OLIMPIADA LA CHIMIE
etapa raională/municipală, 12 februarie 2022, clasa a X-a
Soluții și barem de evaluare

Total 100p.

Item	Soluții și norme de evaluare	Punctaj acordat	Total punctaj item
Test	**1.** Gazul, densitatea căruia la presiunea 760 mmHg și temperatura 18°C este egală cu 0,7116 g/L, are formula: **a) NH_3;** b) O_2; c) CO_2; d) Kr. **Rezolvare:** Pentru rezolvarea problemei folosim ecuația Clapeyron-Mendeleev: $pV = \nu RT = \frac{m}{M}RT$ Deoarece $\rho = \frac{m}{V}$, putem deduce masa molară a gazului prin valorile cunoscute: $M = \frac{\rho \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0{,}7116 \cdot 8{,}31 \cdot 291{,}15}{101{,}325} = 16{,}999\ g/mol$. Această masă molară corespunde amoniacului NH_3. **Notă:** este necesar **<u>doar</u>** răspunsul. Pentru răspuns corect 1 p. Pentru răspuns incorect – 0 p.	1 p.	21 p.
	2. Câţi protoni şi electroni conţine anionul tetrahidroxodiaquaaluminat? a) 13p, 59ē; b) 71p, 64ē; **c) 69p, 70ē;** d) 27p, 71ē. **Rezolvare:** Formula anionul tetrahidroxodiaquaaluminat: $[Al(H_2O)_2(OH)_4]^-$ **Notă:** este necesar **<u>doar</u>** răspunsul. Pentru răspuns corect 1 p. Pentru răspuns incorect – 0 p.	1 p.	
	3. Concentraţia molară a soluţiei de NaOH cu partea de masă 16% şi densitatea 1,18 g/cm^3 este egală cu (mol/L): a)2,47; b)2,42; c)7,42; **d) 4,72.** **Rezolvare:** Fie $V(sol.) = 1\ L = 1000\ mL$ Atunci masa soluției va fi: $m(sol.) = \rho \cdot V(sol.) = 1{,}18\frac{g}{mL} \cdot 1000\ mL = 1180\ g$ Masa hidroxidului de sodiu în soluţia dată va fi: $m(NaOH) = m(sol.) \cdot \omega(NaOH) = 1180\ g \cdot 0.16 = 188.8\ g$ Cantitatea de substanţă: $\nu(NaOH) = \frac{m(NaOH)}{M(NaOH)} = \frac{188{,}8\ g}{40\frac{g}{mol}} = 4{,}72\ mol$ De unde concentraţia molară a soluției este: $C_M = \frac{\nu(NaOH)}{V} = \frac{4{,}72\ mol}{1\ L} = 4{,}72\frac{mol}{L}$ **Notă:** este necesar **<u>doar</u>** răspunsul. Pentru răspuns corect 1 p. Pentru răspuns incorect – 0 p.	1 p.	

4. Partea de masă a sulfatului de potasiu în soluţie se va mări de 2 ori dacă la 500 g soluţie cu $\omega(K_2SO_4)$ = 6% se va adăuga alaun de crom şi potasiu ($K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$) cu masa (g) egală cu: 1 p.

a) 948; **b) 552;** c) 78,7; d) 445

Rezolvare - ***pot fi mai multe variante de rezolvare. Una dintre ele (alta poate fi consultată în varianta de rezolvări în limba rusă):***

Această problema poate fi rezolvată, aplicând regula dreptunghiului. În acest scop trebuie calculată partea de masă a K_2SO_4 în alaun. Pentru calcul luăm o probă de cristalohidrat cu cantitatea de substanţă 1 mol. Din formula alaunului rezultă:

$\nu(K_2SO_4) = \nu(K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O)$, $\nu(K_2SO_4)$ = 1 mol.

