

## ■ Capitolo 16 Cinetica ed equilibrio

### Hai capito?

- pag. 351** La velocità di reazione aumenta perché aumentiamo la concentrazione di un reagente. No, non è un catalizzatore.
- pag. 355** Gli urti efficaci sono solo una piccola percentuale di tutti gli urti che avvengono tra le molecole in una reazione;  $E_a$  è la differenza di energia tra complesso attivato e reagenti mentre  $\Delta H$  è la differenza di energia tra prodotti e reagenti; lo stato di transizione è una fase intermedia della reazione e il complesso attivato è il composto che si forma a questo stadio; una reazione a più stadi procede attraverso stadi elementari; una reazione catalizzata segue un percorso alternativo che prevede stadi con energia di attivazione minore rispetto alla reazione non catalizzata; un catalizzatore omogeneo opera nella stessa fase dei reagenti mentre un catalizzatore eterogeneo si trova in una fase diversa.
- pag. 357** 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. 361** ■  $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ ; verso i prodotti.  
 ■ a)  $K_{eq} = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}$ ; b)  $K_{eq} = \frac{[H^+][SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]}$ ; c)  $K_{eq} = \frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$ ; d)  $K_{eq} = [CO_2]$
- pag. 362** ■ Sì, si tratta di una reazione esotermica. Il valore della  $K_{eq}$  diminuisce all'aumentare della temperatura.  
 ■ Endotermica.
- pag. 365** a, b, spostandosi verso i prodotti; c, spostandosi verso i reagenti; d, nessun effetto.
- pag. 366** Aggiungendo uno dei due reagenti si ha la formazione del prodotto e questo può avvenire solo se l'altro reagente è presente.

### Quesiti e problemi

- La trasformazione da elemento a composto, inorganico o organico. Dal triplo legame covalente fra gli atomi, che richiede molta energia per essere spezzato.
- Il nitro del Cile,  $NaNO_3$ . I nitrati sono solubili e vengono dilavati dall'acqua.
- Per la prima volta si potevano ottenere grandi quantità di composti azotati, quando si temeva ormai che i depositi cileni stessero per esaurirsi; ciò favorì la situazione della Germania e dei suoi alleati durante la I guerra mondiale.
- B
- La velocità di reazione si ricava dalla diminuzione della quantità di un reagente o dall'aumento della quantità di un prodotto nell'intervallo di tempo  $\Delta t$ .
- C
- $1,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$
- Misuro il volume di  $CO_2$  formato nel tempo; misuro la quantità di  $CaCO_3$  che si trasforma.
- $5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$ ;  $1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/(\text{L} \cdot \text{s})$
- a) Natura dei reagenti; b) concentrazione; c) temperatura; d) superficie di contatto; e) catalizzatore. L'aumento di b), c), e) incrementa il numero degli urti fra reagenti e accelera la reazione; anche i catalizzatori rendono le reazioni più veloci.
- Gli ioni, in soluzione, sono distanziati fra loro e i reagenti espongono così la massima superficie con aumento del numero degli urti nell'unità di tempo.
- Oltre al costo energetico, la temperatura accelera tutte le reazioni possibili.
- Aumentando la pressione si riduce il volume e la concentrazione dei gas aumenta; si può usare un catalizzatore.
- Agitando la miscela, aumenta l'energia cinetica delle particelle reagenti e, di conseguenza, la temperatura.
- Perché in questo modo si aumenta la superficie di contatto.
- Deve verificarsi un certo numero di urti tra i reagenti; le collisioni devono avere un'orientazione appropriata; l'energia dell'urto deve essere uguale o superiore all'energia di attivazione.
- Aumentando la concentrazione dei reagenti, aumenta il numero di urti nell'unità di tempo e quindi la probabilità di urti efficaci.
- L'energia di attivazione è l'energia minima che occorre per iniziare una reazione.
- b
- C
- b
- a) V; b) F; c) F; d) V

