

Compito 28.09.2021

1. (6p) Rappresentare la geometria della molecola H_3PO_4 e descriverne i legami con la teoria del legame di valenza: presentare il ragionamento seguito (P, Z = 15).
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:

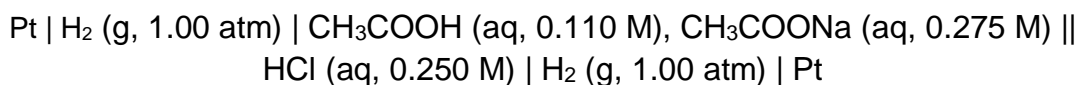
$$n = 3; l = 1; m_l = 1; m_s = 1/2$$

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

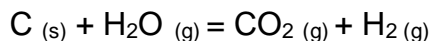
$$n = 4; l = 0; m_l = 0; m_s = 1$$

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

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



4. (4p) Calcolare il K_{ps} di $\text{Fe}(\text{OH})_3$ in una soluzione tamponata a $\text{pH} = 5.40$ sapendo che la sua solubilità in acqua pura è pari a 23.5 ng/L .
5. (4p) Un recipiente del volume di 2.50 dm^3 è riempito con 1.50 g di carbonio e 15.0 g di acqua e mantenuto alla temperatura di 650 K . Si instaura l'equilibrio (da bilanciare):



Calcolare la K_{p} e la pressione totale nel recipiente sapendo che all'equilibrio è stato consumato il 27.3% del carbonio iniziale.

6. (4p) Avendo a disposizione una soluzione di NH_4Cl solido ed una soluzione di NaOH 2.50 M , calcolare le quantità necessarie dei due reagenti per preparare 5.00 L di soluzione tampone che abbia $\text{pH} = 9.00$ ed una concentrazione dello ione NH_4^+ pari a 0.145 M .
7. (4p) Chef e produttori raccomandano di utilizzare 10 g di sale in 1 L di acqua per la cottura di 100 g di pasta. Sapendo che la K_{eb} dell'acqua vale, $0.515 \text{ }^\circ\text{C kg mol}^{-1}$, calcolare la temperatura di ebollizione dell'acqua in cui si cuoce la pasta.

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

Fe 55.845 g/mol

ESAME SCRITTO - 28.09.2021

Δ.Δ. 2020/2021

Es. 1

H_3PO_4 è un acido triprotico. Ogni atomo di H sarà legato ad un atomo di O. La geometria della molecola sarà la stessa dello ione che si ottiene dalla deprotonazione completa: PO_4^{3-}

1s
2s 2p
3s 3p 3d
4s 4p 4d

P $Z = 15$ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

Guscio di valenza: $3s^2 3p^5$

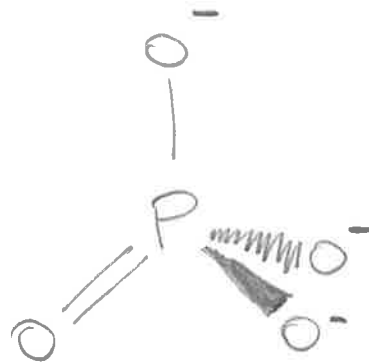
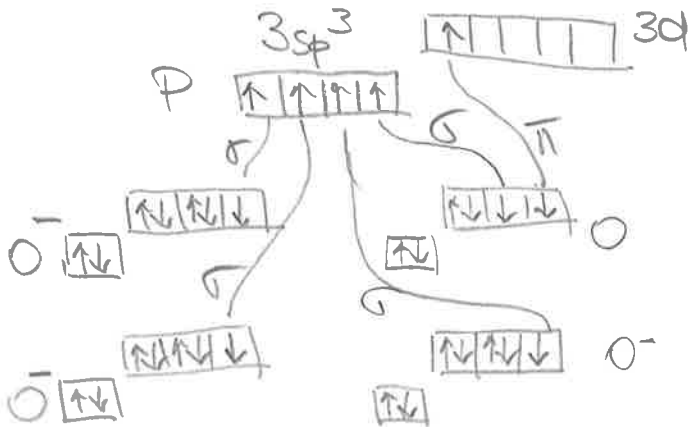
neutroni: $5(P) + 3 \cdot 2(O) - 3 \cdot 2(O) + 3(\text{carica}) = 8$ elettroni

4 coppie strutturali

Geometria coppie strutturali: AX_4

Geometria molecola: AX_4 TETRAEDRICA

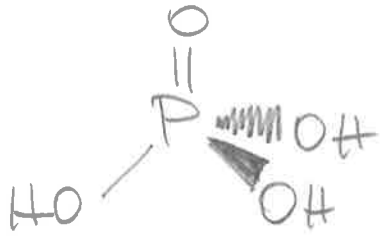
P avrà ibridizzazione sp^3 .



