

Compito 06.02.2026

1. (6p) Rappresentare la geometria della molecola H_2SO_4 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:

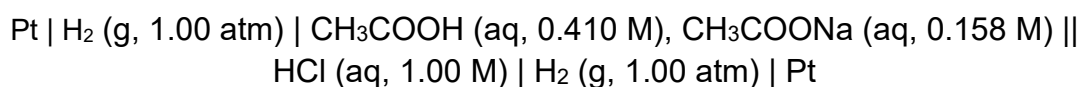
$$n = 4; l = 3; m_l = 0; m_s = 1/2$$

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

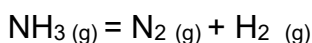
$$n = 1; l = 0; m_l = 0; m_s = 1$$

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

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



4. (4p) Ad un metro cubo di acqua, contenente 7.50 g/L di CaCl_2 , vengono aggiunti 50.00 mL di una soluzione di AgNO_3 0.25 M. Sapendo che il Kps di AgCl è 1.8×10^{-10} , determinare se si ha la formazione di un precipitato e calcolare la concentrazione dello ione Ag^+ all'equilibrio.
5. (4p) un recipiente del volume di 2.50 dm^3 è riempito con 4.75 g di ammoniaca gassosa e mantenuto alla temperatura di 650 K. Si instaura l'equilibrio (da bilanciare):



Calcolare la K_p , K_c e la pressione totale nel recipiente sapendo che all'equilibrio, NH_3 si è dissociata per il 35.4%. Determinare inoltre le pressioni parziali dei gas e la pressione totale quando il volume del recipiente è portato a 7.50 dm^3 alla stessa temperatura.

6. (4p) Ad una certa temperatura una soluzione formata da 500 mL di benzene (C_6H_6 , $d = 0.876 \text{ g/mL}$, $P^0 = 385.0 \text{ torr}$) e 25.0 g di un composto organico non volatile ha una tensione di vapore di 372.1 torr. Sapendo che il soluto ha composizione C 93.708% , H 6.292% , determinare la formula molecolare del composto organico.
7. (4p) Il cromo carbonile ha formula generale $\text{Cr}_x(\text{CO})_y$. La combustione in presenza di un largo eccesso di O_2 di 1.000 g di tale composto produce 0.3453 g di Cr_2O_3 e 1.2000 g di CO_2 . Calcolare la formula minima del cromo carbonile e la sua composizione percentuale.

H 1.00794 g/mol

Cl 35.453 g/mol

C 12.0107 g/mol

Ca 40.078 g/mol

N 14.0067 g/mol

Cr 51.9961 g/mol

O 15.9994 g/mol

ESAME SCRITTO - A.A. 2025/2026

COMPITO 06.02.2026

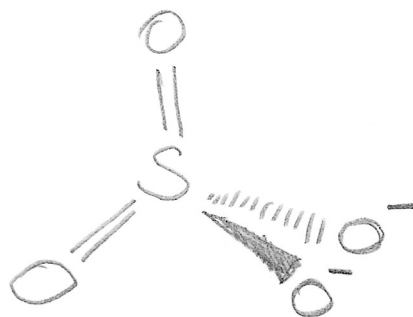
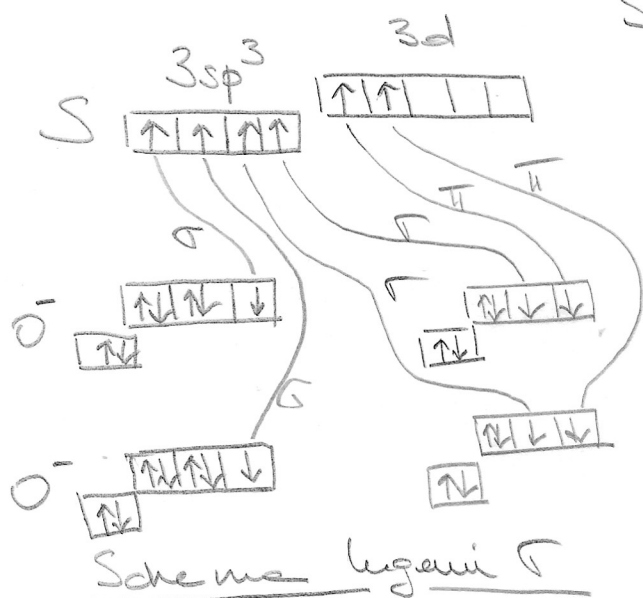
Es. 1 H_2SO_4 : gli atomi di H saranno legati ad O.
La geometria di H_2SO_4 sarà la stessa
dello ione SO_4^{2-} .

