

溶解度積 練習問題

1

次の各問いに答えよ。O = 16, Cl = 35.5, Cr = 52, Ag = 108

- (1) 塩化銀の 25 °C の溶解度は、1.9 mg/L である。
- (a) 25 °C での塩化銀の飽和溶液中の Ag^+ のモル濃度は何 mol/L か。
[] mol/L
- (b) 25 °C での塩化銀の溶解度積を求めよ。 [] mol^2/L^2
- (c) 1.0×10^{-3} mol/L の硝酸銀水溶液 100 mL に塩化ナトリウムを少しずつ加えたとき、沈殿が生じるのは何 mg より多く加えたときか。 [] mL
- (2) クロム酸銀 Ag_2CrO_4 の溶解度を 3.32×10^{-2} g/L として、クロム酸銀の溶解度積を求めよ。 [] mol^3/L^3

2

硫化水素の電離平衡は $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ と表され、温度を一定に保って pH を調整すると、電離平衡は移動する。

- (1) 下線部の現象を何効果というか。 []
- (2) pH を 1.0 にすると、水素イオンのモル濃度はいくらになるか。 [] mol/L
- (3) pH を 1.0 にすると、硫化物イオンのモル濃度はいくらになるか。ただし、硫化水素は飽和していて、その濃度は 0.10 mol/L である。また、硫化水素の電離定数を 9.6×10^{-22} mol^2/L^2 とする。 [] mol/L
- (4) Cu^{2+} を 0.010 mol/L, Fe^{2+} を 0.060 mol/L 含む水溶液の pH を 1.0 に調整し、硫化水素を通じて飽和させたとき、 Cu^{2+} , Fe^{2+} のどちらが沈殿するか。 CuS , FeS の溶解度積をそれぞれ 6.0×10^{-36} mol^2/L^2 , 6.0×10^{-18} mol^2/L^2 とする。 []
- (5) (4) で沈殿しなかった金属イオンを沈殿させるには、硫化物イオンのモル濃度を何 mol/L より大きくすればよいか。 [] mol/L

溶解度積 練習問題

1

- 解答** (1) (a) $1.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ (b) $1.7 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ (c) $1.0 \times 10^{-3} \text{ mg}$
 (2) $4.00 \times 10^{-12} \text{ mol}^3/\text{L}^3$

解説 水に難溶性の塩の固体と水溶液中のイオンの間には溶解平衡が成り立つ。固体の量は平衡に関与しないので、溶解平衡の平衡定数は次のように表される。



この K_{sp} を溶解度積という。

- (1) (a) AgCl (式量 143.5) 1.9 mg は、

$$\frac{1.9 \times 10^{-3} \text{ g}}{143.5 \text{ g/mol}} = 1.324 \dots \times 10^{-5} \text{ mol} \approx 1.3 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

これが 1 L 中に含まれるから、 AgCl は、 $1.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$

溶解した AgCl は、 $\text{AgCl} \rightleftharpoons \text{Ag}^+ + \text{Cl}^-$ のように電離しているから、 Ag^+ 、 Cl^- のモル濃度は AgCl のモル濃度と同じで、

$$1.3 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

- (b) $K_{sp} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1.32 \times 10^{-5} \text{ mol/L} \times 1.32 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$
 $= 1.7424 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \approx 1.7 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$

- (c) $[\text{Ag}^+]$ と $[\text{Cl}^-]$ の積が AgCl の溶解度積よりも大きいと、沈殿が生じる。

$[\text{Ag}^+] = 1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $K_{sp} = 1.74 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ より、沈殿が生じるとき
 の $[\text{Cl}^-]$ は、

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] > 1.74 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$[\text{Cl}^-] > \frac{1.74 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2}{1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}} = 1.74 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

よって、この濃度になるときの加えた NaCl の物質量と質量は、

$$1.74 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \times \frac{100}{1000} \text{ L} = 1.74 \times 10^{-8} \text{ mol}$$

$$58.5 \text{ g/mol} \times 1.74 \times 10^{-8} \text{ mol} = 1.0179 \times 10^{-6} \text{ g} \approx 1.0 \times 10^{-3} \text{ mg}$$

