

Compito 18.09.2020 – Esame telematico

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:

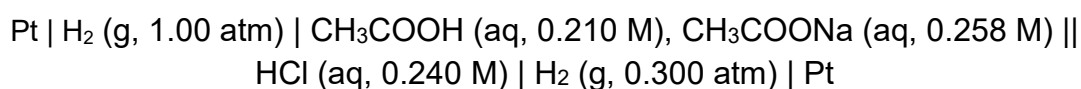
$$n = 4; l = 2; m_l = 0; m_s = 1/2$$

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

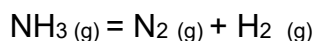
$$n = 1; l = 0; m_l = 0; m_s = 1$$

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

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



4. (4p) Calcolare il K_{ps} di $\text{Cu}(\text{OH})_2$ e la sua solubilità in una soluzione tamponata a $\text{pH} = 7.40$ sapendo che la sua solubilità in acqua pura è pari a $74.1 \mu\text{g/L}$.
5. (4p) Un recipiente del volume di 2.50 dm^3 è riempito con 3.80 g di ammoniaca gassosa e mantenuto alla temperatura di 750 K . Si instaura l'equilibrio (da bilanciare):



Calcolare la K_{p} e la pressione totale nel recipiente sapendo che all'equilibrio, NH_3 si è dissociata per il 55.4%.

6. (4p) Avendo a disposizione una soluzione di NH_4Cl solido ed una soluzione di NaOH 3.25 M , calcolare le quantità necessarie dei due reagenti per preparare 15.00 L di soluzione tampone che abbia $\text{pH} = 9.10$ ed una concentrazione dello ione NH_4^+ pari a 0.175 M .
7. (4p) Calcolare al formula molecolare di un composto A non elettrolita che ha dato all'analisi i seguenti risultati: C = 55.8%, H = 11.7%, N = 32.5%. Una soluzione formata da 4.05 g di A in 500 g di acqua presenta un abbassamento del punto di congelamento pari a $0.175 \text{ }^\circ\text{C}$. La costante crioscopica dell'acqua K_{cr} è $1.86 \text{ }^\circ\text{C Kg mol}^{-1}$.

H 1.00794 g/mol

C 12.0106 g/mol

N 14.0067 g/mol

O 15.9994 g/mol

Na 22.989770 g/mol

Cl 35.453 g/mol

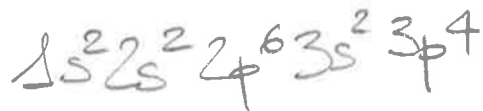
Cu 63.546 g/mol

ESAME SCRITTO

Es. 1 H_2SO_4 , essendo un ossiacido, conterrà gli atomi di H legati ad atomi di O. Pertanto, la geometria delle molecola attorno ad S sarà la stessa dello ione SO_4^{2-} .



~~1s~~
~~2s 2p~~
~~3s 3p 3d~~
~~4s 4p 4d 4f~~
~~5s~~



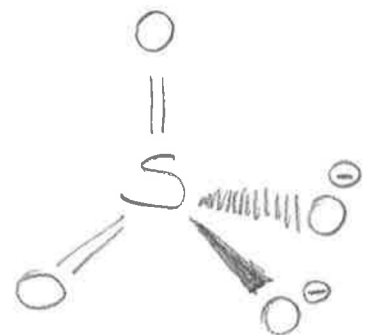
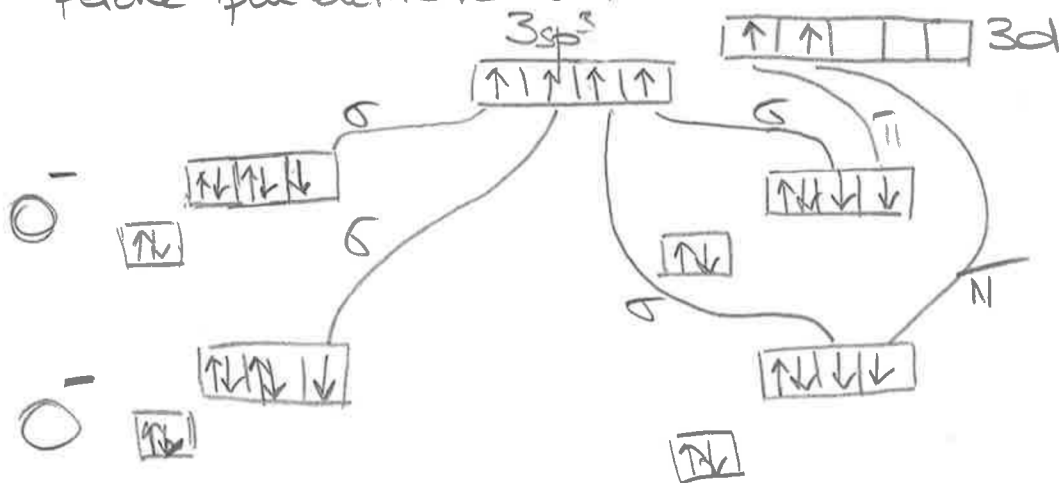
Guscio di valenza: $3s^2 3p^4$

elettroni: $6(S) + 2 \cdot 4(O, \sigma) - 2 \cdot 4(O, \pi) + 2(\text{carica}) = 8$ elettroni