S, $Z = 16$ Configurazione elettronica
~~1s~~
~~2s 2p~~
~~3s 3p~~ 3d
~~4s 4p~~ 4d 4f

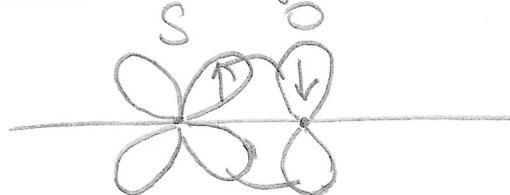
Configurazione elettronica
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
 Guscio di valenze: $3s^2 3p^4$
 $n^{\circ} e^- = 6(S) + 4 \cdot 2(O, \sigma) - 4 \cdot 2(O, \pi) + 2(\text{cospice}) =$
 $= 8 \text{ elettroni}$

4 coppie strutturali
 Geometria coppie strutturali: AX_4
 Geometria molecolare: AX_4
 TETRAEDRICA

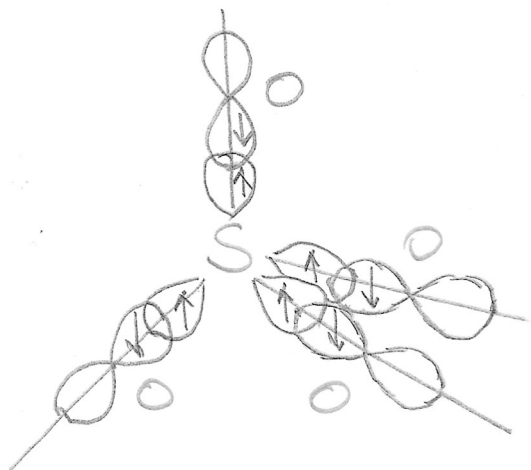
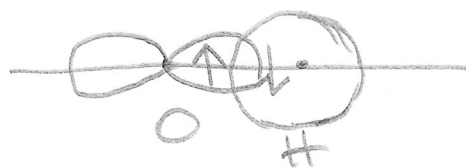
Ibridizzato sp^3



Schema legami π



Schema legame O-H



Es. 2

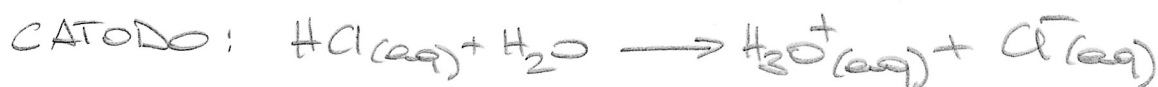
n	l	m_l	m_s	
4	3	0	$1/2$	Orbitale 4f
1	0	0	1	NON ACCETTABILE $m_s = \pm 1/2$
2	1	1	$-1/2$	Orbitale 2p
3	1	2	$1/2$	NON ACCETTABILE $-l \leq m_l \leq +l$

Es. 3

In una pila a concentrazione, la stessa semireazione avviene in verso contrario nei 2 elettrodi. In questo caso:



$$E = E^0_{H^+/H_2} + \frac{0.0591}{2} \log \frac{[H^+]^2}{P_{H_2}}$$



$$[H_3O^+] = [HCl] = 1.00 M$$

$$E_c = 0 + \frac{0.0591}{2} \log \frac{(1.00)^2}{1.00} = 0 V$$



$$K_A = \frac{[CH_3COO^-][H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{0.158x}{0.410} = 1.8 \cdot 10^{-5}$$

$$x = 1.8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0.410}{0.158} = 4.67 \cdot 10^{-5} M$$

Oppure:

$$pH = pK_A + \log \frac{[CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]} = 4.74 + \log \frac{0.158}{0.410} = 4.33$$

$$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-4.33} = 4.68 \cdot 10^{-5} M$$

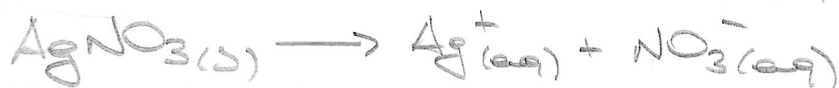
$$E_A = 0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{(4,67 \cdot 10^{-5})^2}{1,00} = -0,256 \text{ V}$$

$$E_{\text{em}} = E_C - E_A = 0 - (-0,256) = 0,256 \text{ V}$$

Es. 4

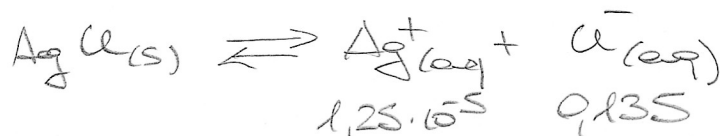


$$[\text{Cl}^{-}] = 2[\text{CaCl}_2] = 2 \cdot \frac{C_{\text{CaCl}_2} \cdot V}{MM} = 2 \cdot \frac{7,50}{110,984} = 0,135 \text{ M}$$



