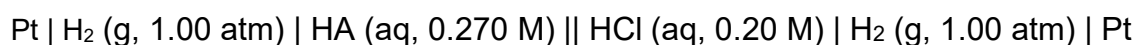


**Compito 14.09.2021**

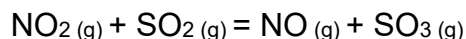
- (6p) Rappresentare la geometria della molecola  $\text{AsF}_3\text{Br}_2$ , descriverne i legami con la teoria del legame di valenza e stabilire se è una molecola polare o meno: presentare il ragionamento seguito (As, Z = 33).
- (4p) Indicare quali delle seguenti combinazioni di numeri quantici sono corrette ed in quale orbitale è contenuto l'elettrone. Spiegare inoltre perché le altre non sono ammissibili:  
 $n = 3; l = 2; m_l = 2; m_s = 1/2$                        $n = 4; l = 3; m_l = -1; m_s = -1/2$   
 $n = 1; l = 1; m_l = 0; m_s = -1/2$                        $n = 3; l = 0; m_l = 0; m_s = 1$

- (4p) Sapendo che la forza elettromotrice della cella:



è pari a 0.0864 V, determinare la  $K_a$  dell'acido debole HA (acido formico) ed il pH delle soluzioni nelle due semicelle.

- (4p) Calcolare la solubilità di  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  in una soluzione tamponata a pH = 8.40 sapendo che la sua solubilità in acqua pura è pari a  $6.53 \times 10^{-4}$  g/L.
- (4p) La reazione in fase gassosa:



ha  $K_c = 15$  alla temperatura di 350 K. Un recipiente indeformabile del volume di 3.00 L alla stessa temperatura viene riempito con  $1.5 \times 10^{-2}$  mol di  $\text{SO}_2$ ,  $2.5 \times 10^{-2}$  mol di  $\text{SO}_3$ ,  $8.1 \times 10^{-3}$  mol di NO e  $1.1 \times 10^{-3}$  mol di  $\text{NO}_2$ . Da questi dati, dedurre se la reazione è all'equilibrio. Se non lo è, indicare in quale verso si sposta la reazione e determinare, una volta raggiunto l'equilibrio, le concentrazioni dei vari composti e la pressione totale nel contenitore.

- (4p) Avendo a disposizione una soluzione di acido cloridrico 2.50 M e  $\text{CH}_3\text{COONa}$  solido, calcolare le quantità necessarie dei due reagenti per preparare 5.00 L di soluzione tampone che abbia pH = 4.65 e la concentrazione dello ione acetato pari a 0.075 M.
- (4p) Chef e produttori raccomandano di utilizzare 10g di sale in 1 L di acqua per la cottura di 100g di pasta. Sapendo che la  $K_{\text{eb}}$  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

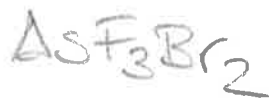
Na	22.989770 g/mol
Mg	24.305 g/mol
Cl	35.453 g/mol

# ESAME SCRITTO

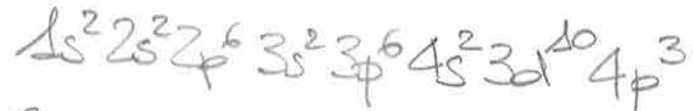
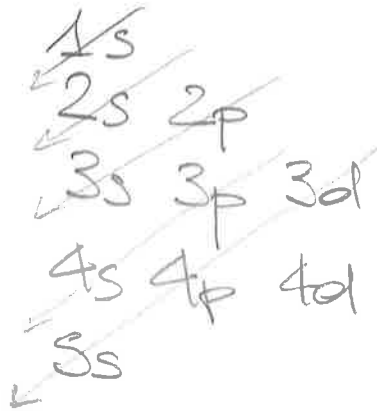
14.09.2021