Geometria coppie strutturali: AX_4 Tetraedrica

Geometria ione SO_4^{2-} : AX_4 Tetraedrica

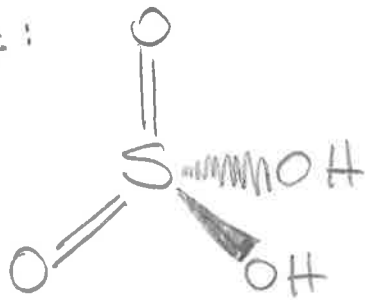
S sarà ibridizzato sp^3 ; le cariche \ominus staranno sugli O perché più elettronegativo.



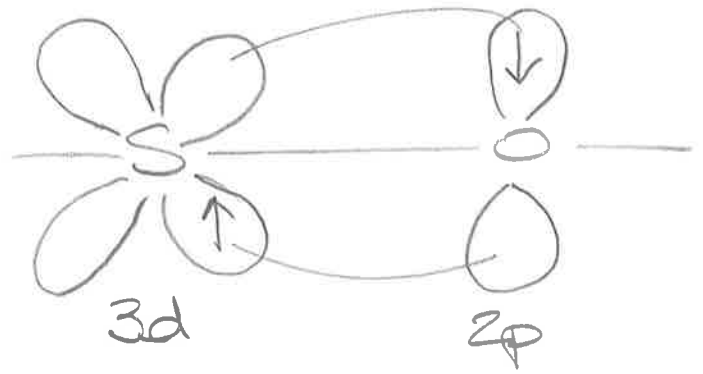
Schema legami σ



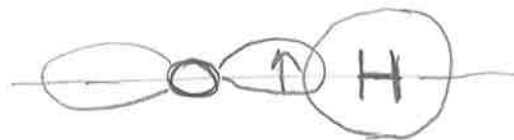
Per H_2SO_4 :



Schema dei legami π



Schema legame O-H



Es. 2

n	l	m_l	m_s	
4	2	0	$\frac{1}{2}$	Accettabile: orbitale 4d
1	0	0	1	NON accettabile perché $m_s = \pm \frac{1}{2}$
1	1	1	$-\frac{1}{2}$	NON accettabile perché $0 \leq l \leq n-1$
3	1	0	$\frac{1}{2}$	Accettabile: orbitale 3p

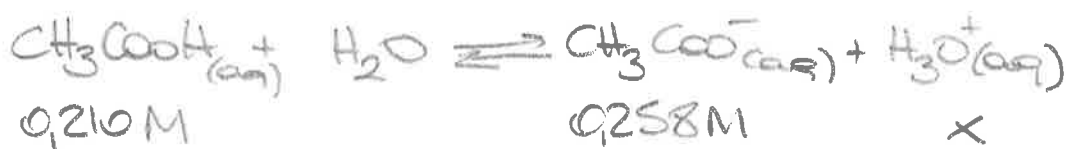
Es. 3

In entrambi gli elettrodi la semireazione da considerare è:



$$E = E^{\circ}_{\text{H}^+/\text{H}_2} + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[\text{H}^+]^2}{p_{\text{H}_2}}$$

Per l'anodo (elettrodo di sinistra), la $[\text{H}^+]$ è determinata dalla soluzione tampone:



$$K_A = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{0,258 \cdot x}{0,210} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = x = 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0,210}{0,258} = 1,46 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$E_{\text{ANODO}} = 0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{(1,46 \cdot 10^{-5})^2}{1,00} = -0,286 \text{ V}$$

Al catodo (elettrodo di destra):

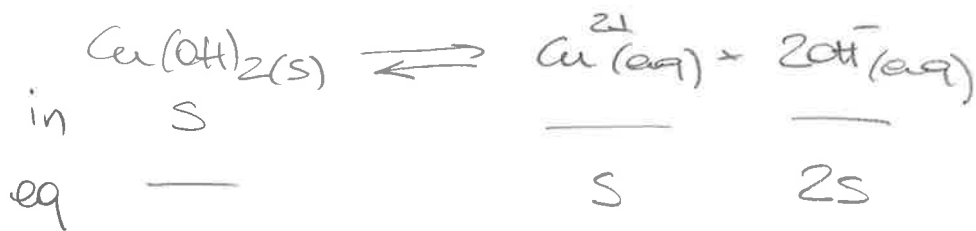
$$E_{\text{CATODO}} = 0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{(0,240)^2}{0,300} = -0,021 \text{ V}$$

$$\text{fem} = \Delta E = E_{\text{CATODO}} - E_{\text{ANODO}} = -0,021 - (-0,286) = 0,265 \text{ V}$$

