

Capitolo 20 Acidi e basi si scambiano protoni

Hai capito?

- pag. 512** ■ a) Si dissocia; base; $\text{KOH} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$; b) si ionizza; acido; $\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{NO}_3^-$;
c) si ionizza; acido; $\text{HClO}_4 \rightarrow \text{H}^+ + \text{ClO}_4^-$; d) si dissocia; base; $\text{Ba}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$
- pag. 515** ■ a) NO_3^- ; b) HClO_4 ; c) H_2O ; d) HS^- ; e) HS^- ; f) H_3O^+ . Sostanze anfiprotiche: H_2O , HS^- .
■ a) $\text{Br}^- + \text{H}_3\text{O}^+$; acido 1 + base 2 \rightarrow base 1 + acido 2
b) $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$; base 1 + acido 2 \rightarrow acido 1 + base 2
c) $\text{SO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$; acido 1 + base 2 \rightarrow base 1 + acido 2
- pag. 516** ■ Il fluoro atomico non ha il livello di valenza completo.
■ L'elettrofilo.
- pag. 518** ■ Acida; $2,9 \cdot 10^{-10}$ M; minore.
- pag. 520** ■ Acida, acida, basica, basica, acida, basica; c, f, d, e, b, a.

$[\text{H}^+]$	$[\text{OH}^-]$	pH	pOH
$5,0 \cdot 10^{-2}$ M	$4,0 \cdot 10^{-10}$ M	1,30	12,70
$4,0 \cdot 10^{-10}$ M	$2,5 \cdot 10^{-5}$ M	9,40	4,60
$4,5 \cdot 10^{-8}$ M	$2,2 \cdot 10^{-7}$ M	7,35	6,65
$3,9 \cdot 10^{-12}$ M	$2,6 \cdot 10^{-3}$ M	11,41	2,59

- pag. 523** ■ HNO_3 in acqua è ionizzato al 100%.
■ A: il volume non influenza l'acidità della soluzione.
■ $K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]}$
■ $\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_3\text{O}^+$; $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$; $\text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PO}_4^{3-} + \text{H}_3\text{O}^+$;
 $K_{a1} = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]}$; $K_{a2} = \frac{[\text{HPO}_4^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$; $K_{a3} = \frac{[\text{PO}_4^{3-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$
- pag. 524 A** ■ $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$; $K_b = \frac{[\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_3^+][\text{OH}^-]}{[\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2]}$; $\text{B}_1 + \text{A}_2 \rightleftharpoons \text{A}_1 + \text{B}_2$
- pag. 524 B** ■ F^- ; $2,9 \cdot 10^{-11}$
■ Br^- ; no; molto debole.
- pag. 525** ■ pH = 3,4; la concentrazione iniziale dell'acido è $3,6 \cdot 10^{-4}$ M.
- pag. 526** ■ a) 3,80; b) 12,10
- pag. 529** ■ Rosso.
- pag. 531** ■ Solfato di alluminio.
■ Perché in acqua subisce un'idrolisi basica: $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$.
■ Acide.
- pag. 533** ■ a, d
■ L'aumento di CO_2 disciolta causa un aumento di acido carbonico e sposta verso sinistra l'equilibrio del sistema tampone aumentando la concentrazione di ioni H^+ .
- pag. 534** ■ pH = $\text{p}K_a = 3,7$; le concentrazioni di acido e base coniugata sono uguali.
- pag. 536** ■ 0,042 M
- pag. 537 A** ■ 4 eq; 3 eq; 8 eq
- pag. 537 B** ■ 32,7 g/eq
- pag. 538** ■ d
- pag. 539** ■ 10 mL; sempre 10 mL
■ 75,96 g/eq
■ 0,25 mol
■ 10 mL
■ 150 mL

Quesiti e problemi

- Lavoisier pensava che gli acidi fossero composti binari dell'ossigeno.
- Ad Arrhenius; nel 1884.
- Aceto, succo di limone, succo di pomodoro; una sostanza basica è amarognola (quando si può assaggiare), solitamente viscosa al tatto e colora di blu la cartina indicatrice.
- Perché si combina istantaneamente con una molecola d'acqua con cui, attraverso la formazione di un legame dativo, forma lo ione idronio H_3O^+ .
- Sono composti ionici; elettronegatività.

