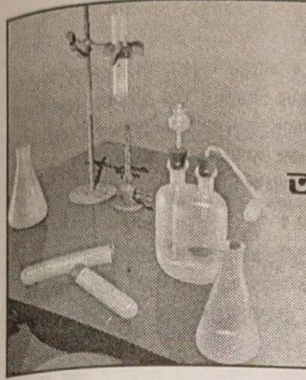
(vi) মেঘের সৃষ্টি ঃ জলীয় বাষ্প দ্বারা সম্পৃক্ত বায়ু বাতাসে ভাসমান তড়িদাহিত ধূলিকণার সংস্পর্শে এসে যে অসমসত্ত্ব মিশ্রণ তথা কোলয়েডের সৃষ্টি করে তাকেই আমরা মেঘ বলি। (উড়োজাহাজের সাহায্যে মেঘের গায়ে বিপরীত আধানযুক্ত বালুকণা ছিটিয়ে তঞ্চনের মাধ্যমে কৃত্রিম বৃষ্টিপাত ঘটানো সম্ভব।)

(vii) ওষুধ প্রস্তুতি ঃ বহু সংখ্যক ইমালসন ও ধাতুসল ওষুধরূপে ব্যবহার করা হয়। কোলয়েডীয় অবস্থায় ব্যবহৃত ওষুধগুলি আমাদের দেহের মধ্যে খুব সহজেই শোষিত হয় বলে এগুলি বেশি কার্যকারী হয়।

উদাহরণ ঃ অ্যান্টিমনি কোলয়েড—কালাজ্বরের ওষুধ।
সিলভার কোলয়েড—চোখে ব্যবহারের লোশন।
মিল্ক অব্ ম্যাগনেসিয়া—পেটের অসুখের ওষুধ।



অষ্টাদশ অধ্যায়

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা
(Electrolytic Conduction)

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতার প্রাথমিক ধারণা
(Preliminary Idea of Electrolytic Conduction)

Q. 1. *(a) তড়িৎ-পরিবাহী ও তড়িৎ-অপরিবাহী বলতে কি বোঝ?*
(b) তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও তড়িৎ অবিশ্লেষ্য পদার্থ কাদের বলে? প্রত্যেক প্রকারের উদাহরণ দাও।
(c) তড়িৎ বিশ্লেষণ বলতে কি বোঝ?
(d) ক্যাথোড ও অ্যানোড কি?
(e) ধাতব (বা ইলেকট্রনীয়) পরিবহনের সঙ্গে আয়নীয় (বা তড়িৎ বিশ্লেষ্যের) পরিবহনের পার্থক্যগুলি উল্লেখ কর।

অথবা

ধাতব পরিবাহিতা এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতার পার্থক্য উল্লেখ কর। [K.U. 2001]
(f) তাপীয় বিয়োজন ও তড়িৎ বিয়োজনের পার্থক্য কি? [C.U. '86]

Ans. ▶ (a) **তড়িৎ-পরিবাহী (Conductors) ঃ**

যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে সেগুলিকে বলে তড়িৎ পরিবাহী। তড়িৎ পরিবাহী পদার্থ তিন প্রকার—

(i) ধাতব পরিবাহী (যেমন, সোনা, রূপা, তামা, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, পারদ ইত্যাদি)।
(ii) অধাতব পরিবাহী (যেমন, গ্রাফাইট, গ্যাস কার্বন ইত্যাদি)।
(iii) তড়িৎ বিশ্লেষ্য (যেমন, HCl, $NaOH$, $NaCl$ ইত্যাদির জলীয় দ্রবণ বা গলিত তরল)।

▶ **তড়িৎ-অপরিবাহী ঃ**

যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে না, সেগুলিকে বলে তড়িৎ অপরিবাহী। যেমন, কাঠ, কয়লা, রবার, কাগজ ইত্যাদি।

Scanned with CamScanner

▶ (b) **তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ (Electrolytes) :**

যে সকল পদার্থ জলে বা উপযুক্ত কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় অথবা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করে এবং এই তড়িৎ পরিবহনের সময় বিয়োজিত হয়ে একাধিক নতুন পদার্থ উৎপাদন করে, সেই সকল পদার্থকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ বলে। অ্যাসিড (যেমন, HCl, H_2SO_4 ইত্যাদি), ক্ষার (যেমন, $NaOH$, KOH ইত্যাদি) এবং লবণ (যেমন, $NaCl$, KCl, $MgCl_2$ ইত্যাদি) জাতীয় পদার্থগুলি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের উদাহরণ।

▶ **তড়িৎ অবিশ্লেষ্য পদার্থ (Non-electrolytes) :**

যে সকল পদার্থ জলে বা অন্য কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করতে সমর্থ হয় না, সেই সকল পদার্থকে তড়িৎ অবিশ্লেষ্য পদার্থ বলে। অধিকাংশ জৈব যৌগ (যেমন, চিনি, গ্লুকোজ, ইউরিয়া, পেট্রল, কেরোসিন, অ্যালকোহল, বেঞ্জিন ইত্যাদি) এই জাতীয় পদার্থের উদাহরণ।

▶ (c) **তড়িৎ বিশ্লেষণ (Electrolysis) :**

গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করে পদার্থটির রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটিয়ে নতুন পদার্থ উৎপাদন করার পদ্ধতিকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে। যেমন, প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার ব্যবহার করে গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করলে লবণটি বিয়োজিত হয়ে ক্যাথোডে ধাতব সোডিয়াম সঞ্চিত হয় ও অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস নির্গত হয়।

$$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$$

ক্যাথোডে : $Na^+ + e \longrightarrow Na$

অ্যানোডে : $Cl^- \longrightarrow Cl + e$

$Cl + Cl \longrightarrow Cl_2$

▶ (d) **ক্যাথোড (Cathode) :**

ব্যাটারির ঋণাত্মক মেরুর সঙ্গে যুক্ত তড়িৎ-দ্বারকে বলে ক্যাথোড। তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করে নিস্তড়িৎ পরমাণুতে পরিণত হয়।

▶ **অ্যানোড (Anode) :**

ব্যাটারির ধনাত্মক মেরুর সঙ্গে যুক্ত তড়িৎ-দ্বারকে বলে অ্যানোড। তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় অ্যানায়নগুলি অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করে নিস্তড়িৎ পরমাণু বা মূলকে পরিণত হয়।

▶ (e) **ধাতব ও আয়নীয় পরিবহনের পার্থক্য (Difference between metallic and ionic conduction) :**

ধাতব পরিবহন	আয়নীয় পরিবহন
(i) ধাতব পরিবহনে ইলেকট্রনগুলি তড়িৎ পরিবহন করে।	(i) আয়নীয় পরিবহনে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নগুলি তড়িৎ পরিবহন করে।
(ii) এরূপ পরিবহনে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না।	(ii) এই জাতীয় পরিবহনের সময় রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে।

ধাতব পরিবহন	আয়নীয় পরিবহন
(iii) প্রধানত ধাতু (যেমন, সোনা, রূপা, তামা, অ্যালুমিনিয়াম, লোহা, পারদ ইত্যাদি) ও কয়েকটি কঠিন অধাতুর (যেমন, কার্বন) মধ্যে এরূপ পরিবহন ঘটে।	(iii) গলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় অ্যাসিড, ক্ষার ও লবণের মধ্যে এরূপ পরিবহন ঘটে।
(iv) উষ্ণতা বৃদ্ধির ফলে ধাতব পরিবাহিতা হ্রাস পায়।	(iv) উষ্ণতা বৃদ্ধির ফলে আয়নীয় পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

▶ (f) **তাপীয় ও তড়িৎ বিয়োজনের পার্থক্য (Difference between thermal and electrolytic dissociation) :**

তাপীয় বিয়োজন	তড়িৎ বিয়োজন
(i) তাপ প্রয়োগের ফলে এরূপ বিয়োজন ঘটে।	(i) দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের এরূপ বিয়োজন ঘটে।
(ii) তাপীয় বিয়োজনে নিস্তড়িৎ অণু উৎপন্ন হয়। $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_3 + HCl$	(ii) তড়িৎ বিয়োজনে আধানযুক্ত পরমাণু বা পরমাণুপুঞ্জ অর্থাৎ আয়ন উৎপন্ন হয়। $NH_4Cl \rightleftharpoons NH_4^+ + Cl^-$
(iii) এরূপ বিয়োজনের জন্য কোন মাধ্যমের প্রয়োজন হয় না।	(iii) এরূপ বিয়োজনের জন্য মাধ্যমের প্রয়োজন হয়। অবশ্য গলিত অবস্থায় পদার্থ নিজেই মাধ্যমের কাজ করে।
(iv) তাপীয় বিয়োজনে উৎপন্ন পদার্থগুলি সহজে পৃথক করা যায়।	(iv) তড়িৎ বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন আয়নগুলিকে পৃথক করা যায় না।
(v) এরূপ বিয়োজনে উৎপন্ন পদার্থগুলির যেকোন একটির অপসারণ দ্বারা বিয়োজন বিক্রিয়া সম্পূর্ণ করা যায়।	(v) তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে বিয়োজন প্রায় সম্পূর্ণ থাকে। মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধি করে বিয়োজন-মাত্রা বাড়ানো যায়।

আরহেনিয়াসের আয়নীয় বিয়োজন তত্ত্ব
(Arrhenius Theory of Electrolytic Dissociation)

Q. 2. *(a) আরহেনিয়াসের আয়নীয় বিয়োজন তত্ত্ব বা তড়িৎ বিয়োজন তত্ত্ব আলোচনা কর।*
(b) আরহেনিয়াস তত্ত্বের সপক্ষে প্রমাণ দাও।
(c) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের আয়নীভবনের মাত্রা কি কি বিষয়ের উপর নির্ভর করে?

Ans. ▶ (a) **আরহেনিয়াসের তড়িৎ বিয়োজন তত্ত্ব :**

দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি কিভাবে তড়িৎ পরিবহন করে এবং সেই সঙ্গে বিশ্লিষ্ট হয়ে কিভাবে নতুন পদার্থ উৎপাদন করে, সেই সম্পর্কে বিজ্ঞানী আরহেনিয়াস একটি যুক্তিপূর্ণ ধারণা দেন। আরহেনিয়াস তত্ত্বের মূল বক্তব্য হল—

Scanned with CamScanner

(i) গলিত অবস্থায় বা উপযুক্ত দ্রাবকে দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অণুগুলি বিয়োজিত হয়ে ক্যাটায়ন (ধনাত্মক আয়ন) ও অ্যানায়ন (ঋণাত্মক আয়ন) উৎপাদন করে।

$$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$$

(ii) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ থেকে উৎপন্ন ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যা সমান নাও হতে পারে। তেমনি একটি ক্যাটায়নের আধান ও অ্যানায়নের আধান সমান নাও হতে পারে। কিন্তু ক্যাটায়নগুলির মোট ধনাত্মক আধান ও অ্যানায়নগুলির মোট ঋণাত্মক আধান অবশ্যই সমান হবে। অর্থাৎ দ্রবণটি সামগ্রিকভাবে তড়িৎ নিরপেক্ষ হবে।

$NaCl \rightleftharpoons Na^+ + Cl^-$ (ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যা ও আধান সমান)

$MgCl_2 \rightleftharpoons Mg^{2+} + 2Cl^-$ (ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যা ও আধান আলাদা)

(iii) তড়িৎ বিয়োজনে উৎপন্ন আয়নের ধর্ম, নিস্তড়িৎ পরমাণুর ধর্ম থেকে সম্পূর্ণ ভিন্ন হয়। যেমন, Na^+ আয়নের ধর্ম ও Na পরমাণুর ধর্ম সম্পূর্ণ স্বতন্ত্র।

(iv) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণে দুটি তড়িৎ-দ্বার আংশিক নিমজ্জিত করে বিভব প্রভেদ সৃষ্টি করলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলি যথাক্রমে ক্যাথোড (ধনাত্মক তড়িৎ-দ্বার) ও অ্যানোডের (ঋণাত্মক তড়িৎ-দ্বার) দিকে ধাবিত হয় এবং শেষ পর্যন্ত তড়িৎ-দ্বার থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ বা তড়িৎ-দ্বারে ইলেকট্রন বর্জন করে নিস্তড়িৎ পরমাণু বা মূলকে পরিণত হয় ও তড়িৎ-দ্বারে মুক্ত হয়। ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলির বিপরীত অভিমুখে চলনের মাধ্যমেই তড়িৎ পরিবাহিত হয়।

(v) যে সমস্ত তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ দ্রবীভূত অবস্থায় প্রায় সম্পূর্ণরূপে আয়নে বিয়োজিত হয়, সেগুলিকে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ (strong electrolytes) বলে। যেমন, HCl, $NaOH$, $NaCl$ ইত্যাদি।

$$NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$$

কিন্তু যে সকল তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ দ্রবীভূত অবস্থায় আংশিকরূপে আয়নে বিয়োজিত হয়, সেগুলিকে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ (weak electrolytes) বলে। যেমন, CH_3COOH, NH_4OH ইত্যাদি।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন মাত্রা দ্রবণের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল। দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধির ফলে বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায়। অসীম লঘুতায় বিয়োজন সম্পূর্ণ হয় বলে ধরা হয়।

▶ **(b) আরহেনিয়াস তত্ত্বের সপক্ষে প্রমাণ ঃ**

(i) এক্স-রশ্মি (X-ray) বিশ্লেষণের সাহায্যে দেখা যায় যে, $NaCl$, KCl ইত্যাদি লবণগুলির কেলাস ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের সমন্বয়ে গঠিত। যেমন, $NaCl$-এর কেলাস Na^+ ও Cl^- আয়নের দ্বারা গঠিত। সুতরাং জলে দ্রবীভূত করলে এইসব পদার্থ ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নে বিভক্ত হয়ে পড়া খুবই স্বাভাবিক।

(ii) হাল্কা ধাতুর আয়োডাইড লবণের (যেমন, NaI) দ্রবণকে একটি পরীক্ষা-নলে নিয়ে অতি দ্রুত বেগে আবর্তিত করলে নলের বদ্ধ প্রান্তটিকে ঋণাত্মক তড়িৎগ্রস্ত হতে দেখা যায়। এর কারণ, অত্যধিক ভারী আয়োডাইড আয়ন (I^-) অপকেন্দ্রিক বলের প্রভাবে সহজে থিতিয়ে পড়ে ও পরীক্ষা-নলের তলদেশে সঞ্চিত হয়।

(iii) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের সংখ্যাগত ধর্মের (যেমন, অভিসারক চাপ) অস্বাভাবিকতা আরহেনিয়াস তত্ত্বের সাহায্যে ব্যাখ্যা করা যায়।

(iv) লঘু জলীয় দ্রবণে যেকোন তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের প্রশমন তাপ সর্বদা সমান হয়। এর কারণ, এক্ষেত্রে কেবলমাত্র H^+ ও OH^- আয়নের বিক্রিয়ায় H_2O উৎপন্ন হয়।

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

(v) দ্রাব্যতা গুণফল তত্ত্ব, অস্টওয়াল্ডের লঘুতা সূত্র, কোলরাউসের সূত্র ইত্যাদি বিষয় আরহেনিয়াস তত্ত্বের সাহায্যে সুন্দরভাবে ব্যাখ্যা করা যায়।

▶ **(c) যে বিষয়গুলির দ্বারা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের আয়নীভবন প্রভাবিত হয় ঃ**

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নীভবনের মাত্রা নিম্নলিখিত কারকগুলির (factors) উপর নির্ভর করে ঃ

(i) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের প্রকৃতি ;
(ii) দ্রাবকের প্রকৃতি ;
(iii) দ্রবণের গাঢ়ত্ব ;
(iv) উষ্ণতা।

ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্রাবলী
(Faraday's Laws of Electrolysis)

Q. 3. *(a) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্পর্কিত সূত্র দুটি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর।*
(b) প্রথম সূত্র থেকে তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা নির্ণয় কর।
(c) সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·001118 গ্রাম/কুলম্ব বলতে কি বোঝ?
(d) মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যথাযথ সমীকরণের সাহায্যে যুক্ত কর। **[C.U. '85]**
(e) সংজ্ঞা দাও ঃ (i) ফ্যারাডে, (ii) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।
(f) এক ফ্যারাডে তড়িৎকে এক মোল তড়িৎ বলা যেতে পারে। মন্তব্য কর। **[K.U. 2001]**

Ans. ▶ **(a) ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্রাবলী ঃ**

● **প্রথম সূত্র ঃ** তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে কোন তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থের ভর, তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত মোট তড়িতের পরিমাণের সমানুপাতিক।

