* আয়নিভবন :-

আয়নিক ও আয়ন পরস্পর বিক্রিয়ার মাধ্যমে লবণ তৈরি করে। তাকে আয়নন বিক্রিয়া বলে। উৎপন্ন লবণ পানি দ্রবণের অম্লীয় বেসলে পরিবর্তিত হয় তাকে আয়নের সাথে বিক্রিয়া করে। তাই আয়নিভবন নামে পরিচিত।

* দুর্বল আয়নিক তাই দুর্বল আয়নের আয়নিভবন :-

আমরা জানি, আয়নিক তাই আয়ন পরস্পর বিক্রিয়া করে লবণ তাই পানি উৎপন্ন করে যা আয়নন বিক্রিয়া নামে পরিচিত।

ধরা যাক একটি দুর্বল আয়নিক HA তাই দুর্বল আয়ন BOH পরস্পর বিক্রিয়া করেছে তাই তাহলে BA লবণ ও পানি হবে।

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$
(আয়নিক) (অনুরূপী আয়ন)

$$BOH \rightleftharpoons B^+ + {}^-OH$$
(আয়ন) (অনুরূপী আয়নিক)

তাহলে, প্রত্যাবর্তনযোগ্য বিক্রিয়াটি হবে,

$$HA + BOH \rightleftharpoons BA + H_2O$$
(আয়নিক) (আয়ন) (লবণ) (পানি)

অর্থাৎ আমাদের যেই BA লবণের আয়নিভবন তাতে pH নির্ণয় করতে হবে। অতএব, তাদের সাথে BA লবণ বিশুদ্ধিমিত বিক্রিয়া করে -

$$BA + H_2O \rightleftharpoons BOH + H^+ \quad \text{---} (1)$$

① নং সাম্য বিক্রিয়াতে দেখি, BOH তাই H^+ তাই পরিমাণ hC মোল, সুতরাং BA-তাই পরিমাণ = $(c - hC)$, যেখানে C BA লবণের আদিক পরিমাণ।

① নং সমীকরণের তাই,

আয়নিভবন ধ্রুবক, $K_h = \dfrac{[BOH]\,[H^+]}{[B^+]}$ ②

2020/4/10

$K_w = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$.

$\Rightarrow [H^+]^2 = 10^{-14}$

$\Rightarrow [H^+] = 10^{-7}$.

অর্থাৎ, 25°C তাপমাত্রায় জলে H^+ আয়ন এর গাঢ়ত্ব 10^{-7} গ্রাম-আয়ন/লিটার।

* pH এবং pOH :- কোনো লঘু দ্রবণে H^+ আয়ন কিংবা OH^- আয়নের গাঢ়ত্বের ঋণাত্মক লগারিদম দ্বারা pH কিংবা pOH প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ,

[Importance → See Page No 222].

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

$$pOH = -\log_{10}[OH^-].$$

** দুর্বল অ্যাসিডের ক্ষেত্রে pH নির্ণয় :-

ধরি, HA একটি দুর্বল অ্যাসিড যা জলীয় দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত হয়ে H^+ এবং A^- আয়ন উৎপন্ন করে। সুতরাং সাম্যাবস্থায়,

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

প্রারম্ভিক গাঢ়ত্ব = c 0 0

সাম্যাবস্থায় $(c-c\alpha)$ $c\alpha$ $c\alpha$

যেখানে, α = বিয়োজন মাত্রা

সুতরাং, $K_a = \dfrac{[H^+][A^-]}{[HA]}$

বা, $K_a = \dfrac{c\alpha \times c\alpha}{c(1-\alpha)}$

বা, $K_a = \dfrac{\alpha^2 c}{(1-\alpha)}$

যেহেতু HA একটি দুর্বল অ্যাসিড সুতরাং $(1-\alpha) \simeq 1$। অতএব

$\alpha^2 c = K_a$, যেখানে K_a = দুর্বল অ্যাসিডের আয়নীভবন ধ্রুবক

বা, $\alpha = \sqrt{\dfrac{K_a}{c}}$

2020/4/10

$$\therefore -\log_{10}[H^+] = -\left[\log_{10}(K_w)^{1/2} + \log_{10}(c)^{1/2} - \log_{10}K_b^{1/2}\right]$$

$$= -\left[\frac{1}{2}\log_{10}K_w + \frac{1}{2}\log_{10}c - \frac{1}{2}\log_{10}K_b\right]$$

$$\therefore \quad pH = -\frac{1}{2}\left[\log_{10}K_w + \log_{10}c - \log_{10}K_b\right]$$

