

Capitolo 19 L'equilibrio chimico

Hai capito?

- pag. 484** ■ I vapori violetti di iodio riempiono in modo uniforme lo spazio nel pallone e alcuni cristalli rimangono allo stato solido; alcune molecole di iodio sublimano e altrettante molecole di iodio passano dallo stato aeriforme allo stato solido; $I_{2(s)} \rightleftharpoons I_{2(g)}$
- pag. 486** ■ Anche all'equilibrio avvengono le reazioni di sintesi e di decomposizione, pertanto si formerà HD:
 $HI + DI \rightarrow HD + I_2$
- pag. 487** ■ $K_{\text{inversa}} = 1/K_{\text{diretta}}$
■ Non si ottengono valori costanti.
- pag. 489** ■ $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$; verso i prodotti.
■ a) $K_{\text{eq}} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$; b) $K_{\text{eq}} = \frac{[H^+][SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]}$; c) $K_{\text{eq}} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^2}$; d) $K_{\text{eq}} = [CO_2]$
- pag. 490** ■ $[H_2]$ e $[I_2] = 0,21 \text{ M}$; $[HI] = 1,58 \text{ M}$
■ a. $k_p = (p_{HCl})^2/(p_{H_2}) \cdot (p_{Cl_2})$; $k_p = (p_{SO_3}) \cdot (p_{NO})/(p_{SO_2}) \cdot (p_{NO_2})$; $k_p = (p_{Cl})^2/(p_{Cl_2})$
b. $\Delta n = 0$; $\Delta n = 0$; $\Delta n = 1$
c. $K_p = K_c$; $K_p = K_c$; $K_p = K_c \cdot RT$
d. $K_p = 4 \cdot 10^{31}$; $K_p = 3$; $K_p = 2,9 \cdot 10^{-6}$
- pag. 491** ■ Endotermica.
- pag. 493 A** ■ La reazione diretta.
- pag. 493 B** ■ I reagenti hanno minore energia libera; no, occorre conoscere ΔH .
- pag. 494** ■ No.
- pag. 497** ■ a, b, spostandosi verso i prodotti; c, spostandosi verso i reagenti; d, nessun effetto.
- pag. 499** ■ $6,7 \cdot 10^{-5} \text{ M}$
■ $8,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}$
- pag. 500** ■ Ad alta temperatura.
■ Aumenta la concentrazione di ioni OH^- , l'equilibrio si sposta verso sinistra e si potrebbe raggiungere il valore di K_{ps} con formazione di precipitato; gli ioni H^+ dell'acido reagiscono con gli ioni OH^- (reazione di neutralizzazione) e quindi l'equilibrio viene spostato a destra.
■ Si formerà più precipitato perché aumentando la concentrazione di Ag^+ l'equilibrio viene spostato a sinistra; il precipitato di $AgCl$ si scioglie perché la formazione dello ione complesso solubile sottrae Ag^+ e sposta l'equilibrio verso destra.

Quesiti e problemi

- Vedi teoria pag. 483.
- Le reazioni diretta e inversa avvengono in continuazione, con le stesse velocità.
- Sì.
- Equilibrio dinamico.
- La costanza della colorazione violetta dei vapori; la sublimazione e il brinamento dello iodio.
- La solubilizzazione e la precipitazione dello zucchero in acqua avvengono alla stessa velocità, le molecole di zucchero che passano in soluzione nell'unità di tempo corrispondono a quelle che precipitano.
- Perché è in equilibrio con il suo vapore; la pressione.
- H_2O e O_2 ; H_2O_2 , H_2O e O_2
- L'emoglobina si lega all'ossigeno; l'ossigeno lascia l'emoglobina per raggiungere i tessuti.
- Non è in equilibrio.
- Vedi teoria pag. 485.
- TI e T_2 ; ogni molecola conterrebbe solo ^{131}I .
- A parità di mele a terra inizialmente, sarà maggiore la concentrazione sotto l'albero dell'anziano; probabilmente all'equilibrio le mele avrebbero avuto la stessa concentrazione.
- Vedi teoria pag. 486.
- A
- a) V; b) V; c) F; d) F
- A
- Vedi teoria pag. 489.
- $2CH_4 \rightleftharpoons 3H_2 + C_2H_2$

$$20 \text{ a) } K_{\text{eq}} = \frac{[\text{H}_2\text{O}]^6 \cdot [\text{N}_2]^2}{[\text{NH}_3]^4 \cdot [\text{O}_2]^3}$$

$$\text{b) } K_{\text{eq}} = \frac{[\text{HF}]^4 \cdot [\text{CF}_4]}{[\text{CH}_4] \cdot [\text{F}_2]^4}$$

21 0,00461

22 $K_{\text{eq}} = [\text{N}_2\text{O}_4] / ([\text{NO}]^2[\text{O}_2]); 7,45 \cdot 10^{-1} \text{ M}$