ধরা যাক, কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে Q কুলম্ব তড়িৎ পাঠানোর ফলে কোন একটি তড়িৎ-দ্বারে W গ্রাম পদার্থ উৎপন্ন হয়। সুতরাং প্রথম সূত্রানুযায়ী,

$$W \propto Q \quad \text{বা,} \quad W = Z \cdot Q \; [Z = \text{ধ্রুবক}] \quad \text{বা,} \quad W = Z \cdot i \cdot t$$

এখানে, i = অ্যাম্পিয়ার এককে তড়িতের প্রবাহমাত্রা এবং t = সময় (সেকেন্ড)।

সমানুপাতিক ধ্রুবক Z-কে বলা হয় উৎপন্ন পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (Electro-chemical equivalent)। Z-এর মান পদার্থের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে।

● **দ্বিতীয় সূত্র ঃ** যদি বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে একই পরিমাণ তড়িৎ পাঠানো হয় তবে ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থগুলির পরিমাণ (W) তাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের (E) সমানুপাতিক হয়। অর্থাৎ,

$$W \propto E$$

Scanned with CamScanner

ধরা যাক, দুটি ভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে একই পরিমাণ তড়িৎ (Q কুলম্ব) পাঠানোর ফলে দুটি তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ যথাক্রমে W_1 ও W_2। যদি উৎপন্ন পদার্থ দুটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে E_1 ও E_2 হয় তবে দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

▶ **(b) প্রথম সূত্র থেকে তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা নির্ণয় ঃ**

কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে Q কুলম্ব তড়িৎ পাঠানোর ফলে কোন একটি তড়িৎ-দ্বারে যদি W গ্রাম পদার্থ উৎপন্ন হয় তবে প্রথম সূত্রানুযায়ী,

$$W = Z \cdot Q \quad [Z = \text{তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক}]$$

যদি $Q = 1$ কুলম্ব হয় তবে, $W = Z \times 1 = Z$

অর্থাৎ দেখা গেল যে, এক কুলম্ব তড়িৎ পাঠানোর ফলে কোন একটি তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থের ভরই হল ঐ পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

▶ **(c) সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0·001118 গ্রাম/কুলম্ব ঃ**

এই উক্তি থেকে বোঝা যায় যে, কোন সিলভার লবণের জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে এক কুলম্ব তড়িৎ (বা এক সেকেন্ড ব্যাপী এক অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ-প্রবাহ) পাঠানো হলে ক্যাথোডে 0·001118 গ্রাম ধাতব সিলভার মুক্ত হয়।

▶ **(d) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সম্পর্ক ঃ**

ধরা যাক, একই পরিমাণ তড়িৎ (Q কুলম্ব) পরিচালনার ফলে দুটি তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ যথাক্রমে W_1 ও W_2 গ্রাম। যদি উৎপন্ন পদার্থ দুটির তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে Z_1 ও Z_2 হয় এবং রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে E_1 ও E_2 হয় তবে ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুযায়ী,

$$W_1 = Z_1Q \text{ এবং } W_2 = Z_2Q$$

সুতরাং, $\frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1Q}{Z_2Q} = \frac{Z_1}{Z_2}$ ... (i)

আবার, ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2} \quad \text{... (ii)}$$

এখন (i) ও (ii) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \text{... (iii)} \qquad \text{বা, } E \propto Z \quad \text{... (iv)}$$

কাজেই কোন মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, তার নিজস্ব রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক।

এখন দুটি পদার্থের মধ্যে একটি হাইড্রোজেন হলে, (iii) নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়,

$$\frac{E_1}{E_H} = \frac{Z_1}{Z_H} \quad \text{... (v)}$$

কিন্তু হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (E_H) = 1·008 এবং হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (Z_H) = 0·0000104 গ্রাম/কুলম্ব

সুতরাং (v) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$Z_1 = E_1 \times \frac{Z_H}{E_H} = E_1 \times \frac{0{\cdot}0000104}{1{\cdot}008}$$

অর্থাৎ মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (Z) = $\frac{\text{রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক} \times 0{\cdot}0000104}{1{\cdot}008}$।

▶ **(e) (i) ফ্যারাডের সংজ্ঞা (Definition of Faraday) ঃ**

তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ কোন পদার্থ তড়িৎ-দ্বারে মুক্ত করার জন্য যে পরিমাণ তড়িৎ পরিচালনা করার প্রয়োজন হয় সেই তড়িতের পরিমাণকে এক ফ্যারাডে বলে। পরীক্ষায় দেখা গেছে যে, এক ফ্যারাডের মান 96497 কুলম্ব বা প্রায় 96500 কুলম্ব।

▶ **(ii) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা (Definition of electro-chemical equivalent) ঃ**

এক কুলম্ব তড়িৎ পরিচালনার ফলে কোন একটি তড়িৎ-দ্বারে উৎপন্ন পদার্থের ভরই হল ঐ পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক।

▶ **(f) এক ফ্যারাডে তড়িৎকে এক মোল তড়িৎ বলার কারণ ঃ**

এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ যেকোন একযোজী মৌলে পরমাণুর সংখ্যা = N (অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা)।

আবার একটি একযোজী আয়নের আধানের পরিমাণ = e (একক আধান বা ইলেকট্রনের সমপরিমাণ আধান)।

সুতরাং, এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ একযোজী আয়নের মোট আধান = $N \times e$।

কিন্তু এক ফ্যারাডে (F) তড়িৎ পরিচালনা করলে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ পদার্থ উৎপন্ন হয়।

$$\therefore \quad F = N \times e \quad \text{... (i)}$$

এখন, (i) নং সমীকরণ থেকে বলা যায় যে, এক ফ্যারাডে পরিমাণ তড়িতের মধ্যে অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যক (N) একক আধান আছে। কাজেই, এক ফ্যারাডে তড়িৎকে এক মোল তড়িৎ বলা যেতে পারে।

Q. 4. *কপার সালফেট দ্রবণে 1·5 অ্যামপিয়ার তড়িৎ এক ঘণ্টা চালনা করলে কি পরিমাণ কপার উৎপন্ন হবে? (কপারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 0·00033)।* [C.U. '74]

Ans. ▶ ফ্যারাডের প্রথম সূত্র থেকে পাই,

$$W = Z \cdot i \cdot t$$

কপারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (Z) = 0·00033

তড়িৎ-প্রবাহমাত্রা (i) = 1·5 অ্যামপিয়ার

তড়িৎ-প্রবাহের সময়কাল (t) = 1 ঘণ্টা = 3600 সেকেন্ড।

∴ উৎপন্ন কপারের পরিমাণ (W) = 0·00033 × 1·5 × 3600 = 1·782 গ্রাম।

Scanned with CamScanner

পরিবাহিতা, আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা
(Conductance, Specific Conductance and Equivalent Conductance)

Q. 5. *(a) রোধ ও পরিবাহিতার মধ্যে সম্পর্ক কি?*

(b) আপেক্ষিক রোধ ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার সম্পর্ক উল্লেখ করে আপেক্ষিক পরিবাহিতার সংজ্ঞা নির্ণয় কর।

Ans. ▶ **(a) রোধ ও পরিবাহিতার সম্পর্ক (Relation between resistance and conductance) :**

কোন তড়িৎপরিবাহীর রোধের (R) অন্যোন্যককে (reciprocal) বলে পরিবাহিতা।

অর্থাৎ পরিবাহিতা $= \frac{1}{\text{রোধ}} = \frac{1}{R}$

▶ **(b) আপেক্ষিক পরিবাহিতার (Specific conductance) সংজ্ঞা নির্ণয় :**

কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ-প্রবাহের সময় পরিবাহীটি যে রোধ (R) বা বাধা সৃষ্টি করে তা উক্ত পরিবাহীর দৈর্ঘ্যের (l) সমানুপাতিক ও প্রস্থচ্ছেদের (A) ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ

$$R \propto \frac{l}{A}, \text{ বা, } R = \rho \times \frac{l}{A} \quad \cdots (i)$$

এখানে 'ρ' একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। এই ধ্রুবকটিকে বলা হয় আপেক্ষিক রোধ (specific resistance)।

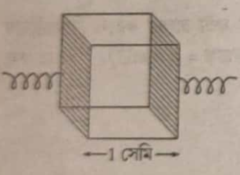
যদি $l = 1$ এবং $A = 1$ হয় তবে $R = \rho$

অর্থাৎ এক সেমি দৈর্ঘ্য ও এক সেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট কোন পরিবাহী তড়িৎ-প্রবাহের পথে যে বাধা বা রোধের সৃষ্টি করে, তাকে ঐ পরিবাহীর আপেক্ষিক রোধ বলে।

আপেক্ষিক রোধের (ρ) অন্যোন্যককে বলা হয় আপেক্ষিক পরিবাহিতা (Specific conductance)। এটি κ (কাপ্পা) চিহ্ন দ্বারা প্রকাশিত হয়।

আপেক্ষিক পরিবাহিতা $(\kappa) = \frac{1}{\rho}$

$$\text{বা, } \kappa = \left(\frac{1}{R}\right) \times \frac{l}{A} \quad [(i) \text{ নং সমীকরণ থেকে } \rho\text{-এর মান বসিয়ে}] \quad \cdots (ii)$$



যদি $l = 1$ এবং $A = 1$ হয়, তবে $\kappa = \frac{1}{R}$ (পরিবাহিতা)

অর্থাৎ এক সেমি দূরে অবস্থিত এবং এক বর্গসেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যবর্তী দ্রবণের পরিবাহিতাকে $\left(\frac{1}{R}\right)$ বলা হয় ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ)।

Q. 6. *(a) কোন দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতার সংজ্ঞা লেখ।* [C.U. 2000]

অথবা

তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতার সংজ্ঞা দাও।

অথবা

তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলতে কি বোঝ?

(b) আপেক্ষিক পরিবাহিতার একক কি? [B.U. '93]

[C.U. 2000 ; B.U. '93, 2001]

(c) দ্রবণের গাঢ়ত্বের সঙ্গে আপেক্ষিক পরিবাহিতা কিভাবে পরিবর্তিত হয় তা লেখ। [C.U. 2000]

অথবা

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা লঘুতার সঙ্গে হ্রাস পায় কেন? [B.U. '87]

অথবা

দেখাও যে, মৃদু এবং তীব্র উভয় প্রকার তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রেই দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা হ্রাস পায়।

অথবা

টীকা লেখ : আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও লঘুতা। [K.U. '98]

Ans. ▶ **(a) আপেক্ষিক পরিবাহিতা (Specific conductance) :**

এক সেমি দূরত্বে অবস্থিত এবং এক বর্গসেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যবর্তী দ্রবণের পরিবাহিতাকে বলা হয় ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ)।

অন্যভাবে বলা যায়, এক ঘনসেমি দ্রবণের পরিবাহিতাই হল ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা।

l সেমি দৈর্ঘ্য ও A বর্গসেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট কোন দ্রবণের রোধ যদি R ওহ্ম হয়, তবে ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা,

$$\kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A} \quad \left[\frac{1}{R} = \text{পরিবাহিতা}\right]$$

▶ **(b) আপেক্ষিক পরিবাহিতার একক :**

আপেক্ষিক পরিবাহিতা $(\kappa) = \frac{1}{R} \cdot \frac{l}{A}$

$$\therefore \text{ আপেক্ষিক পরিবাহিতার একক} = \frac{1}{\text{রোধের একক}} \times \frac{\text{দৈর্ঘ্যের একক}}{\text{ক্ষেত্রফলের একক}}$$

$$= \frac{1}{\text{ওহ্ম}} \times \frac{\text{সেমি}}{\text{সেমি}^2} = \text{ওহ্ম}^{-1}\ \text{সেমি}^{-1}\ (\text{ohm}^{-1}\text{cm}^{-1})$$

$$= \text{মো সেমি}^{-1}\ (\text{mho cm}^{-1})\ [\because \text{ওহ্ম}^{-1} = \text{মো}]$$

▶ **(c) দ্রবণের গাঢ়ত্বের উপর আপেক্ষিক পরিবাহিতার নির্ভরশীলতা :**

এক সেমি দূরে অবস্থিত এবং এক বর্গসেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যবর্তী দ্রবণের পরিবাহিতাকে বলা হয় ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা। অর্থাৎ এক ঘনসেমি দ্রবণের পরিবাহিতাই হল ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা। কাজেই প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বাড়বে এবং আয়ন সংখ্যা হ্রাসের ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা কমবে।

Scanned with CamScanner

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে Λ বনাম $\sqrt{c}$ লেখচিত্রটি সরলরৈখিক নয়, এটি অনেকখানি আয়তপরাবৃত্তাকার। সুতরাং লেখচিত্রটিকে বর্ধিত করে Λ_0-এর মান নির্ণয় করা সম্ভব নয়।

Q. ৪. *(a) কোন দ্রবণের পরিবাহিতা কি কি বিষয়ের উপর নির্ভর করে?*

(b) দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মধ্যে সম্পর্ক প্রতিষ্ঠা কর। **[B.U. 2001 ; V.U. '93, '96]**

অথবা

তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় কর। **[B.U. '95]**

(c) পরিবাহিতা অনুপাত কাকে বলে? **[C.U. '97]**

অথবা

পরিবাহিতা অনুপাতের সাহায্যে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় করা যায়—ব্যাখ্যা কর। **[C.U. '95]**

অথবা

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের ক্ষেত্রে পরিবাহিতা অনুপাত, দ্রবণে ঐ পদার্থটির বিয়োজন মাত্রা নির্ণয়ে ব্যবহার করা যেতে পারে। উক্তিটির যথার্থতা প্রতিপন্ন কর। **[C.U. '88]**

Ans. ▶ (a) দ্রবণের পরিবাহিতা যে বিষয়গুলির উপর নির্ভরশীল :

কোন দ্রবণের পরিবাহিতা নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে :

(i) দ্রবণে উপস্থিত আয়নের সংখ্যা ;

(ii) আয়নগুলির আধান ;

(iii) আয়নগুলির গতিবেগ বা সচলতা (mobility) ;

(iv) উষ্ণতা।

▶ (b) আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার সম্পর্ক নির্ণয় :

কোন দ্রবণের যে আয়তনে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ দ্রবীভূত আছে, সেই সমগ্র আয়তনের দ্রবণকে এক সেমি দূরে অবস্থিত দুটি উপযুক্ত আকারের তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে রাখলে দ্রবণটির যে পরিবাহিতা পাওয়া যায় তাকে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) বলে।

এখন ধরা যাক, 'c' গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটার গাঢ়ত্ববিশিষ্ট একটি দ্রবণের যে আয়তনে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ পদার্থ দ্রবীভূত আছে সেই আয়তনের দ্রবণকে এক সেমি দূরে অবস্থিত দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে রাখা আছে। যদি ঐ দ্রবণের আয়তন V ঘনসেমি হয় তবে V-এর মান নিম্নলিখিত উপায়ে গণনা করা যায় :

c গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পদার্থ দ্রবীভূত আছে 1000 ঘনসেমি দ্রবণে

$\therefore$ 1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পদার্থ দ্রবীভূত আছে $\frac{1000}{c}$ ঘনসেমি দ্রবণে

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

আবার, তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয়ের জন্য ঐ V ঘনসেমি দ্রবণকে এক সেমি দূরে অবস্থিত দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যবর্তী স্থানে রেখে দ্রবণের রোধ (R) মাপতে হবে।

প্রত্যেক তড়িৎ-দ্বারের ক্ষেত্রফল $= \frac{\text{দ্রবণের আয়তন}}{\text{তড়িৎ-দ্বার দুটির দূরত্ব}} = \frac{V \text{ ঘনসেমি}}{1 \text{ সেমি}} = V$ বর্গসেমি

উক্ত দ্রবণের রোধ $(R) = \rho \times \frac{l}{A}$ [ρ = আপেক্ষিক রোধ] $= \rho \times \frac{1}{V}$ ... (i)

[$\because$ তড়িৎ-দ্বার দুটির দূরত্ব $(l) = 1$ সেমি এবং প্রত্যেক তড়িৎ-দ্বারের ক্ষেত্রফল $= V$ বর্গসেমি]

সুতরাং তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda) = \frac{1}{\text{রোধ}} = \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \times V$

[(i) নং সমীকরণ থেকে R-এর মান বসিয়ে]

বা, $\Lambda = \kappa \times V \quad \left[\because \text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা } (\kappa) = \frac{1}{\text{আপেক্ষিক রোধ}} = \frac{1}{\rho}\right]$ ... (ii)

বা, $\Lambda = \kappa \times \frac{1000}{c} \quad \left[\because V = \frac{1000}{c}\right]$ ... (iii)

(ii) নং সমীকরণ থেকে বলা যায় যে, কোন দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) নির্ণয় করে, দ্রবণের আয়তন (যার মধ্যে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ পদার্থ দ্রবীভূত আছে) দিয়ে গুণ করলে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) পাওয়া যাবে।

