

**FACOLTÀ DI FARMACIA E MEDICINA**  
**Prova scritta di Chimica Generale ed Inorganica 16 aprile 2024**  
**COMPITO 1**

*La durata della prova scritta è fissata in un'ora e mezza. Non è ammessa la consultazione di testi ed appunti di Chimica e di Stechiometria*

1. In un recipiente chiuso sono in equilibrio secondo l'equazione gassosa omogenea:



1,00 moli di A, 2,50 moli di B e 0,10 moli di C alla pressione totale di 10,0 atm. Calcolare la  $K_p$  dell'equilibrio. Calcolare la pressione alla quale la frazione molare di C raggiunge all'equilibrio il valore 0,10.

2. Una soluzione acquosa 0,100 M di un acido diprotico generico  $H_2A$  ha  $pH = 2,25$ . Ad un volume di 100 mL della soluzione di  $H_2A$  vengono aggiunti 50 mL di una soluzione 0,200 M di NaOH. Il pH della soluzione ottenuta risulta essere di 5,70.

a) Calcolare le costanti  $K_{a1}$  e  $K_{a2}$  di  $H_2A$ ;

b) Calcolare inoltre il pH della soluzione che si ottiene aggiungendo 200 mL della soluzione 0,200 M di NaOH a 200 mL della soluzione di  $H_2A$  0,100 M.

3. Alla temperatura di 25 °C il prodotto di solubilità  $K_{ps}$  di  $Pb(IO_3)_2$  è  $3,62 \times 10^{-13}$ .

a) Calcolare la pressione osmotica di una soluzione satura del suddetto sale a 25 °C;

b) Calcolare la concentrazione molare di tutte le specie presenti in soluzione dopo aver mescolato 95,0 mL di una soluzione A 0,0300 M di nitrato di piombo(II) e 230,0 mL di una soluzione B 0,0150 M di iodato di sodio. Considerare i volumi additivi.

**FACOLTÀ DI FARMACIA E MEDICINA**  
**Prova scritta di Chimica Generale ed Inorganica 16 aprile 2024**  
**COMPITO 2**

*La durata della prova scritta è fissata in un'ora e mezza. Non è ammessa la consultazione di testi ed appunti di Chimica e di Stechiometria*

1. In un recipiente chiuso sono in equilibrio secondo l'equazione gassosa omogenea:



2,00 moli di A, 0,500 moli di B e 1,00 moli di C alla pressione totale di 7,8 atm. Calcolare la  $K_p$  dell'equilibrio. Calcolare la pressione alla quale la frazione molare di A raggiunge all'equilibrio il valore 0,800.

2. Una soluzione acquosa 0,200 M di un acido diprotico generico  $H_2A$  ha  $pH = 2,55$ . Ad un volume di 100 mL della soluzione di  $H_2A$  vengono aggiunti 300 mL di una soluzione 0,100 M di NaOH. Il pH della soluzione ottenuta risulta essere di 8,40.

a) Calcolare le costanti  $K_{a1}$  e  $K_{a2}$  di  $H_2A$ ;

b) Calcolare inoltre il pH della soluzione che si ottiene aggiungendo 200 mL della soluzione 0,200 M di NaOH a 400 mL della soluzione di  $H_2A$  0,100 M.

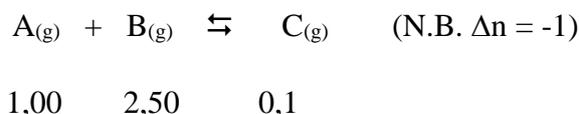
3. Alla temperatura di 25 °C il prodotto di solubilità  $K_{ps}$  di  $HgCl_2$  è  $2,60 \times 10^{-14}$ .

a) Calcolare la pressione osmotica di una soluzione satura del suddetto sale a 25 °C;

b) Calcolare la concentrazione molare di tutte le specie presenti in soluzione dopo aver mescolato 80,0 mL di una soluzione A 0,0300 M di nitrato di mercurio(II) e 200 mL di una soluzione B 0,0150 M di cloruro di potassio. Considerare additivi i volumi.