- 6 Reazione di ionizzazione. No, le basi dei metalli alcalini e alcalino-terrosi si dissociano, le basi in cui i legami sono covalenti polari si ionizzano.
- 7 La densità è il rapporto tra la quantità di carica e la superficie della sfera, che è molto piccola, dato il raggio dell'ione.
- 8 H^+ si unisce a H_2O con legame dativo.
- 9 a) F; b) V; c) F; d) F
- 10 $H_2SO_4 \rightarrow H^+ + HSO_4^-$; $HSO_4^- \rightarrow H^+ + SO_4^{2-}$
- 11 a) Arrhenius; b) Brønsted; c) Brønsted; d) Brønsted; e) Brønsted; f) Arrhenius.

12

Acido coniugato	Base coniugata
HI	I^-
HS^-	S^{2-}
NH_4^+	NH_3
HNO_3	NO_3^-
HCl	Cl^-
HSO_4^-	SO_4^{2-}
H_2SO_4	HSO_4^-

- 13 Si è formato $NH_4Cl_{(s)}$ a seguito della reazione $HCl_{(g)} + NH_{3(g)} \rightarrow NH_4Cl_{(s)}$.
- 14 $HSO_3^- + H_2O \rightarrow H_2SO_3 + OH^-$
- 15 base 1 + acido 2 \rightarrow acido 1 + base 2
- 16 H_3O^+ ; HSO_4^- ; H_2CO_3
- 17 a) Acido 1 + base 2 \rightarrow base 1 + acido 2;
b) acido 1 + base 2 \rightarrow acido 2 + base 1;
c) base 1 + acido 2 \rightarrow acido 1 + base 2;
d) base 1 + acido 2 \rightarrow acido 1 + base 2.
- 18 a) OH^- ; b) NO_2^- ; c) PO_4^{3-} ; d) NH_3
- 19 a-d-e-f
- 20 $HCO_3^- + H_3O^+ \rightarrow H_2CO_3 + H_2O$; $HCO_3^- + OH^- \rightarrow CO_3^{2-} + H_2O$; sì; in $CO_2 + H_2O$

21

Acido coniugato	Sostanza	Base coniugata
H_2S	HS^-	S^{2-}
NH_4^+	NH_3	NH_2^-
H_2SO_4	HSO_4^-	SO_4^{2-}
H_3PO_3	$H_2PO_3^-$	HPO_3^{2-}
H_3O^+	H_2O	OH^-

- 22 a) H^+ ; b) OH^- ; c) un acido, una base; d) accettare, da; e) scioglierla, in; f) una base, elettroni, dativo; g) un acido, elettroni, dativo.
- 23 Perché può accettare un doppietto elettronico.
- 24 a) B; b) B; c) A; d) A
- 25 HCl, a rigore, non può essere considerato acido di Lewis; lo è H^+ .
- 26 a) A: H^+ ; B: PH_3 ; b) A: Cu^{2+} ; B: NH_3 ; c) A: $FeCl_3$; B: Cl^- ; d) A: BF_3 ; B: NH_3
- 27 55,5 M; non varia, perché K_w è molto piccola.
- 28 a) Basico; b) acido; c) acido; d) neutro; e) acido; f) acido.
- 29 $3,8 \cdot 10^{-7} M$; debolmente basica.
- 30 Di 10 volte.
- 31 $pH = 4,110$; $pOH = 9,890$; acida.
- 32 È la costante di equilibrio della reazione di autoionizzazione dell'acqua.
- 33 Una soluzione è neutra quando $[H^+] = [OH^-]$.
- 34 In ambiente acido $[H^+] > [OH^-]$; in ambiente basico $[OH^-] > [H^+]$.
- 35 a) $[H^+] = 10^{-6} M$; $[OH^-] = 10^{-8} M$
b) $[H^+] = 10^{-8} M$; $[OH^-] = 10^{-6} M$
c) $[H^+] = 10^{-13} M$; $[OH^-] = 10^{-1} M$
d) $[H^+] = 10^{-3} M$; $[OH^-] = 10^{-11} M$
e) $[H^+] = 10^{-10} M$; $[OH^-] = 10^{-4} M$
f) $[H^+] = 10^{-1} M$; $[OH^-] = 10^{-13} M$