- 24  C
- 25 Perché non tutti gli urti avvengono nella giusta direzione; perché non sempre l'energia dell'urto è uguale o superiore all'energia di attivazione.
- 26 Devo aumentare il numero di urti in generale agendo su temperatura, concentrazione dei reagenti e superficie di contatto. Oppure abbassare  $E_a$  per mezzo di un catalizzatore.
- 27 Perché, aumentando la temperatura, aumenta l'energia cinetica dei reagenti; in questo modo si aumenta la frequenza degli urti efficaci.
- 28 Perché l'aumento della concentrazione aumenta il numero delle molecole di reagente e quindi aumenta il numero degli urti efficaci.
- 29 Perché la concentrazione dei reagenti all'inizio della reazione è maggiore.
- 30 Primo stadio. Reazione esotermica.
- 31 a) F; b) F; c) V; d) V; e) F
- 32 Vedi teoria pag. 356.
- 33 Le reazioni diretta e inversa avvengono in continuazione, con le stesse velocità.
- 34 È un equilibrio tra fasi fisiche.
- 36  B
- 37  D
- 38 a) V; b) V; c) F; d) F, intendendo la massa di entrambe le fasi.
- 39 Vedi teoria pag. 358.
- 40 A sinistra.
- 41  $K_{eq} = \frac{[N_2]^2 \cdot [H_2O]^6}{[NH_3]^4 \cdot [O_2]^3}$ ;  $K_{eq} = \frac{[CF_4] \cdot [HF]^4}{[CH_4] \cdot [F_2]^4}$
- 42  A
- 43 a) V; b) V; c) F; d) F
- 44  A
- 45  D
- 46  $2CH_4 \rightleftharpoons 3H_2 + C_2H_2$
- 47  $1,8 \cdot 10^3$
- 48  $5,0 \cdot 10^{-2}$
- 49 48,8
- 50  $K_{eq} = \frac{[Cl_2] \cdot [SO_2]}{[SO_2Cl_2]} = \frac{1,30 \cdot 10^{-1} \cdot 2,17 \cdot 10^{-1}}{1,47 \cdot 10^{-1}} = 1,92 \cdot 10^{-1}$
- 51  $K_{eq} = \frac{[Br_2] \cdot [NO]^2}{[NOBr]^2} = \frac{2,45 \cdot 10^{-1} \cdot (1,36 \cdot 10^{-1})^2}{(1,64 \cdot 10^{-1})^2} = 1,68 \cdot 10^{-1}$
- 52 Nelle reazioni endotermiche il valore della costante di equilibrio aumenta all'aumentare della temperatura, mentre nelle reazioni esotermiche diminuisce all'aumentare della temperatura.
- 53 1200 K
- 54 No
- 55 Rimane uguale.
- 56 Verso sinistra.
- 57 Verso destra.
- 58 No; la reazione non comporta variazione nel numero di moli di sostanze gassose.
- 59  D
- 60  C
- 61  D
- 62 Non si sposta.
- 63  A
- 64  C
- 65  D
- 66 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.
- 68 a) A destra; b) a sinistra; c) a sinistra; d) a destra; e) nessuno spostamento.
- 69 Minore.
- 70  B;  C
- 71 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)  $K_{ps} = [Mg^{2+}] \cdot [NH_4^+] \cdot [PO_4^{3-}]$
- 72 Esotermico.

- 73** Eliminando completamente il corpo di fondo viene a mancare la fase solida e, di conseguenza, l'equilibrio fra solido e soluto.
- 75** L'equilibrio si sposta verso sinistra e precipita altro CaS.

### Il laboratorio delle competenze

- 1** Neither reactants nor products.
- 2** Enzymes.
- 3** mol/(L · s)
- 4** See theory pag. 348.
- 5** Reaction rate value is given by the ratio between the concentration of the reactant transformed or the product formed and the time of reaction.
- 6** Nei primi 20 minuti. La diminuzione della concentrazione dei reagenti.
- 7**  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ; si forma  $\text{CO}_2$  gassoso con frammenti piccoli perché la superficie di contatto fra i reagenti è maggiore.
- 8** 3,92
- 9**  B
- 10** 0,016 M
- 11** No
- 12** Agiscono sulle stesse categorie di sostanze che compongono la materia vivente: zuccheri, grassi, proteine.
- 13** Eccesso di  $\text{NH}_3$ ; verso i reagenti.
- 14**  A
- 15**  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{HCO}_3^-] = 1,08 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ ;  $[\text{H}_2\text{CO}_3] = 0,027 \text{ M}$
- 16**  $4,1 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ ;  $8,1 \cdot 10^{-3} \text{ g/L}$