A.A. 2020/2021

Es. 1



As,  $Z=33$



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

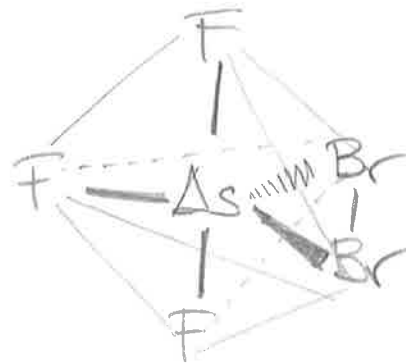
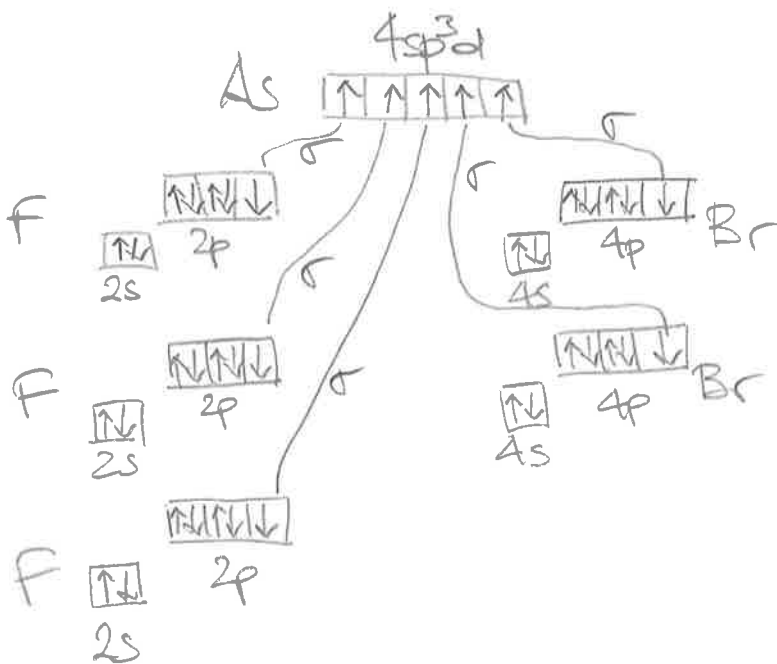
n° elettroni:  $5(\text{As}) + 3 \cdot 1(\text{F}) + 2 \cdot 1(\text{Br}) = 10 \text{el.}$

5 coppie strutturali

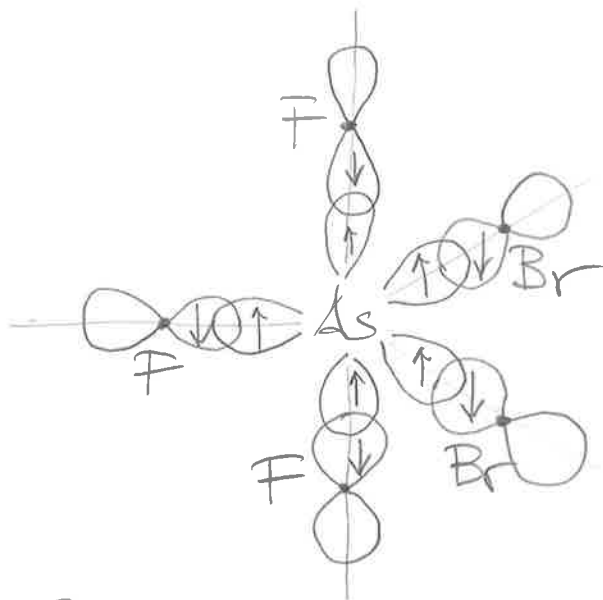
Geometria coppie strutturali:  $\text{AX}_5$