36

T	K_w	$[H^+]$	$[OH^-]$
25 °C	$1,00 \cdot 10^{-14}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$ mol/L	$1,00 \cdot 10^{-7}$ mol/L
25 °C	$1,00 \cdot 10^{-14}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$ mol/L	$1,00 \cdot 10^{-8}$ mol/L
0 °C	$1,14 \cdot 10^{-15}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$ mol/L	$1,14 \cdot 10^{-9}$ mol/L
10 °C	$2,92 \cdot 10^{-15}$	$2,00 \cdot 10^{-6}$ mol/L	$1,46 \cdot 10^{-9}$ mol/L
60 °C	$9,61 \cdot 10^{-14}$	$1,92 \cdot 10^{-3}$ mol/L	$5,01 \cdot 10^{-11}$ mol/L

37 0,1 M; 10^{-14} M

38 Quando la sua concentrazione è superiore a 1 mol/L.

39 a) 9,70; basica; b) 9,0; basica; c) 11,0; basica; d) 5,0; acida; e) 3,3; acida; f) 11,0; basica; g) 1,60; acida.

40 $ClO^- + H_2O \rightarrow HClO + OH^-$; $K_b = [HClO] \cdot [OH^-]/[ClO^-]$

41 $K_b = [HBrO] \cdot [OH^-]/[BrO^-] = 5,0 \cdot 10^{-6}$

42 Perché fra le loro molecole esistono legami dipolo-dipolo più deboli dei legami a idrogeno.

43 a) $H_2SO_4 + H_2O \rightarrow HSO_4^- + H_3O^+$; $HSO_4^- + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + H_3O^+$

b) $H_2CO_3 + H_2O \rightarrow HCO_3^- + H_3O^+$; $HCO_3^- + H_2O \rightarrow CO_3^{2-} + H_3O^+$

c) $H_2S + H_2O \rightarrow HS^- + H_3O^+$; $HS^- + H_2O \rightarrow S^{2-} + H_3O^+$

d) $H_3PO_4 + H_2O \rightarrow H_2PO_4^- + H_3O^+$; $H_2PO_4^- + H_2O \rightarrow HPO_4^{2-} + H_3O^+$; $HPO_4^{2-} + H_2O \rightarrow PO_4^{3-} + H_3O^+$

44 d

45 c); b); a)

46 c); b); a)

47 e); d); b); a); c)

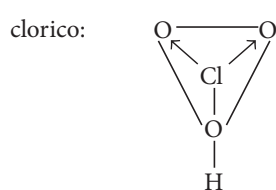
48 Perché HCl è un acido forte che libera una quantità maggiore di ioni H^+ .

49 $C_6H_5NH_2 + H_2O \rightarrow C_6H_5NH_3^+ + OH^-$; $K_a = 2,3 \cdot 10^{-5}$

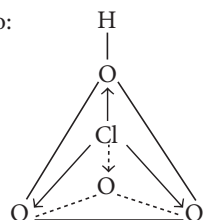
50 HPO_4^{2-}

51 ipocloroso: Cl—O—H

cloroso: O ← Cl—O—H



perclorico:



Aumentando il numero degli atomi di ossigeno, aumenta la frazione di carica positiva del cloro; quest'ultimo attrae a sé maggiormente la coppia elettronica di legame —O—H.

