4th Sem (GE4T) [PHY CHE]

CONDUCTANCE

Conductance, cell constant, specific condunctance and molar conductance; Variation of specific and equivalent conductance with dilution for strong and weak electro-lytes; Ostwald's dilution law; Application of conduc-tance measurement (determination of solubility produ-ct and ionic product of water); Conductometric titrations (acid-base); Transport number and princi-ples of Hittorf's and Moving-boundary method

৪. পরিবাহিতা (Conductance):

কোনো পরিবাহীর রোধের (R) অন্যোন্যকই হল ওর পরিবাহিতা (C)

$\therefore$ পরিবাহিতা $(C) = \frac{1}{R\,(\text{রোধ})}$

একক:	
CGS	$\rightarrow$ ohm^{-1}/Ω^{-1} (mho)
SI	$\rightarrow$ সিমেন্স (S)

প্রকৃতপক্ষে কোনো পরিবাহীর পরিবাহিতাই হল ওর তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতার পরিমাপ।

৪. কোষ ধ্রুবক (Cell Constant): কোনো পরিবাহিতা কোষের তড়িদ্দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব ও তড়িদ্দ্বারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে ওই পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক (Cell constant) বলে।

Scanned with CamScanner

⊞ একক : CGS পদ্ধতিতে cm^{-1} এবং SI পদ্ধতিতে m^{-1}।

$$\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা } (K) = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A}$$

∴ কোষ ধ্রুবক = $\dfrac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}}{\text{পরিবাহিতা}}$

অর্থাৎ, $\dfrac{l}{A} = \dfrac{K}{C}$ যেখানে, l = তড়িদ্দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব
A = " -এর প্রস্থচ্ছেদ

Q. আপেক্ষিক পরিবাহিতা (Specific Conductance):

একক দৈর্ঘ্য এবং একক ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট দুটি তড়িদ্দ্বারের মধ্যবর্তী দ্রবণের পরিবাহিতাকে বলা হয়, ওই দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (K)।

$$\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা } (K) = \frac{1}{\rho}$$
$$= \frac{1}{R} \times \frac{l}{A}$$

একক: CGS পদ্ধতিতে ⟶ $ohm^{-1}.cm^{-1}$ / $mho.cm^{-1}$
SI " ⟶ $ohm^{-1}.m^{-1}$ / $S.m^{-1}$

$$1\,S.cm^{-1} = 100\,Sm^{-1}$$

Q. মোলার পরিবাহিতা (Molar conductance) (μ বা Λ_m):

কোনো দ্রবণের যে আয়তনের মধ্যে 1 g-mol পরিমাণ, তড়িদ্বিশ্লেষ্য পদার্থ দ্রবীভূত থাকে, সেই পরিমাণ আয়তনকে 1 cm দৈর্ঘ্য ও $1 cm^2$ ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট তড়িদ্দ্বারের মধ্যে রাখলে সেটির যে পরিবাহিতা হয়, তাকে ওই তড়িদ্

Scanned with CamScanner

-বিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহিতা বলে।

▶ মোলার পরিবাহিতাকে Λ_m - দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\mu \text{ বা } \Lambda_m = K \cdot V$$

$$= K \frac{1000}{M} \, ohm^{-1} \cdot cm^{2} \cdot mol^{-1}$$

Q. মোলার পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার সম্পর্ক : ধরা যাক, একটি তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য পদার্থের $V cm^3$ দ্রবণে উক্ত তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যের 1 mol পরিমাণ দ্রবীভূত আছে। যদি উক্ত দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা $= K$ হয়, তবে সং জ্ঞানুযায়ী $1 cm^3$ দ্রবণের পরিবাহিতা $= K$।

সুতরাং, $V cm^3$ দ্রবণের পরিবাহিতা $= K \times V$

এখন, $V cm^3$ দ্রবণে 1 mol তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য পদার্থ দ্রবীভূত আছে। সুতরাং, $V cm^3$ দ্রবণের পরিবাহিতা = দ্রবণটির মোলার পরিবাহিতা।

