

**Laurea Triennale in Geologia**  
226SM - CHIMICA GENERALE CON  
LABORATORIO ED ELEMENTI DI  
ORGANICA

**Laboratorio di  
Chimica  
Generale**

**Esperienza  
N° 2**

**Equilibri in  
soluzione**

1

**EQUILIBRI**

- Verifica della legge di azione di massa
- Verifica dell'effetto della temperatura

➤ Equilibri chimici dello ione  $\text{Fe}^{3+}$

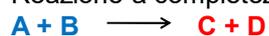
➤ Equilibri chimici dello ione  $\text{Co}^{2+}$

2

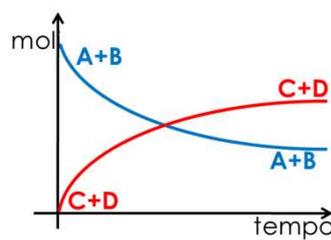
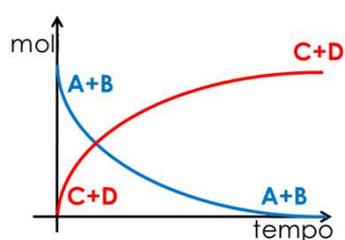
## EQUILIBRI

Non tutte le reazioni giungono a completezza consumando tutti i reagenti. Alcune reazioni raggiungono uno stato di **equilibrio chimico** in cui sono ancora presenti una parte dei reagenti, accanto ai prodotti di reazione.

Reazione a completezza:



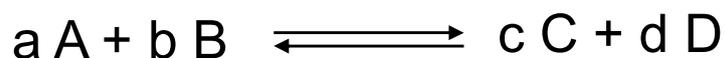
Reazione reversibile o all'equilibrio:



3

## EQUILIBRI

- Equilibrio chimico



Si instaura un equilibrio quando la velocità delle reazioni diretta ed inversa si equivalgono.

$$K = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

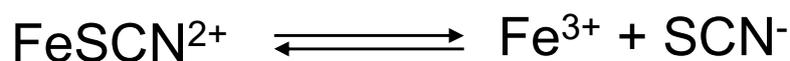
*Legge di azione di massa*

4

## EQUILIBRI

## • Esercizio:

Vengono mescolati 250 mL di soluzione di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.010M con 150 mL di soluzione di KSCN 0.050 M. Calcolare le concentrazioni delle varie specie all'equilibrio considerando la reazione:



$$K = \frac{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]}{[\text{FeSCN}^{2+}]} = 3.00 * 10^{-4}$$

5

## EQUILIBRI

Vengono mescolati 250 mL di soluzione di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.010M con 150 mL di soluzione di KSCN 0.050 M. Calcolare le concentrazioni delle varie specie all'equilibrio considerando la reazione:

$$[\text{Fe}^{3+}]_i = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_s * V_s}{V_{\text{MIX}}} = \frac{0.010 * 250}{250 + 150} = 6.25 * 10^{-3} \text{M}$$

$$[\text{SCN}^-]_i = \frac{[\text{SCN}^-]_s * V_s}{V_{\text{MIX}}} = \frac{0.050 * 150}{250 + 150} = 1.87 * 10^{-2} \text{M}$$

	$\text{FeSCN}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+}$	+	$\text{SCN}^-$
$C_i$	----		$6.25 * 10^{-3}$		$1.87 * 10^{-2}$
$\Delta$					
$C_{\text{eq}}$					

6

## EQUILIBRI

Vengono mescolati 250 mL di soluzione di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.010M con 150 mL di soluzione di  $\text{KSCN}$  0.050 M. Calcolare le concentrazioni delle varie specie all'equilibrio considerando la reazione:

$$[\text{Fe}^{3+}]_i = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_s * V_s}{V_{\text{MIX}}} = \frac{0.010 * 250}{250 + 150} = 6.25 * 10^{-3} \text{M}$$

$$[\text{SCN}^-]_i = \frac{[\text{SCN}^-]_s * V_s}{V_{\text{MIX}}} = \frac{0.050 * 150}{250 + 150} = 1.87 * 10^{-2} \text{M}$$

	$\text{FeSCN}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+}$	+	$\text{SCN}^-$
$C_i$	----		$6.25 * 10^{-3}$		$1.87 * 10^{-2}$
$\Delta$	+ x		- x		- x
$C_{\text{eq}}$					

7

## EQUILIBRI

Vengono mescolati 250 mL di soluzione di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.010M con 150 mL di soluzione di  $\text{KSCN}$  0.050 M. Calcolare le concentrazioni delle varie specie all'equilibrio considerando la reazione:

$$[\text{Fe}^{3+}]_i = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_s * V_s}{V_{\text{MIX}}} = \frac{0.010 * 250}{250 + 150} = 6.25 * 10^{-3} \text{M}$$

$$[\text{SCN}^-]_i = \frac{[\text{SCN}^-]_s * V_s}{V_{\text{MIX}}} = \frac{0.050 * 150}{250 + 150} = 1.87 * 10^{-2} \text{M}$$

