

## Quesiti e problemi

I problemi con i numeri in blu indicano che le risposte sono disponibili nell'Appendice 6 alla fine del libro.

### Espressione per $K_{ps}$

- Scrivete l'equazione di equilibrio e l'espressione di  $K_{ps}$  per ciascuno dei seguenti composti
  - $\text{Co}_2\text{S}_3$
  - $\text{PbCl}_2$
  - $\text{Zn}_2\text{P}_2\text{O}_7$
  - $\text{Sc}(\text{OH})_3$
- Scrivete l'equazione di equilibrio e l'espressione di  $K_{ps}$  per ciascuno dei seguenti composti
  - $\text{AgCl}$
  - $\text{Al}_2(\text{CO}_3)_3$
  - $\text{MnS}_2$
  - $\text{Mg}(\text{OH})_2$
- Scrivete le equazioni di equilibrio su cui sono basate le seguenti espressioni di  $K_{ps}$ 
  - $[\text{Hg}_2^{2+}][\text{Cl}^-]^2$
  - $[\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}]$
  - $[\text{Mn}^{4+}][\text{O}^{2-}]^2$
  - $[\text{Al}^{3+}]^2[\text{S}^{2-}]^3$
- Scrivete le equazioni dell'equilibrio sulle quali sono basate le seguenti espressioni di  $K_{ps}$ 
  - $[\text{Ca}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}]$
  - $[\text{Co}^{3+}][\text{OH}^-]^3$
  - $[\text{Ag}^+]^2[\text{S}^{2-}]$
  - $[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2$

### $K_{ps}$ e precipitazione

- Data  $K_{ps}$  e la concentrazione di equilibrio di uno ione, calcolate la concentrazione di equilibrio dell'altro ione.
  - idrossido di cadmio(II):  $K_{ps} = 2.5 \times 10^{-14}$ ;  $[\text{Cd}^{2+}] = 1.5 \times 10^{-6} \text{ M}$
  - arsenato di rame(II) ( $\text{Cu}_3(\text{AsO}_4)_2$ ):  $K_{ps} = 7.6 \times 10^{-36}$ ;  $[\text{AsO}_4^{3-}] = 2.4 \times 10^{-4} \text{ M}$
  - ossalato di zinco:  $K_{ps} = 2.7 \times 10^{-8}$ ;  $[\text{C}_2\text{O}_4^{2-}] = 8.8 \times 10^{-3} \text{ M}$
- Seguite le indicazioni del Quesito 5 per i seguenti composti:
  - fosfato di litio:  $K_{ps} = 3.2 \times 10^{-9}$ ;  $[\text{PO}_4^{3-}] = 7.5 \times 10^{-4} \text{ M}$
  - nitrito di argento:  $K_{ps} = 6.0 \times 10^{-4}$ ;  $[\text{Ag}^+] = 0.025 \text{ M}$
  - idrossido di stagno(II):  $K_{ps} = 1.4 \times 10^{-28}$ ;  $\text{pH} = 9.35$
- Calcolate la concentrazione di ciascuno dei seguenti ioni in equilibrio con  $\text{Br}^- 0.019 \text{ M}$ .
  - $\text{Pb}^{2+}$
  - $\text{Hg}_2^{2+}$
  - $\text{Ag}^+$
- Calcolate la concentrazione di ciascuno dei seguenti ioni in equilibrio con  $\text{Ba}^{2+} 0.0034 \text{ M}$ .
  - $\text{F}^-$
  - $\text{SO}_4^{2-}$
  - $\text{CrO}_4^{2-}$
- Riempite gli spazi vuoti della seguente tabella
 

composto	[catione]	[anione]	$K_{ps}$
(a) $\text{CoCO}_3$	_____	_____	$1 \times 10^{-10}$
(b) $\text{LaF}_3$	_____	$7 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-19}$
(c) $\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2$	$4.2 \times 10^{-8}$	_____	$6 \times 10^{-39}$
- Riempite gli spazi vuoti della seguente tabella
 