∴ দ্রবণটির মোলার পরিবাহিতা $= K \times V$

কোনো তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যের দ্রবণের মোলারিটি $= M$ হলে উক্ত তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যের 1 mol দ্রবীভূত আছে $\frac{1000}{M} cm^3$ দ্রবণে।

সুতরাং,
দ্রবণের মোলার পরিবাহিতা,

$$\Lambda_m = K \times \frac{1000}{M} \quad \text{——— (i)}$$

(i) নং সমীকরণটি কোনো তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য দ্রবণের মোলার ও আপেক্ষিক পরিবাহিতা মধ্যে সম্পর্ক প্রকাশ করে।

Scanned with CamScanner

Q. দ্রবণের V আয়তনের মধ্যে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য পদার্থ দ্রবীভূত থাকে তাহলে দ্রবণের মোলার পরিবাহিতা $(\Lambda_m) = K \times V$

আবার, কোনো তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য দ্রবণের মোলারিটি, M হলে উক্ত তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যের 1 mol দ্রবীভূত আছে $\frac{1000}{M}$ cm^3 দ্রবণে।

$\therefore V = \frac{1000}{M}$ cm^3

$\therefore$ মোলার পরিবাহিতা $(\Lambda_m) = K \times \frac{1000}{M}$।

Q. তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার মধ্যে সম্পর্ক: যদি কোনো তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের নর্ম্যালিটি, N হয় এবং উক্ত দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (K) হয়, তাহলে $\Lambda = K \times \frac{1000}{N}$

উক্ত সমীকরণটি হল কোনো তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার মধ্যে সম্পর্ক।

Q. মোলার পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মধ্যে সম্পর্ক: আমরা জানি, $\Lambda_m = K \times \frac{1000}{M}$ এবং

$\Lambda = K \times \frac{1000}{N}$

$\therefore \frac{\Lambda}{\Lambda_m} = \frac{M}{N}$

Scanned with CamScanner

তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য দ্রবণের নর্ম্যালিটি (N) = মোলারিটি (M) ×

তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যের প্রতি অণুতে ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের মোট যোজ্যতা।

প্রতি অণুতে ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের মোট যোজ্যতা = z হলে,

$$N = M \times z$$

$$\therefore \frac{\Lambda}{\Lambda_m} = \frac{M}{M \times z}$$

$$\boxed{\Lambda = \frac{\Lambda_m}{z}}$$

Q. আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মধ্যে সম্পর্ক : ধরা যাক, 'c' গ্রাম তুল্যাঙ্ক/লিটার গাঢ়ত্বযুক্ত দ্রবণে 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ পদার্থ দ্রবীভূত আছে এবং উক্ত দ্রবটি 1 cm দূরে অবস্থিত দুটি তড়িদ্বার মধ্যে রাখা আছে। যদি ওই দ্রবণের আয়তন V ঘনসেমি হয় তাহলে V-এর মান হল যথাক্রমে $V = \frac{1000}{c}$।

[c-গ্রাম তুল্যাঙ্ক দ্রাব দ্রবীভূত আছে 1000 ঘনসেমি দ্রবণে

1 " " " $\frac{1000}{c}$ " "

$\therefore V = \frac{1000}{c}$ ঘনসেমি]

প্রত্যেক তড়িদ্বারের ক্ষেত্রফল = $\frac{\text{দ্রবণের আয়তন}}{\text{তড়িদ্বারের দুটির দূরত্ব}} = \frac{V \text{ ঘনসেমি}}{1 \text{ সেমি}}$

$= V$ বর্গসেমি

Scanned with CamScanner

উক্ত দ্রবণের রোধ $(R) = \rho \times \left(\frac{l}{A}\right)$.

$$R = \rho \times \left(\frac{1}{V}\right) \left[\rho = \text{আপেক্ষিক রোধ}\right] \quad \text{---(i)}$$

[∵ তড়িদ্দ্বার দুটির মধ্যে দূরত্ব $l = 1$ cm এবং
প্রত্যেক তড়িদ্দ্বারের ক্ষেত্রফল $= V$ cm^2]