Geometria molecola:  $\text{AX}_5$  BIPIRAMIDE TRIGONALE  
distorta

As ibridizzato  $sp^3d$

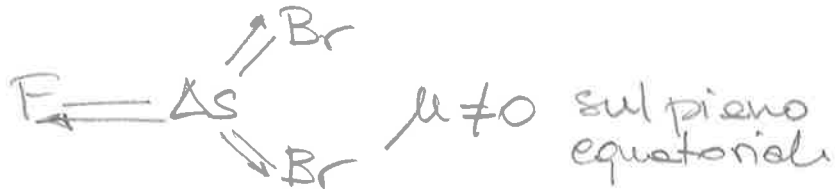
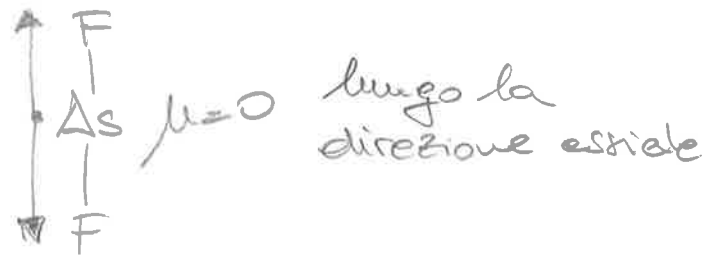


I 2 atomi di Br occupano posizioni equatoriali perché Br è meno elettro-negativo di F. Di conseguenza, la coppia As-Br è meno polarizzata verso l'atomo terminale rispetto a As-F e quindi sarà più ingombrante.



Schema legami

Polarità



Nel complesso:  $\mu \neq 0$   
e la molecola è polare

Es. 2

$m$	$l$	$m_l$	$m_s$	
3	2	2	1/2	Orbitale 3d
1	1	0	-1/2	NON AMMISSIBILE $l = 0, \dots, m-1$
4	3	-1	-1/2	Orbitale 4f
3	0	0	1	NON AMMISSIBILE $m_s = \pm 1/2$

Es. 3

Nel comparto catodico (destra):



$$pH_{\text{catodico}} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log(0,20) = 0,699$$



$$E_c = E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[\text{H}^+]^2}{P_{\text{H}_2}} = 0 + \frac{0,0591}{2} \log(0,20)^2 = -0,041 \text{ V}$$

Nel comparto anodico (sinistra):



$$f_{em} = E_c - E_A \Rightarrow E_A = E_c - f_{em} = -0,041 - 0,0864 = -0,1274 \text{ V}$$

$$E_A = E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[\text{H}^+]^2}{p_{\text{H}_2}} = 0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{x^2}{1,00} = -0,1274 \text{ V}$$

$$\log x^2 = -0,1274 \cdot \frac{2}{0,0591} = -4,311$$

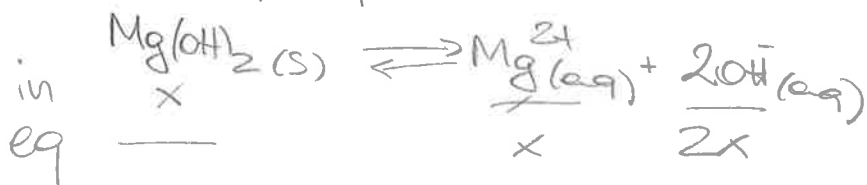
$$x^2 = 10^{-4,311} = 4,886 \cdot 10^{-5}$$

$$x = \sqrt{4,886 \cdot 10^{-5}} = 6,99 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$K_A = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]} = \frac{x^2}{0,270 - x} = \frac{(6,99 \cdot 10^{-3})^2}{0,270 - 6,99 \cdot 10^{-3}} = 1,81 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+] = -\log (6,99 \cdot 10^{-3}) = 2,16$$

**Es. 4** in acqua pura:

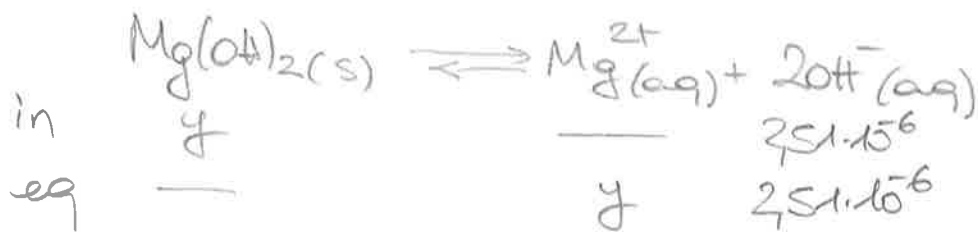


$$x = \frac{\text{Sol. (g/L)}}{\text{MM}_{\text{Mg(OH)}_2}} = \frac{6,53 \cdot 10^{-4}}{58,320} = 1,12 \cdot 10^{-5} \text{ M}$$