Lo ione PO_4^{3-} sarà però descrivibile da 4 forme di risonanza, in cui il doppio legame si distribuisce sui 4 legami P-O. L'ibrido sarà:



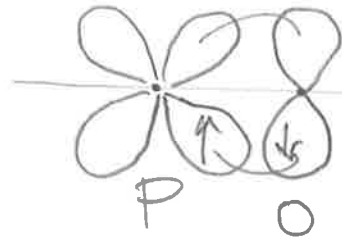
Per le molecole H_3PO_4 , ogni H^+ si lega agli atomi O e quindi viene persa la risonanza.



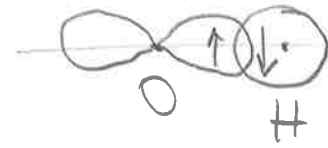
Schema dei legami σ



Schema legami π



Schema legame O-H



Es. 2

n	l	m_l	m_s
3	1	1	1/2
4	0	0	1
2	0	1	-1/2
3	1	0	1/2

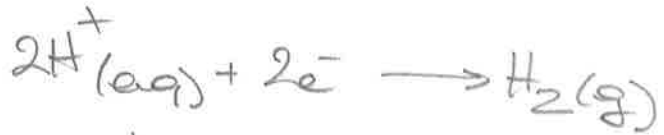
Orbitale 3p

Non ammissibile:
 $m_s = \pm 1/2$

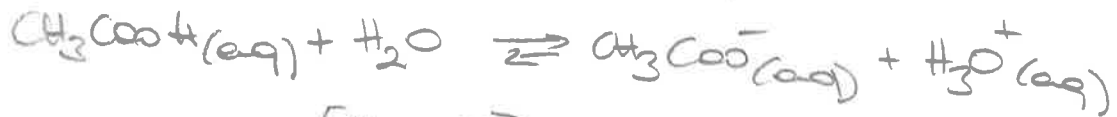
Non ammissibile:
 $-l \leq m_l \leq +l$

Orbitale 3p

Es. 3 Per entrambe le semicelle, la semirazione è la stessa:



All'anodo, c'è una soluzione tampone:



$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = -\log(1,8 \cdot 10^{-5}) + \log \frac{0,275}{0,110} = 5,14$$

$$[\text{H}^+]_{\text{ANODO}} = 10^{-\text{pH}} = 10^{-5,14} = 7,24 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$

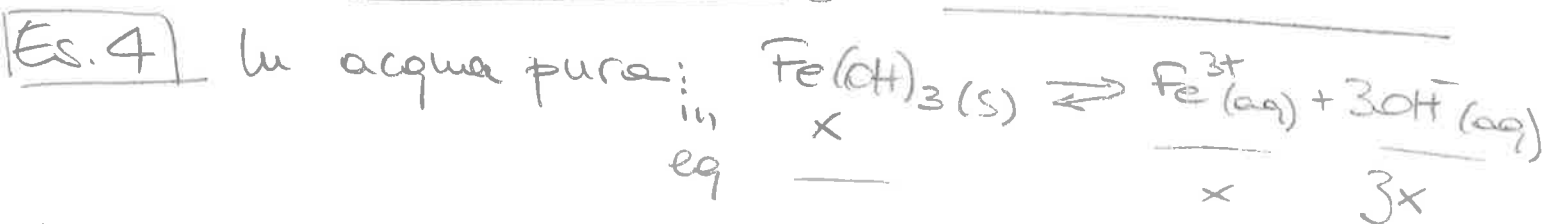
$$E_{\text{ANODO}} = E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[\text{H}^+]^2}{p_{\text{H}_2}} = 0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{(7,24 \cdot 10^{-6})^2}{4,00} = -0,303 \text{ V}$$

Al catodo, vi è una soluzione di HCl (acido forte). Quindi:

$$[\text{H}^+] = [\text{HCl}]$$

$$E_{\text{CATODO}} = E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[\text{H}^+]^2}{p_{\text{H}_2}} = 0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{(0,250)^2}{4,00} = -0,036 \text{ V}$$

$$f_{\text{em}} = \Delta E = E_{\text{CATODO}} - E_{\text{ANODO}} = -0,036 - (-0,303) = 0,267 \text{ V}$$



