

**Compito 18.09.2020 – Esame telematico**

1. (6p) Rappresentare la geometria della molecola  $\text{H}_2\text{SO}_4$  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:

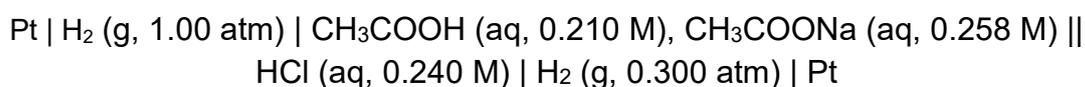
$$n = 4; l = 2; m_l = 0; m_s = 1/2$$

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

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

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

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



4. (4p) Calcolare il  $K_{\text{ps}}$  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  $2.50 \text{ dm}^3$  è riempito con  $3.80 \text{ g}$  di ammoniaca gassosa e mantenuto alla temperatura di  $750 \text{ K}$ . Si instaura l'equilibrio (da bilanciare):



Calcolare la  $K_p$  e la pressione totale nel recipiente sapendo che all'equilibrio,  $\text{NH}_3$  si è dissociata per il 55.4%.

6. (4p) Avendo a disposizione una soluzione di  $\text{NH}_4\text{Cl}$  solido ed una soluzione di  $\text{NaOH}$   $3.25 \text{ M}$ , calcolare le quantità necessarie dei due reagenti per preparare  $15.00 \text{ L}$  di soluzione tampone che abbia  $\text{pH} = 9.10$  ed una concentrazione dello ione  $\text{NH}_4^+$  pari a  $0.175 \text{ M}$ .
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  $4.05 \text{ g}$  di A in  $500 \text{ g}$  di acqua presenta un abbassamento del punto di congelamento pari a  $0.175 \text{ }^\circ\text{C}$ . La costante crioscopica dell'acqua  $K_{\text{cr}}$  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

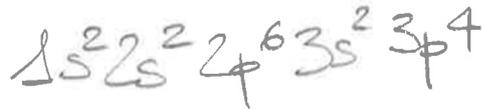
Cu 63.546 g/mol

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~~



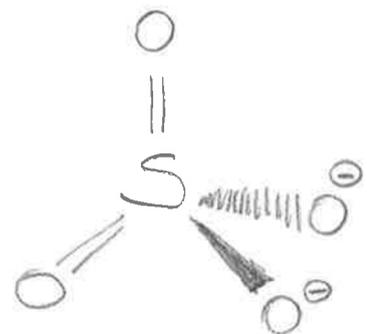
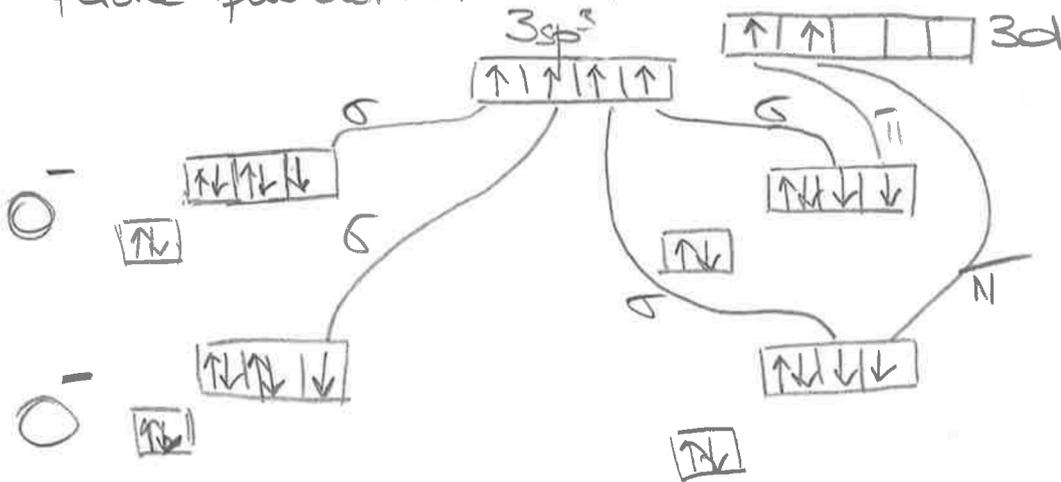
Guscio di valenza:  $3s^2 3p^4$

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

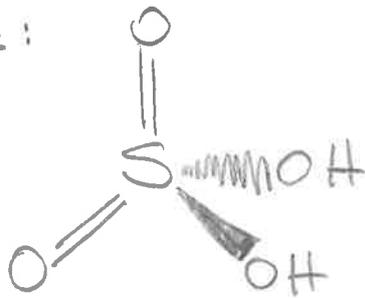
S sarà ibridizzato  $sp^3$ ; le cariche  $\ominus$  staranno sugli O perché più elettronegativo.