(ii) ও (iii) সমীকরণ দুটি আপেক্ষিক পরিবাহিতার (κ) সঙ্গে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার সম্পর্ক বোঝায়।

▶ (c) পরিবাহিতা অনুপাত ও বিয়োজন মাত্রা :

কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ক্ষেত্রে পরিবাহিতা দুটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে—

(i) দ্রবণে উপস্থিত আয়নের সংখ্যা, এবং

(ii) আয়নগুলির গতিবেগ বা আয়নীয় সচলতা।

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ক্ষেত্রে লঘুতা বৃদ্ধির ফলে আয়নের গতির খুব সামান্যই বৃদ্ধি ঘটে। কিন্তু লঘুতা বৃদ্ধির ফলে বিয়োজন মাত্রা যথেষ্ট বৃদ্ধি পায় এবং এর ফলে দ্রবণে আয়নের সংখ্যা অনেক পরিমাণে বাড়ে। তাই দ্রবণের পরিবাহিতাও বৃদ্ধি পায়। কাজেই দেখা গেল যে, মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে পরিবাহিতা নির্ভর করে প্রধানত আয়ন সংখ্যার উপর।

এখন ধরা যাক, c গাঢ়ত্ববিশিষ্ট কোন দ্রবণে একটি মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন মাত্রা $= \alpha$, এবং প্রতি অণুর বিয়োজনে n সংখ্যক আয়নের সৃষ্টি হয়।

সুতরাং, c গাঢ়ত্বে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda_c) \propto \alpha \cdot n \cdot c$ ... (i)

আবার, অসীম লঘুতায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের সম্পূর্ণ বিয়োজন ঘটে অর্থাৎ $\alpha = 1$।

কাজেই, অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda_0) \propto n \cdot c$ ... (ii)

$\therefore \; \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0} = \frac{\alpha \cdot n \cdot c}{n \cdot c} = \alpha$ বা, $\alpha = \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0}$ ... (iii)

Scanned with CamScanner

অর্থাৎ, 'c' গাঢ়ত্বে কোন মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রার (α) মান, ঐ গাঢ়ত্বে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ও অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার অনুপাতের সঙ্গে সমান। উক্ত অনুপাতকে বলা হয় পরিবাহিতা অনুপাত (conductance ratio)।

এই পরিবাহিতা অনুপাতের সাহায্যে কোন মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় করা যায়।

Q. 9. (*a*) *কোন দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার সংজ্ঞা দাও।* [C.U. '80, '93, '95 ; B.U. 2001 ; V.U. '93, '96, '98]

অথবা

তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার সংজ্ঞা দাও। [C.U. '89 ; B.U. '99 ; N.B.U. '94]

অথবা

কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের আপেক্ষিক পরিবাহিতা এবং তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা বলতে কি বোঝ? [B.U. '83, '85, '88, 2001 (Old) ; K.U. 2001 ; N.B.U. '99]

(*b*) *আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার একক কি?* [C.U. '80 ; B.U. 2001 (Old) ; V.U. '99 ; K.U. 2001]

(*c*) *আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা পরস্পরের সঙ্গে কিভাবে সম্পর্কযুক্ত?* [C.U. '80, '93, '95 ; B.U. '99 ; V.U. '93, 2000]

(*d*) *দ্রবণের গাঢ়ত্ব পরিবর্তনের ফলে (বা লঘুতা পরিবর্তনের ফলে) আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা কিভাবে পরিবর্তিত হয়?* [C.U. '80, '84, '97 ; V.U. '93, '98]

(*e*) *অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা বলতে কি বোঝায়?* [C.U. '89, '93, '95, 2001]

Ans. ▶ (a) *6 নং প্রশ্নের (a) অংশ এবং 7 নং প্রশ্নের (b) অংশের উত্তর দ্রষ্টব্য।*

▶ (b) *6 নং প্রশ্নের (b) অংশ এবং 7 নং প্রশ্নের (c) অংশের উত্তর দ্রষ্টব্য।*

▶ (c) *8 নং প্রশ্নের (b) অংশের উত্তর দ্রষ্টব্য।*

▶ (d) *6 নং প্রশ্নের (c) অংশ এবং 7 নং প্রশ্নের (d) অংশের উত্তর দ্রষ্টব্য।*

▶ **(e) অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ঃ**

খুব লঘু দ্রবণে কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন যখন সম্পূর্ণ হয় এবং ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের মধ্যে আকর্ষণ বলের মান প্রায় লোপ পায় (বা সর্বনিম্ন হয়) তখন ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাকে অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) বলে।

তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে বাস্তব পরীক্ষার সাহায্যে (Λ_0)-এর মান নির্ণয় করা যায়। কিন্তু মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে (Λ_0)-এর মান সরাসরি পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণয় করা অসম্ভব। কারণ, অতিরিক্ত লঘু দ্রবণে (যখন বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়) আয়নগুলির গাঢ়ত্ব অত্যন্ত কম হওয়ায় আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান এত হ্রাস পায় যে, তা পরিমাপ করা সম্ভব হয় না। কোলরাউসের সূত্র প্রয়োগ করে (Λ_0)-এর মান নির্ণয় করা হয়।

Q. 10. (*a*) *কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা লঘুতার সঙ্গে কমে কিন্তু তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা বাড়ে কেন?* [B.U. '82]

(*b*) *তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের আপেক্ষিক পরিবাহিতা লঘুতার সঙ্গে হ্রাস পায় কিন্তু তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা একটি নির্দিষ্ট সীমা পর্যন্ত (বা একটি প্রান্তিক চরম মান পর্যন্ত) বৃদ্ধি পায় কেন ব্যাখ্যা কর।* [N.B.U. '95, '97, 2001]

অথবা

তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে লঘুতা বৃদ্ধির সঙ্গে আপেক্ষিক পরিবাহিতা কমে কিন্তু তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়। এর কারণ ব্যাখ্যা কর। [B.U. '90]

(*c*) *মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের আপেক্ষিক পরিবাহিতা দ্রবণের লঘুতার সঙ্গে কমে কেন?* [B.U. '93]

(*d*) *কোন দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায় কেন ব্যাখ্যা কর।* [B.U. '89]

(*e*) *তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা লঘুতার সঙ্গে বৃদ্ধি পায় কেন?* [C.U. '86]

Ans. ▶ **(a) দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতার হ্রাস ঃ**

এক সেমি দূরে অবস্থিত এবং এক বর্গসেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যবর্তী দ্রবণের পরিবাহিতাকে বলা হয় ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা। অর্থাৎ এক ঘনসেমি দ্রবণের পরিবাহিতাই হল ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা। কাজেই প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বাড়ে এবং আয়ন সংখ্যা হ্রাসের ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা কমে।

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

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি গাঢ় দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। এরূপ দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাবক মিশিয়ে লঘুতা বৃদ্ধি করলে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা কিছুটা বৃদ্ধি পায় কিন্তু সেই সঙ্গে প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়নের সংখ্যা বেশি পরিমাণে হ্রাস পায়। ফলে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে লঘুতা বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা হ্রাস পায়।

▶ **দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধির ফলে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার বৃদ্ধি ঃ**

এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন আয়নগুলির পরিবাহিতাই হল তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা।

তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি প্রায় সব ধরনের গাঢ়ত্বেই সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। সুতরাং দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধি করলে আয়ন সংখ্যা বৃদ্ধির আর কোন সম্ভাবনা থাকে না। কিন্তু ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নগুলির মধ্যে দূরত্ব বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে পারস্পরিক আকর্ষণ বলের মান হ্রাস পায়। কাজেই আয়নগুলির গতিবেগ বৃদ্ধি পায় আর সেই কারণে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাও বৃদ্ধি পায় এবং মোটামুটি লঘু দ্রবণে এটি একটি চরম সীমায় পৌঁছায়।

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। লঘুতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং মোট আয়ন সংখ্যা বাড়তে থাকে। স্বভাবতই তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাও ক্রমাগত বাড়তে থাকে। এইভাবে অত্যন্ত লঘু দ্রবণে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার একটি চরম মান পাওয়া যায়।

Scanned with CamScanner

▶ (b) *এই প্রশ্নের (a) অংশের উত্তর দ্রষ্টব্য।*

▶ (c) *এই প্রশ্নের (a) অংশের উত্তর দ্রষ্টব্য।*

▶ **(d) দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতার বৃদ্ধি :**

এক সেমি দূরে অবস্থিত এবং এক বর্গসেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যবর্তী দ্রবণের পরিবাহিতাকে বলা হয় ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা। অর্থাৎ এক ঘনসেমি দ্রবণের পরিবাহিতাই হল ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা। কাজেই প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন সংখ্যা বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বাড়ে এবং আয়ন সংখ্যা হ্রাসের ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা কমে।

তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি দ্রবণে সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। সুতরাং কোন লঘু দ্রবণে অতিরিক্ত দ্রাব (solute) যোগ করে গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করলে, প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। তাই দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির দরুন আপেক্ষিক পরিবাহিতা বেড়ে যায়।

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি লঘু দ্রবণে অধিক পরিমাণে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি করলে বিয়োজন মাত্রা কিছুটা হ্রাস পায় কিন্তু সেই সঙ্গে প্রতি ঘনসেমি দ্রবণে আয়ন সংখ্যা অধিক পরিমাণে বৃদ্ধি পায়। ফলে সামগ্রিকভাবে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বেড়ে যায়।

▶ (e) *এই প্রশ্নের (a) অংশের উত্তর দ্রষ্টব্য।*

Q. 11. *(a) একটি মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণয় করা সম্ভব হয় না কেন?* **[B.U. '98]**

(b) 0·1 (N) HCl দ্রবণের পরিবাহিতা 0·1 (N) অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণ অপেক্ষা বেশি। ব্যাখ্যা কর। **[B.U. '87]**

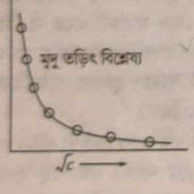
(c) কোন নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় নিম্নলিখিত তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণগুলিকে তাদের ক্রমবর্ধমান তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা অনুসারে সাজাও। **[B.U. '91]**

(i) 0·1 (N) Na_2SO_4 দ্রবণ ; (ii) 1·0 (N) Na_2SO_4 দ্রবণ ;

(iii) 0·01 (N) Na_2SO_4 দ্রবণ ; (iv) অসীম লঘুতাবিশিষ্ট Na_2SO_4 দ্রবণ।

Ans. ▶ (a) মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের Λ_0 পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণয় করতে না পারার কারণ :

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি দ্রবণে **আংশিক বিয়োজিত** অবস্থায় থাকে। লঘুতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং মোট আয়নের সংখ্যা বাড়তে থাকে। স্বভাবতই তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাও ক্রমাগত বাড়তে থাকে। কিন্তু অসীম লঘুতায় (যখন বিয়োজন সম্পূর্ণ হয়) আয়নগুলির গাঢ়ত্ব অত্যন্ত কম হওয়ায় আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান এতই কম হয় যে তা পরিমাপ করা সম্ভব হয় না। ফলে অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) নির্ণয় করা যায় না।



আবার, ভিন্ন ভিন্ন গাঢ়ত্ববিশিষ্ট মোটামুটি লঘু দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) নির্ণয় করে Λ বনাম $\sqrt{c}$ লেখচিত্র অঙ্কন করলে আয়তপরাবৃত্তাকার রেখা পাওয়া যায়। ফলে ঐ লেখচিত্রকে বর্ধিত করে Λ_0-এর মান নির্ণয় করা সম্ভব হয় না।

▶ **(b) 0·1 (N) HCl দ্রবণের পরিবাহিতা 0·1 (N) CH_3COOH দ্রবণ অপেক্ষা বেশি :**

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন দ্রবণের পরিবাহিতা নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে :

(i) দ্রবণে উপস্থিত আয়নের সংখ্যা ;

(ii) আয়নের আধান ; এবং

(iii) আয়নের গতিবেগ বা সচলতা (mobility)।

এখন, CH_3COOH একটি মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য। তাই 0·1 (N) দ্রবণে এটি আংশিকভাবে বিয়োজিত হয়। অপরদিকে, HCl একটি তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য, তাই 0·1 (N) দ্রবণে এটি সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয়। সুতরাং একই আয়তনের CH_3COOH দ্রবণ অপেক্ষা HCl দ্রবণে অনেক বেশি সংখ্যক আয়ন থাকে।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

কাজেই বেশি সংখ্যক আয়নের প্রভাবে HCl দ্রবণের পরিবাহিতা বেশি হবে।

আবার, উভয় দ্রবণের আয়নগুলির আধান এক একক হওয়ায় আধানজনিত কারণে পরিবাহিতার কোন পার্থক্য হবে না।

এছাড়া CH_3COO^- আয়ন অপেক্ষা Cl^- আয়নের গতিবেগ বা সচলতা বেশি হওয়ায় HCl দ্রবণের পরিবাহিতা বেশি হবে।

সুতরাং উপরি-উক্ত আলোচনা থেকে সিদ্ধান্ত করা যায় যে, 0·1(N) CH_3COOH দ্রবণ অপেক্ষা 0·1(N) HCl দ্রবণের পরিবাহিতা বেশি।

▶ **(c) তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণগুলির ক্রমবর্ধমান তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা :**

নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ক্ষেত্রে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা দুটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে—

(i) দ্রবণে উপস্থিত আয়নের সংখ্যা, এবং

(ii) আয়নগুলির গতিবেগ বা আয়নীয় সচলতা।

Na_2SO_4 একটি তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ হওয়ায় প্রায় সব ধরনের গাঢ়ত্বেই সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। সুতরাং দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধি করলে আয়নের সংখ্যা বৃদ্ধির আর কোন সম্ভাবনা থাকে না। কিন্তু ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নগুলির মধ্যে দূরত্ব বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে পারস্পরিক আকর্ষণ বলের মান হ্রাস পায়। কাজেই আয়নগুলির গতিবেগ বা সচলতা বৃদ্ধি পায় এবং সেই কারণে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাও বেড়ে যায়। অর্থাৎ সিদ্ধান্ত করা যায় যে, তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধির ফলে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

উপরি-উক্ত আলোচনার ভিত্তিতে প্রদত্ত দ্রবণগুলির তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা বৃদ্ধির ক্রম হল—

1·0 (N) দ্রবণ $<$ 0·1 (N) দ্রবণ $<$ 0·01 (N) দ্রবণ $<$ অসীম লঘুতাবিশিষ্ট দ্রবণ।

Q. 12. *(a) কোন দ্রবণের পরিবাহিতা কিভাবে পরীক্ষার সাহায্যে নির্ণয় করা হয়? ঐ নির্ণীত পরিবাহিতার মান থেকে কিভাবে আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান নির্ধারণ করা হয়?*

অথবা

কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা কিভাবে পরীক্ষা দ্বারা নির্ধারণ করা হয়? **[B.U. '94]**

Scanned with CamScanner

(b) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা নির্ণয়ের উল্লেখযোগ্য বিষয়গুলি কি কি?

(c) কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা পরিমাপের জন্য কি ধরনের তড়িৎ ব্যবহার করা হয় এবং কেন? [B.U. '91]

অথবা

তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা পরিমাপের জন্য পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ ব্যবহার করা হয় কেন? [B.U. '95, 2001 (Old)]

অথবা

তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের পরিবাহিতা পরিমাপের জন্য উচ্চ-কম্পাঙ্কবিশিষ্ট পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ (A.C.) ব্যবহার করা হয় কেন? [K.U. 2000]

অথবা

তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয়ের জন্য সমপ্রবাহের তড়িৎ (D.C.) ব্যবহার করা যায় না কেন? [K.U. 2001]

(d) দ্রবণের পরিবাহিতা মাপার জন্য হেড ফোন ব্যবহার করা হয় কেন? [K.U. 2000]

(e) পরিবাহিতা কোষের তড়িৎ-দ্বারগুলি প্লাটিনাম ব্ল্যাক দ্বারা প্রলেপ দেওয়া হয় কেন? [B.U. 2000]

(f) পরিবাহিতা পরিমাপের সময় পরিবাহিতা কোষটিকে একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তাপস্থাপিতে রাখা হয় কেন?

(g) পরিবাহিতা জল কি?

(h) পরিবাহিতা পরিমাপের জন্য তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণ প্রস্তুতিতে পরিবাহিতা জল ব্যবহার করা হয় কেন?

