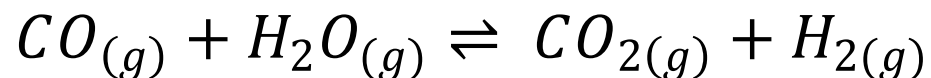


Esercizio 28 degli Esercizi di Ricapitolazione:

La costante di equilibrio a 950°C per la reazione:



è $K_p = 0.64$.

- (a) Calcolare le moli di ciascun componente quando si raggiunge l'equilibrio partendo da 2.0 mol di ossido di carbonio e 2.0 mol di acqua e la composizione in peso della miscela gassosa all'equilibrio.
- (b) Al sistema all'equilibrio di aggiungono 42 g di CO e 88 g di CO₂. Stabilire in quale direzione si sposta l'equilibrio e valutare l'entità dello spostamento dalla variazione del numero di moli di idrogeno.

P	$CO_{(g)}$	$+ H_2O_{(g)}$	\rightleftharpoons	$CO_{2(g)}$	$+ H_{2(g)}$
I	$2 \frac{RT}{V}$	$2 \frac{RT}{V}$	-	-	-
C	$-x \frac{RT}{V}$	$-x \frac{RT}{V}$		$+x \frac{RT}{V}$	$+x \frac{RT}{V}$
E	$(2-x) \frac{RT}{V}$	$(2-x) \frac{RT}{V}$		$x \frac{RT}{V}$	$x \frac{RT}{V}$

$$n_{H_2O,in} = n_{CO,in} = 2.0 \text{ mol}$$

$$P_{H_2O,in} = \frac{nRT}{V} = n_{H_2O,in} \cdot \frac{RT}{V}$$

$$K_P = \frac{P_{CO_2} \cdot P_{H_2}}{P_{CO} \cdot P_{H_2O}} = 0.64$$

$$K_P = \frac{x^2 \cdot \left(\frac{RT}{V}\right)^2}{(2-x)^2 \cdot \left(\frac{RT}{V}\right)^2} = \frac{x^2}{(2-x)^2} = 0.64 \quad \frac{x}{2-x} = 0.8 \quad x = 0.89 \text{ mol}$$

$$n_{H_2O,eq} = n_{CO,eq} = 2.0 \text{ mol} - x = 1.11 \text{ mol}$$

$$n_{CO_2,eq} = n_{H_2,eq} = 0.89 \text{ mol}$$

$$MM_{CO} = 28.01 \frac{g}{mol} \quad MM_{H_2O} = 18.02 \frac{g}{mol} \quad MM_{H_2} = 2.02 \frac{g}{mol} \quad MM_{CO_2} = 44.01 \frac{g}{mol}$$

$$m_{CO} = n \cdot MM = 31.09 \text{ g} \quad m_{H_2O} = n \cdot MM = 20.00 \text{ g} \quad m_{H_2} = n \cdot MM = 1.80 \text{ g}$$

$$m_{CO_2} = n \cdot MM = 39.17 \text{ g}$$

$$m_{tot} = m_{CO} + m_{H_2O} + m_{CO_2} + m_{H_2} = 92.06 \text{ g}$$

$$\%_{CO} = \frac{m_{CO}}{m_{tot}} \cdot 100 = 33.77\%$$

$$\%_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{m_{tot}} \cdot 100 = 21.72\%$$

$$\%_{H_2} = \frac{m_{H_2}}{m_{tot}} \cdot 100 = 1.96\%$$

$$\%_{CO_2} = \frac{m_{CO_2}}{m_{tot}} \cdot 100 = 42.55\%$$

P	$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$			
E	$1.11 \frac{RT}{V}$	$1.11 \frac{RT}{V}$	$0.89 \frac{RT}{V}$	$0.89 \frac{RT}{V}$

$$m_{CO,agg} = 42 \text{ g}$$

$$n_{CO,agg} = \frac{m}{MM} = 1.5 \text{ mol}$$

P	$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$			
I	$2.6 \frac{RT}{V}$	$1.11 \frac{RT}{V}$	$2.9 \frac{RT}{V}$	$0.89 \frac{RT}{V}$
C	$+y \frac{RT}{V}$	$+y \frac{RT}{V}$	$-y \frac{RT}{V}$	$-y \frac{RT}{V}$
E	$(2.6 + y) \frac{RT}{V}$	$(1.11 + y) \frac{RT}{V}$	$(2.9 - y) \frac{RT}{V}$	$(0.89 - y) \frac{RT}{V}$