∴ তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda) = \frac{1}{R}$

$$= \frac{1}{\rho} \times V$$

$$\Lambda = K \times V \quad \text{---(ii)}$$

[আপেক্ষিক পরিবাহিতা $(K) = \frac{1}{\text{আপেক্ষিক রোধ}} = \frac{1}{\rho}$

বা, $\Lambda = K \times \frac{1000}{c}$

∴ $V = \frac{1000}{c}$ ---(iii)

(ii) নং এবং (iii) নং সমীকরণ দুটি হল আপেক্ষিক পরিবাহিতার (K) সঙ্গে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার (Λ) সম্পর্ক,

Scanned with CamScanner

Q. অসওয়াল্ডের লঘুতা সূত্র (Ostwald's Dilution Law): নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোনো মৃদু তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা দ্রবণের মোলার ঘনত্বের বর্গমূলের ব্যস্তানুপাতিক অথবা 1 mol দ্রাবমুক্ত দ্রবণের আয়তনের বর্গমূলের সমানুপাতিক।

গাণিতিক রূপ: ধরা যাক,

একটি মৃদু তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য পদার্থ AB নিম্নরূপ আয়নিত হয় —— $AB \rightleftharpoons A^+ + B^-$

ধরা যাক, তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য পদার্থের প্রাথমিক ঘনত্ব $= c$ mol/L

এবং বিয়োজন মাত্রা $= \alpha$

∴ সাম্যাবস্থায় A^+ ও B^- উৎপন্ন হবে αc করে এবং অবিয়োজিত AB পড়ে থাকবে $= c - \alpha c$
$= (1-\alpha)c$ mol/L।

	AB	$\rightleftharpoons$	A^+	$+$	B^-
প্রাথমিক অবস্থায় :	c		0		0
সাম্যাবস্থায় :	$c - \alpha c = (1-\alpha)c$		αc		αc

$$\therefore \text{সাম্যধ্রুবক } (K) = \frac{[A^+][B^-]}{[AB]}$$

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

$$= \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha} \quad [\because 1-\alpha = 1]$$

বা, $K = \alpha^2 c$

বা, $\alpha = \sqrt{\frac{K}{c}}$ $\therefore \alpha \propto \frac{1}{\sqrt{c}}$ ——(i)

($\because$ K নির্দিষ্ট উষ্ণতায় ধ্রুবক)

$\therefore$ (i) নং সমীকরণটি হল অস্টওয়াল্ডের সূত্রের গাণিতিক রূপ।

যেহেতু, V = লিটারে 1 mol তড়িদ্‌বিশ্লেষ্যের আয়তন,

তাই, $c = \frac{1}{V}$

$\therefore \alpha = \sqrt{KV}$

বা, $\alpha = \sqrt{V}$ ——(ii)

$\therefore$ (ii) নং সমীকরণ অস্টওয়াল্ড সূত্রের আর এক প্রকার গাণিতিক রূপ।

$\therefore$ (i) নং ও (ii) নং সমীকরণ দুটি থেকে অস্টওয়াল্ডের লঘুতা সূত্র পাওয়া যায়।

Scanned with CamScanner

Q. বহনাঙ্ক বা পরিবহনাঙ্ক বা Transport Number.

কোনো তড়িতের যে ভগ্নাংশ কোনো বিশ্লেষ আয়ন বহন করে, তাকে ওই আয়নের ট্রান্সপোর্ট সংখ্যা বলে।

$$\therefore \text{আয়নের পরিবহনাঙ্ক} = \frac{\text{আয়নের দ্বারা পরিবাহিত তড়িৎপ্রবাহ}}{\text{মোট তড়িৎপ্রবাহ}}$$

ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের Transport number যথাক্রমে— t_+ ও t_- দ্বারা লেখা হয়।

তাহলে,

ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক $(t_+) = \frac{u}{u+v}$

অ্যানায়নের " $(t_-) = \frac{v}{u+v}$

$$\therefore t_+ + t_- = \frac{u}{u+v} + \frac{v}{u+v}$$

বা, $\underline{t_+ + t_- = 1}$

Scanned with CamScanner

Q. তীব্র-অ্যাসিডের (HCl) সঙ্গে তীব্র ক্ষার (NaOH)-এর টাইট্রেশন: তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার উভয়েই দ্রবণে সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে।

