দ্রাব্যতা গুনফল (Solubility Product)ঃ

নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন সল্পদ্রাব্য লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে লবণ থেকে উৎপন্ন ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলোর যথোপযুক্ত ঘাতসহ মোলার ঘনমাত্রার গুনফলের সর্বোচ্চ মানকে ঐ তাপমাত্রায় লবণটির দ্রাব্যতাগুনফল বলে।

[এক্ষেত্রে লবনটির এক অণুর বিয়োজনে যত সংখ্যক কোন নির্দিষ্ট আয়ন সৃষ্টি হয় তার ঘনমাত্রাকে সেই ঘাতে উন্নিত করতে হবে।]

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

$$Kc = \frac{[Ag^{+}]\ [Cl^{-}]}{[AgCl]}$$

Or. $Kc \cdot [AgCl] = [Ag^{+}]\ [Cl^{-}]$

Or. $Ksp = [Ag^{+}]\ [Cl^{-}]$

AgCl মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলে দ্রবণে এর ঘনমাত্রা প্রায় অপরিবর্তীত থাকে। তাই [AgCl] =1 ধরা হয়।

যেমনঃ

মনেকরি, $Fe(OH)_3$এর দ্রাব্যতা S mol/L

$$Fe(OH)_{3(s)} \rightleftharpoons Fe^{3+}_{(aq)} + 3\,OH^{-}_{(aq)}$$

$\therefore Ksp = [Fe^{3+}]\,[OH^{-}]^3$

Or. $Ksp = S \times (3S)^3$

Or. $Ksp = 27S^4$ Or. $S = \sqrt[4]{\frac{K_{sp}}{27}}$

- AB_2 (CaF_2, $CaCl_2$) জাতীয় স্বল্পদ্রাব্য লবণের দ্রাব্যতা গুনফলের সমীকরণঃ

  AB_2 (CaF_2) জাতীয় স্বল্পদ্রাব্য লবণের অদ্রবীভূত অংশের সাথে দ্রবীভূত অংশের বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নসমূহের মধ্যে নিম্নরূপ সাম্যাবস্থা বিরাজ করে-

  $$AB_{2\,(s)} \rightleftharpoons A^{2+}\,(aq) + 2B^{-}\,(aq)$$

  সুতরাং এর দ্রাব্যতা গুনফল $K_{sp} = [A^{2+}]^1 \times [B^{-}]^2$

ধরি, AB_2এর দ্রাব্যতা = S mol. L^{-1}

$$AB_{2\,(s)} \rightleftharpoons A^{2+}\,(aq) + 2B^{-}\,(aq)$$

S S 2S

অর্থাৎ দ্রবণে $[A^{2+}] = S$ mol. L^{-1} এবং $[B^{-}] = 2S$ mol. L^{-1}

$\therefore K_{sp} = [A^{2+}]^1 \times [B^{-}]^2$

$= S \times (2S)^2$

$= 4S^3$

➢ A_xB_y [$Al_2(SO_4)_3$] জাতীয় স্বল্পদ্রাব্য লবণের দ্রাব্যতা গুনফলের সমীকরণঃ

A_xB_y [$Al_2(SO_4)_3$] জাতীয় স্বল্পদ্রাব্য লবণের অদ্রবীভূত অংশের সাথে দ্রবীভূত অংশের বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নসমূহের মধ্যে নিম্নরূপ সাম্যাবস্থা বিরাজ করে-

$$A_xB_{y\,(s)} \rightleftharpoons xA^{y+}\,(aq) + yB^{x-}\,(aq)$$

সুতরাং এর দ্রাব্যতা গুনফল $K_{sp} = [A^{y+}]^x \times [B^{x-}]^y$

ধরি, A_xB_yএর দ্রাব্যতা = S mol. L^{-1}

$$A_xB_{y\,(s)} \rightleftharpoons xA^{y+}\,(aq) + yB^{x-}\,(aq)$$

S xS yS

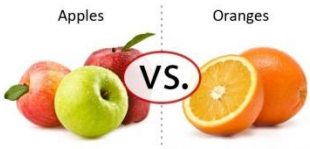
অর্থাৎ দ্রবণে $[A^{y+}] = xS$ mol. L^{-1} এবং $[B^{x-}] = yS$ mol. L^{-1}