কিন্তু, $K_w = 10^{-14}$ এবং, $-\log_{10}K_b = -pK_b$

$$\therefore \quad pH = -\frac{1}{2}\log_{10}10^{-14} - \frac{1}{2}\log_{10}c + \frac{1}{2}\log_{10}K_b$$

$$= \left(-\frac{1}{2}\times -14\right) - \frac{1}{2}\log_{10}c - \frac{1}{2}pK_b$$

$$\therefore \quad \boxed{pH = 7 - \frac{1}{2}pK_b - \frac{1}{2}\log_{10}c}$$

এপরিচ্ছেদ্য অভীক্ষণটির দ্বারা তীব্র অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষার দ্বারা গঠিত লবণের pH নির্ণয়ের অভীক্ষণ।

* NH_4Cl, $(NH_4)_2CO_3$ - ইত্যাদি লবণের ক্ষেত্রে pK_b ও c -এর value দেওয়া থাকলে pH নির্ণয় করা যাবে।

2020/4/10 12:

■ একইভাবে, BOH যদি একটি মৃদু ক্ষার হয় এবং জলীয় দ্রবণে B^+ ও OH^- আয়ন উৎপন্ন করে, তবে, নিম্নোক্ত সাম্যাবস্থা দেখা যায় -

$$BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$$

$$\therefore \quad K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}.$$

যেখানে, K_b = লঘু ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবক।

এক্ষেত্রেও, $\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{c}}$.

* <u>জলের আয়নীয় গুণফল</u> :-

বিশুদ্ধ জল সামান্য পরিমাণে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে এবং এর ফলে H^+ ও OH^- আয়ন উৎপন্ন হয়। রাসায়নিক সমীকরণটি হল -

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

যদি সাম্যাবস্থায় বিয়োজন ধ্রুবক K হয়, তবে,

$$K = \frac{[H^+][OH^-]}{[H_2O]}.$$

বা, $K[H_2O] = [H^+][OH^-]$.

বা, $K_w = [H^+][OH^-]$.

যেখানে, $K_w = K[H_2O]$ = জলের আয়নীয় গুণফল.

একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় K_w এর মান নির্দিষ্ট। 25°C তাপমাত্রায় K_w এর মান = 1×10^{-14}। উষ্ণতা বৃদ্ধির সাথে সাথে K_w এর মান বৃদ্ধি পায়, কারণ আয়নীভবনের মাত্রা বৃদ্ধি পায়।

■ <u>জলের আয়নীয় গুণফল থেকে H^+ আয়ন এর গাঢ়ত্ব নির্ণয়</u> :-

বিশুদ্ধ জল বিয়োজিত হয়ে 1টি H^+ ও 1টি OH^- আয়ন উৎপন্ন করে। অর্থাৎ,

$$[H^+] = [OH^-].$$

জলের আয়নীয় গুণফল থেকে পাই -

2020/4/10 12

② নং সমীকরণের ক্ষেত্রে জলবিশ্লেষণের ধ্রুবক এবং হাইড্রক্সিল আয়ন [OH⁻] দিয়ে শুরু করে পাই -

$$K_h = \frac{[BOH]\,[H^+][OH^-]}{[B^+]\,[OH^-]} \quad \text{——③}$$

এখন, আমরা জানি, জলের আয়নীয় গুণফল,

$$K_w = [H^+][OH^-] \quad \text{——④}$$

আবার জলীয় দ্রবণে ঐচ্ছিক BOH আয়নিত হয় এবং B^+ ও OH^- ঐচ্ছিক করে। অর্থাৎ, এক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবক K_b হলে -

$$K_b = \frac{[B^+]\,[OH^-]}{[BOH]} \quad \text{——⑤}$$

④ এবং ⑤ নং সমীকরণকে ③ নং সমীকরণে বসিয়ে পাই -

$$K_h = \frac{K_w}{K_b} \quad \text{——⑥}$$

এখন, ② নং সমীকরণ থেকে পাই -

$$K_h = \frac{h c \times h c}{(1-h)c} = \frac{h^2 c}{(1-h)}$$

$\because h \ll 1 \quad \therefore 1-h \simeq 1.$

$$\therefore K_h = h^2 c$$

$$\Rightarrow h = \sqrt{\frac{K_h}{c}} = \sqrt{\frac{K_w}{K_b \cdot c}} \quad [\text{⑥ নং সমীকরণ থেকে পাই}]$$

