la electrozi (în condiții normale)? Determinați, peste câte minute de la începutul electrolizei a fost atins acest moment. • Determinați metalul necunoscut A (confirmați prin calcule) și scrieți ecuațiile reacțiilor de dizolvare a metalului A în soluție de acid azotic concentrat și de descompunere termică a precipitatului B. • Scrieți ecuațiile reacțiilor pentru procesele care au avut loc la electrozi în 	21 p.

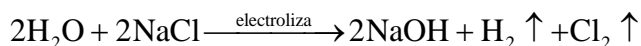
<p>timpul electrolizei fie în formă moleculară, fie în formă de semireacții de oxidare și reducere.</p> <p>Sarcina electronului $-1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.</p>		
<p>Rezolvare:</p> <p>Se poate presupune, că precipitatul B este nitratul metatului necunoscut A, deoarece la dizolvarea metalelor în acid azotic de obicei se formează nitrații acestor metale.</p>		
<p>Determinăm masa molară medie a produșilor gazoși de descompunere a nitratului de metal A.</p> <p>Din ecuația Clapeyron-Mendeleev:</p> $p \cdot V = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$ $\rho = \frac{m}{V} = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$ $\bar{M} = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{p} = \frac{779 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (273 + 200) \text{K}}{\frac{780 \text{ mm Hg}}{760 \text{ mm Hg}} \cdot 101325 \text{ Pa}} = 29,46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$	1 p.	
<p>Valoarea obținută este mai mică decât masa molară a NO_2 și O_2, care pot fi formate la descompunerea nitraților \Rightarrow precipitatul B este cristalohidratul nitratului de metal A.</p>	0,5 p.	
<p>Ionii de sodiu nu se reduc la catod.</p> <p>Dacă A este un metal activ, atunci nu are loc reducerea lui la catod, iar în locul lui se reduce apa:</p> $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ <p>În acest proces la 2 moli de electroni se degaja 1 mol de hidrogen.</p> <p>La anod ionii nitrat nu se reduc, dar are loc reducerea ionilor clorură:</p> $2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \longrightarrow \text{Cl}_2$ <p>În acest proces la 2 moli de electroni se degaja 1 mol de clor.</p> <p>În acest caz chiar din momentul inițial se vor degaja volume egale de gaze, dar după ce se vor epuiza ionii clorură, se va începe degajarea oxigenului la anod.</p> $2\text{H}_2\text{O} - 4\bar{e} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+$ (la 2 moli de electroni câte 0,5 moli de oxigen) și volumul gazului la anod va începe să scadă, comparative cu volumul gazului la catod. <p>\Rightarrow A nu poate fi un metal activ.</p> <p>Dacă A este un metal de activitate medie sau un metal inactiv, atunci la catod vor avea loc concomitent procesele de reducere a metalului și a apei sau numai a metalului, iar la anod – oxidarea clorului. Atunci inițial volumul gazului la anod va fi mai mare, iar când se vor termina ionii de metal A și va începe reducerea apei, iar la anod se va termina degajarea clorului și va continua doar degajarea oxigenului, atunci volumele vor începe să se apropie și, la un moment, vor deveni egale.</p> <p>Analizăm varianta unui metal de activitate medie sau a metalului inactive.</p> <p>Dacă descompunerea are loc cu formarea NO_2, O_2 și H_2O fără schimbarea stării de oxidare a metalului, atunci:</p> $\text{M}(\text{NO}_3)_x \cdot n \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^0} \frac{1}{2} \text{M}_2\text{O}_x + x \text{NO}_2 + \frac{x}{4} \text{O}_2 + n \text{H}_2\text{O}$		

