

Compito 08.06.2026

1. (6p) Rappresentare la geometria dello ione triossosolfato (IV) e descriverne i legami con la teoria del legame di valenza: presentare il ragionamento seguito (S, Z = 16).
2. (4p) Indicare quali delle seguenti combinazioni di numeri quantici sono corrette ed in quale orbitale è contenuto l'elettrone. Spiegare inoltre perché le altre non sono ammissibili:

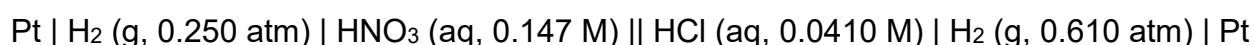
$$n = 3; l = 3; m_l = 2; m_s = 1/2$$

$$n = 4; l = 3; m_l = -1; m_s = 1/2$$

$$n = 3; l = 2; m_l = 1; m_s = -1/2$$

$$n = 1; l = 0; m_l = 0; m_s = 0$$

3. (4p) Calcolare la forza elettromotrice della seguente pila a concentrazione:



4. (4p) Vengono fatti reagire 16.45 g di CrF_3 con 39.68 g di $\text{Ba}(\text{OH})_2$ in presenza di un eccesso O_2 atmosferico per ottenere BaCrO_4 ed BaF_2 . Bilanciare la reazione chimica, determinare la massima quantità dei prodotti ottenibili e determinare il volume di O_2 (misurato a temperatura e pressione standard) necessario per la reazione.
5. (4p) In un reattore indeformabile del volume di 15.00 L, vengono introdotti 10 g di ditriossocarbonato (IV) di calcio e viene fatto il vuoto nel recipiente. Dopo riscaldamento a 400°C si instaura un equilibrio con formazione di ossido di calcio, diossido di carbonio ed acqua. La pressione risultante nel contenitore è di 129 torr. Determinare:
 - La reazione chimica bilanciata per l'equilibrio che si instaura;
 - Le pressioni parziali dei singoli composti e la pressione totale nel recipiente;
 - K_c e K_p della reazione;
 - La pressione totale se l'esperimento venisse ripetuto usando 250 mg del composto iniziale.
6. (4p) Una soluzione satura di idrossido di magnesio ha un pH pari a 10.35. Calcolare il prodotto di solubilità K_{ps} dell'idrossido di magnesio. 250.00 mL della soluzione satura vengono mescolati con un uguale volume di acido acetico $5.00 \times 10^{-4} \text{ M}$: calcolare il pH della soluzione finale.
7. (4p) La nicotinamide, una vitamina solubile in acqua e importante per il metabolismo, è composta per il 59.0% da C, per il 22.9% da N, per il 5.0% da H e per la restante parte da O. 3.88 g di nicotinamide sono stati aggiunti a 30.0 mL del solvente nitrobenzene $\text{C}_6\text{H}_5\text{NO}_2$, la cui densità è pari a 1.204 g mL^{-1} . La soluzione così ottenuta presenta un abbassamento crioscopico di 7.10°C . Il nitrobenzene ha una costante crioscopica di $8.1^\circ\text{C kg mol}^{-1}$. Determinare la formula molecolare della nicotinamide.