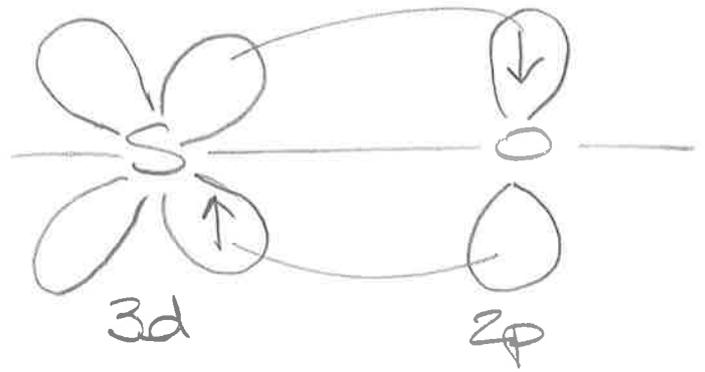
Schema legami  $\sigma$



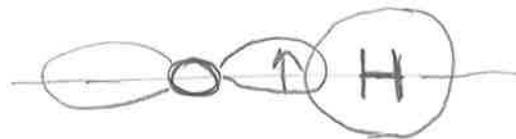
Per  $H_2SO_4$ :



Schema dei legami  $\pi$



Schema legame O-H



Es. 2

$n$	$l$	$m_l$	$m_s$	
4	2	0	$1/2$	Accettabile: orbitale 4d
1	0	0	1	NON accettabile perché $m_s = \pm 1/2$
1	1	1	$-1/2$	NON accettabile perché $0 \leq l \leq n-1$
3	1	0	$1/2$	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):

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

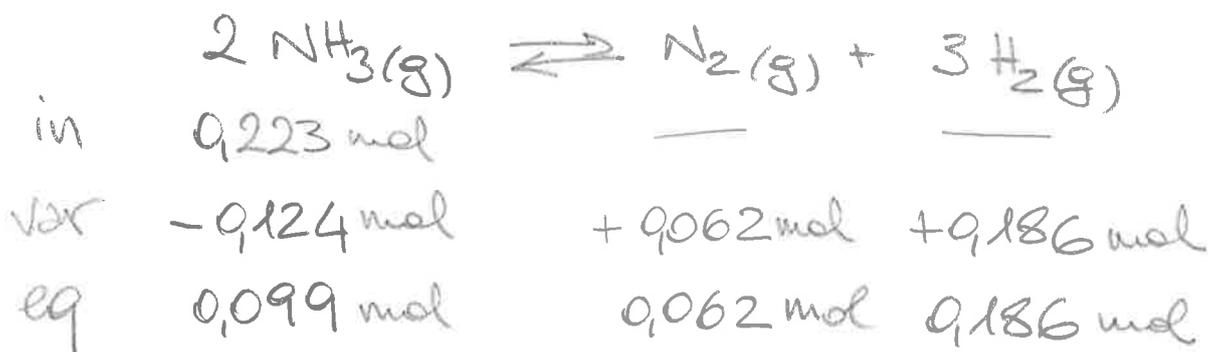
$$fem = \Delta E = E_{\text{CATODO}} - E_{\text{ANODO}} = -0,021 - (-0,286) = 0,265 \text{ V}$$



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:

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

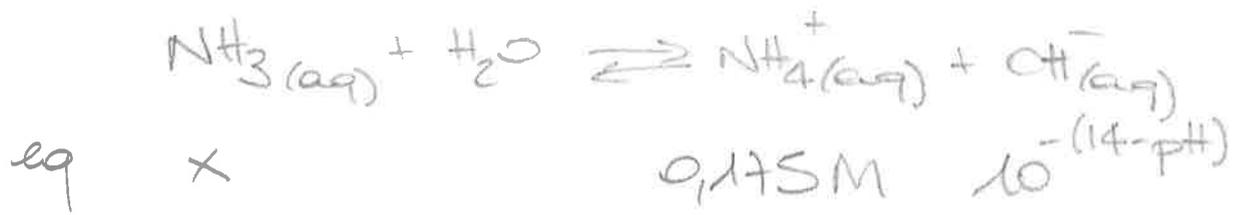
$$P_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2} RT}{V} = \frac{0,062 \cdot 0,0821 \cdot 750}{2,50} = 1,53 \text{ atm}$$

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

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

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

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



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

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

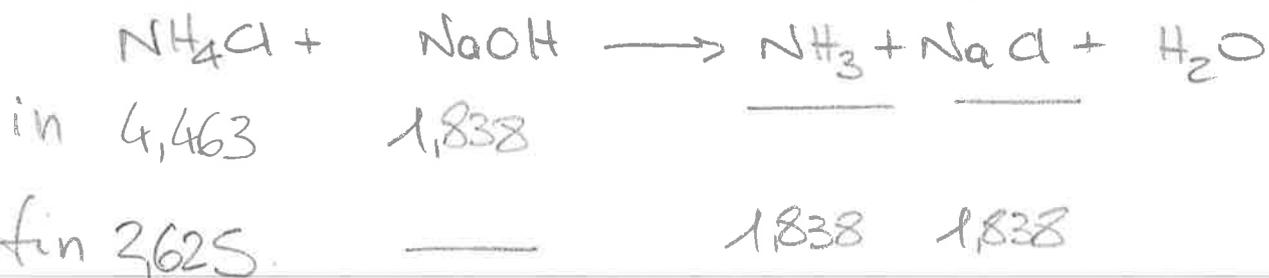
$$x = \frac{0,175 \cdot 1,26 \cdot 10^{-5}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 0,1225 \text{ M}$$

All'equilibrio devono essere presenti :

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

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

$\text{NH}_3$  deve essere formata dalla reazione tra  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e  $\text{NaOH}$



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

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

$$\boxed{\text{Es. 7}} \quad \Delta T_{\alpha} = K_{\alpha} \cdot m_A = K_{\alpha} \cdot \frac{m_A}{G_{H_2O}^{kg}} = K_{\alpha} \cdot \frac{1}{G_{H_2O}^{kg}} \cdot \frac{G_A}{MM_A}$$

$$MM_A = \frac{K_{\alpha}}{\Delta T_{\alpha}} \cdot \frac{G_A}{G_{H_2O}^{kg}} = \frac{1,86}{0,175} \cdot \frac{4,05}{0,500} = 86,099 \text{ g/mol}$$

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:  $\boxed{C_4 H_{10} N_2}$