অথবা

পরিবাহিতা পরিমাপের জন্য তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণ প্রস্তুতিতে কিরূপ জল ব্যবহার করা হয় এবং কেন?

(i) কোষ-ধ্রুবক কাকে বলে? এই ধ্রুবককে যুক্ত করে দ্রবণের 'দৃষ্ট পরিবাহিতা' ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার সম্পর্ক লেখ। [B.U. '92]

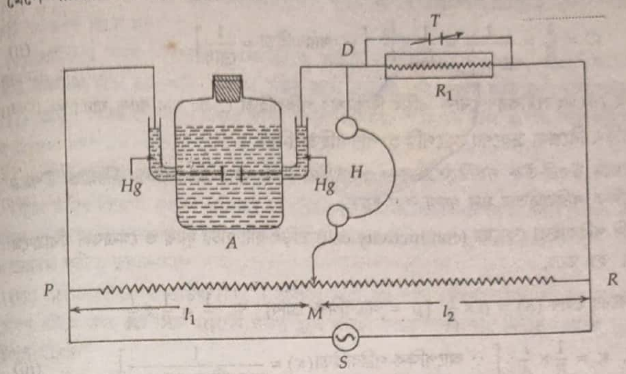
(j) বিভিন্ন কোষ-ধ্রুবকসম্পন্ন কোষে আপেক্ষিক পরিবাহিতা পরিমাপ করলে এর মান কি বিভিন্ন হয়? কারণ দেখাও। [B.U. '93]

(k) প্রমাণ কর যে, কোন কোষের 'কোষ-ধ্রুবকের' মান ঐ কোষের মধ্যস্থিত তড়িৎ-দ্বারগুলির পরস্পরের দূরত্ব এবং তড়িৎ-দ্বারগুলির গড় ক্ষেত্রফলের ভাগফলের সঙ্গে সমান। [K.U. 2001]

Ans. ▶ **(a) তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয় :**

সর্বপ্রথম হুইটস্টোন ব্রিজের (Wheatstone bridge) নীতি ব্যবহার করে কোন দ্রবণের রোধ (R) নির্ণয় করা হয়। এই রোধের অন্যোন্যকই হল দ্রবণের পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$। পরে এই পরিবাহিতার জ্ঞাত মান থেকে আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান গণনা করা হয়।

দ্রবণের রোধ মাপার জন্য হুইটস্টোন ব্রিজ ব্যবস্থাটি চিত্রে দেখানো হল। A একটি পরিবাহিতা কোষ (conductivity cell), যার মধ্যে একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণ আছে। এই দ্রবণের রোধ মেপে পরিবাহিতা নির্ণয় করতে হবে।



হুইটস্টোন ব্রিজ ব্যবস্থা

R' একটি পরিবর্তনশীল প্রমাণ রোধ (variable standard resistance)। T একটি পরিবর্তনীয় ধারক (capacitor)। পরিবাহিতা কোষের ধারকত্বের সাম্যের জন্য এই ধারকটি ব্যবহার করা হয়।

PQ একটি সরু প্লাটিনাম তার, যেটি একটি স্কেলের উপর বসানো আছে। প্রতি মিলিমিটারে এই তারের রোধ সর্বত্র সমান। পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহের (alternating current) উৎস S-এর সঙ্গে P ও Q বিন্দু দুটি সংযুক্ত করে দেওয়া হয়। পরিবাহিতা কোষ (A) ও পরিবর্তনশীল প্রমাণ রোধের (R') মধ্যবর্তী বিন্দু D-এর সঙ্গে একটি হেড-ফোনের (head-phone) এক প্রান্ত যুক্ত থাকে। হেড-ফোনের (H) অপর প্রান্তটি প্লাটিনাম তারের সঙ্গে M বিন্দুতে এমনভাবে সংযুক্ত থাকে যাতে M বিন্দুটি PQ-এর উপর অবাধে চলাচল করতে পারে।

যখন DM বরাবর তড়িৎ প্রবাহিত হয় তখন হেড-ফোনে বিশেষ এক ধরনের শব্দ শোনা যায়। সংযোগবিন্দু M-কে প্লাটিনাম তারের (PQ) উপর এদিক ওদিক সরিয়ে এমন একটি অবস্থান পাওয়া যায় যখন হেড-ফোনে কোন শব্দ শোনা যায় না। এই অবস্থায় D ও M বিন্দুদ্বয়ের বিভব একই হয়, অর্থাৎ সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়।

এখন সাম্যাবস্থায় হুইটস্টোন ব্রিজ নীতি থেকে পাই,

$$\frac{\text{দ্রবণের রোধ}(R)}{\text{প্রমাণ রোধ}(R')} = \frac{PM\text{-তারের রোধ}}{QM\text{-তারের রোধ}} \quad \text{বা,} \quad \frac{R}{R'} = \frac{PM\text{-তারের দৈর্ঘ্য}}{QM\text{-তারের দৈর্ঘ্য}}$$

$$\text{বা,} \quad \frac{R}{R'} = \frac{l_1}{l_2} \quad \text{বা,} \quad R = R' \times \frac{l_1}{l_2} \qquad \ldots (i)$$

Scanned with CamScanner

ভিন্ন ভিন্ন দ্রবণের ক্ষেত্রে $\frac{l_1}{l_2}$ অনুপাত পরিবর্তন করে সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করা হয়। তারপর *(i)* নং সমীকরণে R', l_1 ও l_2-এর মান বসিয়ে দ্রবণের রোধ R-এর মান গণনা করা হয়।

এখন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা,

$$C = \frac{1}{R} = \frac{1}{R' \times \frac{l_1}{l_2}} = \frac{1}{R'} \times \frac{l_2}{l_1} \left[\because \text{পরিবাহিতা} = \frac{1}{\text{রোধ}}\right] \quad \cdots \quad (ii)$$

কাজেই *(ii)* নং সমীকরণ থেকে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা C-এর মান জানা যায়।

▶ তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা নির্ণয় ঃ

প্রথমে উপরি-উক্ত পদ্ধতিতে দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয় করা হয়। তারপর নিম্নোক্ত উপায়ে আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান গণনা করা হয়।

যদি পরিবাহিতা কোষের (conductivity cell) তড়িৎ-দ্বার দুটির দূরত্ব ও ক্ষেত্রফল যথাক্রমে l ও A হয় তবে,

$$\text{দ্রবণের রোধ } (R) = \rho \times \frac{l}{A} \ [\rho = \text{আপেক্ষিক রোধ}] \quad \text{বা, } \frac{1}{\rho} = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A}$$

$$\text{বা, } \kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A} \left[\because \text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}(\kappa) = \frac{1}{\text{আপেক্ষিক রোধ}(\rho)}\right] \quad \cdots \quad (iii)$$

$$\text{বা, } \kappa = C \times \frac{l}{A} \left[\text{পরিবাহিতা}(C) = \frac{1}{\text{রোধ}(R)}\right] \quad \cdots \quad (iv)$$

(iv) নং সমীকরণে $\frac{l}{A}$-কে বলা হয় কোষ-ধ্রুবক (cell constant)। এক একটি পরিবাহিতা কোষের ক্ষেত্রে কোষ-ধ্রুবকের মান নির্দিষ্ট। কিন্তু ভিন্ন ভিন্ন কোষের ক্ষেত্রে কোষ-ধ্রুবকের মান পৃথক্ হয়। এখন *(iv)* নং সমীকরণ থেকে লেখা যায়—

$$\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা } (\kappa) = \text{দৃষ্ট (বা পরীক্ষালব্ধ) পরিবাহিতা } (C) \times \text{কোষ-ধ্রুবক } \left(\frac{l}{A}\right)$$

এই সম্পর্কটি ব্যবহার করে কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) নির্ণয় করা হয়।

▶ তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় ঃ

প্রথমে উপরি-উক্ত পদ্ধতিতে দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয় করা হয়। তারপর আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান গণনা করা হয় এবং সবশেষে নিম্নলিখিত সমীকরণ ব্যবহার করে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান জানা যায়।

$$\text{তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা } (\Lambda) = \text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা } (\kappa) \times \frac{1000}{c}$$

[c = তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের গাঢ়ত্ব (গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটার)]

▶ (b) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা নির্ণয়ের ক্ষেত্রে কয়েকটি উল্লেখযোগ্য বিষয় ঃ

(i) সমপ্রবাহবিশিষ্ট তড়িৎ (D.C.) ব্যবহার না করে পরিবর্তী প্রবাহবিশিষ্ট তড়িৎ (A.C.) ব্যবহার করা হয়।

(ii) উচ্চ-কম্পাঙ্কবিশিষ্ট পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ (সাধারণত 1000-2000 cycles per second) ব্যবহার করা দরকার।

(iii) তড়িৎ-প্রবাহ সনাক্তকরণের জন্য গ্যালভানোমিটারের পরিবর্তে হেড-ফোন (head-phone) ব্যবহার করা হয়।

(iv) পরিবাহিতা কোষের প্লাটিনাম তড়িৎ-দ্বার দুটির উপরে প্লাটিনাম ব্ল্যাকের সূক্ষ্ম কণার একটি আস্তরণ দিতে হয়।

(v) পরীক্ষার সময় পরিবাহিতা কোষটিকে একটি তাপস্থাপিতে (thermostatic bath) নির্দিষ্ট উষ্ণতায় রাখা হয়, কারণ উষ্ণতা বৃদ্ধির ফলে দ্রবণের পরিবাহিতা অতি দ্রুত বৃদ্ধি পায়।

(vi) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণ প্রস্তুত করার জন্য বিশেষরূপে বিশুদ্ধ জল অর্থাৎ পরিবাহিতা জল (conductivity water) ব্যবহার করা হয়।

▶ (c) পরিবাহিতা পরিমাপের জন্য ব্যবহৃত তড়িতের প্রকৃতি ঃ

কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা পরিমাপের জন্য সমতড়িৎ-প্রবাহ (direct current) ব্যবহার না করে উচ্চ-কম্পাঙ্কবিশিষ্ট পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ (alternating current) ব্যবহার করা হয় প্রধানত দুটি কারণে—

(i) যদি সমপ্রবাহের তড়িৎ (D.C.) ব্যবহার করা হয় তবে দ্রবণের কিছু অংশের তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটবে এবং এর ফলে দ্রবণের গাঢ়ত্ব হ্রাস পাবে। কাজেই পরীক্ষায় নির্ণীত রোধের মান ত্রুটিপূর্ণ হবে।

(ii) তাছাড়া তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে উৎপন্ন গ্যাসীয় পদার্থ তড়িৎ-দ্বারে নির্গত হওয়ায় ছদন-ক্রিয়া (polarisation) ঘটে। এর ফলেও পরীক্ষালব্ধ রোধের মান ত্রুটিপূর্ণ হয়।

পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ (A.C.) পর্যায়ক্রমে উভয়দিকে চলাচল করার ফলে ছদন-ক্রিয়ার মাত্রা হ্রাস পায়। উচ্চ-কম্পাঙ্কবিশিষ্ট (1000-2000 cycles per second) তড়িৎ-প্রবাহ ব্যবহারের ফলে ছদন-ক্রিয়া প্রায় সম্পূর্ণরূপে বন্ধ হয়ে যায়। তাই দ্রবণের রোধের মান সঠিকভাবে পরিমাপ করা সম্ভব হয়। ফলে দ্রবণের পরিবাহিতার মান নির্ভুলভাবে গণনা করা যায়।

▶ (d) দ্রবণের পরিবাহিতা পরিমাপের সময় গ্যালভানোমিটার ব্যবহার না করে হেড-ফোন ব্যবহারের কারণ ঃ

দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয়ে সমতড়িৎ-প্রবাহ (direct current) ব্যবহার করলে পরীক্ষালব্ধ ফল ত্রুটিপূর্ণ হয়। তাই পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ (alternating current) ব্যবহার করা হয়। এই পরিবর্তী তড়িৎ-প্রবাহ ব্যবহার করার ফলে সাম্যাবস্থা (null point) নির্ণয়ে গ্যালভানোমিটার ব্যবহার করা যায় না। কাজেই হেড-ফোন (head-phone) ব্যবহার করে সাম্যাবস্থা নির্ণয় করা হয়।

▶ (e) পরিবাহিতা কোষের তড়িৎ-দ্বারগুলির উপর প্লাটিনাম ব্ল্যাকের (Platinum black) প্রলেপ দেওয়ার কারণ ঃ

পরিবাহিতা কোষের তড়িৎ-দ্বারগুলির উপর বিচূর্ণ প্লাটিনাম ব্ল্যাকের প্রলেপ দেওয়ার ফলে তড়িৎ-দ্বারগুলির পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পায়। আবার তড়িৎ-দ্বারের পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি পাওয়ায় ছদন-ক্রিয়ার (polarisation) প্রভাব হ্রাস পায়। তাই পরীক্ষালব্ধ রোধের মান (R) সঠিক হয় এবং দ্রবণের পরিবাহিতার নির্ভুল মান পাওয়া যায়।

▶ (f) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা নির্ণয়ের সময় তড়িৎ কোষকে নির্দিষ্ট উষ্ণতায় তাপস্থাপিতে রাখার কারণ ঃ

তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা উষ্ণতা পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে অতি দ্রুত পরিবর্তিত হয়। পরীক্ষায় দেখা গেছে যে প্রতি ডিগ্রি তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে দ্রবণের পরিবাহিতা প্রায় শতকরা

Scanned with CamScanner

2 ভাগ বৃদ্ধি পায়। তাই কোন দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয়ের সময় পরিবাহিতা কোষকে স্থির তাপমাত্রায় তাপস্থাপিতে (thermostatic bath) রাখা হয়। স্বভাবতই কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতার মান উল্লেখ করার পাশাপাশি উষ্ণতার মান উল্লেখ করাও খুবই জরুরী।

▶ **(g) পরিবাহিতা জল (Conductivity water) ঃ**

অতি বিশুদ্ধ জলকে বলে পরিবাহিতা জল। কোয়ার্জ-নির্মিত পাতনযন্ত্রে পাতিত জলের সঙ্গে সামান্য $KMnO_4$ ও অতি সামান্য পরিমাণ $NaOH$ মিশিয়ে বারবার পাতিত করলে যে অতি বিশুদ্ধ জল পাওয়া যায়, তাকে পরিবাহিতা জল বলে। এই জলের পরিবাহিতা খুবই কম। 25°C উষ্ণতায় আপেক্ষিক পরিবাহিতা $\simeq 0{\cdot}05 \times 10^{-6}$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি$^{-1}$।

▶ **(h) পরিবাহিতা পরিমাপের জন্য তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণ প্রস্তুতিতে পরিবাহিতা জল ব্যবহারের কারণ ঃ**

সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ জল তড়িৎ পরিবহন করে না বললেই চলে। কিন্তু জলের মধ্যে অতি সামান্য পরিমাণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ থাকলে ঐ জলের পরিবাহিতা সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ জলের পরিবাহিতা অপেক্ষা অনেক বেশি হয়। সেইজন্য সাধারণ পাতিত জলে তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবীভূত করে পরিবাহিতা পরিমাপ করলে পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতার মান অনেক বেশি হয়। অর্থাৎ পরীক্ষার ফল ত্রুটিপূর্ণ হয়। কাজেই পরিবাহিতা পরিমাপের ক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থকে পরিবাহিতা জলে দ্রবীভূত করে দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

▶ **(i) কোষ-ধ্রুবক (Cell constant) ঃ**

কোন একটি নির্দিষ্ট পরিবাহিতা কোষ ব্যবহার করে যখন কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের রোধ পরিমাপের মাধ্যমে আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) নির্ণয় করা হয় তখন প্রাপ্ত আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান নিম্নোক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশিত হয় ঃ

আপেক্ষিক পরিবাহিতা $(\kappa) = \left(\frac{1}{R}\right) \times \frac{l}{A}$ [R = দ্রবণের রোধ]

এই সমীকরণে $\left(\frac{l}{A}\right)$ রাশিটিকে কোষ-ধ্রুবক (cell constant) বলে।

[l = তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব এবং A = প্রতিটি তড়িৎ-দ্বারের ক্ষেত্রফল]

সুতরাং কোন পরিবাহিতা কোষের তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব ও তড়িৎ-দ্বারের ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে বলে ঐ পরিবাহিতা কোষের 'কোষ-ধ্রুবক'।

এক একটি পরিবাহিতা কোষের ক্ষেত্রে কোষ-ধ্রুবকের মান নির্দিষ্ট। ভিন্ন ভিন্ন পরিবাহিতা কোষের ক্ষেত্রে কোষ-ধ্রুবকের মান আলাদা হয়।

▶ **দৃষ্ট (বা পরীক্ষালব্ধ) পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার সম্পর্ক ঃ**

দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = দৃষ্ট পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$ × কোষ-ধ্রুবক $\left(\frac{l}{A}\right)$।

▶ **(j) আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান পরিবাহিতা কোষের ধ্রুবকের উপর নির্ভর করে না ঃ**

কোন দ্রবণের পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা, আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও কোষ-ধ্রুবকের মধ্যে নিম্নলিখিত সম্পর্ক বর্তমান ঃ

আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$ × কোষ-ধ্রুবক $\left(\frac{l}{A}\right)$.