H 1.00794 g/mol

F 18.9984032 g/mol

C 12.0107 g/mol

Ca 40.074 g/mol

N 14.0067 g/mol

Cr 51.9961 g/mol

O 15.9994 g/mol

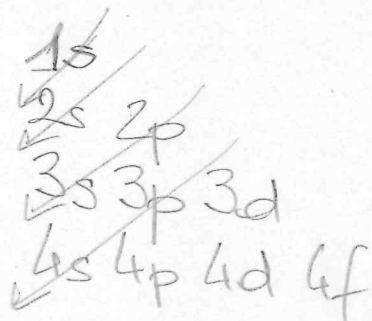
Ba 137.327 g/mol

ESAME di CHIMICA - AA. 2025/2026

ESAME SCRITTO 08.06.26

Es 1 Ione triossosolfato (IV): SO_3^{2-}

S: $Z=16$



$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

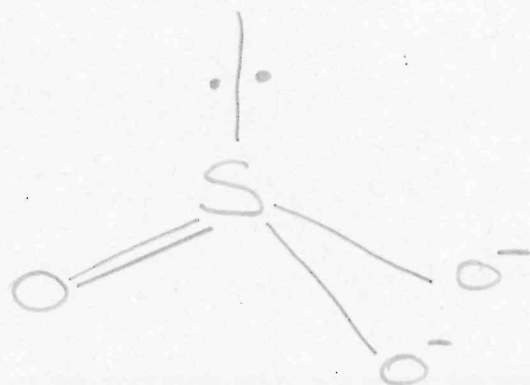
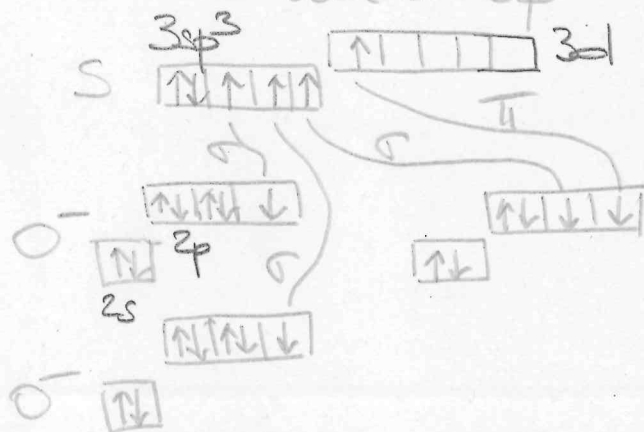
Guscio di valenza: $3s^2 3p^4$

$n^\circ \text{ elettroni: } 6(s) + 3 \cdot 2(p) - 3 \cdot 2(p, \pi) + 2 =$
 $= 8e^-$ (carica)