	<p>Exprimăm masa molară medie a gazului pentru acest caz. Pentru comoditate admitem descompunerea 1 mol de cristalohidrat:</p> $\bar{M} = \frac{x \text{ mol} \cdot 46 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + \frac{x}{4} \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} + n \text{ mol} \cdot 18 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{x \text{ mol} + \frac{x}{4} \text{ mol} + n \text{ mol}}$ $\frac{46 \cdot x + 8 \cdot x + 18 \cdot n}{1,25 \cdot x + n} \frac{\text{g}}{\text{mol}} = \frac{54 \cdot x + 18 \cdot n}{1,25 \cdot x + n} \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 29,46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$ $\frac{54 \cdot x + 18 \cdot n}{1,25 \cdot x + n} = 29,46$ $54 \cdot x + 18 \cdot n = 36,825 \cdot x + 29,46 \cdot n$ $11,46 \cdot n = 17,175 \cdot x$ $n = 1,50 \cdot x$ <p>Se poate presupune, că A – este un metal bivalent, iar cristlohidratul conține 3 molecule de apă.</p> <p>Notă: 1 p. se acordă pentru determinarea raportului între valența metalului și numărul de molecule de apă în cristalohidrat.</p>	1 p.	
	<p>După schimbarea părții de masă de la 7,00 până la 6,29% determinăm masa cristalohidratului dizolvat:</p> $m_1(A(NO_3)_2 \cdot 3H_2O) = m_{2,\text{sol.}} - m_{1,\text{sol.}}$ <p>Deoarece masa clorurii de sodiu nu se schimbă, atunci:</p> $m_{2,\text{sol.}} = \frac{m_{1,\text{sol.}} \cdot \omega_1(\text{NaCl})}{\omega_2(\text{NaCl})}$ $m_1(A(NO_3)_2 \cdot 3H_2O) = m_{2,\text{sol.}} - m_{1,\text{sol.}} = \frac{m_{1,\text{sol.}} \cdot \omega_1(\text{NaCl})}{\omega_2(\text{NaCl})} - m_{1,\text{p-p}} =$ $= \frac{400 \text{ g} \cdot 0,0700}{0,0629} - 400 \text{ g} = 45,15 \text{ g}$ <p>Conform ecuației reacției de descompunere:</p> $A(NO_3)_2 \cdot 3H_2O \xrightarrow{t^0} AO + 2NO_2 + 0,5O_2 + 3H_2O$ $v(A(NO_3)_2 \cdot 3H_2O) = v(AO)$ <p>Fie $M(A) = a \frac{\text{g}}{\text{mol}}$</p> <p>Atunci:</p> $\frac{45,15 \text{ g}}{(a + 62 \cdot 2 + 18 \cdot 3) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{14,9 \text{ g}}{(a + 16) \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$ $\frac{45,15}{a + 62 \cdot 2 + 18 \cdot 3} = \frac{14,9}{a + 16}$ $45,15 \cdot a + 722,4 = 14,9 \cdot a + 2652,2$ $30,25 \cdot a = 1929,8$ $a = 63,8 - \text{Cu} - \text{corespunde după proprietăți.}$ <p>Ecuatia finală a reacției de descompunere:</p>	4 p.	