Es. 4

In acqua pura:

$$S_{\text{Cu(OH)}_2} = \frac{S_{\text{Cu(OH)}_2}^{\text{g/L}}}{\text{MM}_{\text{Cu(OH)}_2}} = \frac{74,1 \cdot 10^{-6}}{96,561} = 7,67 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

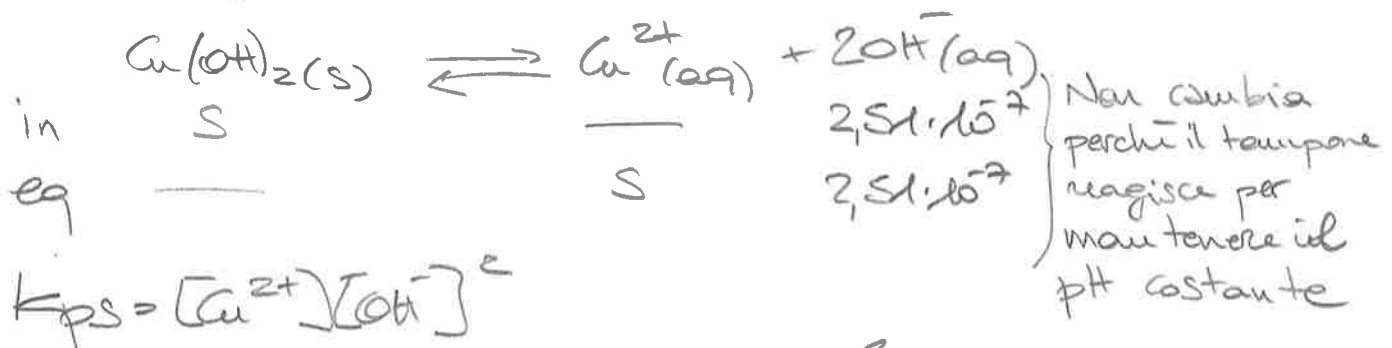


$$K_{ps} = [\text{Cu}^{2+}] \cdot [\text{OH}^{-}]^2 = s \cdot (2s)^2 = 4s^3 = 4 \cdot (7,67 \cdot 10^{-7})^3 = 1,80 \cdot 10^{-18}$$

In soluzione tamponata a pH = 7,40:

$$[\text{H}_3\text{O}^{+}] = 10^{-\text{pH}} = 10^{-7,40} = 3,98 \cdot 10^{-8} \text{ M}$$

$$[\text{OH}^{-}] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^{+}]} = \frac{10^{-14}}{3,98 \cdot 10^{-8}} = 2,51 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$



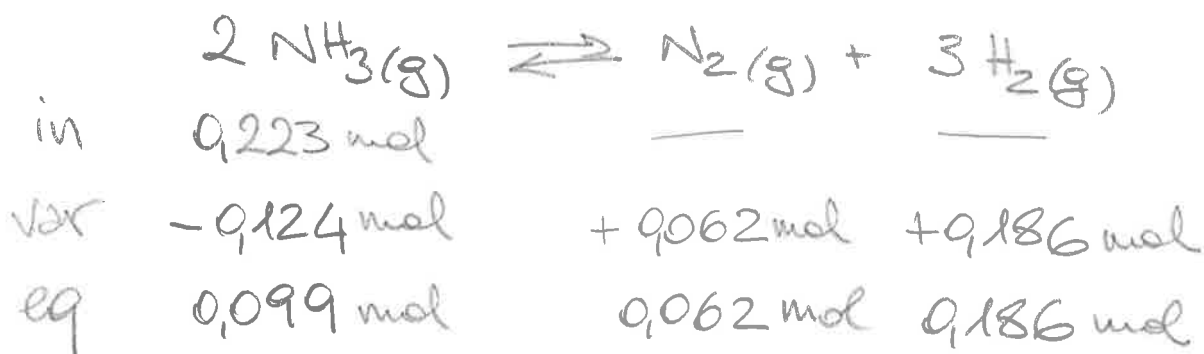
$$K_{ps} = [\text{Cu}^{2+}] [\text{OH}^{-}]^2$$

$$s = [\text{Cu}^{2+}] = \frac{K_{ps}}{[\text{OH}^{-}]^2} = \frac{1,80 \cdot 10^{-18}}{(2,51 \cdot 10^{-7})^2} = 286 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