	$\text{FeSCN}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+}$	+	$\text{SCN}^-$
$C_i$	----		$6.25 * 10^{-3}$		$1.87 * 10^{-2}$
$\Delta$	+ x		- x		- x
$C_{\text{eq}}$	x		$6.25 * 10^{-3} - x$		$1.87 * 10^{-2} - x$

8

## EQUILIBRI

Vengono mescolati 250 mL di soluzione di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.010M con 150 mL di soluzione di KSCN 0.050 M. Calcolare le concentrazioni delle varie specie all'equilibrio considerando la reazione:

	$\text{FeSCN}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+}$	+	$\text{SCN}^-$
$C_i$	----		$6.25 \cdot 10^{-3}$		$1.87 \cdot 10^{-2}$
$\Delta$	+ x		- x		- x
$C_{\text{eq}}$	x		$6.25 \cdot 10^{-3} - x$		$1.87 \cdot 10^{-2} - x$

$$K = \frac{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]}{[\text{FeSCN}^{2+}]} = \frac{(6.25 \cdot 10^{-3} - x)(1.87 \cdot 10^{-2} - x)}{x} = 3.00 \cdot 10^{-4}$$

~~$x_1 = 1.92 \cdot 10^{-2} \text{M}$~~

$x_2 = 6.10 \cdot 10^{-3} \text{M}$

$[\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{eq}} = 6.10 \cdot 10^{-3} \text{M}$

$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{eq}} = 1.45 \cdot 10^{-4} \text{M}$

$[\text{SCN}^-]_{\text{eq}} = 1.26 \cdot 10^{-2} \text{M}$

9

## EQUILIBRI

- Principio di Le Châtelier

*Quando un sistema all'equilibrio viene perturbato, il sistema reagisce in maniera tale da minimizzare la perturbazione*

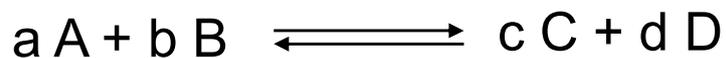
Possibili perturbazioni:

- Aggiunta di reagenti / prodotti
- Consumo di reagenti / prodotti (in un'altra reazione)
- Aumento / diminuzione di temperatura
- Aumento / diminuzione di pressione (se presenti componenti gassosi)

10

## EQUILIBRI

- Equilibrio chimico



Per ogni singolo istante si può scrivere:

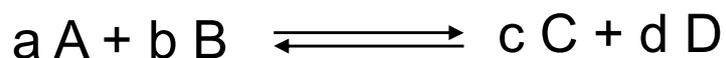
$$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

*Quoziente di reazione*

11

## EQUILIBRI

- Equilibrio chimico



$$Q = \frac{[C]^c [D]^d}{[A]^a [B]^b}$$

**Se  $Q < K$**

La reazione si sta spostando verso la formazione dei prodotti

**Se  $Q > K$**

La reazione si sta spostando verso la formazione dei reagenti

12

## EQUILIBRI

- Esercizio:

Al sistema all'equilibrio precedente:



vengono aggiunti 15.00 mL di soluzione di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.010M. Prevedere come viene perturbato l'equilibrio e calcolare le concentrazioni delle varie specie al raggiungimento delle nuove condizioni di equilibrio.

13

## EQUILIBRI

Al sistema all'equilibrio precedente, vengono aggiunti 15.00 mL di soluzione di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.010M. Prevedere come si viene perturbato l'equilibrio e calcolare le concentrazioni delle varie specie al raggiungimento delle nuove condizioni di equilibrio.

$$[\text{Fe}^{3+}]_i = \frac{[\text{Fe}^{3+}]_{\text{eq1}} \cdot V_{\text{MIX}} + [\text{Fe}^{3+}]_{\text{agg}} \cdot V_{\text{agg}}}{V_{\text{MIX}} + V_{\text{agg}}}$$

$$= \frac{1.45 \cdot 10^{-4} \cdot 400 + 0.010 \cdot 15.00}{400 + 15.00} = 5.01 \cdot 10^{-4} \text{M}$$

$$[\text{SCN}^-]_i = \frac{[\text{SCN}^-]_{\text{eq1}} \cdot V_{\text{MIX}}}{V_{\text{MIX}} + V_{\text{agg}}} = \frac{1.26 \cdot 10^{-2} \cdot 400}{400 + 15.00} = 1.21 \cdot 10^{-2} \text{M}$$

$$[\text{FeSCN}^{2+}]_i = \frac{[\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{eq1}} \cdot V_{\text{MIX}}}{V_{\text{MIX}} + V_{\text{agg}}} = \frac{6.10 \cdot 10^{-3} \cdot 400}{400 + 15.00} = 5.88 \cdot 10^{-3} \text{M}$$

14

## EQUILIBRI

Al sistema all'equilibrio precedente, vengono aggiunti 15.00 mL di soluzione di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.010M. Prevedere come si viene perturbato l'equilibrio e calcolare le concentrazioni delle varie specie al raggiungimento delle nuove condizioni di equilibrio.