$$K_{ps} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = x(2x)^2 = 4x^3 = 4 \cdot (1,12 \cdot 10^{-5})^3 = 5,62 \cdot 10^{-15}$$

In soluzione tampone:  $\text{pH} = 8,40$   $\text{pOH} = 14 - \text{pH} = 14 - 8,40 = 5,60$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-\text{pOH}} = 10^{-5,60} = 2,51 \cdot 10^{-6} \text{ M}$$



$$K_{\text{ps}} = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 = \text{y}(2,51 \cdot 10^{-6})^2 = 5,62 \cdot 10^{-15}$$

$$\text{y} = \frac{5,62 \cdot 10^{-15}}{(2,51 \cdot 10^{-6})^2} = 892 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

**Es 5**



Nelle condizioni iniziali:

$$[\text{NO}_2]_{\text{in}} = \frac{n_{\text{NO}_2, \text{in}}}{V} = \frac{1,1 \cdot 10^3}{3,00} = 3,67 \cdot 10^4 \text{ M}$$

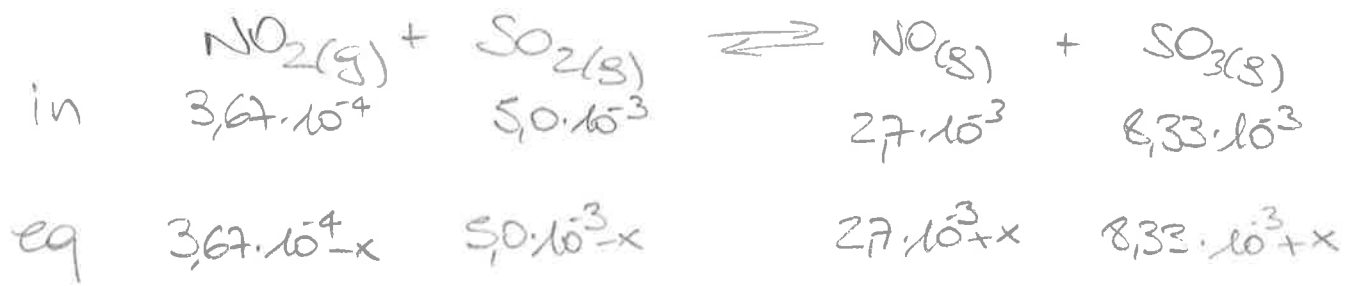
$$[\text{SO}_2]_{\text{in}} = \frac{n_{\text{SO}_2, \text{in}}}{V} = \frac{1,5 \cdot 10^2}{3,00} = 5,0 \cdot 10^3 \text{ M}$$

$$[\text{NO}]_{\text{in}} = \frac{n_{\text{NO}, \text{in}}}{V} = \frac{8,1 \cdot 10^3}{3,00} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ M}$$

$$[\text{SO}_3]_{\text{in}} = \frac{n_{\text{SO}_3, \text{in}}}{V} = \frac{2,5 \cdot 10^2}{3,00} = 8,33 \cdot 10^3 \text{ M}$$

$$Q = \frac{[\text{NO}]_{\text{in}} \cdot [\text{SO}_3]_{\text{in}}}{[\text{NO}_2]_{\text{in}} \cdot [\text{SO}_2]_{\text{in}}} = \frac{2,7 \cdot 10^3 \cdot 8,33 \cdot 10^3}{3,67 \cdot 10^4 \cdot 5,0 \cdot 10^3} = 12,26 < K_c$$

L'equilibrio evolverà verso i prodotti, per far aumentare Q fino a raggiungere il valore di  $K_c$ .