## Svolgimento 1-1

Dall'equilibrio iniziale:



$$X_A = \frac{n_A}{n_{\text{tot}}} = \frac{1,00}{1,00 + 2,50 + 0,1} = 0,278$$

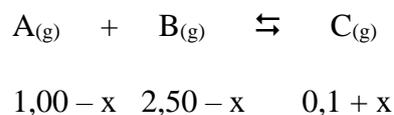
$$X_B = \frac{n_B}{n_{\text{tot}}} = \frac{2,50}{1,00 + 2,50 + 0,1} = 0,694$$

$$X_C = \frac{n_C}{n_{\text{tot}}} = \frac{0,1}{1,00 + 2,50 + 0,1} = 0,0278$$

quindi:

$$K_p = \frac{X_C}{X_A X_B} P_{\text{tot}}^{-1} = \frac{0,0278}{0,278 \cdot 0,694} 10,0^{-1} = 1,44 \cdot 10^{-2}$$

Poiché all'equilibrio iniziale  $X_C = 0,0278$ , affinché aumenti fino al valore 0,1 si dovrà avere:



e quindi:  $n_{\text{tot}} = (1,00 - x) + 2,50 - x + 0,1 + x = 3,60 - x$

Pertanto, dovendo essere:  $X_C = 0,1 = \frac{0,1 + x}{3,60 - x}$  ricaviamo che:  $x = 0,236$  moli

da cui:  $X_A = \frac{n_A}{n_{\text{tot}}} = \frac{1,00 - x}{3,60 - x} = 0,227$   $X_B = \frac{n_B}{n_{\text{tot}}} = \frac{2,50 - x}{3,60 - x} = 0,673$

Infine, utilizzando il valore della  $K_p$  precedentemente calcolato:

$$K_p = 1,44 \cdot 10^{-2} = \frac{X_C}{X_A X_B} P_{\text{tot}}^{-1} = \frac{0,1}{0,227 \cdot 0,673} P_{\text{tot}}^{-1}$$

da cui:  $P_{\text{tot}} = \frac{0,654}{1,44 \cdot 10^{-2}} = 45,4$  atm

## Svolgimento 1-2

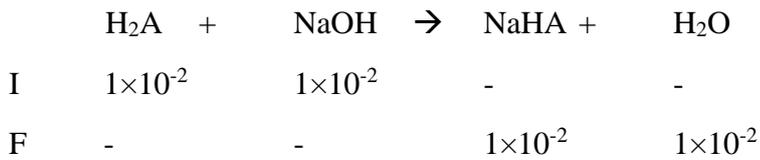
Calcoliamo la  $K_{a1}$  a partire dal pH della soluzione di  $H_2A$ :

$$[H^+] = 10^{-2,25} = \sqrt{(K_{a1} \times Ca)} \rightarrow [H^+]^2 = K_{a1} \times Ca \rightarrow K_{a1} = [H^+]^2 / Ca = \underline{3,16 \times 10^{-4}}$$

Troviamo ora le moli di NaOH e  $H_2A$  nel primo mescolamento.

$$nH_2A = M \times V = 0,100 \times 0,100 = 1 \times 10^{-2} \text{ mol} \quad nNaOH = M \times V = 0,200 \times 0,050 = 1 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Consideriamo ora la reazione tra le due specie:



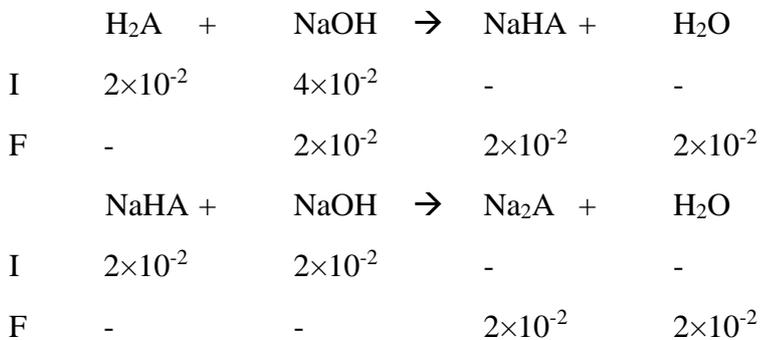
Abbiamo quindi una soluzione contenente una specie anfotila:

$$[H^+] = 10^{-5,70} = \sqrt{(K_{a1} \times K_{a2})} \rightarrow [H^+]^2 = K_{a1} \times K_{a2} \rightarrow K_{a2} = [H^+]^2 / K_{a1} = \underline{1,26 \times 10^{-8}}$$

Troviamo ora le moli di NaOH e  $H_2A$  nel secondo mescolamento.

$$nH_2A = M \times V = 0,100 \times 0,200 = 2 \times 10^{-2} \text{ mol} \quad nNaOH = M \times V = 0,200 \times 0,200 = 4 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Consideriamo ora la reazione tra le due specie:

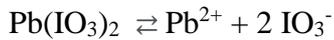


La soluzione contiene quindi il solo sale  $Na_2A$ .

$$[OH^-] = \sqrt{(K_w / K_{a2} \times Cs)} = 1,99 \times 10^{-4} \rightarrow pH = 14 - (-\log(1,99 \times 10^{-4})) = \underline{10,30}$$

### Svolgimento 1-3

Quesito 1.



$$s \qquad s \qquad 2s$$

$$K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}] \times [\text{IO}_3^-]^2 = s (2s)^2 = 4s^3$$

$$s = (K_{ps}/4)^{1/3} = (3,62 \times 10^{-13}/4)^{1/3} = 4,49 \times 10^{-5} \text{ M}$$

$$\pi = s RTv$$

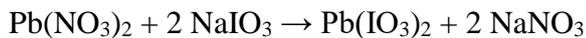
$$\pi = 4,49 \times 10^{-5} \times 0,0821 \times 298 \times 3 = \mathbf{3,29 \times 10^{-3} \text{ atm}}$$

Quesito 2.

$$V_{\text{tot}} = 95,0 + 230,0 = 325,0 \text{ mL}$$

$$\text{A) } [\text{Pb}(\text{NO}_3)_2]_i = M \times V/V_{\text{tot}} = (0,0300 \times 0,0950)/0,325 = 8,77 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{B) } [\text{NaIO}_3]_i = M \times V/V_{\text{tot}} = (0,0150 \times 0,230)/0,325 = 1,06 \times 10^{-2} \text{ M}$$

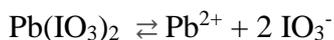


$$8,77 \times 10^{-3} \quad 1,06 \times 10^{-2}$$

$$3,47 \times 10^{-3} \quad - \quad 5,30 \times 10^{-3} \quad 1,06 \times 10^{-2}$$

Verifichiamo l'eventuale precipitazione di  $\text{Pb}(\text{IO}_3)_2$

$$[\text{Pb}^{2+}]_i \times [\text{IO}_3^-]_i^2 = 0,00877 \times (0,0106)^2 = 9,85 \times 10^{-7} > K_{ps} = 3,62 \times 10^{-13} \text{ quindi precipita}$$



$$s' \qquad s' \qquad 2s'$$



$$c \qquad c \qquad 2c$$

$$K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}] \times [\text{IO}_3^-]^2 = (s^2+c) (2s')^2 = c \cdot 4s'^2$$

$$s = (K_{ps}/4c)^{1/2} = [3,62 \times 10^{-13}/(4 \times 3,47 \times 10^{-3})]^{1/2} = 5,11 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = s' + c = 5,11 \times 10^{-6} + 3,47 \times 10^{-3} \approx c = \mathbf{3,47 \times 10^{-3} \text{ M}}; [\text{IO}_3^-] = 2s' = 2 \times 5,11 \times 10^{-6} = \mathbf{1,02 \times 10^{-5} \text{ M}}; [\text{NO}_3^-] = (2 \times 3,47 \times 10^{-3}) + 0,0106 = \mathbf{0,0175 \text{ M}}; [\text{Na}^+] = \mathbf{1,06 \times 10^{-2} \text{ M}}$$