বিভিন্ন কোষ-ধ্রুবকসম্পন্ন কোষে একই দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা পরিমাপের সময় পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতার $\left(\frac{1}{R}\right)$ মাপ পৃথক হবে কিন্তু $\left(\frac{1}{R} \times \frac{l}{A}\right)$-এর মান একই হবে (স্থির তাপমাত্রায়)। পরীক্ষা থেকে দেখা যায় যে, কোষ-ধ্রুবকের $\left(\frac{l}{A}\right)$ মান যত বেশি হয় পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতার $\left(\frac{1}{R}\right)$ মান তত কম হয়, কিন্তু এদের গুণফল ধ্রুবক হয় (স্থির তাপমাত্রায়)। অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় আপেক্ষিক পরিবাহিতার মানের কোন পরিবর্তন হয় না। কাজেই, বিভিন্ন কোষ-ধ্রুবকসম্পন্ন কোষে আপেক্ষিক পরিবাহিতা পরিমাপ করলে একই মান পাওয়া যায়।

▶ **(k) পরিবাহিতা কোষের কোষ-ধ্রুবকের মান ঃ**

কোন দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা × কোষ-ধ্রুবক ... *(i)*

$$\therefore \text{ কোষ-ধ্রুবক} = \frac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}(\kappa)}{\text{পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা}} \quad \text{... (ii)}$$

কোন একটি নির্দিষ্ট পরিবাহিতা কোষের মধ্যে একটি জ্ঞাত মাত্রার (ধরা যাক 0·01 N) KCl দ্রবণ নিয়ে কোন বিশেষ তাপমাত্রায় ঐ দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয় করা হল। তারপর যদি ঐ পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা দিয়ে কোলরাউসের তালিকা থেকে প্রাপ্ত আপেক্ষিক পরিবাহিতাকে ভাগ করা হয় তবে পরিবাহিতা কোষটির কোষ-ধ্রুবকের মান জানা যাবে।

এখন যদি পরিবাহিতা কোষটির তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্বকে তড়িৎ-দ্বারগুলির গড় ক্ষেত্রফল দিয়ে ভাগ করা হয় তবে দেখা যাবে যে প্রাপ্ত ভাগফলটি আগের পরীক্ষায় প্রাপ্ত কোষ-ধ্রুবকের মানের সঙ্গে সমান। সুতরাং প্রদত্ত উক্তিটির সত্যতা প্রমাণিত হল।

আপেক্ষিক ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা সম্পর্কিত গাণিতিক প্রশ্নোত্তর
(Numerical Problems and their Solutions related to Specific and Equivalent Conductance)

Q. 13. *একটি পরিবাহিতা কোষে 1·50 বর্গসেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট দুটি সমান্তরাল তড়িৎ-দ্বার আছে। তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 12·75 সেমি। কোষটিকে একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করে প্রাপ্ত রোধের মান পাওয়া গেল 1850 ওহ্‌ম। কোষ-ধ্রুবক ও দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা গণনা কর।*

Ans. ▶ কোষ-ধ্রুবক $= \frac{l}{A} = \frac{12{\cdot}75}{1{\cdot}50} = 8{\cdot}5$ সেমি$^{-1}$

দ্রবণের রোধ = 1850 ওহ্‌ম।

$\therefore$ দ্রবণের পরিবাহিতা $(C) = \frac{1}{R} = \frac{1}{1850}$ ওহ্‌ম$^{-1}$

এখন, আপেক্ষিক পরিবাহিতা = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা × কোষ-ধ্রুবক

$= \frac{1}{1850} \times 8{\cdot}5$

$= 4{\cdot}59 \times 10^{-3}$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি$^{-1}$

Scanned with CamScanner

Q. 14. *একটি পরিবাহিতা কোষের সমান্তরাল ইলেকট্রোড দুটির প্রত্যেকটির ক্ষেত্রফল 1·25 বর্গসেমি। ঐ কোষটিকে একটি দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করে রোধের মান পাওয়া গেল 160 ওহ্‌ম। দ্রবণটির আপেক্ষিক পরিবাহিতা 0·016 ওহ্‌ম $^{-1}$ সেমি $^{-1}$ হলে ইলেকট্রোড দুটির মধ্যে দূরত্ব ও কোষ-ধ্রুবক গণনা কর।*

Ans. ▶ দ্রবণের রোধ = 160 ওহ্‌ম ; দ্রবণের পরিবাহিতা $= \frac{1}{R} = \frac{1}{160}$ ওহ্‌ম$^{-1}$

এখন আমরা জানি, আপেক্ষিক পরিবাহিতা = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা × কোষ-ধ্রুবক

$\therefore$ কোষ-ধ্রুবক $= \dfrac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}}{\text{পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা}} = \dfrac{0{\cdot}016}{\frac{1}{160}}$ সেমি$^{-1}$ = 2·56 সেমি$^{-1}$

আবার, কোষ-ধ্রুবক $= \frac{l}{A}$ বা, $2{\cdot}56 = \frac{l}{A}$

বা, $l = 2{\cdot}56 \times A = 2{\cdot}56 \times 1{\cdot}25$ [$\because$ ক্ষেত্রফল $(A) = 1{\cdot}25$ বর্গসেমি]

= 3·2 সেমি

$\therefore$ পরিবাহিতা কোষের ইলেকট্রোড দুটির মধ্যে দূরত্ব = 3·2 সেমি।

Q. 15. *25°C উষ্ণতায় একটি পরিবাহিতা কোষ 0·02 (N) KCl দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করে রোধের মান পাওয়া গেল 380 ওহ্‌ম। ঐ উষ্ণতায় 0·02 (N) KCl দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা 0·002758 মো সেমি$^{-1}$। কোষ-ধ্রুবকের মান নির্ণয় কর। যদি পরিবাহিতা কোষের তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যে দূরত্ব 0·8 সেমি হয়, তবে তড়িৎ-দ্বারগুলির গড় ক্ষেত্রফল কত?*

Ans. ▶ দেওয়া আছে, দ্রবণের রোধ (R) = 380 ওহ্‌ম

দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = 0·002758 মো সেমি$^{-1}$

কোষের তড়িৎ-দ্বারগুলির মধ্যে দূরত্ব = 0·8 সেমি

এখন দ্রবণটির পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা $= \frac{1}{R} = \frac{1}{380}$ মো

আবার, আপেক্ষিক পরিবাহিতা = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা × কোষ-ধ্রুবক

$\therefore$ কোষ-ধ্রুবক $= \dfrac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}}{\text{পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা}} = \dfrac{0{\cdot}002758}{\frac{1}{380}}$ = 1·04804 সেমি$^{-1}$

কিন্তু, কোষ-ধ্রুবক $= \frac{l}{A}$ বা, $A = \dfrac{l}{\text{কোষ-ধ্রুবক}} = \dfrac{0{\cdot}8}{1{\cdot}04804}$

[$\because$ তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব (l) = 0·8 সেমি]

= 0·7633 সেমি^{2}

Q. 16. *18°C উষ্ণতায় 0·01 (N) KCl দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা 0·001225 মো সেমি$^{-1}$ হলে ঐ দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা কত?*

Ans. ▶ তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $= \dfrac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা} \times 1000}{c}$

$= \dfrac{0{\cdot}001225 \times 1000}{0{\cdot}01}$ [$\because c = 0{\cdot}01$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটার]

= 122·5 ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি^{2}/গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

Q. 17. *25°C উষ্ণতায় 0·001 (N) অ্যাসেটিক অ্যাসিড দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা 48·63 ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি^{2}/গ্রাম-তুল্যাঙ্ক হলে ঐ উষ্ণতায় দ্রবণটির আপেক্ষিক পরিবাহিতা নির্ণয় কর।*

Ans. ▶ দ্রবণের গাঢ়ত্ব = 0·001 (N) = 0·001 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটার

তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) = 48·63 ওহ্‌ম$^{-1}$সেমি^{2}/গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

এখন, তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) = আপেক্ষিক পরিবাহিতা $(\kappa) \times \frac{1000}{c}$

$\therefore \kappa = \dfrac{\Lambda \times c}{1000} = \dfrac{48{\cdot}63 \times 0{\cdot}001}{1000} = 4{\cdot}863 \times 10^{-5}$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি^{1} cm^{-1}

Q. 18. *0·1 (N) মাত্রার একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণে দুটি প্লাটিনাম ইলেকট্রোডকে (5 সেমি × 1 সেমি) সমান্তরালভাবে 1·5 সেমি দূরত্বে স্থাপন করে দ্রবণটির রোধের মান পাওয়া গেল 50 ওহ্‌ম। দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় কর।* [B.U. '93]

Ans. ▶ দ্রবণের রোধ (R) = 50 ওহ্‌ম ; দ্রবণের পরিবাহিতা $= \frac{1}{R} = \frac{1}{50}$ ওহ্‌ম$^{-1}$

পরিবাহিতা কোষের 'কোষ-ধ্রুবক' $= \frac{l}{A} = \frac{1{\cdot}5}{5 \times 1}$ = 0·3 সেমি$^{-1}$

$\therefore$ আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = দ্রবণের পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$ × কোষ-ধ্রুবক $= \frac{1}{50} \times 0{\cdot}3$

$= 6 \times 10^{-3}$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি$^{-1}$

এখন, তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) = আপেক্ষিক পরিবাহিতা $(\kappa) \times \frac{1000}{c}$

$= 6 \times 10^{-3} \times \frac{1000}{0{\cdot}1}$ [$\because c = 0{\cdot}1$ (N)]

= 60 ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি^{2}/গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

Q. 19. *একটি ডেসি নর্ম্যাল দ্রবণের রোধের মান $2{\cdot}5 \times 10^3$ ওহ্‌ম হলে দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় কর। (কোষ-ধ্রুবক = 1·15 সেমি$^{-1}$।)* [B.U. '94]

Ans. ▶ দ্রবণের গাঢ়ত্ব $(c) = \frac{1}{10}(N) = 0{\cdot}1(N)$ = 0·1 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটার

দ্রবণের রোধ $(R) = 2{\cdot}5 \times 10^3$ ওহ্‌ম

দ্রবণের পরিবাহিতা $= \frac{1}{R} = \frac{1}{2{\cdot}5 \times 10^3}$ = 0·0004 ওহ্‌ম$^{-1}$

$\therefore$ আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$ × কোষ-ধ্রুবক

$= 0{\cdot}0004 \times 1{\cdot}15 = 0{\cdot}00046$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি$^{-1}$

এখন, তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda) = \dfrac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}(\kappa) \times 1000}{c}$

$= \dfrac{0{\cdot}00046 \times 1000}{0{\cdot}1}$

= 4·6 ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি^{2}/গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

Scanned with CamScanner

Q. 20. *একটি পরিবাহিতা কোষের ইলেকট্রোডদ্বয়ের মধ্যেকার দূরত্ব 1 সেমি এবং প্রতিটির প্রস্থচ্ছেদ 2 সেমি^{2}। প্রতি লিটারে 50 গ্রাম KCl আছে এরূপ দ্রবণ দ্বারা উক্ত কোষকে পূর্ণ করলে কোষের রোধ হয় 7·25 ওহ্‌ম। উক্ত দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা গণনা কর।* **[N.B.U. '94]**

Ans. ▶ প্রশ্নানুযায়ী, দ্রবণের রোধ = 7·25 ওহ্‌ম

কোষের তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যেকার দূরত্ব (l) = 1 সেমি

প্রতিটি তড়িৎ-দ্বারের প্রস্থচ্ছেদ (A) = 2 সেমি^{2}

দ্রবণের গাঢ়ত্ব (c) = 50 গ্রাম/লিটার = $\frac{50}{74{\cdot}50}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটার

[$\because$ KCl-এর তুল্যাঙ্ক ওজন = $39 + 35{\cdot}5 = 74{\cdot}5$]

দ্রবণের পরিবাহিতা = $\frac{1}{R} = \frac{1}{7{\cdot}25}$ ওহ্‌ম$^{-1}$

দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$ × কোষ-ধ্রুবক

$= \frac{1}{7{\cdot}25} \times \frac{l}{A} = \frac{1}{7{\cdot}25} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{14{\cdot}50}$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি$^{-1}$

এখন তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) = $\frac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা} \times 1000}{c} = \frac{1}{14{\cdot}50} \times \frac{1000}{\frac{50}{74{\cdot}50}}$

$= \frac{1000 \times 74{\cdot}50}{14{\cdot}50 \times 50} = 102{\cdot}76$ ওহ্‌ম$^{-1}$সেমি^{2}/গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

Q. 21. *25°C উষ্ণতায় একই পরিবাহিতা কোষে 0·01 (N) KCl এবং 0·01 (N) HCl দ্রবণের রোধ যথাক্রমে 150·00 ohm এবং 51·40 ohm। KCl দ্রবণটির 25°C উষ্ণতায় আপেক্ষিক পরিবাহিতা $1{\cdot}41 \times 10^{-3} ohm^{-1} cm^{-1}$ হলে ঐ উষ্ণতায় HCl দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় কর।* **[V.U. '96]**

Ans. ▶ 0·01 (N) *KCl* দ্রবণের ক্ষেত্রে,

পরীক্ষালব্ধ রোধ = 150·00 ohm

$\therefore$ পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা = $\frac{1}{R} = \frac{1}{150}$ ohm^{-1}

আবার, প্রদত্ত আপেক্ষিক পরিবাহিতা = $1{\cdot}41 \times 10^{-3}$ ohm^{-1} cm^{-1}

কিন্তু, আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$ × কোষ-ধ্রুবক

$\therefore$ কোষ-ধ্রুবক = $\frac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}}{\text{পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা}} = \frac{1{\cdot}41 \times 10^{-3}}{\frac{1}{150}} = 1{\cdot}41 \times 10^{-3} \times 150$

$= 0{\cdot}2115$ cm^{-1}

এখন 0·01 (N) *HCl* দ্রবণের ক্ষেত্রে,

পরীক্ষালব্ধ রোধ (R) = 51·40 ohm

$\therefore$ পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা = $\frac{1}{R} = \frac{1}{51{\cdot}40}$ohm^{-1}

এখন, আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা × কোষ-ধ্রুবক

$= \frac{1}{51{\cdot}4} \times 0{\cdot}2115 = 4{\cdot}1148 \times 10^{-3}$ ohm^{-1}cm^{-1}

তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) = আপেক্ষিক পরিবর্হিতা × $\frac{1000}{c}$ = $4{\cdot}1148 \times 10^{-3} \times \frac{1000}{0{\cdot}01}$

[$\because$ c = 0·01 gm-equiv/litre]

= 411·48 ohm^{-1} cm^2/gm-equiv

Q. 22. *18°C তাপমাত্রায় একটি পরিবাহিতা কোষে 0·1 (N) KCl দ্রবণের রোধ 86·8 ohm এবং 0·05 (N) NaCl দ্রবণের রোধ 203 ohm। পরিবাহিতা কোষের কোষ-ধ্রুবক এবং 0·05 (N) NaCl দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় কর। (প্রদত্ত KCl দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = 0·011 $ohm^{-1}cm^{-1}$।)* **[V.U. 2000]**

Ans. ▶ 0·1 (N) *KCl* দ্রবণের ক্ষেত্রে,

পরীক্ষালব্ধ রোধ (R) = 86·8 ohm

$\therefore$ পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা = $\frac{1}{R} = \frac{1}{86{\cdot}8}$ ohm^{-1}

প্রদত্ত আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = 0·011 ohm^{-1}cm^{-1}

আবার, আপেক্ষিক পরিবাহিতা = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা × কোষ-ধ্রুবক

$\therefore$ কোষ-ধ্রুবক = $\frac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}}{\text{পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা}} = \frac{0{\cdot}011}{\frac{1}{86{\cdot}8}} = 0{\cdot}9548$ cm^{-1}।

0·05 (N) *NaCl* দ্রবণের ক্ষেত্রে,

পরীক্ষালব্ধ রোধ = 203 ohm

$\therefore$ পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা = $\frac{1}{203}$ ohm^{-1}

আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা × কোষ-ধ্রুবক = $\frac{1}{203} \times 0{\cdot}9548$

$= 4{\cdot}7034 \times 10^{-3}$ ohm^{-1} cm^{-1}

এখন তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) = আপেক্ষিক পরিবাহিতা $(\kappa) \times \frac{1000}{c}$