Bisogna considerare la diluizione (il volume della soluzione di AgNO_3 è trascurabile rispetto a quella di CaCl_2).

$$[\text{Ag}^{+}] = [\text{AgNO}_3] = \frac{V_1 \cdot C_1}{V_2} = \frac{0,05000 \cdot 0,25}{1,000} = 1,25 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$



$$Q = [\text{Ag}^{+}][\text{Cl}^{-}] = 1,25 \cdot 10^{-5} \cdot 0,135 = 1,69 \cdot 10^{-6} > K_{\text{ps}} (1,8 \cdot 10^{-10})$$

Anche la precipitazione di AgCl , le concentrazioni dei due ioni diminuiranno fino al raggiungimento dell'equilibrio. Anche ipotizzando la precipitazione completa di AgCl , la concentrazione degli ioni Cl^{-} non verrà modificata significativamente in quanto

$$n_{\text{Cl}^{-}} \gg n_{\text{Ag}^{+}}$$

Quindi, per calcolare la $[\text{Ag}^{+}]$ residua:

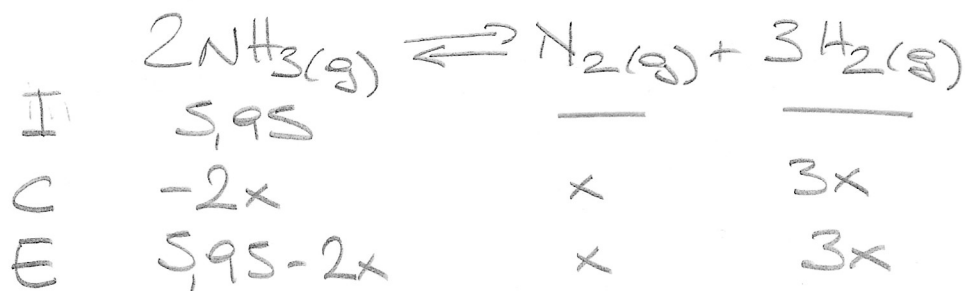


$$K_{\text{ps}} = [\text{Ag}^{+}][\text{Cl}^{-}] = x \cdot 0,135 = 1,8 \cdot 10^{-10}$$

$$x = \frac{1,8 \cdot 10^{-10}}{0,135} = 1,33 \cdot 10^{-9} \text{ M}$$

Es. 5

$$P_{\text{NH}_3, \text{in}} = \frac{n_{\text{NH}_3, \text{in}} RT}{V} = \frac{g_{\text{NH}_3}}{MM} \cdot \frac{RT}{V} = \frac{4,75}{17,0305} \cdot \frac{0,0821 \cdot 650}{2,50} = 5,95 \text{ atm}$$



$$X_{\text{NH}_3} = \frac{\text{mol NH}_3 \text{ convertite}}{\text{mol NH}_3 \text{ iniziale}} = \frac{\Delta P_{\text{NH}_3}}{P_{\text{NH}_3, \text{in}}} = \frac{2x}{5,95} = 0,354$$

$$x = 0,354 \cdot \frac{5,95}{2} = 1,05 \text{ atm}$$

All'equilibrio:

$$P_{\text{NH}_3} = 5,95 - 2 \cdot 1,05 = 3,85 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2} = x = 1,05 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2} = 3x = 3 \cdot 1,05 = 3,15 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{NH}_3}^2} = \frac{1,05 \cdot (3,15)^3}{(3,85)^2} = 2,21$$