$\therefore K_{sp} = [A^{y+}]^x \times [B^{x-}]^y$

$= (xS)^x \times (yS)^y$

$= (X^x.Y^y)\,S^{x+y}$

$\therefore K_{sp} = (X^x.Y^y)\,S^{x+y}$.....(1)



দ্রাব্যতা এবং দ্রাব্যতা গুনফলের মধ্যে তুলনা / পার্থক্য

- "দ্রাব্যতা" শব্দটি আয়নীয় বা প্রশম, স্বল্প দ্রাব্য বা বেশি দ্রাব্য যে কোন দ্রবের ক্ষেত্রেই প্রযোজ্য। কিন্তু দ্রাব্যত গুনফল পদটি সাধারণত স্বল্প দ্রাব্য আয়নীয় যৌগের ক্ষেত্রেই প্রয়োগ করা হয়।
- সম-আয়ন বা অন্য কোন আয়নের প্রভাবে অথবা জটিল যৌগ গঠনের ফলে দ্রবের দ্রাব্যতার মান পরিবর্তীত হতে পারে কিন্তু নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় দ্রবের দ্রাব্যতা গুনফলের মানের কোন পরিবর্তন হয়না।
- তাপমাত্রার পরিবর্তনে দ্রাব্যতা এবং দ্রাব্যতা গুনফল উভয়েই পরিবর্তীত হয়

দ্রাব্যতা বিষয়ক গানিতিক সমস্যাবলী

১. 25^0C তাপমাত্রায় AgCl এর দ্রাব্যতা গুনফল 1.7×10^{-10} হলে AgCl এর দ্রাব্যতা কত

উত্তরঃ

ধরি, AgCl এর দ্রাব্যতা = = S mol. L^{-1}

সংশ্লিষ্ট সাম্যাবস্থা নিম্নরূপ-

$$AgCl\,(s) \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$$

S S S

অর্থাৎ দ্রবণে $[Ag^+] = S$ mol. L^{-1} এবং $[Cl^-] = S$ mol. L^{-1}

$\therefore K_{sp} = [Ag^+] \times [Cl^-]$

বা, $\mathbf{1.7 \times 10^{-10} = S \times S}$

বা, $S^2 = \mathbf{1.7 \times 10^{-10}}$

বা, $\mathbf{S = \sqrt{1.7 \times 10^{-10}}}$

বা, $\mathbf{S = 1.30 \times 10^{-5}}$ mol. L^{-1}

১. $\mathbf{25^0C}$ তাপমাত্রায় $\mathbf{Fe(OH)_3}$এর দ্রাব্যতা গুনফল $\mathbf{4 \times 10^{-38}}$ হলে $\mathbf{Fe(OH)_3}$এর দ্রাব্যতা কত?এবং দ্রবণে $\mathbf{Fe^{3+}}$ এবং $\mathbf{OH^-}$এর ঘনমাত্রা নির্ণয় কর।

উত্তরঃ

ধরি, $\mathbf{Fe(OH)_3}$ এর দ্রাব্যতা = = S mol. L^{-1}

সংশ্লিষ্ট সাম্যাবস্থা নিম্নরূপ-

$$Fe(OH)_3\,(s) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + 3OH^-(aq)$$