এখন,

$$[H^+] = h \cdot c = \sqrt{\frac{K_w}{K_b \cdot c}} \times c = \sqrt{\frac{K_w \cdot c}{K_b}} = \left(\frac{K_w \cdot c}{K_b}\right)^{1/2}$$

উভয়দিকে $-\log_{10}$ নিয়ে পাই -

$$-\log_{10}[H^+] = -\log_{10}\left(\frac{K_w \cdot c}{K_b}\right)^{1/2}$$

2020/4/10

* অস্ওয়াল্ডের লঘুতা সূত্রের গাণিতিক রূপ :-

সাধারণত মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ জলীয় দ্রবণে সম্পূর্ণ ভাবে আয়নিত হয় না। এর ফলে, উক্ত দ্রবণে আয়ন ও অবিয়োজিত অণুর মধ্যে একটি সাম্যাবস্থা তৈরী হয়।

ধরা যাক, AB একটি মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ যা A^+ ও B^- আয়ন উৎপন্ন করে।

$$AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$$

সুতরাং, $$K = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]} \quad \text{——— ①}$$

এখন,

AB-এর প্রারম্ভিক গাঢ়ত্ব = c mol/l

A^+ ও B^- ,, ,, ,, = 0.

বিয়োজন মাত্রা = α.

সাম্যাবস্থায়,

A^+ ও B^- -এর গাঢ়ত্ব = $c\alpha$

∴ AB এর গাঢ়ত্ব = $(c - c\alpha) = (1-\alpha)c$

① নং সমীকরণ থেকে পাই -

$$K = \frac{c\alpha \times c\alpha}{(1-\alpha)c} = \frac{c\alpha^2}{(1-\alpha)}$$

যেহেতু মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে α-এর মান 1-এর কম হয়, তাই $1-\alpha = 1$ ধরে পাই -

$$\Rightarrow K = c\alpha^2$$

$$\Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K}{c}}$$

যেহেতু নির্দিষ্ট উষ্ণতায় K = ধ্রুবক, সুতরাং

$$\boxed{\alpha \propto \frac{1}{\sqrt{c}}}$$ (আলফা)

→ এটিই অস্ওয়াল্ডের সূত্রের গাণিতিক রূপ।

——— ②

• লঘুতা সূত্র :- নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোনো মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা দ্রবণের মোলার গাঢ়ত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক।

$\therefore \quad \alpha^2 c' = K_b$

$\Rightarrow \quad K_b / c' = \alpha^2$

$\Rightarrow \quad \alpha = \sqrt{\frac{K_b}{c'}}$

সুতরাং, OH^- আয়নের গাঢ়ত্ব,

$$[OH^-] = \alpha c'$$
$$= \sqrt{\frac{K_b}{c'}} \cdot c'$$

$$\Rightarrow [OH^-] = (K_b \cdot c')^{1/2} \quad \text{——— (1)}$$

আমরা জানি,

$$pH + pOH = 14.$$

$$\Rightarrow pH = 14 - pOH \quad \text{——— (2)}$$

(1) নং সমীকরণের উভয়দিকে $-\log_{10}$ নিয়ে পাই -

$$-\log_{10}[OH^-] = -\log_{10}(K_b \cdot c')^{1/2}$$

$$\Rightarrow pOH = -\log_{10}(K_b)^{1/2} + \left\{-\log_{10}(c')^{1/2}\right\}$$

$$\Rightarrow pOH = -\frac{1}{2}\log_{10} K_b - \frac{1}{2}\log_{10} c'$$

সুতরাং, (2) নং সমীকরণ থেকে পাই -

$$pH = 14 - \left\{-\frac{1}{2}\log_{10} K_b - \frac{1}{2}\log_{10} c'\right\}$$

বা,
$$\boxed{pH = 14 + \frac{1}{2}\log_{10} K_b + \frac{1}{2}\log_{10} c'} \quad \text{——— (3)}$$

(3) নং সমীকরণ দ্বারা মৃদু ক্ষারের pH নির্ণয় করা যায়।

2020/4/10

তড়িৎবিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে, $[H^+] = \alpha \cdot c$.