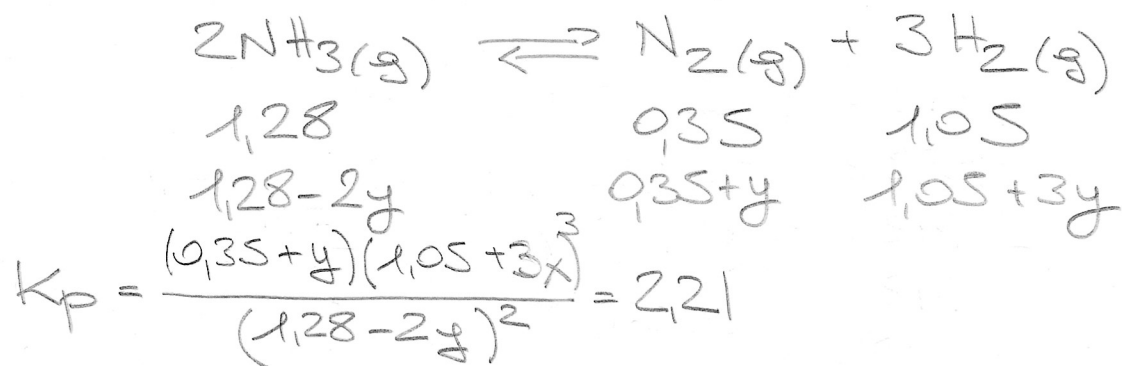
$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{2,21}{(0,0821 \cdot 650)^2} = 7,76 \cdot 10^{-4}$$

Quando il volume viene portato a $7,50 \text{ dm}^3$ (triplica), istantaneamente le pressioni parziali diventano $1/3$:

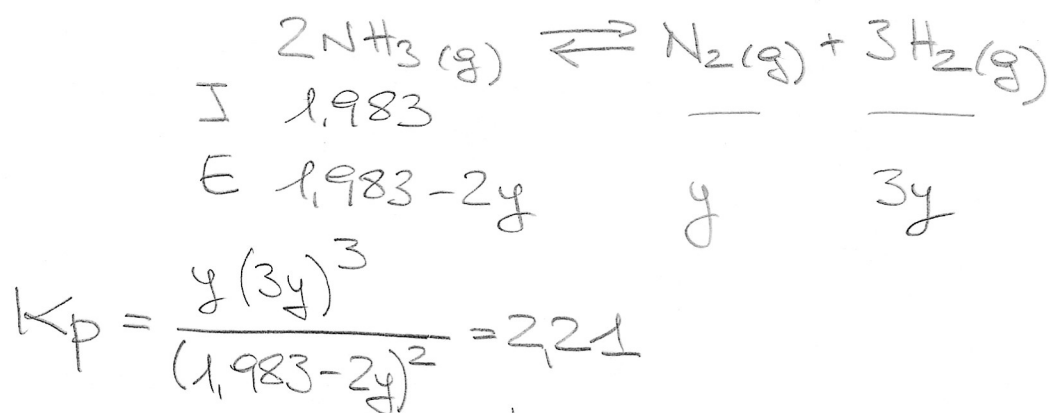
$$P_{\text{NH}_3} = \frac{3,85}{3} = 1,28 \text{ atm}; P_{\text{N}_2} = \frac{1,05}{3} = 0,35 \text{ atm}; P_{\text{H}_2} = \frac{3,15}{3} = 1,05 \text{ atm}$$

$$Q = \frac{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{NH}_3}^2} = \frac{0,35 \cdot (1,05)^3}{(1,28)^2} = 0,247 < K_p(2,21)$$

Quindi, per raggiungere il nuovo stato di equilibrio, la reazione evolve verso i prodotti.



Bisogna risolvere una complicata equazione di 4° grado. La stessa condizione di equilibrio si sarebbe raggiunta considerando di mettere i 4,75g di NH_3 nel volume finale di 7,50 dm³:



Risolvendo per iterazioni:

$$y_{n+1} = \sqrt[4]{\frac{1}{27} \cdot 2,21 \cdot (1,983-2y_n)^2}$$

Partendo con $y_0 = 0$, dopo 18 iterazioni la soluzione converge a $y = 0,5196 \text{ atm}$

Nelle nuove condizioni di equilibrio:

$$\left. \begin{array}{l}
 P_{\text{NH}_3} = 1,983 - 2 \cdot 0,5196 = 0,9438 \text{ atm} \\
 P_{\text{H}_2} = 3 \cdot 0,5196 = 1,5588 \text{ atm} \\
 P_{\text{N}_2} = 0,5196 \text{ atm}
 \end{array} \right\} K_p = 2,21 \text{ (calcolata)}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{TOT}} &= P_{\text{NH}_3} + P_{\text{H}_2} + P_{\text{N}_2} = 0,9438 + 1,5588 + 0,5196 = \\
 &= 3,0222 \text{ atm}
 \end{aligned}$$