composto	[catione]	[anione]	$K_{ps}$
(a) $\text{BaC}_2\text{O}_4$	_____	_____	$1.6 \times 10^{-6}$
(b) $\text{Cr}(\text{OH})_3$	$2.7 \times 10^{-8}$	_____	$6.3 \times 10^{-31}$
(c) $\text{Pb}_3(\text{PO}_4)_2$	_____	$8 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-54}$
- Si aggiunge nitrato di bario a una soluzione  $0.025 \text{ M}$  di fluoruro di sodio.
  - A che concentrazione di  $\text{Ba}^{2+}$  comincia a formarsi un precipitato?
  - Viene aggiunto cloruro di cadmio in quantità sufficiente da rendere  $[\text{Ba}^{2+}] = 0.0045 \text{ M}$ . Che percentuale dello ione fluoruro iniziale è precipitata?
- Si aggiunge cloruro di cadmio a una soluzione di idrossido di potassio con un  $\text{pH}$  di 9.62. ( $K_{ps} \text{ Cd}(\text{OH})_2 = 2.5 \times 10^{-14}$ ).
  - A quale concentrazione di  $\text{Cd}^{2+}$  comincia a formarsi il precipitato?
  - Viene aggiunto cloruro di cadmio in quantità sufficiente da rendere  $[\text{Cd}^{2+}] = 0.0013 \text{ M}$ . Qual è il  $\text{pH}$  della soluzione risultante?
  - Che percentuale dello ione idrossido iniziale resta in soluzione?

- Si trova che l'acqua di un pozzo contiene 3.0 mg di ioni calcio per litro. Se si aggiungono 0.50 mg di solfato di sodio a un litro di questa acqua senza modificare il suo volume, si avrà formazione di un precipitato. Quale dovrebbe essere  $[\text{SO}_4^{2-}]$  perché inizi la precipitazione?
- Prima di interrompere l'uso di piombo nelle vernici, il cromato di piombo era un pigmento comune nelle vernici gialle. Viene preparato 1.0 L di soluzione mescolando 0.50 mg di nitrato di piombo con 0.020 mg di cromato di potassio. Si avrà formazione di precipitato? Quale dovrebbe essere la  $[\text{Pb}^{2+}]$  perché inizi la precipitazione?
- Viene preparata una soluzione mescolando 13.00 mL di  $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2 0.0021 \text{ M}$  con 25.0 mL di  $\text{HCl} 0.015 \text{ M}$ . Assumete che i volumi siano additivi.
  - Si avrà precipitazione?
  - Calcolate  $[\text{Hg}_2^{2+}]$ ,  $[\text{NO}_3^-]$  e  $[\text{Cl}^-]$  dopo il raggiungimento dell'equilibrio.
- Viene preparata una soluzione mescolando 35.00 mL di una soluzione  $0.061 \text{ M}$  di nitrato di zinco con 20.0 mL di  $\text{KOH}$  a  $\text{pH} 9.00$ . Assumete che i volumi siano additivi.
  - Si avrà precipitazione?
  - Calcolate  $[\text{Zn}^{2+}]$ ,  $[\text{NO}_3^-]$ ,  $[\text{K}^+]$  e il  $\text{pH}$  dopo il raggiungimento dell'equilibrio.