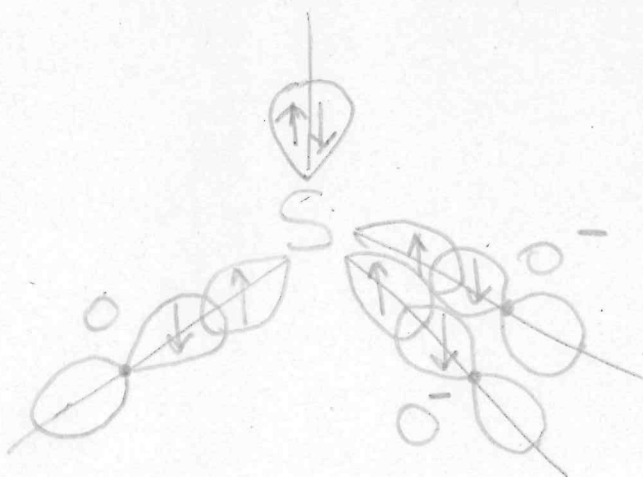
Geometria molecolare: AX_4

Geometria ione: AX_3E

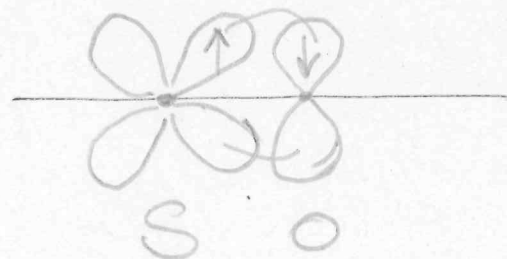
Ibridizzato sp^3



Schema legami σ



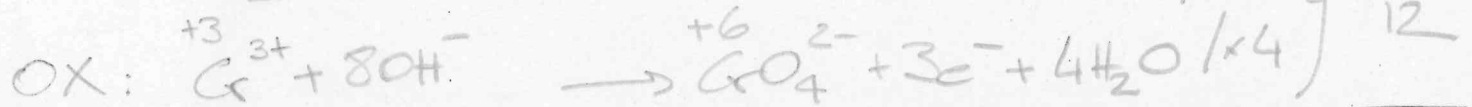
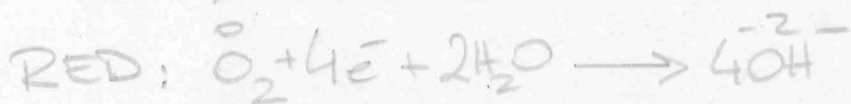
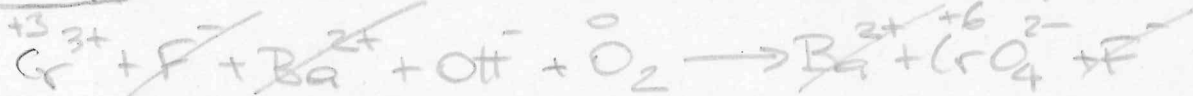
Schema legame π



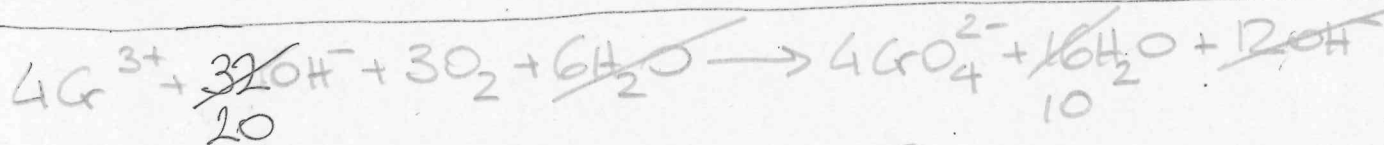
Es. 2

n	l	m_l	m_s	
3	3	2	$1/2$	NON AMMISSIBILE $0 \leq l \leq n-1$
3	2	1	$-1/2$	Orbitale 3d
4	3	-1	$1/2$	Orbitale 4f
1	0	0	0	NON AMMISSIBILE $m_s = \pm 1/2$

Es. 4



$\left. \begin{array}{l} \times 3 \\ \times 4 \end{array} \right\} \text{u.c.m.} = 12$



$$n_{\text{CrF}_3} = \frac{G_{\text{CrF}_3}}{\text{MM}} = \frac{16,45}{108,9913} = 0,1509 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = \frac{G_{\text{Ba}(\text{OH})_2}}{\text{MM}} = \frac{39,68}{171,342} = 0,2316 \text{ mol}$$

Reagente limitante: $\text{Ba}(\text{OH})_2$

$$n_{\text{BaCrO}_4} = n_{\text{Ba(OH)}_2} \cdot \frac{4}{10} = 0,2316 \cdot \frac{4}{10} = 0,0926 \text{ mol}$$

$$G_{\text{BaCrO}_4} = n_{\text{BaCrO}_4} \cdot \text{MM} = 0,0926 \cdot 253,321 = 23,46 \text{ g}$$

$$n_{\text{BaF}_2} = n_{\text{Ba(OH)}_2} \cdot \frac{6}{10} = 0,2316 \cdot \frac{6}{10} = 0,1390 \text{ mol}$$

$$G_{\text{BaF}_2} = n_{\text{BaF}_2} \cdot \text{MM} = 0,1390 \cdot 175,324 = 24,37 \text{ g}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{Ba(OH)}_2} = 0,2316 \text{ mol}$$

$$G_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \text{MM} = 0,2316 \cdot 18,0153 = 4,172 \text{ g}$$

$$n_{\text{O}_2} = n_{\text{Ba(OH)}_2} \cdot \frac{3}{10} = 0,2316 \cdot \frac{3}{10} = 0,0695 \text{ mol}$$

$$V_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2} \cdot R \cdot T}{P} = \frac{0,0695 \cdot 0,0821 \cdot 298,15}{1,00} = 1,70 \text{ L}$$