$= 4{\cdot}7034 \times 10^{-3} \times \frac{1000}{0{\cdot}05}$ [$\because$ c = 0·05 gm-equiv/litre]

= 94·07 ohm^{-1} cm^2/gm-equiv

Q. 23. *কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের 0·1 (N) দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা 0·009 মো সেমি$^{-1}$। অসীম লঘুতায় এর তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা 109 মো সেমি^{2}। দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষ্যটির বিয়োজন মাত্রা গণনা কর।* **[B.U. '92]**

Ans. ▶ 0·1 (N) দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = 0·009 মো সেমি$^{-1}$

এখন, তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা = আপেক্ষিক পরিবাহিতা$(\kappa) \times \frac{1000}{c}$

$= 0{\cdot}009 \times \frac{1000}{0{\cdot}1}$ [$\because$ c = 0·1] = 90 মো সেমি^{2}/গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

Scanned with CamScanner

আবার আমরা জানি, বিয়োজন-মাত্রা $(\alpha) = \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0}$

Λ_c = 'c'-গাঢ়ত্বে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ; Λ_0 = অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা

$\therefore\ \alpha = \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0} = \frac{90}{109}$ [$\because \Lambda_c = 90$ মো সেমি^{2} এবং $\Lambda_0 = 109$ মো সেমি^{2}]

$= 0{\cdot}8257$

Q. 24. *একটি মৃদু অ্যাসিডের 0·02 (N) দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা $3{\cdot}13 \times 10^{-4}$ mho cm^{-1}। ঐ দ্রবণে অ্যাসিডটির বিয়োজন মাত্রা 0·045 হলে অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা কত হবে?*

Ans. ▶ 0·02 (N) অ্যাসিড দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা $= 3{\cdot}13 \times 10^{-4}$ mho cm^{-1}

$\therefore$ ঐ দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা = আপেক্ষিক পরিবাহিতা $\times \frac{1000}{c}$

$$= 3{\cdot}13 \times 10^{-4} \times \frac{1000}{0{\cdot}02} = 15{\cdot}65 \text{ mho cm}^2/\text{ gm-equiv}$$

এখন বিয়োজন মাত্রা $(\alpha) = \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0}$

$\therefore$ অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda_0) = \frac{\Lambda_c}{\alpha} = \frac{15{\cdot}65}{0{\cdot}045}$

$$= 347{\cdot}78 \text{ mho cm}^2/\text{gm-equiv}$$

Q. 25. *অসীম লঘুতায় H_2SO_4 দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা 384 $ohm^{-1}cm^2$। যদি লিটার প্রতি 15 gm H_2SO_4 আছে এরূপ একটি দ্রবণের আপেক্ষিক রোধ 18·4 ohm হয়, তবে উক্ত H_2SO_4 দ্রবণে H_2SO_4-এর বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় কর।*

Ans. ▶ 15 gm $H_2SO_4 = \frac{15}{49}$ gm-equiv H_2SO_4

$\therefore$ প্রদত্ত H_2SO_4 দ্রবণের প্রতি লিটারে $\frac{15}{49}$ gm-equiv H_2SO_4 আছে। কাজেই ঐ H_2SO_4 দ্রবণের গাঢ়ত্ব $= \frac{15}{49}$ gm-equiv/litre।

এখন, দ্রবণটির আপেক্ষিক রোধ = 18·4 ohm-cm

$\therefore$ আপেক্ষিক পরিবাহিতা $= \frac{1}{18{\cdot}4}$ ohm^{-1}cm^{-1}

এবং তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা = আপেক্ষিক পরিবাহিতা $\times \frac{1000}{c} = \frac{1}{18{\cdot}4} \times \frac{1000}{\frac{15}{49}}$

$$= \frac{1000 \times 49}{18{\cdot}4 \times 15} = 177{\cdot}54 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2$$

এখন, বিয়োজন মাত্রা $(\alpha) = \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0} = \frac{177{\cdot}54}{384} = 0{\cdot}462$

[$\because$ অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda_0) = 384$ ohm^{-1} cm^2]

আয়নের স্বাধীন বিচরণ সংক্রান্ত কোলরাউসের সূত্র
(Kohlrausch's Law of Independent Migration of Ions)

Q. 26. *(a) আয়নের স্বাধীন (বা অবাধ) বিচরণ সম্পর্কিত কোলরাউসের সূত্রটি বিবৃত কর।*
[C.U. '81, '89, '92, '97, '99 ; B.U. '83, '94, '99, 2001 (Old) ; V.U. '91, '94, '97, '99 ; N.B.U. '97]

(b) কোলরাউসের সূত্রের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।
[C.U. '89, '97, '99 ; B.U. '99 ; N.B.U. '97]

অথবা

কোলরাউসের সূত্রটি একটি উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর। **[C.U. '92]**

(c) একটি মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা কিরূপে নির্ণয় করা যায়? **[V.U. '92]**

অথবা

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের (বা পরিবাহীর) অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) নির্ণয়ে কোলরাউসের সূত্রের প্রয়োগ দেখাও।
[C.U. '81 ; B.U. '83, 2001 (Old) ; N.B.U. '97]

অথবা

কোলরাউসের সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর কিভাবে অসীম লঘুতায় CH_3COOH-এর তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় করা যায়। **[C.U. '97 ; B.U. '94]**

Ans. ▶ **(a) কোলরাউসের সূত্র (Kohlrausch's Law) :**

অসীম লঘুতায় কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0), পদার্থটির সংগঠক আয়নগুলির আয়নীয় পরিবাহিতার সমষ্টির সমান। অর্থাৎ,

$$\Lambda_0 = \lambda_0^+ + \lambda_0^- \quad \cdots (i)$$

λ_0^+ = ক্যাটায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা ; λ_0^- = অ্যানায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা

▶ **(b) কোলরাউসের সূত্রের তাৎপর্য :**

অসীম লঘুতায় কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অণুগুলি সম্পূর্ণরূপে আয়নে বিয়োজিত হয়ে যায় এবং আয়নগুলির মধ্যে পারস্পরিক দূরত্ব অনেক বেশি হয়। ফলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলির মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল প্রায় লুপ্ত হয়ে যায়। কাজেই মনে করা যেতে পারে যে, অসীম লঘুতায় এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ মোট যে পরিমাণ তড়িৎ পরিবহন করে তা ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ থেকে উৎপন্ন সকল ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের দ্বারা পরিবাহিত তড়িতের পরিমাণের সমষ্টির সমান। সুতরাং সোডিয়াম ক্লোরাইড ও অ্যাসেটিক অ্যাসিডের অসীম লঘুতার দ্রবণের ক্ষেত্রে কোলরাউসের সূত্রানুযায়ী নিম্নলিখিত সমীকরণগুলি পাওয়া যায় :

$$\Lambda_0(NaCl) = \lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-)$$

এবং $\Lambda_0(CH_3COOH) = \lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(H^+)$

Scanned with CamScanner

▶ (c) কোলরাউস সূত্রের প্রয়োগে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় ঃ

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে Λ বনাম $\sqrt{c}$ লেখচিত্রটি সরলরৈখিক নয়। এটি প্রায় আয়ত পরাবৃত্তাকার। সুতরাং লেখচিত্রটিকে বর্ধিত করে Λ_0-এর মান নির্ণয় করা সম্ভব নয়। তাই কোলরাউস সূত্রের প্রয়োগে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় করা হয়। যেমন, CH_3COOH-এর অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা হয় ঃ

$$\Lambda_0(CH_3COOH) = \lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(H^+) \text{ [কোলরাউসের সূত্রানুযায়ী]}$$

$$= [\lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(Na^+)] + [\lambda_0(H^+) + \lambda_0(Cl^-)] - [\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-)]$$

$$= \Lambda_0(CH_3COONa) + \Lambda_0(HCl) - \Lambda_0(NaCl) \quad \ldots (i)$$

CH_3COONa, HCl ও $NaCl$—এই তিনটি পদার্থ তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য হওয়ায় Λ বনাম $\sqrt{c}$ লেখচিত্রগুলি প্রত্যেক ক্ষেত্রেই সরলরৈখিক হয়। তাই লেখচিত্রগুলিকে শূন্য গাঢ়ত্ব $(c = 0)$ পর্যন্ত বর্ধিত করে উক্ত পদার্থগুলির অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) নির্ণয় করা যায়। প্রাপ্ত Λ_0-এর মানগুলি *(i)* নং সমীকরণে বসিয়ে CH_3COOH-এর অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় করা যায়।

অনুরূপ পদ্ধতি প্রয়োগ করে অন্যান্য মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় করা যায়।

অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক ও আয়নীয় পরিবাহিতা সম্পর্কিত গাণিতিক প্রশ্নোত্তর
(Numerical Problems and their Solutions related to Equivalent and Ionic Conductance at Infinite Dilution)

Q. 27. *$\Lambda_0(NaCl) - \Lambda_0(NaNO_3) = 3{\cdot}7$ হলে $\Lambda_0(LiCl) - \Lambda_0(LiNO_3)$-এর মান কত?* **[B.U. 2000]**

Ans. ▶ $\Lambda_0(NaCl) - \Lambda_0(NaNO_3) = 3{\cdot}7$

বা, $\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-) - [\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(NO_3^-)] = 3{\cdot}7$

[কোলরাউসের সূত্র প্রয়োগ করে]

বা, $\lambda_0(Cl^-) - \lambda_0(NO_3^-) = 3{\cdot}7 \quad \ldots (i)$

এখন, $\Lambda_0(LiCl) - \Lambda_0(LiNO_3)$

$$= \lambda_0(Li^+) + \lambda_0(Cl^-) - [\lambda_0(Li^+) + \lambda_0(NO_3^-)]$$

$$= \lambda_0(Cl^-) - \lambda_0(NO_3^-)$$

$= 3{\cdot}7$ [*(i)* নং সমীকরণ থেকে মান বসিয়ে]।

Q. 28. *25°C উষ্ণতায় $NaOH$, NH_4Cl ও $NaCl$-এর অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান যথাক্রমে 248·1, 149·7 এবং 126·4 $ohm^{-1} cm^2$। একই উষ্ণতায় NH_4OH-এর অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান গণনা কর।* **[B.U. '95]**

Ans. ▶ যদি অসীম লঘুতায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ও আয়নীয় পরিবাহিতাকে যথাক্রমে Λ_0 ও λ_0-এর সাহায্যে প্রকাশ করা হয় তবে কোলরাউসের সূত্র থেকে পাই,

$$\Lambda_0(NH_4OH) = \lambda_0(NH_4^+) + \lambda_0(OH^-)$$

$$= [\lambda_0(NH_4^+) + \lambda_0(Cl^-)] + [\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(OH^-)] - [\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-)]$$

$$= \Lambda_0(NH_4Cl) + \Lambda_0(NaOH) - \Lambda_0(NaCl)$$

$$= 149{\cdot}7 + 248{\cdot}1 - 126{\cdot}4 = 271{\cdot}4 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2$$

▶ বিকল্প পদ্ধতি ঃ

$$\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(OH^-) = \Lambda_0(NaOH) \quad \ldots (i)$$

$$\lambda_0(NH_4^+) + \lambda_0(Cl^-) = \Lambda_0(NH_4Cl) \quad \ldots (ii)$$

$$\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-) = \Lambda_0(NaCl) \quad \ldots (iii)$$

এখন *(i)* ও *(ii)* নং সমীকরণের যোগফল থেকে *(iii)* নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাই,

$$\lambda_0(NH_4^+) + \lambda_0(OH^-) = \Lambda_0(NaOH) + \Lambda_0(NH_4Cl) - \Lambda_0(NaCl)$$

$$= 248{\cdot}1 + 149{\cdot}7 - 126{\cdot}4 = 271{\cdot}4$$

$$\therefore \Lambda_0(NH_4OH) = 271{\cdot}4 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2$$

Q. 29. *25°C উষ্ণতায় $NaOH$, NH_4Cl এবং $NaCl$-এর অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা যথাক্রমে 248, 149·5, ও 126·45 $mho\ cm^2$। NH_4OH-এর অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান নির্ণয় কর।* **[B.U. '91]**

Ans. ▶ $\Lambda_0(NH_4OH) = \lambda_0(NH_4^+) + \lambda_0(OH^-)$

$$= \Lambda_0(NH_4Cl) + \Lambda_0(NaOH) - \Lambda_0(NaCl)$$

$$= 149{\cdot}5 + 248 - 126{\cdot}45 = 271{\cdot}05 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2$$

Q. 30. *25°C উষ্ণতায় HCl, CH_3COONa এবং $NaCl$-এর অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান যথাক্রমে 426·16, 91·00 এবং 125·45 $ohm^{-1} cm^2$ হলে অ্যাসেটিক অ্যাসিডের জন্য অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান কত?* **[B.U. 2001]**

Ans. ▶ যদি Λ_0 ও λ_0 চিহ্নগুলি যথাক্রমে অসীম লঘুতায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ও আয়নীয় পরিবাহিতা প্রকাশ করে তবে কোলরাউসের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$\lambda_0(H^+) + \lambda_0(Cl^-) = \Lambda_0(HCl) \quad \ldots (i)$$

$$\lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(Na^+) = \Lambda_0(CH_3COONa) \quad \ldots (ii)$$

$$\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-) = \Lambda_0(NaCl) \quad \ldots (iii)$$

Scanned with CamScanner

(i) ও (ii) নং সমীকরণের যোগফল থেকে (iii) নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাই,

$$\lambda_0(H^+) + \lambda_0(CH_3COO^-) = \Lambda_0(HCl) + \Lambda_0(CH_3COONa) - \Lambda_0(NaCl)$$
$$= 426{\cdot}16 + 91{\cdot}00 - 125{\cdot}45 = 391{\cdot}71$$

$$\therefore \Lambda_0(CH_3COOH) = 391{\cdot}71 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2$$

Q. 31. *অসীম লঘুতায় অ্যাসেটিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা [$\Lambda_0(CH_3COOH)$] নিম্নে প্রদত্ত মানগুলি থেকে গণনা কর :*

$\Lambda_0(NaCl) = 126{\cdot}45\ cm^2\ ohm^{-1}\ (gm\text{-}equiv)^{-1}$

$\Lambda_0(HCl) = 426{\cdot}14\ cm^2\ ohm^{-1}\ (gm\text{-}equiv)^{-1}$

$\Lambda_0(CH_3COONa) = 91{\cdot}01\ cm^2\ ohm^{-1}\ (gm\text{-}equiv)^{-1}$ [V.U. '97]

Ans. ▶ $\Lambda_0(CH_3COOH) = \lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(H^+)$
$$= \Lambda_0(CH_3COONa) + \Lambda_0(HCl) - \Lambda_0(NaCl)$$
$$= 91{\cdot}01 + 426{\cdot}14 - 126{\cdot}45$$
$$= 390{\cdot}7\ \text{cm}^2\ \text{ohm}^{-1}\ (\text{gm-equiv})^{-1}$$

Q. 32. *অসীম লঘুতায় 25°C তাপমাত্রায় অ্যাসেটিক অ্যাসিডের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $\Lambda_0(CH_3COOH)$] কত গণনা করে বের কর।*

প্রদত্ত (25°C তাপমাত্রায়) : $\Lambda_0(CH_3COONa) = 78$ একক

$\Lambda_0(HCl) = 384$ একক

$\Lambda_0(NaCl) = 109$ একক। [V.U. '99]

Ans. ▶ কোলরাউসের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$\lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(Na^+) = \Lambda_0(CH_3COONa)$ ... (i)

$\lambda_0(H^+) + \lambda_0(Cl^-) = \Lambda_0(HCl)$ ... (ii)

$\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-) = \Lambda_0(NaCl)$ ... (iii)

(i) ও (ii) নং সমীকরণের যোগফল থেকে (iii) নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাই,

$$\lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(H^+) = \Lambda_0(CH_3COONa) + \Lambda_0(HCl) - \Lambda_0(NaCl)$$
$$= 78 + 384 - 109 = 353$$

$\therefore \Lambda_0(CH_3COOH) = 353$ একক $= 353\ \text{ohm}^{-1}\text{cm}^2/\text{gm-equiv}$

Q. 33. *25°C উষ্ণতায় HCl, CH_3COONa ও NaCl-এর অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) যথাক্রমে 426·16, 91·0 এবং 126·45 $ohm^{-1}cm^2$। ঐ উষ্ণতায় CH_3COOH-এর একটি দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) 48·15 $ohm^{-1}cm^2$ হলে, দ্রবণটিতে CH_3COOH-এর বিয়োজন মাত্রা কত?* [C.U. '81]