Masele substanţelor constituie :

$m(K_2SO_4) = \nu(K_2SO_4) \cdot M(K_2SO_4)$; $m(K_2SO_4)$ = 1 mol·174 g/mol = 174 g;

$m(K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O)$ =

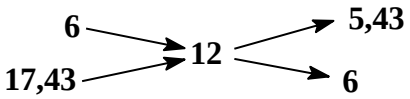
$= \nu(K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O) \cdot M(K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O)$ =

= 1 mol·998 g/mol = 998 g.

Determinăm partea de masă a K_2SO_4 în alaun:

$$\omega(K_2SO_4) = \frac{m(K_2SO_4)}{m(K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O)} = \frac{174g}{998g} = 0{,}1743 \text{ (sau 17,43\%).}$$

Alcătuim schema după regula dreptunghiului:



$$\frac{m_0(sol.)}{m(K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O)} = \frac{5.43}{6}$$

$$m(K_2SO_4 \cdot Cr_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O) = \frac{6 \cdot m_0(sol.)}{5{,}43} = \frac{6 \cdot 500g}{5{,}43} = 552g$$

Notă: este necesar **<u>doar</u>** răspunsul. Pentru răspuns corect 1 p. Pentru răspuns incorect – 0 p.

5. Suma coeficienţilor stoechiometrici din partea stângă a ecuaţiei reacţiei REDOX: $Cd(NCS)_2 + KNO_3 \xrightarrow{t} K_2CO_3 + CO_2\uparrow + SO_2\uparrow + N_2\uparrow + CdO$ 1 p.

este egală cu:

a) 14; b) 18; c) 10; d) 9; **e) 23.**

Rezolvare:

$$Cd(NCS)_2 + KNO_3 \xrightarrow{t} K_2CO_3 + CO_2\uparrow + SO_2\uparrow + N_2\uparrow + CdO$$

$$\left.\begin{array}{l} 2N^{-3} - 6\bar{e} = N_2^0 \\ 2S^{-2} - 12\bar{e} = 2S^{+4} \end{array}\right\} -18\bar{e} \quad 90 \qquad 5$$

$$2N^{+5} + 10\bar{e} = N_2^0 \quad +10\bar{e} \qquad 9$$

$$5Cd(NCS)_2 + 18KNO_3 \xrightarrow{t} 9K_2CO_3 + CO_2\uparrow + 10SO_2\uparrow + 14N_2\uparrow + 5CdO$$

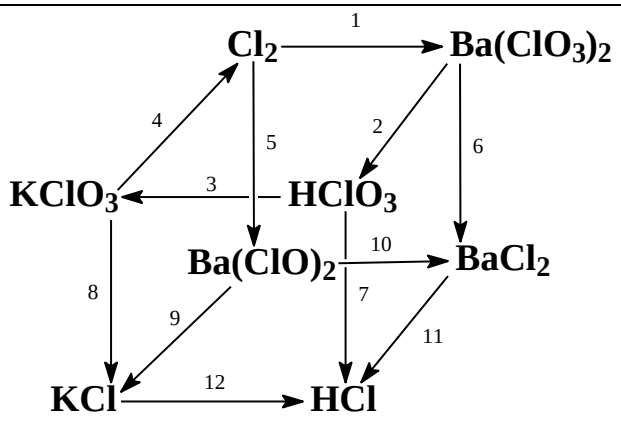
Notă: este necesar **<u>doar</u>** răspunsul. Pentru răspuns corect 1 p. Pentru răspuns incorect – 0 p.

6. Propuneți cinci exemple de ecuații a reacțiilor, în rezultatul cărora se obține hidroxid de potasiu. 5x0.5 p. = 2,5 p.