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t^0} \text{CuO} + 2\text{NO}_2 + 0,5\text{O}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{Cu} + 4\text{HNO}_3(\text{conc}) \longrightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>Notă: 1 p. pentru determinarea metalului A necunoscut (confirmată prin calcule); 1 p. pentru determinarea formulei cristalohidratului; 2 p. pentru ecuațiile reacțiilor.</p>		
<p>Determinăm cantitățile de substanță ale nitratului de cupru(II) și clorurii de sodiu în soluția pentru electroliză:</p> $m(\text{NaCl}) = m_{\text{sol.}}(\text{NaCl}) \cdot \omega_1(\text{NaCl}) = 400,0 \text{ g} \cdot 0,0700 = 28,0 \text{ g}$ $v(\text{NaCl}) = \frac{m(\text{NaCl})}{M(\text{NaCl})} = \frac{28,0 \text{ g}}{58,5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,4786 \text{ mol}$	0,5 p.	
$v(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = v_1(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) = \frac{m_1(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})}{M(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O})} =$ $= \frac{45,15 \text{ g}}{(64 + 62 \cdot 2 + 3 \cdot 18) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = \frac{45,15 \text{ g}}{242 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,1866 \text{ mol}$	0,5 p.	
<p>Ecuatiile proceselor de disociere:</p> $\text{NaCl} \longrightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \longrightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{NO}_3^-$ $v(\text{Cl}^-) = v(\text{NaCl}) = 0,4786 \text{ mol}$ $v(\text{Cu}^{2+}) = v(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 0,1866 \text{ mol}$ <p>În primul rând la electroliză va avea loc reducerea ionilor de cupru(II) și oxidarea ionilor clorură.</p> $\text{Cu}^{2+} + 2\bar{e} \longrightarrow \text{Cu}$ $2\text{Cl}^- - 2\bar{e} \longrightarrow \text{Cl}_2$ <p>Sau în forma moleculară:</p> $\text{CuCl}_2 \xrightarrow{\text{electroliza}} \text{Cu} + \text{Cl}_2 \uparrow$ $\frac{v(\text{Cl}^-)}{2} > \frac{v(\text{Cu}^{2+})}{1} \Rightarrow \text{primii se vor epuiza ionii de cupru(II)}$ <p>Pentru această în circuitul extern de la anod la catod trebuie să treacă următoarea cantitatea de electroni:</p> $v_1(\bar{e}) = v(\text{Cu}^{2+}) \cdot 2 = 0,1866 \text{ mol} \cdot 2 = 0,3732 \text{ mol}$ $v_1(\text{Cl}_2) = \frac{v_1(\bar{e})}{2} = \frac{0,3732 \text{ mol}}{2} = 0,1866 \text{ mol}$ <p>Cantitatea rămasă de ioni clorură:</p> $v_2(\text{Cl}^-) = v(\text{Cl}^-) - v_{r,1}(\text{Cl}^-) = v(\text{Cl}^-) - 2 \cdot v(\text{Cu}^{2+}) =$ $= 0,4786 \text{ mol} - 2 \cdot 0,1866 \text{ mol} = 0,1054 \text{ mol}$ <p>În continuare la catod se va reduce apa, iar la anod va continua procesul de oxidare a ionilor clorură:</p> $2\text{H}_2\text{O} + 2\bar{e} \longrightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$	6 p.	



Sau în forma moleculară:



În acest proces la anod și catod se degajă volume egale de gaze => diferența între volumele gazelor la catod și anod va rămîne constantă.

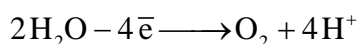
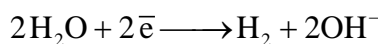
Pentru finisarea acestei etape în circuitul extern de la anod la catod trebuie să treacă următoarea cantitatea de electroni:

$$v_2(\bar{e}) = v_2(\text{Cl}^-) \cdot 1 = 0,1054 \text{ mol} \cdot 1 = 0,1054 \text{ mol}$$

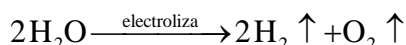
$$v_2(\text{Cl}_2) = \frac{v_2(\bar{e})}{2} = \frac{0,1054 \text{ mol}}{2} = 0,0527 \text{ mol}$$

$$v_2(\text{H}_2) = \frac{v_2(\bar{e})}{2} = \frac{0,1054 \text{ mol}}{2} = 0,0527 \text{ mol}$$

La continuarea trecerii curentului electric la catod va avea loc reducerea apei, iar la anod – oxidarea apei:



Sau în forma moleculară:



În acest caz la catod se elimină o cantitate de gaz de două ori mai mare decât la anod și diferența între volumele gazelor va începe să scadă.

Fie cantitatea de oxigen degajat în acest proces $v_3(\text{O}_2) = y \text{ mol}$

Atunci cantitatea hidrogenului degajat la aceasta etapă: $v_3(\text{H}_2) = 2 \cdot y \text{ mol}$

Pentru ca volumele gazelor să fie egale, este necesar ca și cantitățile lor să fie egale (în condiții identice).