Ans. ▶ যদি λ_0 চিহ্নের দ্বারা আয়নীয় পরিবাহিতা নির্দেশ করা হয় তবে কোলরাউসের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$\Lambda_0(CH_3COOH) = \lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(H^+)$$
$$= \Lambda_0(CH_3COONa) + \Lambda_0(HCl) - \Lambda_0(NaCl)$$
$$= 91{\cdot}0 + 426{\cdot}16 - 126{\cdot}45 = 390{\cdot}71\ \text{ohm}^{-1}\text{cm}^2$$

অর্থাৎ অসীম লঘুতায় CH_3COOH-এর তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $= 390{\cdot}71\ \text{ohm}^{-1}\text{cm}^2$

আবার, প্রদত্ত CH_3COOH দ্রবণটির তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda) = 48{\cdot}15\ \text{ohm}^{-1}\text{cm}^2$

সুতরাং 25°C উষ্ণতায় দ্রবণটিতে CH_3COOH-এর বিয়োজন মাত্রা $(\alpha) = \dfrac{\Lambda}{\Lambda_0}$

$$= \frac{48{\cdot}15}{390{\cdot}71} = 0{\cdot}1232 \text{ ।}$$

Q. 34. *18°C উষ্ণতায় 0·02 (N) KCl দ্রবণপূর্ণ একটি পরিবাহিতা কোষের রোধ 17·60 ohm। আবার উক্ত উষ্ণতায় ওই কোষটি 0·1 (N) CH_3COOH দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করলে রোধ হয় 91·18 ohm। 0·02(N) KCl দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা যদি $2{\cdot}399 \times 10^{-3}\ ohm^{-1}cm^{-1}$ হয় এবং অসীম লঘুতায় H^+ ও CH_3COO^- আয়নের পরিবাহিতা যথাক্রমে 315 এবং 35 $ohm^{-1}cm^2equiv^{-1}$ হয় তবে CH_3COOH-এর এই গাঢ়ত্বে বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় কর।* [C.U. '97]

Ans. ▶ 0·02 (N) KCl দ্রবণের ক্ষেত্রে,

পরীক্ষালব্ধ রোধ = 17·60 ohm

$\therefore$ পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা $= \dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{17{\cdot}60}\ \text{ohm}^{-1}$

আবার, ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা $(\kappa) = 2{\cdot}399 \times 10^{-3}\ \text{ohm}^{-1}\ \text{cm}^{-1}$

এখন আমরা জানি,

আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা $\left(\dfrac{1}{R}\right) \times$ কোষ-ধ্রুবক

$\therefore$ কোষ-ধ্রুবক $= \dfrac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}}{\text{পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা}} = \dfrac{2{\cdot}399 \times 10^{-3}}{\frac{1}{17{\cdot}60}} = 2{\cdot}399 \times 10^{-3} \times 17{\cdot}60$

$$= 4{\cdot}222 \times 10^{-2}\ \text{cm}^{-1}$$

আবার, 0·1 (N) CH_3COOH দ্রবণের ক্ষেত্রে,

পরীক্ষালব্ধ রোধ = 91·18 ohm

$\therefore$ পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা $= \dfrac{1}{91{\cdot}18}\ \text{ohm}^{-1}$

$\therefore$ ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা × কোষ-ধ্রুবক

$$= \frac{1}{91{\cdot}18} \times 4{\cdot}222 \times 10^{-2} = 4{\cdot}63 \times 10^{-4}\ \text{ohm}^{-1}\ \text{cm}^{-1}$$

এখন, ঐ দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) = আপেক্ষিক পরিবাহিতা $\times \dfrac{1000}{c}$

$$= 4{\cdot}63 \times 10^{-4} \times \frac{1000}{0{\cdot}1}\ [\because c = 0{\cdot}1] = 4{\cdot}63\ \text{ohm}^{-1}\ \text{cm}^2\ \text{equiv}^{-1}$$

আবার, $\Lambda_0(CH_3COOH) = \lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(H^+)$
$$= 35 + 315 = 350\ \text{ohm}^{-1}\ \text{cm}^2\ \text{equiv}^{-1}$$

সুতরাং, দ্রবণটিতে CH_3COOH-এর বিয়োজন মাত্রা $(\alpha) = \dfrac{\Lambda}{\Lambda_0} = \dfrac{4{\cdot}63}{350} = 0{\cdot}01322$ ।

Scanned with CamScanner

Q. 35. *18°C উষ্ণতায় NH_4Cl, $NaOH$ এবং $NaCl$-এর অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) যথাক্রমে 130, 217·6 এবং 108·9 $ohm^{-1}cm^2$। এই উষ্ণতায় NH_4OH-এর Λ_0 গণনা কর। যদি এই উষ্ণতায় একটি প্রদত্ত NH_4OH দ্রবণের Λ-এর মান 9·33 $ohm^{-1}cm^2$ হয়, তবে NH_4OH-এর বিয়োজন মাত্রা কত?* [V.U. '91]

Ans. ▶ কোলরাউসের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$\lambda_0(NH_4^+) + \lambda_0(Cl^-) = \Lambda_0(NH_4Cl) = 130 \quad \cdots \quad (i)$$

$$\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(OH^-) = \Lambda_0(NaOH) = 217 \cdot 6 \quad \cdots \quad (ii)$$

$$\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-) = \Lambda_0(NaCl) = 108 \cdot 9 \quad \cdots \quad (iii)$$

(i) ও (ii) নং সমীকরণের যোগফল থেকে (iii) নং সমীকরণ বিয়োগ করে পাই,

$$\lambda_0(NH_4^+) + \lambda_0(OH^-) = \Lambda_0(NH_4Cl) + \Lambda_0(NaOH) - \Lambda_0(NaCl)$$
$$= 130 + 217 \cdot 6 - 108 \cdot 9 = 238 \cdot 7$$

$$\therefore \Lambda_0(NH_4OH) = 238 \cdot 7 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^2$$

অর্থাৎ অসীম লঘুতায় NH_4OH-এর তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা = 238·7 ohm^{-1} cm^2

আবার, প্রদত্ত NH_4OH দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) = 9·33 ohm^{-1} cm^2

সুতরাং, দ্রবণটিতে NH_4OH-এর বিয়োজন মাত্রা $(\alpha) = \frac{\Lambda}{\Lambda_0} = \frac{9 \cdot 33}{238 \cdot 7} = 0 \cdot 0391$ ।

আয়নীয় সচলতা বা আয়নের পরম গতিবেগ
(Ionic Mobility or Absolute Velocity of Ions)

Q. 36. (a) *আয়নীয় সচলতা (Ionic mobility) ব্যাখ্যা কর।* [N.B.U. '97]

অথবা

আয়নীয় সচলতা কাকে বলে? [C.U. '97]

অথবা

আয়নীয় ভ্রাম্যতা (Ionic mobility) বলতে কি বোঝ? [V.U. '99, 2001]

অথবা

আয়নের পরম গতিবেগ (Absolute velocity of ions) বলতে কি বোঝ?

(b) *আয়নীয় সচলতার একক কি?* [N.B.U. '97 ; V.U. '99]

(c) *আয়নের পরম গতিবেগের সঙ্গে আয়নীয় পরিবাহিতার সম্পর্ক কি?*

Ans. ▶ **(a) আয়নীয় সচলতা বা আয়নের পরম গতিবেগ ঃ**

কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্যে দুটি তড়িৎ-দ্বার আংশিক নিমজ্জিত করে তড়িৎ প্রবাহিত করলে ক্যাটায়নগুলি ক্যাথোডের দিকে ও অ্যানায়নগুলি অ্যানোডের দিকে ধাবিত হয়। আয়নগুলির গতিবেগ নির্ভর করে—

(i) তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যে প্রযুক্ত বিভব প্রভেদের উপর, এবং

(ii) তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্বের উপর।

তাই বিভিন্ন আয়নের গতিবেগ তুলনা করার জন্য বিভব-অবক্রম (potential gradient) নামক একটি রাশির সাহায্য নেওয়া হয়।

$$\text{বিভব-অবক্রম} = \frac{\text{তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যে বিভব পার্থক্য}}{\text{তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব}}$$

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের লঘু দ্রবণে একক বিভব-অবক্রমে (1 ভোল্ট/সেমি) কোন আয়নের গতিবেগ নির্ণয় করে আয়নীয় সচলতা বা আয়নের পরম গতিবেগ পরিমাপ করা হয়।

সংজ্ঞা ঃ প্রতি সেন্টিমিটার দূরত্বে এক ভোল্ট বিভব পার্থক্যের মধ্য দিয়ে কোন আয়ন প্রতি সেকেন্ডে যত সেন্টিমিটার দূরত্ব অতিক্রম করে, তাকেই উক্ত আয়নের পরম গতিবেগ বা আয়নীয় সচলতা বলে।

▶ **(b) আয়নীয় সচলতার একক ঃ**

$$\frac{\frac{\text{সেন্টিমিটার}}{\text{সেকেন্ড}}}{\frac{\text{ভোল্ট}}{\text{সেন্টিমিটার}}}$$ বা, সেমি^{2}/ভোল্ট-সেকেন্ড (cm^2/volt-sec)।

▶ **(c) আয়নের পরম গতিবেগের সঙ্গে আয়নীয় পরিবাহিতার সম্পর্ক ঃ**

আয়নীয় পরিবাহিতা আয়নের গতিবেগের উপর নির্ভরশীল। প্রযুক্ত তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রভাবে আয়নের গতিবেগ যত বেশি হয়, আয়নটি তত বেশি পরিমাণ তড়িৎ পরিবহন করে। অর্থাৎ,

আয়নীয় পরিবাহিতা ∝ আয়নীয় গতিবেগ।

তত্ত্বীয় উপায়ে দেখানো যায় যে,

$$\text{ক্যাটায়নের পরম গতিবেগ } (u_+) = \frac{\lambda_+}{F}$$

$$\text{এবং অ্যানায়নের পরম গতিবেগ } (u_-) = \frac{\lambda_-}{F}$$

এখানে, λ_+ = ক্যাটায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা ; λ_- = অ্যানায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা ;

F = ফ্যারাডে = 96500 কুলম্ব

[দ্রষ্টব্য ঃ ক্যাটায়নের মধ্যে H^+ আয়ন ও অ্যানায়নের মধ্যে OH^- আয়নের আয়নীয় সচলতা সব থেকে বেশি। ফলে তাদের আয়নীয় পরিবাহিতাও সব থেকে বেশি হয়।]

Q. 37. *8·4 সেমি দূরবর্তী দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে 4·9 ভোল্ট বিভব প্রভেদ প্রয়োগ করা হল। 25°C উষ্ণতায় Na^+ আয়নের পরম গতিবেগ (ionic mobility) প্রতি সেকেন্ডে $5 \cdot 19 \times 10^{-4}$ সেমি হলে, লঘু $NaCl$ দ্রবণে আধ ঘন্টায় Na^+ আয়ন কত দূরত্ব অতিক্রম করবে?*

Ans. ▶ বিভব-অবক্রম (potential gradient) = $\frac{\text{প্রযুক্ত বিভব প্রভেদ}}{\text{তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যে দূরত্ব}}$

$$= \frac{4 \cdot 9}{8 \cdot 4} \text{ ভোল্ট/সেমি}$$

$$\frac{1}{2} \text{ ঘণ্টা} = \frac{1}{2} \times 60 \times 60 = 1800 \text{ সেকেন্ড}$$

Scanned with CamScanner

এখন Na^+ আয়নের পরম গতিবেগ $= 5·19 \times 10^{-4}$ সেমি/সেকেন্ড

অর্থাৎ Na^+ আয়নগুলি,

1 একক (1 ভোল্ট/সেমি) বিভব-অবক্রমে 1 সেকেন্ডে যায় $5·19 \times 10^{-4}$ সেমি

$\therefore$ $\frac{4·9}{8·4}$ ভোল্ট/সেমি বিভব-অবক্রমে 1800 সেকেন্ডে যায় $= 5·19 \times 10^{-4} \times \frac{4·9}{8·4} \times 1800$

$= 0·545$ সেমি।

Q. 38. *9·60 cm দূরবর্তী দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে 5·4 volt বিভব প্রভেদ প্রয়োগ করা হল। 25°C উষ্ণতায় NH_4^+ আয়নের আয়নীয় পরিবাহিতা 73·2 $ohm^{-1} cm^2$ হলে ঐ আয়নটি একটি লঘু NH_4Cl দ্রবণে 20 মিনিটে কত দূরত্ব অতিক্রম করবে?*

Ans. ▶ বিভব-অবক্রম (potential gradient)$= \dfrac{\text{প্রযুক্ত বিভব প্রভেদ}}{\text{তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যে দূরত্ব}}$

$= \frac{5·4}{9·6}$ volt/cm

20 মিনিট $= 20 \times 60 = 1200$ সেকেন্ড

আবার, NH_4^+ আয়নের আয়নীয় পরিবাহিতা $(\lambda_+) = 73·2 \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^2$

$\therefore$ NH_4^+ আয়নের পরম গতিবেগ বা আয়নীয় সচলতা $(u_+) = \frac{\lambda_+}{F} = \frac{73·2}{96500}$ cm/sec

অর্থাৎ NH_4^+ আয়নগুলি,

1 volt/cm বিভব-অবক্রমে 1 সেকেন্ডে যায় $\frac{73·2}{96500}$ cm

$\therefore$ $\frac{5·4}{9·6}$ volt/cm বিভব-অবক্রমে 1200 সেকেন্ডে যায় $\frac{73·2}{96500} \times \frac{5·4}{9·6} \times 1200 = 0·51$ cm

পরিবাহিতা পরিমাপের প্রয়োগ
(Applications of Conductometric Measurements)

Q. 39. *নিম্নলিখিত ক্ষেত্রগুলিতে পরিবাহিতা পরিমাপের প্রয়োগ আলোচনা কর :*

(a) মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা নির্ণয় ;

(b) স্বল্প দ্রবণীয় লবণের দ্রাব্যতা নির্ণয় ;

(c) জলের আয়নীয় গুণফল নির্ণয় ;

(d) পরিবাহিতা টাইট্রেশন।

Ans. ▶ **(a) মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা (Degree of dissociation) নির্ণয় :**

কোন মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে কোলরাউসের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda_0) = \lambda_+ + \lambda_-$

[λ_+ ও λ_- = অসীম লঘুতায় ক্যাটিয়ন ও অ্যানায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা]

এখন কোন একটি নির্দিষ্ট গাঢ়ত্বে (c) যদি ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরীক্ষালব্ধ তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান Λ_c হয়, তবে গণনার দ্বারা দেখানো যায় যে উক্ত গাঢ়ত্বে,

বিয়োজন মাত্রা $(\alpha) = \frac{\Lambda_c}{\Lambda_0} = \frac{\Lambda_c}{\lambda_+ + \lambda_-}$ ... (i)

(i) নং সমীকরণে পরীক্ষালব্ধ তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার (Λ_c) মান বসিয়ে কোন মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা (α) নির্ণয় করা যায়।

▶ **(b) স্বল্প দ্রবণীয় লবণের দ্রাব্যতা (Solubility of sparingly soluble salt) নির্ণয় :**

কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা + জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা

তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থটি যদি জলের মধ্যে যথেষ্ট পরিমাণে দ্রবীভূত হয় তবে দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান যথেষ্ট বেশি হয়। সেক্ষেত্রে বলা যেতে পারে,

দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা ≃ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা

[জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা খুব কম বলে এটি উপেক্ষণীয়]

অপরদিকে, কোন স্বল্প দ্রাব্য লবণকে জলে দ্রবীভূত করে যে দ্রবণ পাওয়া যায় সেই দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান খুব কম বলে জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতাকে উপেক্ষা করা যায় না। সুতরাং স্বল্প দ্রবণীয় লবণের ক্ষেত্রে,

লবণের যথার্থ আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) = দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ') − জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ_{H_2O})

আবার, স্বল্প দ্রবণীয় পদার্থের দ্রবণ অত্যন্ত লঘু। তাই এরূপ দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাকে অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) বলে ধরা যেতে পারে। কাজেই,

$\Lambda = \frac{1000 \times \kappa}{c}$ সমীকরণ থেকে পাই, $\Lambda_0 = \frac{1000 \times (\kappa' - \kappa_{H_2O})}{s}$

[স্বল্প দ্রবণীয় লবণের জলে দ্রাব্যতা = s গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটার]

$$\therefore s = \frac{1000(\kappa' - \kappa_{H_2O})}{\Lambda_0} = \frac{1000(\kappa' - \kappa_{H_2O})}{\lambda_+ + \lambda_-} \quad [\because \Lambda_0 = \lambda_+ + \lambda_-] \quad ... (i)$$