S S 3S

অর্থাৎ দ্রবণে $[Fe^{3+}] = S$ mol. L^{-1} এবং $[OH^-] = 3S$ mol. L^{-1}

$\therefore K_{sp} = [Fe^{3+}] \times [OH^-]^3$

বা, $\mathbf{4 \times 10^{-38} = S \times (3S)^3}$

বা, $\mathbf{4 \times 10^{-38} = 27S^4}$

বা, $S = \sqrt[4]{\frac{4 \times 10^{-38}}{27}}$

বা, $\mathbf{S = 1.96 \times 10^{-10}}$ mol. L^{-1} (Ans)

$\therefore [Fe^{3+}] = S$ mol. L^{-1}

$= \mathbf{1.96 \times 10^{-10}}$ mol. L^{-1}(Ans)

এবং $[OH^-] = 3S$ mol. L^{-1}

$= \mathbf{3 \times 1.96 \times 10^{-10}}$ mol. L^{-1}

$= \mathbf{5.886 \times 10^{-10}}$ mol. L^{-1}(Ans)

Brainstorming

- $\mathbf{25^0C}$ তাপমাত্রায় $\mathbf{Fe(OH)_3}$এর সম্পৃক্ত দ্রবণে $\mathbf{OH^-}$ এর ঘনমাত্রা $\mathbf{9.843 \times 10^{-9}}$ g. L^{-1} হলে ঐ দ্রবণে $\mathbf{Fe(OH)_3}$ এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। [উত্তরঃ $\mathbf{3.746 \times 10^{-38}}$]
- $Fe(OH)_3$এর দ্রাব্যতা গুনফল 3.7×10^{-15} mol^4dm^{-12} হলে $Fe(OH)_3$এর দ্রাব্যতা g/Lএককে কত হবে?
- $Fe(OH)_2$এর দ্রাব্যতা 1.02×10^{-4} $moldm^{-1}$ হলে দ্রাব্যতা গুনফল এর মান কত?

আয়নিক গুনফলঃ

কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন দ্রবনীয় তড়িৎ বিশ্লেষ্য লবণের দ্রবণে যে কোন অবস্থায় (সম্পৃক্ত/ অসম্পৃক্ত) দ্রবণে উপস্থিত আয়নসমূহের ঘনমাত্রার গুনফলকে আয়নিক গুনফল বলে। যেখানে একাধিক মোল সংখ্যার আয়ন উপস্থিত থাকলে তা ঘনমাত্রার ঘাত হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^{+}_{(aq)} + Cl^{-}_{(aq)}$$

$$Kc = \frac{[Ag^{+}]\ [Cl^{-}]}{[AgCl]}$$

$$\text{Or. } Kc \,.\, [AgCl] = [Ag^{+}]\ [Cl^{-}]$$

$$\text{Or. } Kip = [Ag^{+}]\ [Cl^{-}]$$

AgCl মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলে দ্রবণে এর ঘনমাত্রা প্রায় অপরিবর্তীত থাকে। তাই [AgCl] =1 ধরা হয়।

❖ সম-আয়ন প্রভাবঃ

কোন দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণে কোন তীব্র তড়িৎ বিশ্লেস্য পদার্থ যোগ করলে যদি উভয় তড়িৎ বিশ্লেষ্য থেকে সম-আয়ন সৃষ্টি হয় সেক্ষেত্রে উভয় তড়িৎ বিশ্লেষ্যর বিয়োজন মাত্রা হ্রাস পায়। বিশেষ করে দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্যর বিয়োজন মাত্রা অনেক হ্রাস পায়

[দ্রবণে দুটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজনে একটি নির্দিষ্ট আয়ন উভয় পদার্থ থেকে সৃষ্টি হলে ঐ আয়নকে সম-আয়ন বলে।]

যেমনঃ NH_4OH একটি দুর্বল ক্ষার। NH_4OH এর জলীয় দ্রবণে তব্রি তড়িৎ বিশ্লেষ্য লবণ NH_4Cl যোগ করলে উভয় তড়িৎ বিশ্লেষ্য থেকে NH_4^+ আয়ন সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে NH_4^+ আয়ন হল সম-আয়ন।