### Solubilità

- Calcolate la solubilità molare dei seguenti composti
  - $\text{PbCl}_2$
  - $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
  - $\text{Ag}_2\text{CO}_3$
- Calcolate la solubilità molare dei seguenti composti
  - $\text{MgF}_2$
  - $\text{Fe}(\text{OH})_3$
  - $\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$
- Calcolate la  $K_{ps}$  dei seguenti composti, data la loro solubilità molare
  - $\text{ZnCO}_3$ ,  $1.21 \times 10^{-5} \text{ M}$
  - $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ,  $0.014 \text{ M}$
  - $\text{Sr}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $2.5 \times 10^{-7} \text{ M}$
- Calcolate la  $K_{ps}$  dei seguenti composti, data la loro solubilità molare
  - $\text{AgCN}$ ,  $7.73 \times 10^{-9} \text{ M}$
  - $\text{Ni}(\text{OH})_2$ ,  $5.16 \times 10^{-6} \text{ M}$
  - $\text{Cu}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $1.67 \times 10^{-8} \text{ M}$
- Calcolate la solubilità (in grammi per litro) del cloruro d'argento
  - acqua pura
  - $0.025 \text{ M BaCl}_2$
  - $0.17 \text{ M AgNO}_3$
- Calcolate la solubilità (in grammi per litro) dell'idrossido di magnesio
  - acqua pura
  - $0.041 \text{ M Ba}(\text{OH})_2$
  - $0.0050 \text{ M MgCl}_2$
- L'azoturo di piombo,  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ , è usato come detonatore negli airbag delle automobili. L'impatto di una collisione fa sì che  $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$  venga convertito in un'enorme quantità di gas, che riempie l'airbag. A  $25^\circ\text{C}$  viene preparata una soluzione satura di azoturo di piombo sciogliendone 2.0 g in una quantità di acqua sufficiente ad ottenere 100.0 mL di soluzione. Qual è il  $K_{ps}$  dell'azoturo di piombo?
- Una soluzione satura di solfato di argento(I) a  $25^\circ\text{C}$  può essere preparata sciogliendo 1.2 g di solfato di argento(I) in una quantità di acqua sufficiente ad ottenere 250.0 mL di soluzione. Qual è il  $K_{ps}$  del solfato di argento(I)?
- Un grammo di  $\text{PbCl}_2$  viene sciolto in 1.0 L di acqua calda. Per il raffreddamento della soluzione a  $25^\circ\text{C}$  si avrà cristallizzazione di  $\text{PbCl}_2$ . Se si, quanto?
- Il  $K_{ps}$  dell'acetato d'argento ( $\text{AgC}_2\text{H}_3\text{O}_2$ ) a  $80^\circ\text{C}$  è stimato  $2 \times 10^{-4}$ . Si aggiungono dieci grammi di acetato d'argento a 1.0 L di acqua a  $80^\circ\text{C}$ .
  - L'acetato d'argento si scioglierà a  $25^\circ\text{C}$ ?
  - Se la soluzione (assumendo che il volume sia 1.0 L) viene scaldata a  $80^\circ\text{C}$ , si scioglierà tutto l'acetato d'argento?
- Calcolate la solubilità (g/100 mL) dell'idrossido di ferro (II) in soluzioni tampone ai seguenti  $\text{pH}$ .
  - 4
  - 7
  - 10
- Calcolate la solubilità (g/100 mL) dell'idrossido di magnesio in soluzioni tampone ai seguenti  $\text{pH}$ .
  - 4
  - 7
  - 9

29. A 25 °C, 100.0 mL di una soluzione di  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  vengono preparati sciogliendo  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  in una soluzione alcalina. All'equilibrio, la soluzione ha 2.37 g di  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  e un pH di 13.28. Stimare la  $K_{ps}$  di  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ .
30. A 25 °C, 100.0 mL di una soluzione di  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  vengono preparati sciogliendo  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  in una soluzione alcalina. All'equilibrio, la soluzione ha 8.65 mg di  $\text{Cr}(\text{OH})_2$  e un pH di 8.50. Stimare la  $K_{ps}$  di  $\text{Cr}(\text{OH})_2$ .