$$\boxed{\text{Es. 6}} \quad m_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{G_{\text{C}_6\text{H}_6}}{\text{MM}_{\text{C}_6\text{H}_6}} = \frac{V_{\text{C}_6\text{H}_6} \cdot d_{\text{C}_6\text{H}_6}}{\text{MM}_{\text{C}_6\text{H}_6}} = \frac{500 \cdot 0,876}{78,112} = 5,607 \text{ mol}$$

$$P = P_{\text{C}_6\text{H}_6}^0 \cdot x_{\text{C}_6\text{H}_6}$$

$$x_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{P}{P_{\text{C}_6\text{H}_6}^0} = \frac{372,1}{385,0} = 0,9665$$

$$x_{\text{C}_6\text{H}_6} = \frac{m_{\text{C}_6\text{H}_6}}{m_{\text{C}_6\text{H}_6} + m_{\text{C}_x\text{H}_y}} = \frac{5,607}{5,607 + x_{\text{C}_x\text{H}_y}} = 0,9665$$

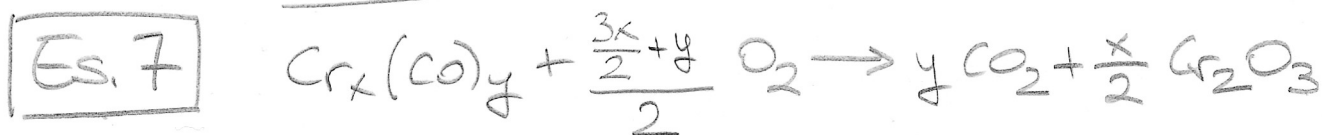
$$m_{\text{C}_x\text{H}_y} = \frac{5,607(1 - 0,9665)}{0,9665} = 0,1943 \text{ mol}$$

$$\text{MM}_{\text{C}_x\text{H}_y} = \frac{G_{\text{C}_x\text{H}_y}}{m_{\text{C}_x\text{H}_y}} = \frac{25,0}{0,1943} = 128,7 \text{ g/mol}$$

$$x = \frac{\text{MM}_{\text{C}_x\text{H}_y} \cdot \%C}{\text{MA}_C \cdot 100} = \frac{128,7 \cdot 93,708}{12,0107 \cdot 100} = 10,04 \approx 10$$

$$y = \frac{\text{MM}_{\text{C}_x\text{H}_y} \cdot \%H}{\text{MA}_H \cdot 100} = \frac{128,7 \cdot 6,292}{1,00794 \cdot 100} = 8,03 \approx 8$$

Formula molecolare: C₁₀H₈



$$m_{\text{CO}_2} = \frac{G_{\text{CO}_2}}{\text{MM}_{\text{CO}_2}} = \frac{1,2000}{44,0095} = 2,727 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$m_{\text{Cr}_2\text{O}_3} = \frac{G_{\text{Cr}_2\text{O}_3}}{\text{MM}_{\text{Cr}_2\text{O}_3}} = \frac{0,3453}{151,9904} = 2,272 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\frac{x}{2} : y = m_{\text{Cr}_2\text{O}_3} : m_{\text{CO}_2}$$

$$\frac{x}{2} : y = 2,272 \cdot 10^{-3} : 2,727 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{y}{x} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2,727 \cdot 10^{-2}}{2,272 \cdot 10^{-3}} = 6,00$$

Formule minima: $\text{Cr}(\text{O})_6 \equiv \text{CrC}_6\text{O}_6$

$$\begin{aligned} \text{MM}_{\text{Cr}(\text{O})_6} &= \text{MA}_{\text{Cr}} + 6\text{MA}_{\text{C}} + 6\text{MA}_{\text{O}} = \\ &= 51,9961 + 6 \cdot 12,0107 + 6 \cdot 15,9994 = 220,0567 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$\%_{\text{Cr}} = \frac{\text{MA}_{\text{Cr}}}{\text{MM}_{\text{Cr}(\text{O})_6}} \cdot 100 = \frac{51,9961}{220,0567} \cdot 100 = 23,63\%$$

$$\%_{\text{C}} = \frac{6 \cdot \text{MA}_{\text{C}}}{\text{MM}_{\text{Cr}(\text{O})_6}} \cdot 100 = \frac{6 \cdot 12,0107}{220,0567} \cdot 100 = 32,78\%$$

$$\%_{\text{O}} = \frac{6 \cdot \text{MA}_{\text{O}}}{\text{MM}_{\text{Cr}(\text{O})_6}} \cdot 100 = \frac{6 \cdot 15,9994}{220,0567} \cdot 100 = 43,62\%$$