$$n_{CO,i} = (1.11 + 1.5) \text{ mol} = 2.6 \text{ mol}$$

$$m_{CO_2,agg} = 88 \text{ g}$$

$$n_{CO_2,agg} = \frac{m}{MM} = 2.0 \text{ mol}$$

$$n_{CO_2,i} = (0.89 + 2.0) \text{ mol} = 2.9 \text{ mol}$$

$$Q_{in} = \frac{P_{CO_2,in} \cdot P_{H_2,in}}{P_{CO,in} \cdot P_{H_2O,in}} = \frac{2.9 \frac{RT}{V} \cdot 0.89 \frac{RT}{V}}{2.6 \frac{RT}{V} \cdot 1.11 \frac{RT}{V}} = 0.89$$

$$K_P = 0.64$$

$$Q_{in} > K_P$$

Reazione inversa favorita

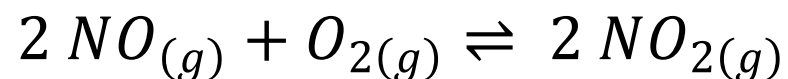
$$K_P = \frac{P_{CO_2,eq} \cdot P_{H_2,eq}}{P_{CO,eq} \cdot P_{H_2O,eq}} = \frac{(2.9 - y) \frac{RT}{V} \cdot (0.89 - y) \frac{RT}{V}}{(2.6 + y) \frac{RT}{V} \cdot (1.11 + y) \frac{RT}{V}} = \frac{(2.9 - y) \cdot (0.89 - y)}{(2.6 + y) \cdot (1.11 + y)} = 0.64$$

$$y = 0.12 = -\Delta n_{H_2}$$

$$\Delta n_{H_2} = -0.12$$

Esercizio 29 degli Esercizi di Ricapitolazione:

Dato l'equilibrio:



facendo reagire ad una certa temperatura 2.00 mol di NO e 1.00 mol di O₂, quando l'equilibrio viene raggiunto si sono formate 1.9 mol di NO₂ e la pressione totale nel recipiente è di 0.80 atm. Calcolare a quella temperatura il valore di K_p per la reazione.

P	$2 NO_{(g)}$	+	$O_{2(g)}$	\rightleftharpoons	$2 NO_{2(g)}$	$P_{NO,i} = n \frac{RT}{V} = 2.00 \frac{RT}{V}$
I	$2.00 \frac{RT}{V}$		$1.00 \frac{RT}{V}$		-	$P_{O_2,i} = 1.00 \frac{RT}{V}$
C	$-2x$		$-x$		$+2x$	$P_{NO_2,eq} = 1.9 \frac{RT}{V}$
E	$2 \frac{RT}{V} - 2x = 0.10 \frac{RT}{V}$		$\frac{RT}{V} - x = 0.05 \frac{RT}{V}$		$2x = 1.9 \frac{RT}{V}$	$2x = 1.9 \frac{RT}{V} \Rightarrow x = 0.95 \frac{RT}{V}$

$$P_{tot} = 0.80 \text{ atm} = P_{NO} + P_{O_2} + P_{NO_2} = 0.10 \frac{RT}{V} + 0.05 \frac{RT}{V} + 1.9 \frac{RT}{V} = 2.05 \frac{RT}{V}$$

$$\frac{RT}{V} = \frac{0.80}{2.05} = 0.39 \text{ atm/mol}$$

$$P_{NO_2} = 1.9 \frac{RT}{V} = 0.74 \text{ atm}$$

$$P_{O_2} = 1.95 \cdot 10^{-2} \text{ atm}$$

$$P_{NO} = 3.90 \cdot 10^{-2} \text{ atm}$$

$$K_P = \frac{P_{NO_2}^2}{P_{NO}^2 \cdot P_{O_2}} = \frac{(0.74)^2}{(3.90 \cdot 10^{-2})^2 \cdot 1.95 \cdot 10^{-2}} = 1.8 \cdot 10^4$$

Esercizio 33 degli Esercizi di Ricapitolazione:

La reazione: $C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2 CO_{(g)}$ avviene ad alta temperatura. A $700^{\circ}C$, un matraccio del volume di 2.0 L contiene 0.10 mol di CO, 0.20 mol di CO_2 e 0.40 mol di C. Se all'inizio nel reattore era stato posto solo monossido di carbonio e carbone solido, calcolare il numero di moli di CO che devono essere state introdotte.