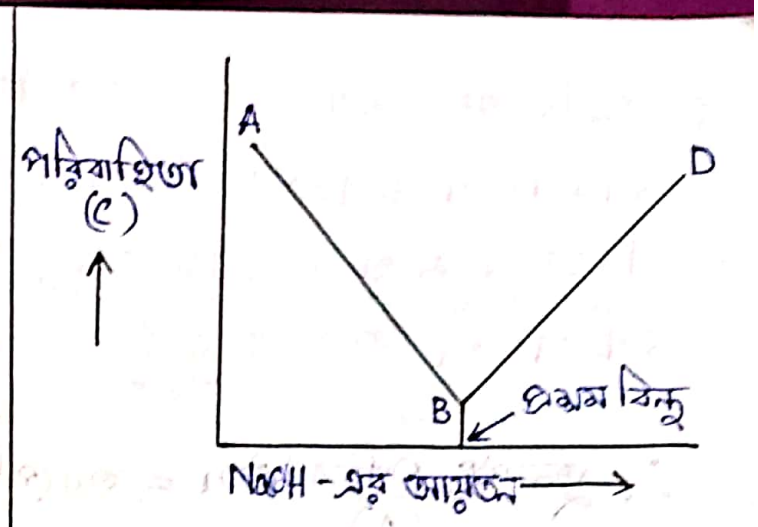
একটি পরিবাহিতা কোষে নির্দিষ্ট আয়তনের লঘু HCl নিয়ে বুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা NaOH দ্রবণ যোগ করলে প্রশমন বিক্রিয়ার ফলে অধিক পরিবাহিতার সমান্ন H^+ আয়নগুলি তুলনামূলক নিম্ন পরিবাহিতার সমান্ন Na^+ আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়, উক্ত বিক্রিয়াটি হল —

$$H^+ + Cl^- + Na^+ + OH^- \longrightarrow Na^+ + Cl^- + H_2O$$

ফলে দ্রবণের পরিবাহিতা ক্রমশ কমতে থাকে।

Scanned with CamScanner

লেখচিত্রে, একটি নিম্নগামী সরলরেখা (AB) পাওয়া যায় যা NaCl ও HCl-এর মিশ্রণের পরিবাহিতাকে নির্দেশ করে। প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর অতিরিক্ত NaOH যোগ করার ফলে দ্রবণে Na^+ ও OH^- আয়নের আধিক্যের জন্য পরিবাহিতার মান বাড়তে থাকে যা (BD) ঊর্ধ্বগামী সরলরেখা দ্বারা নির্দেশ করা হয়। B বিন্দুটি হল প্রশমন বিন্দু, যেখান থেকে নির্দিষ্ট পরিমাণ গৃহীত অ্যাসিডকে প্রশমিত করতে যত আয়তন NaOH প্রয়োজন হয়, তার মান জানতে পারি।



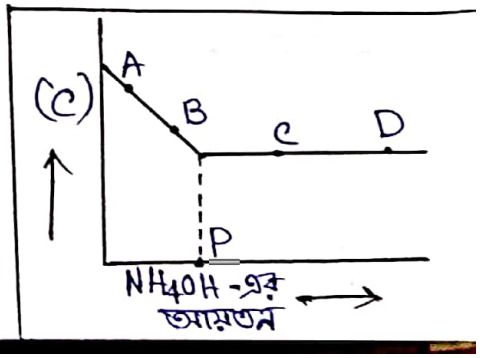
চিত্র: HCl–NaOH এর পরিবাহিতা ভিত্তিক টাইট্রেশন

Q. তীব্র অ্যাসিডের (HCl) সঙ্গে মৃদু ক্ষার (NH_4OH) -এর টাইট্রেশন: জলীয় দ্রবণে তীব্র অ্যাসিড সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে এবং মৃদু ক্ষার আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় থাকে।