23 $K_c = K_p$

24 $K_p > K_c$, perché $RT > 1$

25 $5,0 \cdot 10^{-2}$

26 48,8

$$27 \text{ } K_{\text{eq}} = \frac{[\text{Cl}_2] \cdot [\text{SO}_2]}{[\text{SO}_2\text{Cl}_2]} = \frac{1,30 \cdot 10^{-1} \cdot 2,17 \cdot 10^{-1}}{1,47 \cdot 10^{-1}} = 1,92 \cdot 10^{-1}$$

$$28 \text{ } K_{\text{eq}} = \frac{[\text{Br}_2] \cdot [\text{NO}]^2}{[\text{NOBr}]^2} = \frac{2,45 \cdot 10^{-1} \cdot (1,36 \cdot 10^{-1})^2}{(1,64 \cdot 10^{-1})^2} = 1,68 \cdot 10^{-1}$$

29 A sinistra.

30 $K_p = (p_C)^c \cdot (p_D)^d / (p_A)^a \cdot (p_B)^b$; $K_c = K_p \cdot (RT)^{\Delta n}$; vedi teoria pag. 489.

31 Vedi teoria pag. 488.

32 64

33 $1,8 \cdot 10^3$; verso i prodotti

34 $\Delta[\text{CO}] = -0,06 \text{ M}$; $\Delta[\text{CO}_2] = +0,06 \text{ M}$

35 33

36 $2\text{CO} + 2\text{NO} \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{N}_2$; 0,481 M

37 $9,9 \cdot 10^{-6}$

38 $4,11 \cdot 10^{-4}$

39 Nella seconda; 0,10 M e 0,27 M; $X_{\text{CO}} = X_{\text{Cl}_2} = 0,24$ e $X_{\text{COCl}_2} = 0,53$

40 $p_{\text{NO}} = p_{\text{SO}_3} = 1,80 \text{ atm}$; $p_{\text{SO}_2} = p_{\text{NO}_2} = 0,20 \text{ atm}$

41 $[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = 0,0668 \text{ M}$; $[\text{H}_2\text{O}] = [\text{CO}] = 0,0033 \text{ M}$

42 $[\text{Br}_2] = [\text{Cl}_2] = 0,0708 \text{ M}$; $[\text{BrCl}] = 0,058 \text{ M}$

43 $[\text{NO}] = 0,0026 \text{ M}$; $[\text{N}_2] = [\text{O}_2] = 0,799 \text{ M}$

44 K_c diminuisce al crescere della temperatura; aumenta la concentrazione dei reagenti e diminuisce quella dei prodotti.

45 Perché K_{eq} cresce al crescere della temperatura e aumenta la quantità di prodotto.

46 Endotermico.

47 1200 K

48 La costante di equilibrio aumenta con l'aumentare della temperatura nelle reazioni endotermiche, diminuisce con l'aumentare della temperatura nelle reazioni esotermiche.

49 Sì; $K_{p900} = 1,3$; la reazione è endotermica.

50 Equilibrio; prevale la reazione diretta; prevale la reazione diretta.

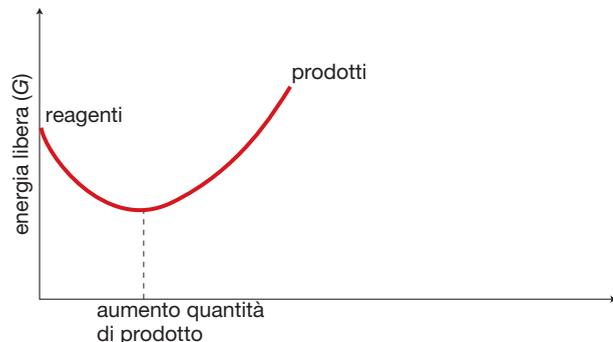
51 No; è presente un eccesso di prodotti. Per raggiungere l'equilibrio si formeranno azoto e idrogeno dall'ammoniaca in eccesso.