All'accresciuta polarità del legame corrisponde una maggiore forza dell'acido.

52 La prima, perché ha il più basso valore di pH; HPO_4^{2-} ha una K_{a3} molto bassa, per cui di fatto è una base.

53 a) 1,0; b) 13,30; c) 3,0; d) 12,48

54 1,55

55 pH = 10,8

56 pH = 3,4; $[H_3O^+] = 3,7 \cdot 10^{-4}$ mol/L

57 $K_a = 1,5 \cdot 10^{-5}$

58 5,08

59 2,48

60 $[H^+] = [C_3H_5O_3^-] = 1,4 \cdot 10^{-3}$ M; $[HC_3H_5O_3] = 0,014$ M; pH = 2,85

61 758 mL

62 1,40; 1,96

63 a) 3,40; b) 4,9; c) 4,5; d) 5,1; e) 2,34

64 a) 10,8; b) 7,2; c) 11,9; d) 11,39

65 0,30 L

66 Quando l'acido e la base coniugata dell'indicatore hanno uguale concentrazione si ha il punto di viraggio (cambiamento di colore) dell'indicatore.

67 Incolore.

- 68 No, è indipendente dalla concentrazione dell'indicatore che è un acido debole.
- 69 Viola.
- 70 4,20
- 71 Perché un acido forte altererebbe il pH della soluzione cui viene aggiunto.
- 72 Non si riuscirebbe a individuare il punto di viraggio durante una titolazione acido-base.
- 73 Non danno reazioni di idrolisi.
- 74 a) $\text{NH}_4\text{F} \rightarrow \text{NH}_4^+ + \text{F}^-$; b) $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_3\text{O}^+$; c) $\text{F}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HF} + \text{OH}^-$;
d) $K_a = [\text{NH}_3] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]/[\text{NH}_4^+]$; $K_b = [\text{HF}] \cdot [\text{OH}^-]/[\text{F}^-]$; e) $K_a = 5,5 \cdot 10^{-10}$; $K_b = 5,6 \cdot 10^{-11}$; f) acida.
- 75 a) $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$; soluzione basica;
b) nessuna idrolisi; soluzione neutra;
c) $\text{PO}_4^{3-}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HPO}_4^{2-}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$; soluzione basica;
d) nessuna idrolisi; soluzione neutra;
e) $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$; soluzione basica;
f) nessuna idrolisi; soluzione neutra.
- 76 a) nessuna idrolisi, soluzione neutra, $K_a = K_b$;
b) $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) + \text{NH}_3(\text{aq})$; soluzione acida;
c) $\text{CN}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCN}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$; soluzione basica;
d) nessuna idrolisi; soluzione neutra;
e) nessuna idrolisi; soluzione neutra;
f) nessuna idrolisi, soluzione neutra.
- 77 Se si aggiunge un acido, l'equilibrio si sposta a sinistra; se si aggiunge una base, l'equilibrio si sposta a destra.
- 78 HClO/ClO^- , perché $\text{p}K_a = 7,5$.
- 79 a-c-d-f
- 80 4,66
- 81 4,74
- 82 4,84
- 83 a) No; b) la base; c) a reazione avvenuta sono presenti NaOH , CH_3COONa e CH_3COOH (lo ione acetato, per idrolisi, forma acido acetico); d) no.
- 84 60 mL
- 85 20 mL
- 86 No.
- 87 0,750 eq
- 88 No.
- 89 4,0 N (= 4,0 M)
- 90 0,175 M
- 91 0,0601 N
- 92 a) Un equivalente di una base di Brönsted è la quantità in grammi di quest'ultima che accetta una mole di protoni; b) la massa equivalente di un acido è espressa...; c) un equivalente di acido di Brönsted è la quantità in grammi di sostanza che libera una mole di H^+ .
- 93 0,30 eq; 0,15 eq
- 94 125 mL
- 95 9,9 mL
- 96 0,32 L
- 97 a) $2\text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$
b) $3\text{KOH} + \text{H}_3\text{PO}_4 \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$
c) $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{BaS} + 2\text{H}_2\text{O}$
d) $\text{Mg}(\text{OH})_2 + 2\text{HClO}_4 \rightarrow \text{Mg}(\text{ClO}_4)_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- 98 a) $2\text{Na}^+ + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + \text{SO}_3^{2-} \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ioni spettatori: Na^+ ; SO_3^{2-}
b) $3\text{K}^+ + 3\text{OH}^- + 3\text{H}^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow 3\text{K}^+ + \text{PO}_4^{3-} + 3\text{H}_2\text{O}$ ioni spettatori: K^+ ; PO_4^{3-}
c) $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{Ba}^{2+} + \text{S}^{2-} + 2\text{H}_2\text{O}$ ioni spettatori: Ba^{2+} ; S^{2-}
d) $\text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{ClO}_4^- \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{ClO}_4^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ioni spettatori: Mg^{2+} ; ClO_4^-
e) $\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + 2\text{NO}_3^- \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{NO}_3^- + 2\text{H}_2\text{O}$ ioni spettatori: Fe^{2+} ; NO_3^-
- 99 0,63 g
- 100 0,25 mol; 0,7 mol
- 101 2,996
- 102 $\text{KOH} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{KNO}_3 + \text{H}_2\text{O}$;
 $\text{K}^+ + \text{OH}^- + \text{H}^+ + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{K}^+ + \text{NO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$;
siccome si tratta di una base forte e di un acido forte, occorre scegliere un indicatore con pH di viraggio intorno a 7.
- 103 1,105
- 104 450 g