Răspuns:

	1) $2K + 2H_2O = 2KOH + H_2\uparrow$; 2) $K_2O_2 + 2H_2O = 2KOH + H_2O_2$; 3) $KH + H_2O = KOH + H_2\uparrow$; 4) $K_2SO_4 + Ba(OH)_2 = BaSO_4\downarrow + 2KOH$; 5) $2KCl + 2H_2O \xrightarrow{electroliza} H_2\uparrow + 2KOH + Cl_2\uparrow$ **Notă:** Fiecare reacție câte 0,5 p. (0,25p. – toate substanțele indicate; 0,25 p. – pentru egalare)		
	7. Compusul binar are o structură ionică. Numărul total de electroni în ionul încărcat pozitiv este de 1,8 ori mai mare decât în ionul încărcat negativ, iar sarcinile nucleelor celor două elemente diferă de 2,5 ori. Indicați formula compusul binar. **Rezolvare:** Ambii ioni din compoziția compusului dat posedă cel mai probabil configurația electronică de gaz inert. Raportul numărului de electroni corespunde Ne (Z = 10) și Ar (Z = 18). Respectiv, un ion, încarcat negativ are 10 electroni (mai puțin decât cel pozitiv), și sunt posibili ionii de F^- (Z = 9) sau O^{2-} (Z = 8). Ionul pozitiv are 18 electroni (mai mult decât cel negativ), iar ioni posibili sunt K^+ (Z = 19) și Ca^{2+}(Z = 20) Raportul de sarcini nucleare de 2,5 corespunde oxidului de calciu: $Z(Ca^{2+}) : Z(O^{2-}) = 20:8 = 2,5$ **Răspuns:** CaO **Notă:** este necesar **<u>doar</u>** răspunsul. Pentru răspuns corect 2.5 p. Pentru răspuns incorect – 0 p.	2,5 p.	
	8. Prezentaţi o ecuaţie a reacţiei de electroliză a soluţiei unei sări, în rezultatul căreia să obţin patru produşi. **Răspuns:** $Zn(NO_3)_2 + 2H_2O \xrightarrow{electroliza} Zn + H_2 + O_2 + 2HNO_3$ etc **Notă:** 2 p. pentru reacția care corespunde condițiilor (1,5 p. – toate substanțele indicate; 0,5 p. – pentru egalare)	2 p.	
	9. Indicaţi cele două substanţe care au interacţionat formând următorii produşi de reacţie (toate substanţele finale sunt indicate fără coeficienţii stoechiometrici). Scrieți și egalați ecuațiile reacțiilor corespunzătoare. a) …+…→ $NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$; b) …+…→ $FeCl_2$; c) …+…→ $KNO_2 + CO_2\uparrow$ **Răspuns:** a) $2NO_2 + 2NaOH \rightarrow NaNO_3 + NaNO_2 + H_2O$; b) $Fe + 2FeCl_3 \rightarrow 3FeCl_2$; c) $2NaNO_3 + C \xrightarrow{t} 2NaNO_2 + CO_2\uparrow$ **Notă:** Fiecare reacție câte 2 p. (1,5 p. – toate substanțele indicate; 0,5 p. – pentru egalare)	3x2 p. = 6 p.	
	10. Configuraţiile electronice ale învelişului de valenţă pentru două elemente într-o reacţie de oxido-reducere se schimbă în următorul mod: $3d^5 \rightarrow 3d^6$ şi $3s^23p^6 \rightarrow 3s^23p^4$. Propuneţi un exemplu de reacţie, care satisface condiţiile sus-numite. **Răspuns:** Ecuaţie: $2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + S + 2HCl$ sau $2FeCl_3 + 3Na_2S = FeS + S + 6NaCl$	3 p.	