52 Prevale la reazione inversa (formazione di I_2).

53 No; NO_2

54 No; in fase organica.

55



56 Vedi teoria pag. 493.

57 a) F; b) V; c) F; d) V; e) F

58 Reazione diretta.

59 No.

60 No; la reazione non comporta variazione nel numero di moli di sostanze gassose.

- 61 D
- 62 C
- 63 D
- 64 L'aggiunta di prodotto sposta l'equilibrio verso sinistra perché la K_{eq} è la stessa e la relazione $K_{eq} = \frac{[p]}{[r]}$ deve essere mantenuta. Le velocità delle reazioni diretta e inversa cambiano fino al raggiungimento del nuovo equilibrio, quando saranno nuovamente uguali. $r \rightleftharpoons p$; nuovo equilibrio $r \rightleftharpoons p$.
- 65 Rimane uguale.
- 66 Verso sinistra.
- 67 Verso destra.
- 68 La concentrazione di CO_2 aumenta, mentre quella di CO diminuisce.
- 69 A bassa T e alta p .
- 70 C
- 71 D
- 72 L'aggiunta di prodotto sposta l'equilibrio verso sinistra perché la K_{eq} è la stessa e la relazione $K_{eq} = \frac{[p]}{[r]}$ deve essere mantenuta. Le velocità delle reazioni diretta e inversa cambiano fino al raggiungimento del nuovo equilibrio, quando saranno nuovamente uguali. $r \rightleftharpoons p$; nuovo equilibrio $r \rightleftharpoons p$. Il sistema raggiungerà un nuovo stato di equilibrio perché, all'aumentare della concentrazione dei reagenti, aumenta la velocità della reazione diretta fino a eguagliare quella della reazione inversa.
- 73 Aumentare la concentrazione di A; diminuire la temperatura; aumentare la concentrazione di B.
- 74 a) A destra; b) a sinistra; c) a sinistra; d) a destra; e) nessuno spostamento.
- 75 B; C
- 76 Esotermico.
- 77
- | Variazione concentrazione | Spostamento equilibrio |
|------------------------------------|------------------------|
| aumento A, B
o diminuzione C, D | verso destra |
| diminuzione A, B
o aumento C, D | verso sinistra |
- 78 Verso destra; la costante di equilibrio non varia: siccome la perturbazione modifica le concentrazioni di equilibrio, il quoziente di reazione sarà diverso da K_{eq} e tenderà a variare fino a eguagliarla.
- 79 a) Sinistra; b) invariato; c) invariato.
- 80 Aumento concentrazione di A o B; aumento di p ; diminuzione di T .
- 81 A
- 82 Eliminando completamente il corpo di fondo viene a mancare la fase solida e, di conseguenza, l'equilibrio fra solido e soluto.
- 83 a) $K_{ps} = [Ca^{2+}] \cdot [OH^-]^2$; b) $K_{ps} = [Ba^{2+}] \cdot [CO_3^{2-}]$; c) $K_{ps} = [Ca^{2+}]^3 \cdot [PO_4^{3-}]^2$; d) $K_{ps} = [Mg^{2+}] \cdot [NH_4^+] \cdot [PO_4^{3-}]$
- 84 Vedi teoria pag. 500.
- 85 No.
- 86 $1,10 \cdot 10^{-10}$
- 87 No.
- 88 $2,0 \cdot 10^{-4} M$
- 89 L'equilibrio si sposta verso sinistra e precipita altro CaS.
- 90 Minore.
- 91 $8,5 \cdot 10^{-2}$
- 92 $3,97 \cdot 10^{-8}$
- 93 $1,6 \cdot 10^{-2} mol/L$
- 94 Un sistema all'equilibrio, secondo il principio dell'equilibrio mobile, se perturbato da un'azione esterna reagisce in modo da ridurne o annullarne l'effetto, ristabilendo l'equilibrio.

Il laboratorio delle competenze

- 95 Non si sposta.
- 96 $K_p = 4 \cdot 10^{-11}$; no, è favorita la reazione inversa.
- 97 AgCl
- 98 Verso destra; aumenta.
- 99 Aggiungendo D_2O solido e vedendo se dopo un po' di tempo trovo del deuterio nelle molecole di acqua liquida.
- 100 Neither reactants nor products.
- 101 $s = 8,1 \cdot 10^{-3} g/L$
- 102 0,016 M
- 103 $[H_3O^+] = [HCO_3^-] = 1,08 \cdot 10^{-4} M$; $[H_2CO_3] = 0,027 M$
- 104 No.

105 57,2%

106 $1,0 \cdot 10^{-5} \text{ M}$; $1,1 \cdot 10^{-9} \text{ M}$

107 $n_{\text{PCl}_5} = 1,3$; $n_{\text{PCl}_3} = 0,5$; $n_{\text{Cl}_2} = 0,4$

108 $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3$;

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}; \quad K_p = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} \cdot p_{\text{H}_2}^3};$$

a bassa temperatura; perché la sintesi di NH_3 non è favorita da alte temperature; verso i prodotti.

109 La quantità di ammoniaca diminuirà.

110 $3,42 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ che corrispondono a $1,51 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$.

111 No.

112 Perché l'aumento di pressione favorisce la reazione di fusione.

113 L'equilibrio si sposta verso i prodotti perché sono condizioni che favoriscono l'aumento della CO_2 in soluzione; l'equilibrio si sposta verso sinistra; l'equilibrio si sposta verso sinistra perché l'aumento di temperatura diminuisce la concentrazione di anidride carbonica. Le stalattiti e le stalagmiti si formano a seguito della precipitazione di CaCO_3 ; l'anticalcare sposta l'equilibrio in modo tale da evitare la precipitazione di CaCO_3 .