Es. 3 La pila è scritta al contrario.

$$E_{\text{ANODO}} = E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[\text{H}^+]^2}{P_{\text{H}_2}}$$

$$= 0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{(0,0410)^2}{0,610} = -0,0756 \text{ V}$$

$$E_{\text{CATODO}} = E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[\text{H}^+]^2}{P_{\text{H}_2}}$$

$$= 0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{(0,147)^2}{0,250} = -0,0314 \text{ V}$$

$$f_{\text{em}} = E_{\text{CATODO}} - E_{\text{ANODO}} = -31,4 - (-75,6) = 44,2 \text{ mV}$$



$$P_{\text{TOT}} = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}} = 3P_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_{\text{TOT}}}{3} = \frac{129}{3} = 43 \text{ torr} = 0,0566 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}_2} = 2P_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \cdot 43 = 86 \text{ torr} = 0,113 \text{ atm}$$

Per definire se si raggiunge una condizione di equilibrio, bisogna verificare se rimane reagente non convertito.

$$n_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{in}} = \frac{G_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2}}{\text{MM}} = \frac{10}{162,1077} = 0,0617 \text{ mol}$$

$$n_{\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{convertite}} = n_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{P_{\text{H}_2\text{O}} \cdot V}{RT} = \frac{0,0566 \cdot 1500}{0,0821 \cdot 673,15} = 0,0154 \text{ mol}$$

Siccome le moli iniziali sono maggiori di quelle convertite, ci sarà del reagente non convertito e il sistema raggiunge l'equilibrio chimico.

$$K_p = P_{\text{CO}_2}^2 \cdot P_{\text{H}_2\text{O}} = (0,113)^2 \cdot 0,0566 = 7,23 \cdot 10^{-4}$$

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{7,23 \cdot 10^{-4}}{(0,0821 \cdot 673,15)^3} = 4,28 \cdot 10^{-9}$$

Quando l'esperimento viene ripetuto usando 250mg di $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, bisogna verificare se il reagente è sufficiente per far raggiungere le pressioni di equilibrio.

$$n_{\text{Ca(HCO}_3)_2} = \frac{G_{\text{Ca(HCO}_3)_2}}{MM} = \frac{0,250}{162,1077} = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Queste moli sono inferiori a quelle che devono venir convertite per raggiungere le pressioni di equilibrio. Di conseguenza, tutto il reagente si decomporrà e non verrà raggiunto l'equilibrio.

$$n_{\text{CO}_2} = 2n_{\text{Ca(HCO}_3)_2} = 2 \cdot 1,54 \cdot 10^{-3} = 3,08 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}_2\text{O}} = n_{\text{Ca(HCO}_3)_2} = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{\text{gas}} = n_{\text{CO}_2} + n_{\text{H}_2\text{O}} = 3,08 \cdot 10^{-3} + 1,54 \cdot 10^{-3} = 4,62 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$P_{\text{Tot}} = \frac{n_{\text{gas}} RT}{V} = \frac{4,62 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0821 \cdot 673,15}{15,00} = 0,0170 \text{ mol} \cdot \text{atm} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol} = 12,92 \text{ torr}$$