	$\text{FeSCN}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+}$	+	$\text{SCN}^-$
$C_i$	$5.88 \cdot 10^{-3}$		$5.01 \cdot 10^{-4}$		$1.21 \cdot 10^{-2}$
$\Delta$					
$C_{\text{eq}}$					

$$Q = \frac{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]}{[\text{FeSCN}^{2+}]} = \frac{5.01 \cdot 10^{-4} \cdot 1.21 \cdot 10^{-2}}{5.88 \cdot 10^{-3}} = 1.045 \cdot 10^{-3}$$

$$K = 3.00 \cdot 10^{-4}$$

In che direzione si sposterà l'equilibrio?

15

## EQUILIBRI

Al sistema all'equilibrio precedente, vengono aggiunti 15.00 mL di soluzione di  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  0.010M. Prevedere come si viene perturbato l'equilibrio e calcolare le concentrazioni delle varie specie al raggiungimento delle nuove condizioni di equilibrio.

	$\text{FeSCN}^{2+}$	$\rightleftharpoons$	$\text{Fe}^{3+}$	+	$\text{SCN}^-$
$C_i$	$5.88 \cdot 10^{-3}$		$5.01 \cdot 10^{-4}$		$1.21 \cdot 10^{-2}$
$\Delta$	+ x		- x		- x
$C_{\text{eq}}$	$5.88 \cdot 10^{-3} + x$		$5.01 \cdot 10^{-4} - x$		$1.21 \cdot 10^{-2} - x$

$$K = \frac{[\text{Fe}^{3+}][\text{SCN}^-]}{[\text{FeSCN}^{2+}]} = \frac{(5.01 \cdot 10^{-4} - x)(1.21 \cdot 10^{-2} - x)}{5.88 \cdot 10^{-3} + x} = 3.00 \cdot 10^{-4}$$

~~$$x_1 = 1.26 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$~~

$$x_2 = 3.42 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{FeSCN}^{2+}]_{\text{eq}} = 6.22 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$[\text{Fe}^{3+}]_{\text{eq}} = 1.59 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$[\text{SCN}^-]_{\text{eq}} = 1.18 \cdot 10^{-2} \text{ M}$$

16



## EQUILIBRI

- *Parte B*
- Preparare 10 mL di soluzione 0.100 M di KSCN.
- Preparate 25 mL di due nuove soluzioni andando a diluire 10 volte le soluzioni a disposizione, ottenendo così una soluzione di  $\text{Fe}^{3+}$  0.020 M and una soluzione di  $\text{SCN}^-$  0.010 M.

19

## EQUILIBRI

- Usando 4 provette e pipette graduate di adeguato volume, preparare le seguenti mescole (una per ogni provetta):

Provetta	Volume $\text{Fe}^{3+}$ 0.020M	Volume $\text{SCN}^-$ 0.010M	Volume $\text{H}_2\text{O}$
1	1.0	0.5	8.5
2	1.0	1.0	8.0
3	1.0	2.0	7.0
4	1.0	3.0	6.0

20

## EQUILIBRI

- Si instaura l'equilibrio:

$$K = 3.00 \cdot 10^{-4}$$



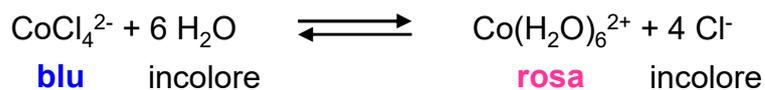
- Osservare l'intensità del colore della soluzione.
- Per ogni miscela, calcolare le concentrazioni delle varie specie in soluzione e, sulla base dei risultati, giustificare le osservazioni fatte.

21

## EQUILIBRI

- *Parte C*

- Prelevare 5.0 mL di una soluzione 0.1M di  $\text{CoCl}_2$  in etanolo anidro e porli in una provetta.
- Aggiungere  $\text{H}_2\text{O}$  goccia a goccia fermandosi alla prima goccia che fa diventare la soluzione completamente rosa (ancora con qualche riflesso viola).
- Si instaura l'equilibrio:



22

## EQUILIBRI

## Statuine segnatempo



23

## EQUILIBRI

- Dividere la soluzione ottenuta in due provette.
- Alla prima provetta, aggiungere soluzione satura di  $\text{CaCl}_2$  e registrare il fenomeno osservato.
- Usare la seconda provetta per verificare l'effetto del cambiamento di temperatura, ponendola prima in bagnomaria a  $50-60^\circ\text{C}$  e successivamente in bagno a ghiaccio. Registrare il fenomeno osservato.

24

**EQUILIBRI****Smaltimento dei rifiuti**

- Parte A: nessun problema di tossicità.
- Parte B: riunire tutte le soluzioni in ambiente basico nella bottiglia dei metalli pesanti.
- Parte C: smaltire tutte le soluzioni ed acetone usato per lavaggio nel recupero dei solventi non clorurati.

25

**EQUILIBRI****Per casa: compilazione della scheda.**

- Parte A: Descrivere fenomeno osservato e giustificarlo.
- Parte B: Calcolare le concentrazioni delle specie in soluzione nelle varie provette. Sulla base dei risultati, descrivere fenomeno osservato e giustificarlo.
- Parte C: Descrivere fenomeno osservato e giustificarlo.

26