$$= \sqrt{\frac{K_a}{c}} \cdot c \cdot = \sqrt{K_a \cdot c}$$

$$\text{বা, } [H^+] = (K_a \cdot c)^{1/2} \quad \text{——— ①}$$

এখন, আমরা জানি,

$$pH = -\log_{10}[H^+].$$

সুতরাং, ① নং অভীকরণের উভয় দিকে $-\log_{10}$ নিয়ে পাই –

$$-\log_{10}[H^+] = -\log_{10}(K_a \cdot c)^{1/2}$$

$$\text{বা, } pH = -\log_{10}(K_a)^{1/2} - \log c^{1/2}$$

$$\Rightarrow \boxed{pH = -\frac{1}{2}\log_{10} K_a - \frac{1}{2}\log_{10} c}$$

** দুই ক্ষারের ক্ষেত্রে pH -নির্ণয় :–

BOH জাতীয় দুই ক্ষার যখন জলীয় দ্রবণে তড়িৎবিশ্লেষিত হয়ে B^+ এবং OH^- উৎপন্ন করে এবং উভয়ের মধ্যে একটি সাম্যাবস্থা উৎপন্ন হয়।

$$BOH \rightleftharpoons B^+ + OH^-$$

প্রারম্ভিক অবস্থা : c' 0 0

সাম্যাবস্থায় : $(c' - c'\alpha)$ $c'\alpha$ $c'\alpha$

সুতরাং, $$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]}$$

$$\Rightarrow K_b = \frac{c'\alpha \times c'\alpha}{c'(1-\alpha)}$$

$$\Rightarrow K_b = \frac{\alpha^2 c}{(1-\alpha)}$$

যেহেতু BOH একটি দুই ক্ষার, অতএব, $(1-\alpha) \simeq 1$.

2020/4/10 12:

② নং সমীকরণ থেকে পাই, দ্রবণের লাঘুত্ব যত কম হবে, বিয়োজন মাত্রা তত বেশি হবে।

* মৃদু অ্যাসিড এবং মৃদু ক্ষারের বিয়োজন ধ্রুবকের সাপেক্ষে রূপ:-

আমরা জানি অল্পমাত্রায় মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থই জলীয় দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত হয় এবং তার ফলে অবিয়োজিত অণু এবং আয়নের মধ্যে সাম্যাবস্থা বিরাজ করে। মৃদু অ্যাসিড এবং ক্ষারের বিয়োজনের ক্ষেত্রেও তাই বিশেষ দেখা যায়।

• মৃদু অ্যাসিড :- ধরি, HA একটি মৃদু অ্যাসিড যা বিযোজিত হয়ে H^+ এবং A^- আয়ন উৎপন্ন করে এবং তারা একটি সাম্যাবস্থায় থাকে।

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$\therefore \quad K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

HA-এর প্রারম্ভিক লাঘুত্ব c মোল/লিটার এবং সাম্যাবস্থায় $[H^+]$ ও $[A^-]$-এর লাঘুত্ব $c\alpha$ হলে অবিয়োজিত $[HA]$

~~xccx~~ $(c - c\alpha) = (1-\alpha)c$

$$\therefore \quad K_a = \frac{\alpha c \times \alpha c}{(1-\alpha)c} = \frac{\alpha^2 c}{(1-\alpha)}$$

$1 - \alpha = 1$ যেহেতু $\alpha \ll 1$.

$$\therefore \quad K_a = \alpha^2 c$$

বা, $$\boxed{\alpha = \sqrt{\frac{K_a}{c}}}$$

আয়নীয় সাম্য

* তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ :- সাধারণত যেসব পদার্থ গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় আয়নিত হলে তড়িৎ পরিবহন করে, তাদের তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ বলে।

* শ্রেণিবিভাগ :- আরহেনিয়াসের তড়িৎ বিয়োজন তত্ত্ব অনুসারে তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের আয়নীভবনের ওপর ভিত্তি করে তাদের দুটি ভাগে ভাগ করা হয়।

① তীব্র তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ ⟶ সম্পূর্ণ আয়নিত হয়।
Ex: NaCl, NaOH, HCl

② মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ ⟶ আংশিক আয়নিত হয়।
Ex: NH_4OH, CH_3CO_2H

* বিয়োজন ধ্রুবক :-

ধরা যাক, AB একটি মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ যা জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয় এবং A^+, B^- আয়ন উৎপন্ন করে। এর ফলে দ্রবণে আয়ন সমূহ এবং অবিয়োজিত AB এর মধ্যে সাম্যাবস্থা সৃষ্টি হয়। তাকে আয়নীয় সাম্যাবস্থা বলে।

$$AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$$

উপরিউক্ত সাম্যীকরণের ক্ষেত্রে ভরক্রিয়া সূত্র প্রয়োগ করে পাই

সাম্যধ্রুবক, $K = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]}$

যেখানে, K = বিয়োজন ধ্রুবক।

এর মান মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে ধ্রুবক; কিন্তু তীব্র তড়িৎবিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে ধ্রুবক থাকে না। কারণ- এরা সম্পূর্ণভাবে আয়নিত হয়।

■ মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে বিয়োজন মাত্রার মান দ্রবণের লঘুতার ওপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, দ্রবণ যত লঘু হবে, বিয়োজন মাত্রার মান তত বেশি হবে।

বিয়োজন মাত্রাকে α দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

- মৃদু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থ ⟶ $\alpha < 1$
- তীব্র " " ⟶ $\alpha = 1$.