NH_4OH ও NH_4Cl দ্রবণে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়-

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

সম-আয়ন

ব্যাখ্যাঃ

NH_4OH দ্রবণে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়-

$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$Kc = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_4OH]}$$

এ দ্রবণে NH_4Cl যোগ করলে তা সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়ে NH_4^+ ও Cl^- আয়ন সৃষ্টি হয়। ফলে NH_4^+ এর ঘনমাত্রা বেড়ে যায়।

ধরি , NH_4Cl থেকে প্রাপ্ত NH_4^+ আয়ন এর পরিমাণ x mol/L

এক্ষেত্রে

$$Kc = \frac{[NH_4^+ + x]\ [OH^-]}{[NH_4OH]} \quad \text{---------- i}$$

উপরের সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, সাম্যাংক Kc এর মান স্থির রাখার জন্য NH_4OH এর ঘনমাত্রা বাড়ানো প্রয়োজন। ফলে কিছু পরিমান NH_4^+ আয়ন ও OH^- আয়ন যুক্ত হয়ে কিছু NH_4OH তৈরি করবে। ফলে NH_4OH এর দ্রাব্যতা হ্রাস পাবে।

উদাহরণঃ

25^0C তাপমাত্রায় AgCl এর দ্রাব্যতা গুনফল 1.77×10^{-10} $Mol^2\ dm^{-6}$ বা 1.77×10^{-10} $Mol^2\ L^{-2}$ । দ্রবণটিতে 0.01 mol dm^{-3} NaCl যোগ করলে দেখাও যে, AgCl এর দ্রাব্যতা হ্রাস পায়।

উত্তরঃ

AgCl দ্রবণে নিম্নরূপে বিয়োজিত হয়-

$$AgCl_{(s)} \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

মনে করি,

NaCl যোগ করার পূর্বে AgCl এর দ্রাব্যতা S mol/L

আমরা জানি,

$K_{sp} = [Ag^+]\times[Cl^-]$

বা, $K_{sp} = S \times S$

বা, $K_{sp} = S^2$

বা, $S = \sqrt{K_{sp}}$

বা, $S = \sqrt{1.77\times10^{-10}\ Mol^2\ L^{-2}}$

বা, $S = 1.33\times10^{-5}\ Mol\ L^{-1}$

∴ NaCl যোগ করার পূর্বে AgCl এর দ্রাব্যতা $S = 1.33\times10^{-5}\ Mol\ L^{-1}$

এখন, NaCl যোগ করার পর AgCl এর দ্রাব্যতা যদি x mol/L হয়-

এক্ষেত্রে, AgCl এর $K_{sp} = [Ag^+]\times\{[Cl^-] + 0.01\}$

বা, $K_{sp} = x\ (x + 0.01)$

বা, $x^2 + 0.01x = K_{sp}$ ⟶ (i)

AgCl মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য বিধায় x এর মান নগন্য এবং x^2 এর মান $0.01x$ অপেক্ষা আরো নগন্য বিধায় x^2 কে উপেক্ষা করা যায়।

∴ (i) নং সমীকরণ থেকে পাই

$0.01x = K_{sp}$

বা, $x = \frac{K_{sp}}{0.01}$

বা, $x = \frac{1.77\times10^{-10}}{0.01}$ বা, $x = 1.77\times10^{-8}\ Mol\ L^{-1}$

∴ NaCl যোগ করার পর Cl^- আয়নের প্রভাবে AgCl এর দ্রাব্যতা হ্রাস পায়।

নিজে করঃ 25^0C তাপমাত্রায় NH_4OH এর দ্রাব্যতা গুনফল 1.43×10^{-9} $Mol^2\ dm^{-6}$ বা 1.43×10^{-9} $Mol^2\ L^{-2}$ । দ্রবণটিতে 0.03 mol dm^{-3} NH_4Cl যোগ করলে দেখাও যে, NH_4Cl এর দ্রাব্যতা হ্রাস পায়।