Es. 5

$$n_{\text{NH}_3, \text{iniziali}} = \frac{G_{\text{NH}_3}}{MM_{\text{NH}_3}} = \frac{3,80}{17,0305} = 0,223 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_3, \text{dissociata}} = 0,223 \cdot \frac{55,4}{100} = 0,124 \text{ mol}$$



All'equilibrio:

$$P_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3} RT}{V} = \frac{0,099 \cdot 0,0821 \cdot 750}{2,50} = 2,44 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2} RT}{V} = \frac{0,062 \cdot 0,0821 \cdot 750}{2,50} = 1,53 \text{ atm}$$

$$P_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{H}_2} RT}{V} = \frac{0,186 \cdot 0,0821 \cdot 750}{2,50} = 4,58 \text{ atm}$$

$$P_{\text{TOT}} = P_{\text{NH}_3} + P_{\text{N}_2} + P_{\text{H}_2} = 2,44 + 1,53 + 4,58 = 8,55 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3}{P_{\text{NH}_3}^2} = \frac{1,53 \cdot (4,58)^3}{(2,44)^2} = 24,7$$

Es. 6 L'equilibrio che produce il tampone è:



$$[\text{OH}^-] = 10^{-(14-\text{pH})} = 10^{-(14-9,10)} = 10^{-4,9} = 1,26 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$K_B = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{0,175 \cdot 1,26 \cdot 10^{-5}}{x} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

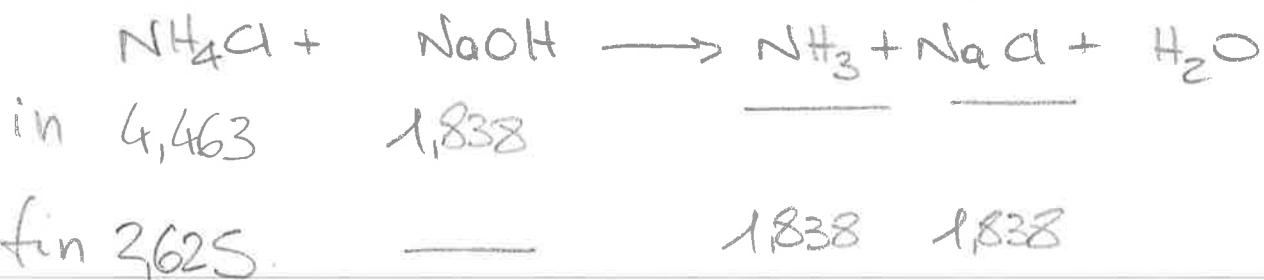
$$x = \frac{0,175 \cdot 1,26 \cdot 10^{-5}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 0,1225 \text{ M}$$

All'equilibrio devono essere presenti:

$$n_{\text{NH}_4^+} = V \cdot [\text{NH}_4^+] = 15,00 \cdot 0,175 = 2,625 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_3} = V \cdot [\text{NH}_3] = 15,00 \cdot 0,1225 = 1,838 \text{ mol}$$

NH_3 deve essere formata dalla reazione tra NH_4Cl e NaOH



$$G_{\text{NH}_4\text{Cl}} = n_{\text{NH}_4\text{Cl}} \cdot M_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 4,463 \cdot 53,491 = 238,7 \text{ g}$$

$$V_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{1,838}{3,25} = 0,565 \text{ L}$$

$$\boxed{\text{Es. 7}} \quad \Delta T_{\alpha} = K_{\alpha} \cdot m_A = K_{\alpha} \cdot \frac{m_A}{G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{kg}}} = K_{\alpha} \cdot \frac{1}{G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{kg}}} \cdot \frac{G_A}{MM_A}$$

$$MM_A = \frac{K_{\alpha}}{\Delta T_{\alpha}} \cdot \frac{G_A}{G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{kg}}} = \frac{1,86}{0,175} \cdot \frac{4,05}{0,500} = 86,099 \text{ g/mol}$$

La formula generale del composto è $C_x H_y N_z$:

$$x = \frac{MM_A \cdot \%C}{MA_C \cdot 100} = \frac{86,09 \cdot 55,7}{12,0106 \cdot 100} = 4,00$$

$$y = \frac{MM_A \cdot \%H}{MA_H \cdot 100} = \frac{86,09 \cdot 11,7}{1,00794 \cdot 100} = 9,99 \approx 10$$

$$z = \frac{MM_A \cdot \%N}{MA_N \cdot 100} = \frac{86,09 \cdot 32,5}{14,0067 \cdot 100} = 2,00$$

La formula molecolare è: $\boxed{C_4 H_{10} N_2}$