2020/4/10

দুর্বল অ্যাসিড ও দুর্বল ক্ষার দ্বারা গঠিত লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণে pH -এর সমীকরণ :-

ধরা যাক HA একটি দুর্বল অ্যাসিড ও ক্ষার BOH একটি দুর্বল ক্ষার। প্রশমন বিক্রিয়ার মাধ্যমে BA লবণ উৎপন্ন করল। উৎপন্ন লবণ নিম্নলিখিত ভাবে আর্দ্রবিশ্লেষিত হয় -

$$B^+ + A^- + H_2O \rightleftharpoons BOH + HA$$

আবার ধরি, সাম্যাবস্থায় BOH ও HA -এর গাঢ়ত্ব = hC
যেখানে, h = BA লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণের মাত্রা।
সুতরাং, B^+ ও A^- -এর গাঢ়ত্ব = (1-h)C.
এক্ষেত্রে সমীকরণের ক্ষেত্রে, আর্দ্রবিশ্লেষণ ধ্রুবক,

$$K_h = \frac{[BOH][HA]}{[B^+][A^-]} \quad \text{---(1)}$$

$$= \frac{[BOH][HA][H^+][OH^-]}{[B^+][A^-][H^+][OH^-]} \quad \text{---(2)}$$

[লবণ ও হরকে $[H^+]$ ও $[OH^-]$ দ্বারা গুণ করে পাই]

এখন, আমরা জানি,
জলের আয়নীয় সূত্রফল, $K_w = [H^+][OH^-]$. ---(3)

এবার, BOH আয়নিত হয়ে B^+ ও OH^- উৎপন্ন করে। সুতরাং সাম্যধ্রুবক,

$$K_b = \frac{[B^+][OH^-]}{[BOH]} \quad \text{---(4)}$$

একই ভাবে, HA আয়নিত হয় এবং H^+ ও A^- -এ পরিণত করে। সুতরাং সাম্যধ্রুবক,

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \quad \text{---(5)}$$

(3), (4) ও (5) নং সমীকরণকে (2) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই -

$$K_h = \frac{K_w}{K_a \cdot K_b}$$

এখন, (1) নং সমীকরণ থেকে পাই -

2020/4/10 12

$$K_h = \frac{hc \times hc}{(1-h)^2 \cdot c^2} = \frac{h^2}{(1-h)^2}$$

$\because h \ll 1 \quad \therefore 1-h \simeq 1$

$\therefore K_h = h^2$

$\Rightarrow h = \sqrt{K_h} = \sqrt{\frac{K_w}{K_a \cdot K_b}}$

এখন, H^+ আয়নের গাঢ়ত্ব, $[H^+] = K_a \cdot \frac{[HA]}{[A^-]}$

$\Rightarrow [H^+] = K_a \cdot \frac{hc}{(1-h)c}$

$\Rightarrow [H^+] = K_a \cdot h$

$\Rightarrow [H^+] = K_a \cdot \sqrt{\frac{K_w}{K_a \cdot K_b}} = \sqrt{\frac{K_w \cdot K_a}{K_b}}$

উভয়দিকে $-\log_{10}$ নিয়ে পাই -

$$-\log_{10}[H^+] = -\log_{10}\left(\frac{K_w \cdot K_a}{K_b}\right)^{1/2}$$

$$\Rightarrow pH = -\left[\log_{10}(K_w)^{1/2} + \log_{10}(K_a)^{1/2} - \log_{10}(K_b)^{1/2}\right]$$

$$= -\frac{1}{2}\left[\log_{10} K_w - \frac{1}{2}\log_{10} K_a + \frac{1}{2}\log_{10} K_b\right.$$

$$= -\frac{1}{2} \times (-14) + \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} pK_b$$

$$\Rightarrow \boxed{pH = 7 + \frac{1}{2} pK_a - \frac{1}{2} pK_b}$$

2020/4/10