## Svolgimento 2-1

Dall'equilibrio iniziale:



$$2,0 \quad 0,5 \quad 1,0$$

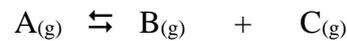
$$X_A = \frac{2,00}{2,00 + 0,50 + 1,00} = 0,571$$

$$X_B = \frac{0,500}{2,00 + 0,50 + 1,00} = 0,143$$

$$X_C = \frac{1,00}{2,00 + 0,50 + 1,00} = 0,286$$

$$K_p = \frac{X_B X_C}{X_A} P_{\text{tot}} = \frac{0,143 \cdot 0,286}{0,571} 7,8 = \mathbf{0,559}$$

Poiché all'equilibrio iniziale  $X_A = 0,571$ , affinché aumenti fino al valore 0,800 si dovrà avere:



$$2,00 + x \quad 0,50 - x \quad 1,00 - x$$

e quindi:  $n_{\text{tot}} = (2,00 + x) + 0,50 - x + 1,0 - x = 3,50 - x$

Pertanto, dovendo essere:

$$X_A = 0,800 = \frac{2,00+x}{3,50-x} \quad \text{ricaviamo che:} \quad x = 0,444 \text{ moli}$$

$$X_B = \frac{0,5-x}{3,50-x} = 0,0183 \quad X_C = \frac{1-x}{3,50-x} = 0,182$$

Infine, utilizzando il valore della  $K_p$  precedentemente calcolato:

$$K_p = 0,559 = \frac{X_B X_C}{X_A} P_{\text{tot}} = \frac{0,0183 \cdot 0,182}{0,800} P_{\text{tot}}$$

da cui:  $P_{\text{tot}} = 134,3 \text{ atm}$

## Svolgimento 2-2

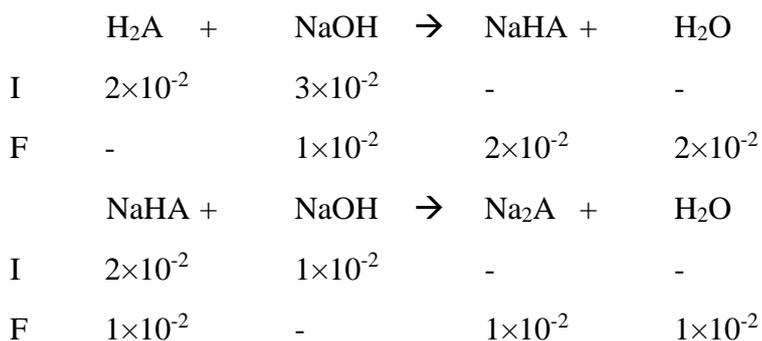
Calcoliamo la  $K_{a1}$  a partire dal pH della soluzione di  $H_2A$ :

$$[H^+] = 10^{-2,55} = \sqrt{(K_{a1} \times Ca)} \rightarrow [H^+]^2 = K_{a1} \times Ca \rightarrow K_{a1} = [H^+]^2 / Ca = \underline{3,97 \times 10^{-5}}$$

Troviamo ora le moli di NaOH e  $H_2A$  nel primo mescolamento.

$$n_{H_2A} = M \times V = 0,200 \times 0,100 = 2 \times 10^{-2} \text{ mol} \quad n_{NaOH} = M \times V = 0,100 \times 0,300 = 3 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Consideriamo ora la reazione tra le due specie:



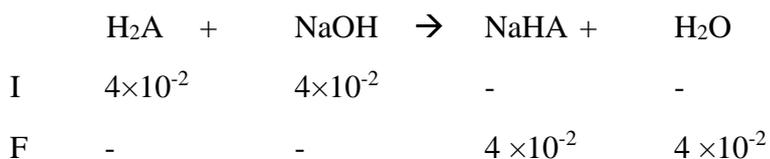
Abbiamo quindi una soluzione contenente un tampone perfetto:

$$[H^+] = 10^{-8,40} = K_{a2} \rightarrow K_{a2} = \underline{3,98 \times 10^{-9}}$$

Troviamo ora le moli di NaOH e  $H_2A$  nel secondo mescolamento.

$$n_{H_2A} = M \times V = 0,100 \times 0,400 = 4 \times 10^{-2} \text{ mol} \quad n_{NaOH} = M \times V = 0,200 \times 0,200 = 4 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Consideriamo ora la reazione tra le due specie:



Abbiamo quindi una soluzione contenente una specie anfotila:

$$[H^+] = \sqrt{(K_{a1} \times K_{a2})} = \sqrt{(3,97 \times 10^{-5} \times 3,98 \times 10^{-9})} = 3,97 \times 10^{-7} \rightarrow \text{pH} = \underline{6,40}$$

### Svolgimento 2-3

Quesito 1.



$$s \qquad s \qquad 2s$$

$$K_{ps} = [\text{Hg}^{2+}] \times [\text{Cl}^-]^2 = s (2s)^2 = 4s^3$$

$$s = (K_{ps}/4)^{1/3} = (2,60 \times 10^{-14}/4)^{1/3} = 1,87 \times 10^{-5} \text{ M}$$

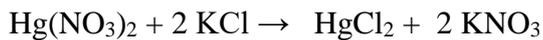
$$\pi = s RT v = 1,87 \times 10^{-5} \times 0,0821 \times 298 \times 3 = \mathbf{1,37 \times 10^{-3} \text{ atm}}$$

Quesito 2.

$$V_{\text{tot}} = 0,080 + 0,200 = 0,280 \text{ L}$$

$$\text{A) } [\text{Hg}(\text{NO}_3)_2]_i = M \times V/V_{\text{tot}} = (0,0300 \times 0,080)/0,280 = 8,57 \times 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{B) } [\text{KCl}]_i = M \times V/V_{\text{tot}} = (0,0150 \times 0,200)/0,280 = 1,07 \times 10^{-2} \text{ M}$$



$$8,57 \times 10^{-3} \quad 1,07 \times 10^{-2}$$

$$3,22 \times 10^{-3} \quad - \quad 5,35 \times 10^{-3} \quad 1,07 \times 10^{-2}$$

Verifichiamo l'eventuale precipitazione di  $\text{HgCl}_2$

$$[\text{Hg}^{2+}]_i \times [\text{Cl}^-]_i^2 = (8,57 \times 10^{-3}) \times (1,07 \times 10^{-2})^2 = 9,81 \times 10^{-7} > K_{ps} = 2,60 \times 10^{-14} \text{ quindi precipita}$$



$$s' \qquad s' \qquad 2s'$$



$$c \qquad c \qquad 2c$$

$$K_{ps} = [\text{Hg}^{2+}] \times [\text{Cl}^-]^2 = (s'+c) (2s')^2 = c \cdot 4s'^2$$

$$s = (K_{ps}/4c)^{1/2} = [2,60 \times 10^{-14}/(4 \times 3,22 \times 10^{-3})]^{1/2} = 1,42 \times 10^{-6} \text{ M}$$

$$[\text{Hg}^{2+}] = s' + c = 1,42 \times 10^{-6} + 3,22 \times 10^{-3} \approx \mathbf{c = 3,22 \times 10^{-3} \text{ M}}; [\text{Cl}^-] = 2s' = 2 \times 1,42 \times 10^{-6} = \mathbf{2,84 \times 10^{-6} \text{ M}}; [\text{NO}_3^-] = (2 \times 3,22 \times 10^{-3}) + 1,07 \times 10^{-2} = \mathbf{0,0171 \text{ M}}; [\text{K}^+] = \mathbf{1,07 \times 10^{-2} \text{ M}}$$