	Notă: 1 p. dacă în reacția propusă au loc procesele $Fe^{+3} \rightarrow Fe^{+2}$ și $S^{-2} \rightarrow S$; 1 p. – toate substanțele indicate; 1 p. – pentru egalare		
Problema 1.	La dizolvarea în apă a 13,2 g amestec de calciu și oxid de calciu, se obțin 500 mL soluție de hidroxid de calciu cu concentrația 0,5 mol/L. Ce volum (c.n.) de gaz se elimină în rezultatul dizolvării amestecului?		10 p.
	Rezolvare: $\underset{x\ mol}{Ca} + 2H_2O = \underset{x\ mol}{Ca(OH)_2} + \underset{x\ mol}{H_2} \uparrow$	2 p.	
	$\underset{y\ mol}{CaO} + H_2O = \underset{y\ mol}{Ca(OH)_2}$	1 p.	
	$C_M(Ca(OH)_2) = \frac{\nu(Ca(OH)_2)}{V}$ Cantitatea de $Ca(OH)_2$ în soluție $\nu(Ca(OH)_2) = C_M(Ca(OH)_2) \cdot V = 0{,}5\frac{mol}{L} \cdot 0{,}5\ L = 0{,}25\ mol$	1 p.	
	Alcătuim și rezolvăm sistemul de ecuații: $\begin{cases} 40x + 56y = 13{,}2 \\ x + y = 0{,}25 \end{cases}$	3 p.	
	$x = 0{,}05$; $y = 0{,}2$	1 p.	
	Gazul degajat reprezintă H_2 $\nu(H_2) = \nu(Ca) = x\ mol = 0{,}05\ mol$	1 p.	
	Atunci $V(H_2) = \nu(H_2) \cdot V_m = 0{,}05\ mol \cdot 22{,}4\frac{L}{mol} = 1{,}12\ L$	1 p.	
	Răspuns: $V(H_2) = 1{,}12\ L$		
Problema 2	Metalul **A** reacționează cu oxigenul, formând un amestec de compuși **B** și **C**, care interacționând cu apa, formează compusul **D**. Partea de masă a metalului în compusul **D** este egală cu 80,12%. Numiți substanțele **A** - **D** și scrieți ecuațiile tuturor reacțiilor care au avut loc.		17 p.
	Rezolvare: Din condițiile problemei rezultă, că **A** este un metal activ (alcalin sau alcalino-pământos), care formează cu oxigenul un oxid și peroxid sau peroxid și superoxid. Fiecare dintre acești compuși, care conține oxigen, interacționând cu apă, formează un hidroxid (compusul **D**). **Notă:** compusul **D** este un hidroxid – 3p.	3 p.	
	Fie valența metalului **A** este egală cu n. Atunci compoziția hidroxidului poate fi redată prin formula: $A(OH)_n$.	1 p.	
	După condițiile problemei: $\omega(A) = \frac{M(A)}{M(A(OH)_n)} = \frac{M(A)}{M(A) + 17 \cdot n} = 0{,}8012$	2 p.	
	Atunci $M(A) = 0{,}8012 \cdot (M(A) + 17 \cdot n)$ $0{,}1988M(A) = 13{,}6204n$ $M(A) = 68{,}5n$		