### Precipitazione selettiva

31. Una soluzione è 0.035 M in  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  e 0.035 M in  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ . Viene aggiunto  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  solido senza che il volume della soluzione cambi.
- Quale sale precipiterà prima,  $\text{PbSO}_4$  o  $\text{PbCrO}_4$ ?
  - Qual è  $[\text{Pb}^{2+}]$  quando il sale in (a) comincia a precipitare?
32. Ad una soluzione che è 0.020 M in  $\text{OH}^-$  e in  $\text{SO}_4^{2-}$  viene aggiunto nitrato di piombo solido, senza variare il volume della soluzione.
- Quale sale precipiterà prima,  $\text{PbSO}_4$  o  $\text{Pb}(\text{OH})_2$  ( $K_{ps} = 2.8 \times 10^{-16}$ )?
  - Qual è il pH della soluzione quando  $\text{PbSO}_4$  comincia a precipitare?
33. 65 mL di una soluzione di  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$  0.40 M sono mescolati con 125 mL di una soluzione di nitrato di ferro(II) 0.17 M. Viene poi aggiunto idrossido di sodio senza variare il volume della soluzione.
- Quale sale precipiterà prima,  $\text{Al}(\text{OH})_3$  o  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ?
  - Qual è  $[\text{OH}^-]$  quando comincia a precipitare il primo composto?
34. Una soluzione viene preparata aggiungendo 0.925 g di nitrato di argento(I) e 6.25 g di nitrato di magnesio ad una quantità di acqua sufficiente ad ottenere 375 mL di soluzione. Viene aggiunto carbonato di sodio solido senza che il volume della soluzione cambi.
- Quale sale precipiterà prima,  $\text{Ag}_2\text{CO}_3$  o  $\text{MgCO}_3$ ?
  - Qual è la concentrazione degli ioni carbonato quando comincia a precipitare il primo sale?
35. Una soluzione viene preparata mescolando 125 mL di  $\text{AuNO}_3$  0.100 M e 225 mL di  $\text{AgNO}_3$  0.049 M. Vengono poi aggiunti venticinque mL di una soluzione di  $\text{HCl}$  0.0100 M.  $K_{ps}$  di  $\text{AuCl} = 2.0 \times 10^{-13}$ . All'equilibrio, ci sarà
- nessun precipitato?
  - un precipitato contenente solo  $\text{AuCl}$ ?
  - un precipitato contenente solo  $\text{AgCl}$ ?
  - un precipitato contenente sia  $\text{AgCl}$  che  $\text{AuCl}$ ?
36. Ad un becher contenente 500.0 mL di acqua vengono aggiunti 95 mg di  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , 95 mg di  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  e 100.0 mg di  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . All'equilibrio, ci sarà
- nessun precipitato?
  - un precipitato contenente solo  $\text{BaCO}_3$ ?
  - un precipitato contenente solo  $\text{CaCO}_3$ ?
  - un precipitato contenente sia  $\text{CaCO}_3$  che  $\text{BaCO}_3$ ?
- Assumete che il volume della soluzione resti 500.0 mL anche dopo l'aggiunta dei sali.

### Solubilizzazione di precipitati

37. Scrivete le equazioni ioniche nette per le reazioni di  $\text{H}^+$  con
- $\text{Cu}_2\text{S}$
  - $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$
  - $\text{SrCO}_3$
  - $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$
  - $\text{Ca}(\text{OH})_2$
38. Scrivete le equazioni ioniche nette per le reazioni di ciascuna delle seguenti specie con un acido forte.
- $\text{CaCO}_3$
  - $\text{NiS}$
  - $\text{Al}(\text{OH})_3$
  - $\text{Sb}(\text{OH})_4^-$
  - $\text{AgCl}$
39. Scrivete un'equazione ionica netta per la reazione con ammoniaca in seguito alla quale
- il cloruro d'argento si scioglie.
  - lo ione alluminio forma un precipitato.
  - il rame(II) forma uno ione complesso.
40. Scrivete un'equazione ionica netta per la reazione con ammoniaca in

seguito alla quale

- $\text{Cu}(\text{OH})_2$  si scioglie.
- $\text{Cd}^{2+}$  forma uno ione complesso.
- $\text{Pb}^{2+}$  forma un precipitato.

41. Scrivete un'equazione ionica netta per la reazione con  $\text{OH}^-$  in seguito alla quale

- $\text{Sb}^{3+}$  forma un precipitato.
- l'idrossido di antimonio(III) si scioglie quando si aggiunge un eccesso di  $\text{OH}^-$ .
- $\text{Sb}^{3+}$  forma uno ione complesso.