একটি পরিবাহিতা কোষে নির্দিষ্ট আয়তনের HCl নিয়ে কোঁটা কোঁটা করে NH_4OH দ্রবণ যোগ করলে প্রশমন ক্রিয়ার ফলে উচ্চ পরিবাহিতা সম্পন্ন H^+ আয়নগুলি অপেক্ষাকৃত নিম্ন পরিবাহিতা সম্পন্ন NH_4^+ আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে থাকে।

$$H^+ + Cl^- + NH_4OH \longrightarrow NH_4^+ + Cl^- + H_2O$$

ফলে দ্রবণের পরিবাহিতা AB রেখা বরাবর ক্রমশ হ্রাস পেতে থাকে। প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর অতিরিক্ত NH_4OH যোগ করে অবিয়োজিত অবস্থায় (CD) সমান্তরাল রেখা পাওয়া যায়। (AB) ও (CD) রেখাদ্বয়কে বর্ধিত করলে P বিন্দুতে ছেদ করে। P বিন্দু থেকে প্রশমন ক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় NH_4OH -এর আয়তন পাওয়া যায়।



Scanned with CamScanner

Q. একটি মৃদু অ্যাসিডের 0.02 (N) দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা 3.13×10^{-4} মো. সেমি$^{-1}$, ওই দ্রবণে অ্যাসিডের বিয়োজন মাত্রা 0.045 হলে, অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা কত হবে?

∴ তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) = আপেক্ষিক পরিবাহিতা $\times \frac{1000}{C}$

$= 3.13 \times 10^{-4} \times \frac{1000}{0.02}$

$= 15.65$ মো. সেমি^{2}/গ্রাম তুল্যাঙ্ক

বিয়োজন মাত্রা (α) $= \frac{\Lambda}{\Lambda^0}$

∴ অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ^0) $= \frac{\Lambda}{\alpha}$

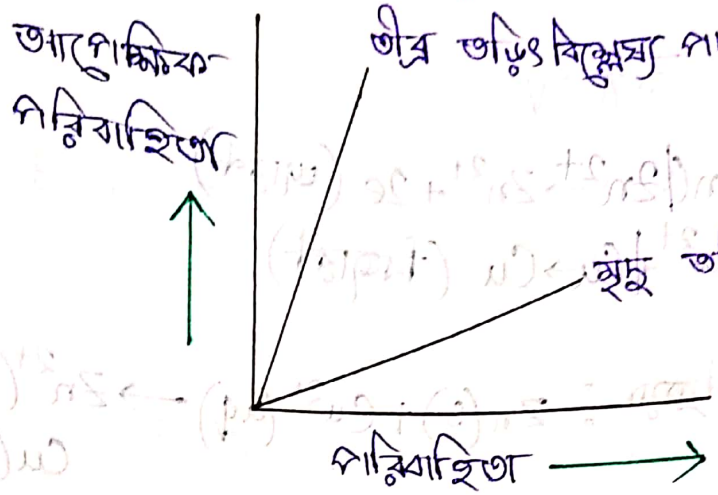
$= \frac{15.65}{0.045}$

$= 347.78$

মো. সেমি^{2}/গ্রাম তুল্যাঙ্ক

Scanned with CamScanner

Q. মৃদু ও তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের লঘুতার সহিত আপেক্ষিক পরিবাহিতার পরিবর্তন:



আমরা জানি, 1 সেমি দৈর্ঘ্য ও 1 বর্গসেমি ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট দুটি তড়িদ্দ্বারের মধ্যবর্তী দ্রবণের পরিবাহিতাকে, ওই দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলে।

সুতরাং, প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন সংখ্যা বাড়লে দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বাড়বে এবং সংখ্যা হ্রাসের ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা কমবে।

☑ তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি দ্রবণে সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, সুতরাং, দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাবক মিশিয়ে লঘুতা বৃদ্ধি করলে প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন সংখ্যা হ্রাস পায় তাই, লঘুতা বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা হ্রাস পায়।

আবার, কোনো লঘু দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাব যোগ করে গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করলে, প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

Scanned with CamScanner

☑ মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাবক মিশিয়ে লঘুতা বৃদ্ধি করলে প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন হ্রাস অধিক পরিমাণে হ্রাস পায় ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা হ্রাস পায়।

আবার, মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থে দ্রাব যোগ করলে গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করলে প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন সংখ্যা বৃদ্ধি পায় ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বাড়ে।

Scanned with CamScanner