	n = 1 $M(A) = 68{,}5\ \frac{g}{mol}$ - nu există metal monovalent cu o astfel de masă molară		
	n = 2 $M(A) = 137\ \frac{g}{mol}$ - acesta este bariul Ba.	3 p.	
	$2Ba + O_2 = 2BaO$ (**B**) **Notă:** 0,5 p. dacă reacția nu este egalată	1 p.	
	$Ba + O_2 = BaO_2$ (**C**).	1 p.	
	$BaO + H_2O = Ba(OH)_2$ (**D**)	1 p.	
	$BaO_2 + 2H_2O = Ba(OH)_2$ (**D**) $+ H_2O_2$. **Notă:** 1 p. dacă reacția nu este egalată	2 p.	
	Răspuns: A – Ba; **B** – BaO; **C** - BaO_2; **D** - $Ba(OH)_2$ **Notă:** câte 1 p. pentru formulele substanțelor **B**, **C** și **D**	3 p.	
Problema 3	Scrieți 12 ecuații de reacții, cu ajutorul cărora pot fi realizate transformările, care corespund schemei din dreapta. Fiecare săgeată corespunde unei reacții. 		27 p.
	Rezolvare: 1) $6Ba(OH)_2 + 6Cl_2 \xrightarrow{t} 5BaCl_2 + Ba(ClO_3)_2 + 6H_2O$; **Notă:** 2 p. – toate substanțele indicate; 1 p. – pentru egalare	3 p.	
	2) $Ba(ClO_3)_2 + H_2SO_{4(dil)} = BaSO_4\downarrow + 2HClO_3$; **Notă:** 0,75 p. – toate substanțele indicate; 0,25 p. – pentru egalare	1 p.	
	3) $KOH + HClO_3 = KClO_3 + H_2O$ analogic cu K_2O sau K_2CO_3 etc.; **Notă:** 0,75 p. – toate substanțele indicate; 0,25 p. – pentru egalare	1 p.	
	4) $KClO_3 + 6HCl_{(conc.)} = 3Cl_2\uparrow + KCl + 3H_2O$; **Notă:** 2 p. – toate substanțele indicate; 1 p. – pentru egalare)	3 p.	
	5) $2Ba(OH)_2 + 2Cl_2 \xrightarrow{0^oC} Ba(ClO)_2 + BaCl_2 + 2H_2O$; **Notă:** 2 p. – toate substanțele indicate; 1 p. – pentru egalare)	3 p.	
	6) $Ba(ClO_3)_2 \xrightarrow{t} BaCl_2 + 3O_2\uparrow$; **Notă:** 1,5 p. – toate substanțele indicate; 0,5 p. – pentru egalare	2 p.	
	7) $4HClO_3 + 3H_2S = 4HCl + 3H_2SO_4$ sau un alt reducător potrivit; **Notă:** 2 p. – toate substanțele indicate; 1 p. – pentru egalare)	3 p.	
	8) $2KClO_3 \xrightarrow{t,\ Catalizator} 2KCl + 3O_2\uparrow$; **Notă:** 1,5 p. – toate substanțele indicate; 0,5 p. – pentru egalare	2 p.	
	9) $Ba(ClO)_2 + 2K_2SO_3 = BaSO_4\downarrow + K_2SO_4 + 2KCl$; **Notă:** 2 p. – toate substanțele indicate; 1 p. – pentru egalare)	3 p.	
	10) $Ba(ClO)_2 + 2KNO_2 = BaCl_2 + 2KNO_3$; **Notă:** 2 p. – toate substanțele indicate; 1 p. – pentru egalare)	3 p.	

	11) $BaCl_2 + H_2SO_4 = BaSO_4\downarrow + 2HCl$; **Notă:** 0,75 p. – toate substanțele indicate; 0,25 p. – pentru egalare	1 p.	
	12) $KCl_{(solid)} + H_2SO_{4(conc)} \xrightarrow{t} KHSO_4 + HCl\uparrow$ sau $2KCl_{(solid)} + H_2SO_{4(conc)} \xrightarrow{t} K_2SO_4 + 2HCl\uparrow$ **Notă:** 1,5 p. – toate substanțele indicate; 0,5 p. – pentru egalare	2 p.	
Problema 4.	O probă cu masa 5,95 g de aliaj a metalelor **A** şi **B**, luate în raport molar de 2:1, s-a dizolvat în acid clorhidric. Ca rezultat, aliajul s-a dizolvat complet şi s-au degajat 4,48 L de gaz (c.n.). Stabiliţi compoziţia aliajului în părţi de masă, dacă se ştie, că raportul maselor atomice ale metalelor **A**:**B** = 0,415.		25 p.
	Rezolvare: Fie a - valenţa metalului **A** b - valenţa metalului **B**		
	Scriem schema de interacţiune a metalelor cu acidul clorhidric. $A + aHCl = ACl_a + \frac{a}{2}H_2\uparrow$ (1) $B + bHCl = BCl_b + \frac{b}{2}H_2\uparrow$ (2)	2 p.	
	Fie masa molară a metalului **B** eqală cu M g/mol, atunci masa molară a metalului **A** va fi 0,415·M g/mol.	1 p.	
	Dacă cantitatea de substanță a metalului **B** în aliaj este x mol, atunci metalului **A** îi vor corespunde 2x mol.	1 p.	
	Conform condiției, cantitatea de substanţă de H_2 degajat este egală cu: $\nu(H_2) = \frac{V(H_2)}{V_m} = \frac{4{,}48\ L}{22{,}4\frac{L}{mol}} = 0{,}2\ mol$	1 p.	
	Cantitatea de substanța a hidrogenului din reacția (1): $\nu_1(H_2) = \frac{a}{2}\cdot\nu(A) = \frac{a}{2}\cdot 2x\ mol = ax\ mol$ Cantitatea de substanța a hidrogenului din reacția (2): $\nu_2(H_2) = \frac{b}{2}\cdot\nu(B) = \frac{b}{2}\cdot x\ mol = 0{,}5bx\ mol$ Atunci: $\nu(H_2) = \nu_1(H_2) + \nu_2(H_2) = (ax + 0{,}5bx)\ mol = x\cdot(a + 0{,}5b)\ mol = 0{,}2\ mol$	3 p.	
	Masa metalului **A**: $m(A) = M(A)\cdot\nu(A) = 0{,}415\cdot M\cdot 2x\ mol = 0{,}83x\cdot M\ g$ Masa metalului **B**: $m(B) = M(B)\cdot\nu(B) = M\cdot x\ mol = x\cdot M\ g$ Atunci: $m(aliaj) = m(A) + m(B) = (0{,}83x\cdot M + x\cdot M)\ g = 1{,}83\cdot x\cdot M\ g = 5{,}95\ g$	3 p.	
	Alcătuim sistemul de ecuaţii: $\begin{cases} x\cdot(a + 0{,}5b) = 0{,}2 \\ 1{,}83\cdot x\cdot M(B) = 5{,}95 \end{cases}$	1 p.	