42. Scrivete un'equazione ionica netta per la reazione con  $\text{OH}^-$  in seguito alla quale

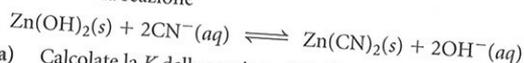
- $\text{Ni}^{2+}$  forma un precipitato.
- $\text{Sn}^{4+}$  forma uno ione complesso.
- $\text{Al}(\text{OH})_3$  si scioglie.

### Equilibri in soluzione

43. Scrivete un'equazione ionica netta e calcolate  $K$  per la reazione in cui  $\text{CuCl}$  ( $K_{ps} = 1.9 \times 10^{-7}$ ) è solubilizzato con  $\text{NaCN}$  formando  $[\text{Cu}(\text{CN})_2]^-$  ( $K_f = 1.0 \times 10^{16}$ ).

44. Scrivete un'equazione ionica netta e calcolate  $K$  per la reazione in cui  $\text{Co}(\text{OH})_2$  ( $K_{ps} = 2 \times 10^{-16}$ ) è solubilizzato con  $\text{HCl}$ .

45. Considerate la reazione



- Calcolate la  $K$  della reazione. ( $K_{ps} \text{Zn}(\text{CN})_2 = 8.0 \times 10^{-12}$ )
- Se si aggiunge  $\text{NaCN}$  a una soluzione satura di  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ , si avrà precipitazione di  $\text{Zn}(\text{CN})_2$ ?

46. Considerate la reazione

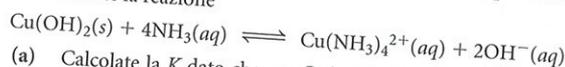


- Calcolate la  $K$  della reazione.
- Se si aggiunge  $\text{NaI}$  a una soluzione satura di  $\text{AgCl}$ , si avrà precipitazione di  $\text{AgI}$ ?

47. L'idrossido di alluminio reagisce con un eccesso di ioni idrossido per formare lo ione complesso  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ .

- Scrivete un'equazione per questa reazione.
- Calcolate la  $K$  della reazione.
- Determinate la solubilità di  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (in mol/L) a pH 12.0.

48. Considerate la reazione

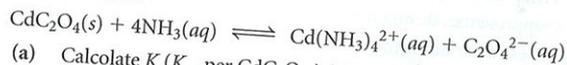


- Calcolate la  $K$  dato che per  $\text{Cu}(\text{OH})_2$   $K_{ps} = 2 \times 10^{-19}$  e la  $K_f$  di  $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^{2+}$   $K_f = 2 \times 10^{12}$ .
- Determinate la solubilità di  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  (in mol/L) in  $\text{NH}_3$  4.5 M.

49. Calcolate la solubilità molare del cloruro di oro(I) ( $K_{ps} = 2.0 \times 10^{-13}$ ) in  $\text{NaCN}$  0.10 M. Si forma lo ione complesso  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$   $K_f = 2 \times 10^{38}$ . Ignorate ogni altro equilibrio competitivo.

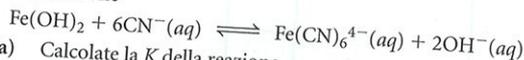
50. Quando a  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  viene aggiunto  $\text{NaOH}$  in eccesso, si forma lo ione complesso  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ . Usando le Tabelle 15.4 e 16.1, determinate la solubilità molare di  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  in  $\text{NaOH}$  0.10 M. Confrontatela con la solubilità molare di  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  in acqua pura.

51. Per la reazione



- Calcolate  $K$  ( $K_{ps}$  per  $\text{CdC}_2\text{O}_4$  è  $1.5 \times 10^{-8}$ ).
- Calcolate  $[\text{NH}_3]$  all'equilibrio quando 2.00 g di  $\text{CdC}_2\text{O}_4$  vengono sciolti in 1.00 L di soluzione.

52. Per la reazione



- Calcolate la  $K$  della reazione.
- Calcolate  $[\text{CN}^-]$  all'equilibrio quando 10.0 g di  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  vengono sciolti in 1.00 L di soluzione.