Il laboratorio delle competenze

- 105** Aumenta; endotermico; principio di Le Châtelier.
- 106** CO_2 è un acido di Lewis \Rightarrow $\text{pH}_{\text{oceani}}$ diminuisce.
Aumentando la concentrazione di un reagente allo stato gassoso o acquoso, la nuova posizione di equilibrio sarà maggiormente spostata a destra.
La nuova posizione di equilibrio sarà maggiormente spostata a destra.
- 107** -0.3
- 108** $[\text{H}^+] = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$
- 109** $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+$; l'equilibrio retrocede e aumenta la quantità di acido acetico non dissociato.
- 110** Spostato a sinistra.
- 111** $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + \text{OH}^-$;
 $\text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_3^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$;
 $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{OH}^-$;
 $\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HPO}_4^{2-} + \text{H}_3\text{O}^+$;
lo ione diidrogenofosfato.
- 112** $V = 51,5 \text{ mL}$; si forma ipoclorito di bario, sale di una base forte e di un acido debole. Lo ione ipoclorito reagisce con l'acqua per dare acido ipocloroso, di conseguenza il pH della soluzione è maggiore di 7.
- 113** a) Si sposta a sinistra; b) si sposta a sinistra; c) rimane invariato; d) si sposta a destra.
- 114** $\text{D}_2\text{O} \rightarrow \text{D}^+ + \text{OD}^-$; $[\text{D}^+] = [\text{OD}^-] = 2,9 \cdot 10^{-8} \text{ M}$; $\text{pD} = \text{pOD} = 7,54$
- 115** 2,5%
- 116** $\text{pH}_{\text{NaOH}} = 12,48$; $\text{pH}_{\text{soluz}} = 12,81$
- 117** 0,03 mol
- 118** $\text{pH} = 4,75$
- 119** 0.34 M
- 120** 4,75
- 121** 13,81
- 122** 15,6% *m/m*; 0,83 N
- 123** Blu di bromotimolo.
- 124** Perché la reazione fra gli ingredienti sviluppa $\text{CO}_{2(g)}$; gli ingredienti vanno pesati esattamente perché siano nel giusto rapporto stechiometrico fra loro.
- 125** Sì.
- 126** 50,4%