$$\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 10,35 = 3,65$$

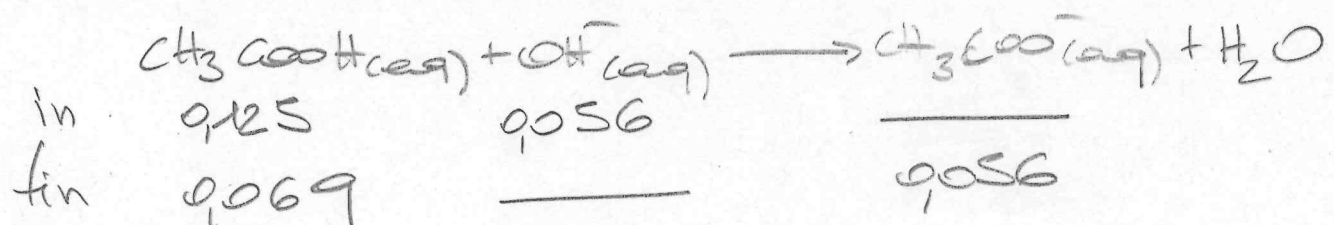
$$[\text{OH}^{-}] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-3,65} = 2,24 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$K_{\text{ps}} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^{-}]^2 = \frac{2,24 \cdot 10^{-4}}{2} \cdot (2,24 \cdot 10^{-4})^2 = 5,62 \cdot 10^{-12}$$

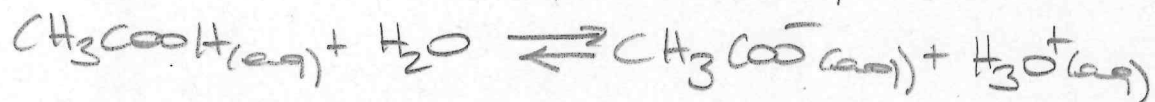
Nella reazione con acido acetico:

$$n_{\text{OH}^{-}} = V \cdot [\text{OH}^{-}] = 250,00 \cdot 2,24 \cdot 10^{-4} = 0,056 \text{ mmol}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = V \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}] = 250,00 \cdot 500 \cdot 10^{-4} = 0,125 \text{ mmol}$$



Si forma una soluzione tampone,



$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{C_B}{C_A} = -\log(1,8 \cdot 10^{-5}) + \log \frac{0,056/500}{0,069/500} = 4,65$$

Es. 7 $\Delta T_{\text{cr}} = K_{\text{cr}} \cdot m = K_{\text{cr}} \cdot \frac{n_{\text{NAM}}}{g_{\text{NB}}} = K_{\text{cr}} \cdot \frac{g_{\text{NAM}}}{\text{MM}_{\text{NAM}} \cdot \frac{V_{\text{NB}} \cdot d_{\text{NB}}}{1000}}$

$$\text{MM}_{\text{NAM}} = \frac{K_{\text{cr}}}{\Delta T_{\text{cr}}} \cdot \frac{g_{\text{NAM}}}{\frac{V_{\text{NB}} \cdot d_{\text{NB}}}{1000}} = \frac{8,1}{7,10} \cdot \frac{3,88}{390 \cdot 10^{-3} \cdot 1,204} = 122,5 \text{ g/mol}$$

Formula generale: $\text{C}_x\text{H}_y\text{N}_2\text{O}_w$

$$x = \frac{\text{MM}_{\text{NAM}}}{\text{MA}_{\text{C}}} \cdot \frac{\% \text{C}}{100} = \frac{122,5}{12,0107} \cdot \frac{59,0}{100} = 6,02 \approx 6$$

$$y = \frac{\text{MM}_{\text{NAM}}}{\text{MA}_{\text{H}}} \cdot \frac{\% \text{H}}{100} = \frac{122,5}{1,00794} \cdot \frac{5,0}{100} = 6,08 \approx 6$$

$$2 = \frac{\text{MM}_{\text{NAM}}}{\text{MA}_{\text{N}}} \cdot \frac{\% \text{N}}{100} = \frac{122,5}{14,0067} \cdot \frac{22,9}{100} = 2,00$$

$$w = \frac{\text{MM}_{\text{NAM}}}{\text{MA}_{\text{O}}} \cdot \frac{\% \text{O}}{100} = \frac{122,5}{15,9994} \cdot \frac{13,1}{100} = 1,00$$

Formula molecolare: $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}$

$$\text{MM} = 122,1246 \text{ g/mol}$$