Atunci:

$$v_2(\text{H}_2) + v_3(\text{H}_2) = v_1(\text{Cl}_2) + v_2(\text{Cl}_2) + v_3(\text{O}_2)$$

$$0,0527 \text{ mol} + 2 \cdot y \text{ mol} = 0,1866 \text{ mol} + 0,0527 \text{ mol} + y \text{ mol}$$

$$y = 0,1866$$

Notă: determinarea cantității de oxigen, care se degajă în procesul electrolizei (sau altui parametru asemănător după importanța în soluția participantului, determinarea căruia a fost bazată pe egalitatea volumelor de gaze la anod și catod) – 3 p.
Ecuatiile proceselor (moleculare sau semireacțiile) – 3 p.

Atunci în soluția după finalizarea procesului de electroliza vor fi prezenți ionii Na^+ , NO_3^- și OH^- .

$$v(\text{Na}^+) = v(\text{NaCl}) = 0,4786 \text{ mol}$$

$$v(\text{NO}_3^-) = 2 \cdot v(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2) = 2 \cdot 0,1866 \text{ mol} = 0,3732 \text{ mol}$$

$$v(\text{OH}^-) = v_2(\bar{e}) = 0,1054 \text{ mol}$$

Atunci: $v(\text{NaNO}_3) = v(\text{NO}_3^-) = 0,3732 \text{ mol}$

$$v(\text{NaOH}) = v(\text{OH}^-) = 0,1054 \text{ mol}$$

2 p.

<p>Masele lor:</p> $m(\text{NaNO}_3) = 0,3732 \text{ mol} \cdot 85 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 31,72 \text{ g}$ $m(\text{NaOH}) = 0,1054 \text{ mol} \cdot 40 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 4,22 \text{ g}$	0,5 p.
<p>Determinăm masa soluției.</p> <p>Masa cuprului format:</p> $m(\text{Cu}) = v(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = v(\text{Cu}^{2+}) \cdot M(\text{Cu}^{2+}) = 0,1866 \text{ mol} \cdot 64 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 11,94 \text{ g}$ <p>Masa gazelor degajate:</p> $m(\text{Cl}_2) = v(\text{Cl}_2) \cdot M(\text{Cl}_2) = \frac{v(\text{Cl}^-)}{2} \cdot M(\text{Cl}_2) = \frac{0,4786 \text{ mol}}{2} \cdot 71 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 16,99 \text{ g}$ $m(\text{H}_2) = v(\text{H}_2) \cdot M(\text{H}_2) = (v_2(\text{H}_2) + v_3(\text{H}_2)) \cdot M(\text{H}_2) =$ $= (0,0527 \text{ mol} + 2 \cdot 0,1866 \text{ mol}) \cdot 2 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,85 \text{ g}$ $m(\text{O}_2) = v(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = v_3(\text{O}_2) \cdot M(\text{O}_2) = 0,1866 \text{ mol} \cdot 32 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 5,97 \text{ g}$ <p>Atunci:</p> $m_{\text{sol., final}} = m_{\text{sol}}(\text{NaCl}) + m_1(\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}) - m(\text{Cu}) - m(\text{H}_2) - m(\text{O}_2) -$ $- m(\text{Cl}_2) = 400,0 \text{ g} + 45,15 \text{ g} - 11,94 \text{ g} - 0,85 \text{ g} - 5,97 \text{ g} - 16,99 \text{ g} = 409,40 \text{ g}$ <p>Notă: 2,5 p. se acordă pentru calcularea corectă a masei soluției. Există diverse variate de calculare a acestei mase. Orice metoda este apreciată cu 2,5 p.</p>	2,5 p.
<p>Părțile de masă ale substanțelor în soluția finală:</p> $\omega_{\text{final}}(\text{NaNO}_3) = \frac{m(\text{NaNO}_3)}{m_{\text{sol., final}}} = \frac{31,72 \text{ g}}{409,40 \text{ g}} = 0,0775 = 7,75\%$ $\omega_{\text{final}}(\text{NaOH}) = \frac{m(\text{NaOH})}{m_{\text{sol., final}}} = \frac{4,22 \text{ g}}{409,40 \text{ g}} = 0,0103 = 1,03\%$	0,5 p.
<p>Diferența între volumele gazelor la anod și catod atinge valoarea maximă atunci când se termină procesul de reducere a ionilor Cu^{2+}.</p> <p>În continuare un timp oarecare diferența rămâne constantă, iar apoi, când se începe oxidarea apei la anod, aceasta diferența începe să scedă.</p> $\Delta V_{\text{max}} = V_1(\text{Cl}_2) = v_1(\text{Cl}_2) \cdot V_m = 0,1866 \text{ mol} \cdot 22,4 \frac{\text{L}}{\text{mol}} = 4,18 \text{ L}$ <p>Pentru ca toți ionii de cupru(II) să se reducă, în circuitul extern trebuie să treacă</p> $v_1(\bar{e}) = v(\text{Cu}^{2+}) \cdot 2 = 0,3732 \text{ mol}$ <p>Sarcina lor:</p> $ Q = q_e \cdot N_e = q_e \cdot v_1(\bar{e}) \cdot N_A =$ $= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 0,3732 \text{ mol} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 35947 \text{ C}$ <p>Atunci dacă intensitatea curentului este $I = 20 \text{ A}$ timpul necesar este:</p> $t = \frac{ Q }{I} = \frac{35947 \text{ C}}{20 \text{ A}} = \frac{35947 \text{ C}}{20 \frac{\text{C}}{\text{s}}} = 1797 \text{ s} = 30,0 \text{ min}$ <p>Notă: 1 p. pentru determinarea diferenței maxime între volumele gazelor; 1 p.</p>	2 p.