La solubilità di $\text{Fe}(\text{OH})_3$ è di:

$$x = \frac{G_{\text{Fe}(\text{OH})_3}}{MM_{\text{Fe}(\text{OH})_3}} = \frac{23,5 \cdot 10^{-9}}{106,867} = 2,20 \cdot 10^{-10} \text{ M}$$

$$K_{ps} = [\text{Fe}^{3+}][\text{OH}^-]^3 = x(3x)^3 = 27x^4 = 6,32 \cdot 10^{-38}$$

in soluzione tampone:



$$K_{ps} = [\text{Fe}^{3+}] \cdot [\text{OH}^-]^3$$

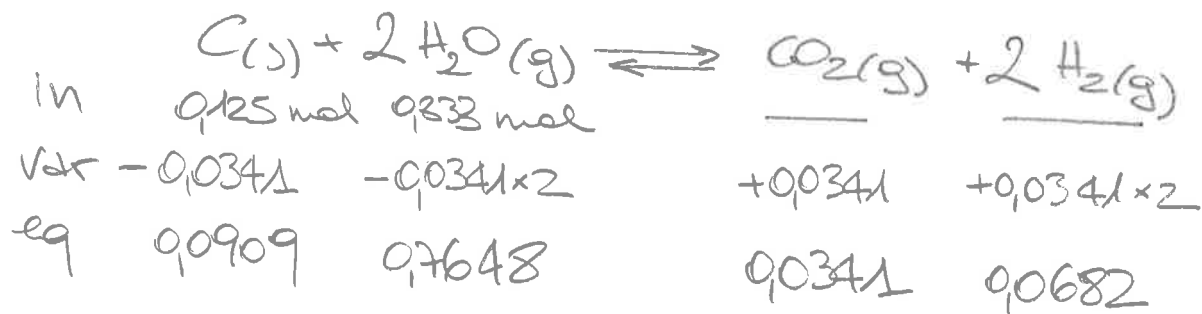
$$y = [\text{Fe}^{3+}] = \frac{K_{ps}}{[\text{OH}^-]^3} = \frac{6,32 \cdot 10^{-38}}{[10^{-(14-540)}]^3} = 3,99 \cdot 10^{-12} \text{ M}$$

$$\text{Solubilit\`a} = y \cdot \text{MM}_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 3,99 \cdot 10^{-12} \cdot 106,867 = 4,26 \cdot 10^{-10} \text{ g/L}$$

Es. 5

$$m_{\text{C, iniziale}} = \frac{G_{\text{C}}}{\text{MA}_{\text{C}}} = \frac{1,50}{12,0106} = 0,125 \text{ mol}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O, iniziale}} = \frac{G_{\text{H}_2\text{O}}}{\text{MM}_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{15,0}{18,0153} = 0,833 \text{ mol}$$



$$\text{Variazione}_{\text{C}} = 27,3\% \cdot m_{\text{C, iniziale}} = \frac{27,3}{100} \cdot 0,125 = 0,0341 \text{ mol}$$

$$P_{\text{H}_2\text{O, eq}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{O, eq}} \cdot RT}{V} = \frac{0,7648 \cdot 0,0821 \cdot 650}{2,50} = 16,32 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}_2, \text{eq}} = \frac{n_{\text{CO}_2, \text{eq}} \cdot RT}{V} = \frac{0,0341 \cdot 0,0821 \cdot 650}{2,50} = 0,728 \text{ atm}$$



$$\Delta T_{\text{eb}} = i \cdot K_{\text{eb}} \cdot m_{\text{NaCl}}$$

$$i = 1 + \alpha(\nu - 1) \quad \text{per NaCl: } \alpha = 1 \Rightarrow i = 2 \\ \nu = 2$$

$$m_{\text{NaCl}} = \frac{G_{\text{NaCl}}}{MM_{\text{NaCl}}} = \frac{10}{58,443} = 0,171 \text{ mol}$$

$$m_{\text{NaCl}} = \frac{m_{\text{NaCl}}}{G_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{kg}}} = \frac{0,171}{1} = 0,171 \text{ m}$$

La pasta non è solubile in acqua. Quindi, non influenza il punto di ebollizione del liquido in cui è immersa.

$$\Delta T_{\text{eb}} = 0,515 \cdot 2 \cdot 0,171 = 0,176 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{eb}} = T_{\text{eb}, \text{H}_2\text{O}} + \Delta T_{\text{eb}} = 100 + 0,176 = 100,176 \text{ }^\circ\text{C}$$