各イオンのモル濃度の積 $> K_{sp} \Rightarrow$ 沈殿が生じる

各イオンのモル濃度の積 $\leq K_{sp} \Rightarrow$ 沈殿は生じない

- (2) $\text{Ag}_2\text{CrO}_4 \rightleftharpoons 2\text{Ag}^+ + \text{CrO}_4^{2-}$

$$\text{Ag}_2\text{CrO}_4 \text{ (式量 332)} \quad 3.32 \times 10^{-2} \text{ g は、} \frac{3.32 \times 10^{-2} \text{ g}}{332 \text{ g/mol}} = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

これが 1 L 中に含まれるから、 Ag_2CrO_4 は、 $1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$

$$[\text{Ag}^+] = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L} \times 2 = 2.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$K_{sp} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = (2.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L})^2 \times 1.00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$= 4.00 \times 10^{-12} \text{ mol}^3/\text{L}^3$$

2

- 解答** (1) 共通イオン効果 (2) 0.10 mol/L (3) $9.6 \times 10^{-21} \text{ mol/L}$
 (4) Cu^{2+} (5) $1.0 \times 10^{-16} \text{ mol/L}$

解説 (1) H_2S 水溶液に H^+ を加えると、 H^+ 減少の方向に平衡が移動する。このように、平衡状態にある系のいずれかと同じイオンを加えると平衡が移動する現象を共通イオン効果という。

- (2) $\text{pH} = 1.0$ は $[\text{H}^+] = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L}$ のことである。

$$(3) \quad K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{S}^{2-}]}{[\text{H}_2\text{S}]} = \frac{(1.0 \times 10^{-1} \text{ mol/L})^2 \times [\text{S}^{2-}]}{0.10 \text{ mol/L}} = 9.6 \times 10^{-22} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$[\text{S}^{2-}] = 9.6 \times 10^{-21} \text{ mol/L}$$

- (4) CuS 、 FeS のそれぞれについて、各イオンの濃度の積と溶解度積の大きさを比較する。

$$\text{CuS} : [\text{Cu}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 0.010 \text{ mol/L} \times \frac{9.6 \times 10^{-21} \text{ mol/L}}{(3) \text{より}}$$

$$= 9.6 \times 10^{-23} \text{ mol}^2/\text{L}^2 > \frac{6.0 \times 10^{-36} \text{ mol}^2/\text{L}^2}{\text{CuS の } K_{sp}}$$

よって、 CuS は沈殿する。

$$\text{FeS} : [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] = 0.060 \text{ mol/L} \times \frac{9.6 \times 10^{-21} \text{ mol/L}}{(3) \text{より}}$$

$$= 5.76 \times 10^{-22} \text{ mol}^2/\text{L}^2 < \frac{6.0 \times 10^{-18} \text{ mol}^2/\text{L}^2}{\text{FeS の } K_{sp}}$$

よって、FeS は沈殿しない。

(5) FeS が沈殿し始めるときの $[S^{2-}]$ は、

$$K_{sp} = [Fe^{2+}][S^{2-}] = 0.060 \text{ mol/L} \times [S^{2-}] = 6.0 \times 10^{-18} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$[S^{2-}] = 1.0 \times 10^{-16} \text{ mol/L}$$

$[S^{2-}]$ がこれより大きくなると、FeS は沈殿する。

補足 このときの $[H^+]$ と pH を、 H_2S の K_a から求めると、

$$K_a = \frac{[H^+][S^{2-}]}{[H_2S]} = \frac{[H^+]^2 \times 1.0 \times 10^{-16} \text{ mol/L}}{0.10 \text{ mol/L}} = 9.6 \times 10^{-22} \text{ mol}^2/\text{L}^2$$

$$[H^+]^2 = 96 \times 10^{-8} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \quad [H^+] = 9.8 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(9.8 \times 10^{-4}) = 4 - \log_{10} 9.8 = 4 - 0.99 \approx 3.0$$