$$\begin{cases} x = \dfrac{0,2}{a+0,5b} \\ M(B) = \dfrac{5,95}{1,83 \cdot x} \end{cases}$$

Expirmăm $M(B)$ — 1 p.

$$M(B) = \frac{5,95 \cdot (a+0,5b)}{1,83 \cdot 0,2} = 16,26 \cdot (a+0,5b)$$

Substituim a și b cu diferite valori posibile de valență metalelor (1, 2, 3) — 5 p.

a	b	M	
1	1	24	Mg – nu poate fi monovalent
1	2	33	- nu există așa metal
1	3	41	- nu există așa metal
2	1	41	- nu există așa metal
2	2	49	- nu există așa metal
2	3	57	- nu există așa metal
3	1	57	- nu există așa metal
3	2	65	Zn – corespunde cerințelor
3	3	73	- nu există așa metal

Sau observăm, că valoarea $a+0,5b$ trebie să fie egală cu 4, 8...

$a+0,5b=4$, atunci $a=3$ și $b=2$

$M(A) = 0,415 \cdot M = 0,415 \cdot 65 \dfrac{g}{mol} = 27 \dfrac{g}{mol}$ - Al (are valența 3)

Metalul **B** este Zn — 2 p.

Metalul **A** este Al — 2 p.

Rezolvând prima ecuaţie a sistemului, obţinem valoarea lui x: — 1 p.

$$x = \frac{0,2}{a+0,5b} = \frac{0,2}{3+0,5 \cdot 2} = 0,05 \Rightarrow \nu(Zn) = 0,05\ mol$$

$$m(Zn) = \nu(Zn) \cdot M(Zn) = 0,05\ mol \cdot 65 \frac{g}{mol} = 3,25g$$

$$\omega(Zn) = \frac{m(Zn)}{m(aliaj)} \cdot 100\% = \frac{3,25g}{5,95\,g} \cdot 100\% = 54,62\%$$

$$\nu(Al) = 2x\ mol = 2 \cdot 0,05\ mol = 0,1\ mol$$

$$m(Al) = \nu(Al) \cdot M(Al) = 0,1\ mol \cdot 27 \frac{g}{mol} = 2,7g$$

$$\omega(Al) = \frac{m(Al)}{m(aliaj)} \cdot 100\% = \frac{2,7g}{5,95\,g} \cdot 100\% = 45,38\%$$

Sau $\omega(Al) = 100\% - \omega(Zn) = 100\% - 54,62\% = 45,38\%$

Răspuns: $\omega(Zn) = 54,62\%$ $\omega(Al) = 45,38\%$ — 2 p.

Notă: câte 1 p. pentru partea de masă a zincului și aluminiului