	determinarea corectă a timpului necesar.		
	Notă: Probabil, acesta este cea mai lungă și detaliată variantă de rezolvare. Se acceptă orice altă variantă corectă de rezolvare, care respectă toate condițiile problemei.		
Problema 3.	<p>Propuneți substanțele anorganice ($Y^1 - Y^6$ și X), capabile să participe la transformările prezentate în schemă și scrieți ecuațiile reacțiilor corespunzătoare (1 – 8) indicând condițiile de realizare.</p> <p>Notă: diferite litere reprezintă substanțe diferite; diferite cifre reprezintă reacții diferite.</p>		13 p.
	<p>Rezolvare: Una din variante posibile:</p> <p>Notă: câte 0,5 p. pentru formulele corecte a substanțelor $Y^1 - Y^6$; 1 p. pentru formula substanței X.</p>	4 p.	
	1) $2NaCl \xrightarrow{\text{electroliza topituri}} 2Na(\text{catod}) + Cl_2(\text{anod})$	2 p.	
	2) $2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$	1 p.	
	3) $2Na + H_2O \longrightarrow 2NaOH + H_2 \uparrow$	1 p.	
	4) $Cl_2 + H_2S \xrightarrow{\text{în faza gazoasă}} 2HCl + S$ sau $4Cl_2 + H_2S + 4H_2O \xrightarrow{\text{în soluția apoasă}} 8HCl + H_2SO_4$	1 p.	
	5) $NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$	1 p.	
	6) $2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$	1 p.	
	7) $2HCl + Ba(OH)_2 \longrightarrow BaCl_2 + 2H_2O$	1 p.	
	8) $BaCl_2 + Na_2SO_4 \longrightarrow BaSO_4 \downarrow + 2NaCl$	1 p.	
	<p>Notă: se acceptă și sunt punctate în mod analog și alte variante corecte care corespund totalmente condițiilor problemei. Pentru reacții care sunt punctate cu 1 p.: 0,5 p. pentru toate substanțele și condițiile scrise corect; 0,5 p. pentru toți coeficienții corecți. Pentru prima reacție care este punctată cu 2 p.: 1 p. pentru toate substanțele și condițiile scrise corect; 1 p. pentru toți coeficienții corecți.</p>		
	O altă variantă:		