$$K_c = \frac{[\text{NO}]_{\text{eq}} [\text{SO}_3]_{\text{eq}}}{[\text{NO}_2]_{\text{eq}} [\text{SO}_2]_{\text{eq}}} = \frac{(27 \cdot 10^{-3} + x)(8,33 \cdot 10^{-3} + x)}{(3,67 \cdot 10^{-4} - x)(5,0 \cdot 10^{-3} - x)} = 15$$

Risolvendo:  $x_1 = 5,55 \cdot 10^{-5} \text{ M}$        $x_2 = \cancel{648 \cdot 10^{-3} \text{ M}}$

Privo di senso fisico

All'equilibrio:

$$[\text{NO}_2]_{\text{eq}} = 3,67 \cdot 10^{-4} - 5,55 \cdot 10^{-5} = 3,12 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{SO}_2]_{\text{eq}} = 5,0 \cdot 10^{-3} - 5,55 \cdot 10^{-5} = 4,94 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{NO}]_{\text{eq}} = 27 \cdot 10^{-3} + 5,55 \cdot 10^{-5} = 2,76 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{SO}_3]_{\text{eq}} = 8,33 \cdot 10^{-3} + 5,55 \cdot 10^{-5} = 8,38 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

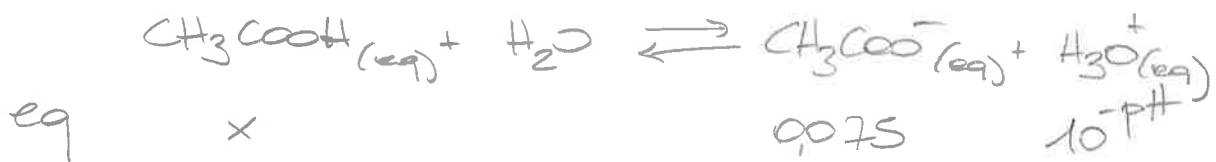
$$P_{\text{TOT}} = \frac{n_{\text{TOT}} \cdot RT}{V} = \frac{(n_{\text{NO}_2, \text{eq}} + n_{\text{SO}_2, \text{eq}} + n_{\text{NO}, \text{eq}} + n_{\text{SO}_3, \text{eq}}) \cdot RT}{V} =$$

$$= ([\text{NO}_2]_{\text{eq}} + [\text{SO}_2]_{\text{eq}} + [\text{NO}]_{\text{eq}} + [\text{SO}_3]_{\text{eq}}) \cdot RT =$$

$$= (3,12 \cdot 10^{-4} + 4,94 \cdot 10^{-3} + 2,76 \cdot 10^{-3} + 8,38 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,0821 \cdot 350 =$$

$$= 0,47 \Delta \text{ atm}$$

**Es. 6** L'equilibrio per il tampon è:



$$K_A = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{0,075 \cdot 10^{-4,65}}{x} = 1,8 \cdot 10^{-5}$$

$$x = \frac{0,075 \cdot 10^{-4,65}}{1,8 \cdot 10^{-5}} = 0,0928 \text{ M}$$

Per preparare 5,00 L di soluzione, servirà avere:

$$n_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = V \cdot [\text{CH}_3\text{COO}^-] = 5,00 \cdot 0,075 = 0,375 \text{ mol}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = V \cdot [\text{CH}_3\text{COOH}] = 5,00 \cdot 0,0928 = 0,464 \text{ mol}$$

CH<sub>3</sub>COOH deve venir prodotto dalla reazione tra CH<sub>3</sub>COONa e HCl:



$$G_{\text{CH}_3\text{COOH}} = n_{\text{CH}_3\text{COONa}} \cdot \text{MM}_{\text{CH}_3\text{COONa}} = (0,375 + 0,464) \cdot 82,0336 = 69,83 \text{ g}$$

$$V_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{M_{\text{HCl}}} = \frac{0,464}{2,50} = 0,186 \text{ L}$$



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

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

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

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

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

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

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