[]	$C_{(s)}$	+	$CO_{2(g)}$	\rightleftharpoons	$2 CO_{(g)}$
I			-		$[CO]_i$
C			$+x$		$-2x$
E			$0.10 \frac{mol}{L} = x$		$0.050 \frac{mol}{L} = [CO]_i - 2x$

$$T = 973 K \quad V = 2.0 L$$

$$[CO]_{eq} = \frac{n_{CO}}{V} = \frac{0.10 \text{ mol}}{2.0 L} = 0.050 \text{ mol/L}$$

$$[CO_2]_{eq} = \frac{n_{CO_2}}{V} = \frac{0.20 \text{ mol}}{2.0 L} = 0.10 \text{ mol/L}$$

$$x = 0.10 \text{ mol/L}$$

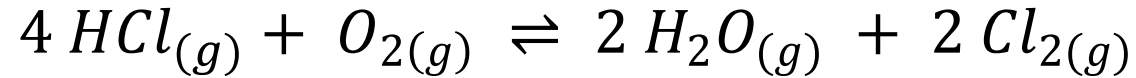
$$[CO]_i - 2x = 0.050 \text{ mol/L}$$

$$[CO]_i = 0.25 \frac{mol}{L}$$

$$n_{CO} = [CO]_i \cdot V = 0.25 \frac{mol}{L} \cdot 2.0 L = 0.50 \text{ mol}$$

Esercizio 34 degli Esercizi di Ricapitolazione:

1.0 dm³ di HCl e 2.0 dm³ di O₂ (misurati nelle condizioni standard) sono portati a 673 K e a 1.01·10⁵ Pa in un recipiente chiuso. All'equilibrio si sono formati 1.05 dm³ di Cl₂. Calcolare K_p della reazione:



P	$4 HCl_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2 H_2O_{(g)} + 2 Cl_{2(g)}$			
I	$4.46 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{RT}{V}$	$8.92 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{RT}{V}$	/	/
C	$-4x \frac{RT}{V}$	$-x \frac{RT}{V}$	$+2x \frac{RT}{V}$	$+2x \frac{RT}{V}$
E	$(0.0446 - 4x) \frac{RT}{V}$	$(0.0892 - x) \frac{RT}{V}$	$2x \frac{RT}{V}$	$2x \frac{RT}{V}$

$$V_{HCl,i} = 1.0 \text{ dm}^3 = 1.0 \text{ L}$$

$$P = 1 \text{ atm}, T = 273 \text{ K}$$

$$n_{HCl,i} = \frac{PV}{RT} = 4.46 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$V_{O_2,i} = 2.0 \text{ dm}^3 = 2.0 \text{ L}$$

$$P = 1 \text{ atm}, T = 273 \text{ K}$$

$$n_{O_2,i} = \frac{PV}{RT} = 8.92 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$P_{HCl,i} = n_{HCl,i} \cdot \frac{RT}{V} = 4.46 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{RT}{V}$$

$$P_{O_2,i} = n_{O_2,i} \cdot \frac{RT}{V} = 8.92 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{RT}{V}$$

$$V_{Cl_2,eq} = 1.05 \text{ dm}^3 = 1.05 \text{ L} \quad P = 1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 1.00 \text{ atm}, T = 673 \text{ K}$$

$$n_{Cl_2,eq} = \frac{PV}{RT} = 1.90 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad P_{Cl_2,eq} = n_{Cl_2,eq} \cdot \frac{RT}{V} = 1.90 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{RT}{V} = 2x \cdot \frac{RT}{V}$$

$$2x = 1.90 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \quad x = 9.50 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$P_{HCl,eq} = 6.60 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \frac{RT}{V} \quad P_{O_2,eq} = 7.97 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \frac{RT}{V}$$

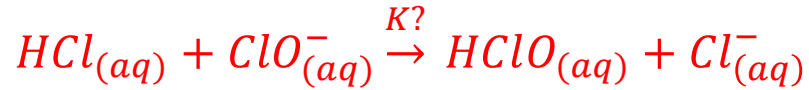
$$P_{Cl_2,eq} = P_{H_2O,eq} = 1.90 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \frac{RT}{V}$$

$$K_P = \frac{P_{Cl_2}^2 \cdot P_{H_2O}^2}{P_{HCl}^4 \cdot P_{O_2}} = \frac{(1.90 \cdot 10^{-2} \text{ mol})^4 \cdot \left(\frac{RT}{V}\right)^4}{(6.60 \cdot 10^{-3} \text{ mol})^4 \cdot \left(\frac{RT}{V}\right)^4 \cdot 7.97 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \frac{RT}{V}}$$

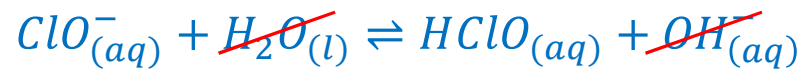
Esercizio 41 degli Esercizi di Ricapitolazione:

Vengono mescolate quantità equimolari di acido cloridrico e ipoclorito di sodio.

- (a) Scrivere l'equazione per la reazione acido-base che può in linea di principio avvenire.
- (b) L'equilibrio è spostato a destra o a sinistra?



$$K_{a,\text{HCl}} \gg 1$$



$$K_{b,\text{ClO}^-} = \frac{K_w}{K_{a,\text{HClO}}}$$



$$\frac{1}{K_w}$$



$$K = K_{a,\text{HCl}} \cdot \frac{K_w}{K_{a,\text{HClO}}} \cdot \frac{1}{K_w} = \frac{K_{a,\text{HCl}}}{K_{a,\text{HClO}}}$$

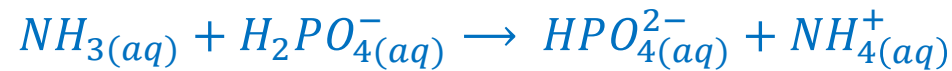
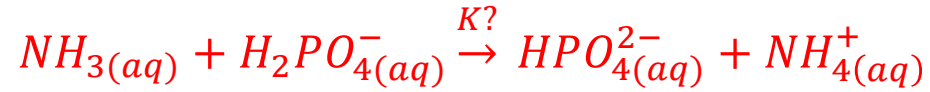
$$K_{a,\text{HClO}} = 3.0 \cdot 10^{-5}$$

$$K \gg 1$$

Esercizio 42 degli Esercizi di Ricapitolazione:

Vengono mescolate quantità equimolari di ammoniaca e diidrogenofosfato di sodio.

- (a) Scrivere l'equazione per la reazione acido-base che può in linea di principio avvenire.
- (b) L'equilibrio è spostato a destra o a sinistra?

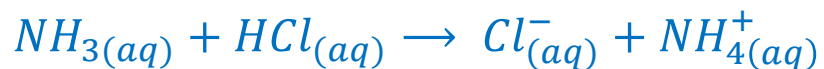


$$K = K_{b,\text{NH}_3} \cdot K_{a2,\text{H}_3\text{PO}_4} \cdot \frac{1}{K_w} = \frac{1.8 \cdot 10^{-5} \cdot 6.2 \cdot 10^{-8}}{10^{-14}} = 111$$

$$K \gg 1$$

Esercizio 43 degli Esercizi di Ricapitolazione:

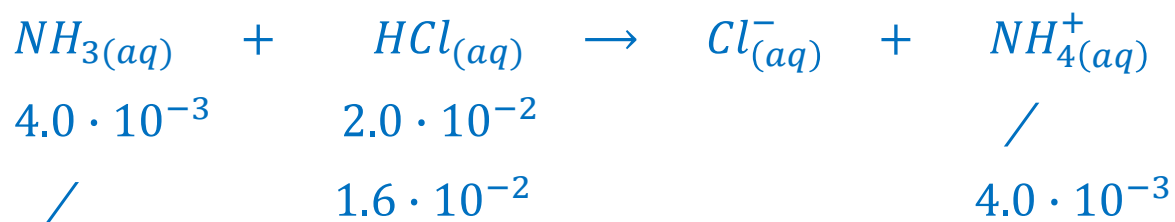
Calcolare la concentrazione dello ione idronio ed il pH quando 10.0 mL di NH_3 0.40 M sono mescolati con 50.0 mL di HCl 0.40 M. ($K_b = 1.8 \cdot 10^{-5}$)



$$n_{NH_3} = [NH_3] \cdot V = 0.40 \text{ mol/L} \cdot 0.010 \text{ L} = 4.0 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n_{HCl} = [HCl] \cdot V = 0.40 \text{ mol/L} \cdot 0.050 \text{ L} = 2.0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

$$n_{HCl} > n_{NH_3}$$



$$[HCl] = \frac{n_{HCl}}{V_{tot}} \approx \frac{1.6 \cdot 10^{-2} \text{ mol}}{0.010 \text{ L} + 0.050 \text{ L}} = 0.267 \text{ mol/L} = [H_3O^+]$$

$$pH = -\log[H_3O^+] = 0.57$$