[λ_+ ও λ_- = অসীম লঘুতায় ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা]

সুতরাং কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় κ' (দ্রবণের পরীক্ষালব্ধ আপেক্ষিক পরিবাহিতা), κ_{H_2O}, λ_+ ও λ_--এর মান (i) নং সমীকরণে বসিয়ে স্বল্প দ্রবণীয় পদার্থের দ্রাব্যতা (s) নির্ণয় করা যায়।

▶ **(c) জলের আয়নীয় গুণফল (K_w) নির্ণয় (Determination of ionic product of water) :**

বিশুদ্ধ জল অতি সামান্য পরিমাণে বিয়োজিত হয়ে H^+ ও OH^- আয়ন উৎপাদন করে। যদি জলের বিয়োজন মাত্রা α হয় তবে সাম্যাবস্থায় অবিয়োজিত জল এবং বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন আয়নগুলির গাঢ়ত্বকে নিম্নোক্তভাবে প্রকাশ করা যায় :

$$\underset{(1-\alpha)c}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\alpha c}{H^+} + \underset{\alpha c}{OH^-}$$

c = বিশুদ্ধ জলের গাঢ়ত্ব $= \frac{1000}{18}$ গ্রাম-মোল/লিটার $= \frac{1000}{18}$ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটার

এখন জলের আয়নীয় গুণফল $(K_w) = C_{H^+} \times C_{OH^-} = \alpha c \times \alpha c = (\alpha c)^2$ ... (i)

জলের বিয়োজন মাত্রা $(\alpha) = \dfrac{\text{বিশুদ্ধ জলের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা}(\Lambda)}{\text{অসীম লঘুতায় জলের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা}(\Lambda_0)}$

বিশুদ্ধ জলের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda) = \dfrac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}(\kappa) \times 1000}{c}$

$$= \frac{\kappa \times 1000}{\frac{1000}{18}} \quad [\because c = \tfrac{1000}{18}] = \kappa \times 18 \quad \text{... (ii)}$$

অসীম লঘুতায় জলের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda_0) = \lambda_0(H^+) + \lambda_0(OH^-)$

আয়নীয় পরিবাহিতা তালিকা অনুযায়ী 25°C উষ্ণতায়,

$\lambda_0(H^+) = 349{\cdot}8$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি^{2} ; $\lambda_0(OH^-) = 198{\cdot}5$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি^{2}

$\therefore \Lambda_0 = \lambda_0(H^+) + \lambda_0(OH^-) = 349{\cdot}8 + 198{\cdot}5 = 548{\cdot}3$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি^{2}

25°C উষ্ণতায় পরীক্ষা করে দেখা গেছে যে বিশুদ্ধ জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা $(\kappa) = 5{\cdot}54 \times 10^{-8}$ ওহ্‌ম$^{-1}$ সেমি$^{-1}$।

$\therefore$ 25°C উষ্ণতায় বিশুদ্ধ জলের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা,

$\Lambda = \kappa$(আপেক্ষিক পরিবাহিতা) $\times 18$ [(i) নং সমীকরণ অনুযায়ী]

$= 5{\cdot}54 \times 10^{-8} \times 18$

সুতরাং $\alpha = \dfrac{\Lambda}{\Lambda_0} = \dfrac{5{\cdot}54 \times 18 \times 10^{-8}}{548{\cdot}3}$

কাজেই, $K_w = (\alpha c)^2 = \left(\dfrac{5{\cdot}54 \times 18 \times 10^{-8}}{548{\cdot}3} \times \dfrac{1000}{18}\right)^2 \quad \left[\because c = \dfrac{1000}{18}\right]$

$= 1{\cdot}02 \times 10^{-14}$

অর্থাৎ 25°C উষ্ণতায় জলের আয়নীয় গুণফল $(K_w) = 1{\cdot}02 \times 10^{-14}$।

▶ **(D) পরিবাহিতা টাইট্রেশন (Conductometric titration) ঃ**

কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ভর করে দ্রবণে উপস্থিত আয়নগুলির সংখ্যা, আধান ও তাদের আয়নীয় পরিবাহিতার উপর। সুতরাং দুটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের মধ্যে বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু (end point) পরিবাহিতা পরিমাপের সাহায্যে নির্ণয় করা যেতে পারে। যেমন, অ্যাসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রয়োগ করা যায়।

যেসব ক্ষেত্রে উপযুক্ত সূচক পাওয়া যায় না এবং যেক্ষেত্রে অ্যাসিড বা ক্ষার দ্রবণগুলি বর্ণযুক্ত হয়, সেসব ক্ষেত্রে পরিবাহিতা টাইট্রেশন খুবই উপযোগী।

● **(a) অ্যাসিড-ক্ষার টাইট্রেশন (প্রশমন বিক্রিয়া) ঃ**

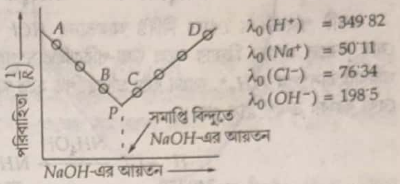
(i) তীব্র অ্যাসিড বনাম তীব্র ক্ষার ঃ তীব্র অ্যাসিড (যেমন, HCl) ও তীব্র ক্ষার (যেমন, $NaOH$) উভয়েই দ্রবণে সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। একটি পরিবাহিতা কোষে (conductivity cell) নির্দিষ্ট আয়তনের লঘু HCl নিয়ে বুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে $NaOH$ যোগ করলে প্রশমন বিক্রিয়ার ফলে উচ্চ-পরিবাহিতাসম্পন্ন H^+ আয়নগুলি অপেক্ষাকৃত নিম্ন-

পরিবাহিতাসম্পন্ন Na^+ আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে থাকে। ফলে দ্রবণের পরিবাহিতা ক্রমশ হ্রাস পায়।

$$H^+ + Cl^- \xrightarrow{Na^+ + OH^-} Na^+ + Cl^- + H_2O$$
$$\lambda_0 : 349{\cdot}82 \qquad\qquad 50{\cdot}11$$

সুতরাং y-অক্ষ বরাবর পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$ ও x-অক্ষ বরাবর ক্ষার দ্রবণের আয়তন (v) স্থাপন করে লেখচিত্র আঁকলে একটি নিম্নগামী সরলরেখা AB পাওয়া যায়।

প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর অতিরিক্ত $NaOH$ যোগ করার ফলে দ্রবণে Na^+ ও OH^- আয়নের আধিক্যের দরুন পরিবাহিতার মান ক্রমশ বাড়তে থাকে। সুতরাং পরিবাহিতা বনাম ক্ষার দ্রবণের আয়তন লেখচিত্র আঁকলে একটি ঊর্ধ্বগামী সরলরেখা CD পাওয়া যায়।



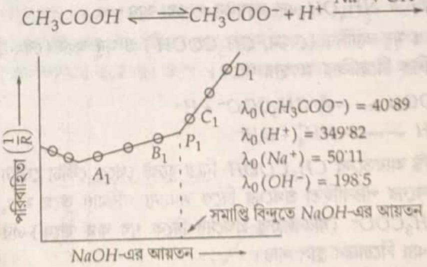
AB ও DC সরলরেখা দুটিকে বর্ধিত করার ফলে সর্বনিম্ন বিন্দু P-তে ছেদ করে। এই P বিন্দুর স্থানাঙ্ক থেকে প্রশমন ক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় $NaOH$-এর আয়তন পাওয়া যায়।

(ii) মৃদু অ্যাসিড বনাম তীব্র ক্ষার ঃ জলীয় দ্রবণে মৃদু অ্যাসিড (যেমন, CH_3COOH) আংশিকভাবে বিয়োজিত থাকে, কিন্তু তীব্র ক্ষার (যেমন, $NaOH$) সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

একটি পরিবাহিতা কোষে নির্দিষ্ট আয়তনের CH_3COOH নিয়ে বুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে $NaOH$ যোগ করলে দ্রবণের পরিবাহিতা প্রথমের দিকে সামান্য পরিমাণ কমে যায়, কারণ প্রশমনের ফলে উৎপন্ন CH_3COO^- (যার গাঢ়ত্ব প্রথমদিকে খুব কম থাকে)-এর সমআয়ন প্রভাবে (common ion effect) CH_3COOH-এর বিয়োজন হ্রাস পায়।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+ \xrightarrow{Na^+ + OH^-} CH_3COO^- + Na^+ + H_2O$$



যখন আরও খানিকটা $NaOH$ যোগ করা হয় তখন OH^- আয়নগুলি H^+ আয়নের সঙ্গে যুক্ত হয়ে জল উৎপাদন করে ও দ্রবণে Na^+ আয়নের পরিমাণ বাড়তে থাকে। এছাড়া আরও কিছুটা CH_3COOH বিয়োজিত হয়ে CH_3COO^- ও H^+ আয়ন উৎপাদন করে। ফলে দ্রবণের মোট পরিবাহিতা A_1B রেখা বরাবর ক্রমশ বাড়তে থাকে।

প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর অতিরিক্ত $NaOH$ যোগ করার ফলে Na^+ ও উচ্চ-পরিবাহিতাসম্পন্ন OH^- আয়নের আধিক্যের দরুন দ্রবণের পরিবাহিতা দ্রুত হারে C_1D_1 রেখা বরাবর বাড়তে থাকে। A_1B_1 ও D_1C_1 রেখা দুটিকে বর্ধিত করলে P_1 বিন্দুতে ছেদ করে। এই P_1 বিন্দুর স্থানাঙ্ক থেকে প্রশমন ক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় $NaOH$-এর আয়তন পাওয়া যায়।

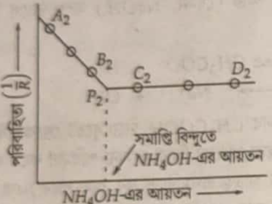
(iii) তীব্র অ্যাসিড বনাম মৃদু ক্ষার : জলীয় দ্রবণে তীব্র অ্যাসিড (যেমন, HCl) সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে, কিন্তু মৃদু ক্ষার (যেমন, NH_4OH) আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় থাকে।

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$
$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

একটি পরিবাহিতা কোষে নির্দিষ্ট আয়তনের HCl নিয়ে ফোঁটা ফোঁটা করে NH_4OH যোগ করলে প্রশমন ক্রিয়ার ফলে উচ্চ-পরিবাহিতাসম্পন্ন H^+ আয়নগুলি অপেক্ষাকৃত নিম্ন-পরিবাহিতাসম্পন্ন NH_4^+ আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে থাকে। ফলে দ্রবণের পরিবাহিতা A_2B_2 রেখা বরাবর ক্রমশ হ্রাস পায়।

$$\underset{\lambda_0 : 349{\cdot}82}{H^+} + Cl^- \xrightarrow{NH_4OH} \underset{73{\cdot}4}{NH_4^+} + Cl^- + H_2O$$

প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর অতিরিক্ত NH_4OH যোগ করলে দ্রবণের পরিবাহিতার আর বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না, কারণ মৃদু ক্ষার NH_4OH সমআয়নের (NH_4^+) প্রভাবে প্রায় অবিয়োজিত থাকে। কাজেই x-অক্ষের সমান্তরাল একটি সরলরেখা (C_2D_2) পাওয়া যায়।



$\lambda_0(H^+) = 349{\cdot}82$
$\lambda_0(NH_4^+) = 73{\cdot}4$
$\lambda_0(Cl^-) = 76{\cdot}34$
$\lambda_0(OH^-) = 198{\cdot}5$

A_2B_2 ও D_2C_2 রেখা দুটিকে বর্ধিত করলে P_2 বিন্দুতে ছেদ করে। এই P_2 বিন্দুর স্থানাঙ্ক থেকে প্রশমন ক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় NH_4OH-এর আয়তন পাওয়া যায়।

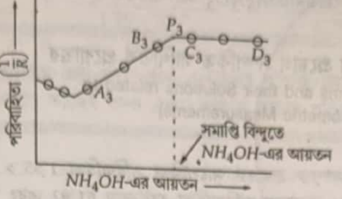
(iv) মৃদু অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার : মৃদু অ্যাসিড (যেমন, CH_3COOH) ও মৃদু ক্ষার (যেমন, NH_4OH) উভয়েই দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় থাকে।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

একটি পরিবাহিতা কোষে নির্দিষ্ট আয়তনের CH_3COOH নিয়ে বুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে NH_4OH যোগ করলে দ্রবণের পরিবাহিতা প্রথমের দিকে সামান্য পরিমাণ কমে যায়, কারণ প্রশমনের ফলে উৎপন্ন CH_3COO^- (যার গাঢ়ত্ব প্রথমের দিকে খুব কম থাকে)-এর সমআয়ন প্রভাবে CH_3COOH-এর বিয়োজন হ্রাস পায়।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+ \xrightarrow{NH_4OH} CH_3COO^- + NH_4^+ + H_2O$$

যখন আরও খানিকটা NH_4OH যোগ করা হয় তখন H^+ আয়নগুলি NH_4^+ আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে থাকে এবং সেই সঙ্গে আরও CH_3COOH বিয়োজিত হয়ে CH_3COO^- ও H^+ আয়ন উৎপাদন করে। ফলে দ্রবণের মোট পরিবাহিতা A_3B_3 রেখা বরাবর বাড়তে থাকে।



$\lambda_0(CH_3COO^-) = 40{\cdot}89$
$\lambda_0(H^+) = 349{\cdot}82$
$\lambda_0(NH_4^+) = 73{\cdot}4$
$\lambda_0(OH^-) = 198{\cdot}5$

প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর অতিরিক্ত NH_4OH যোগ করার ফলে দ্রবণের পরিবাহিতার আর বিশেষ কোন পরিবর্তন হয় না, কারণ সমআয়নের প্রভাবে মৃদু ক্ষার NH_4OH প্রায় অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে। ফলে x-অক্ষের সমান্তরাল একটি সরলরেখা C_3D_3 পাওয়া যায়।

A_3B_3 ও D_3C_3 রেখা দুটিকে বর্ধিত করার ফলে P_3 বিন্দুতে ছেদ করে। এই P_3 বিন্দুর স্থানাঙ্ক থেকে প্রশমন ক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় NH_4OH-এর আয়তন পাওয়া যায়।

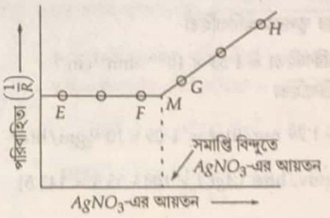
● **(b) অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া (Precipitation reaction) :** KCl-এর সঙ্গে $AgNO_3$-এর বিক্রিয়া একটি অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ার উদাহরণ। KCl ও $AgNO_3$ উভয়েই তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ হওয়ায় দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে।

$$KCl \longrightarrow K^+ + Cl^-$$
$$AgNO_3 \longrightarrow Ag^+ + NO_3^-$$

একটি পরিবাহিতা কোষে নির্দিষ্ট আয়তনের KCl দ্রবণ নিয়ে বুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করলে নিম্নলিখিত বিক্রিয়া ঘটে :

$$K^+ + Cl^- \xrightarrow{Ag^+ + NO_3^-} AgCl\downarrow + K^+ + NO_3^-$$

অর্থাৎ, দ্রবণে Cl^- আয়নগুলি সমসংখ্যক NO_3^- আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। এই দুই প্রকার আয়নের পরিবাহিতা প্রায় সমান হওয়ায় বিক্রিয়ার অগ্রগতির সঙ্গে দ্রবণের পরিবাহিতার কোন পার্থক্য ঘটে না। ফলে x-অক্ষের সমান্তরাল একটি সরলরেখা (EF) পাওয়া যায়।



$\lambda_0(K^+) = 73{\cdot}52$
$\lambda_0(Cl^-) = 76{\cdot}34$
$\lambda_0(NO_3^-) = 71{\cdot}46$

অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর অতিরিক্ত $AgNO_3$ যোগ করার ফলে দ্রবণে Ag^+ ও NO_3^- আয়নের আধিক্যের দরুন পরিবাহিতার মান GH রেখা বরাবর ক্রমাগত বাড়তে থাকে।

EF ও HG রেখা দুটিকে বর্ধিত করলে M বিন্দুতে ছেদ করে। এই M বিন্দুর স্থানাঙ্ক থেকে অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ার সমাপ্তির জন্য প্রয়োজনীয় $AgNO_3$-এর আয়তন পাওয়া যায়।

পরিবাহিতা পরিমাপের প্রয়োগ সম্পর্কিত গাণিতিক প্রশ্নোত্তর
(Numerical Problems and their Solutions related to Conductometric Measurements)

Q. 40. *25°C উষ্ণতায় AgCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা 1.55×10^{-6} $ohm^{-1} cm^{-1}$। Ag^+ ও Cl^- আয়নের পরিবাহিতা যথাক্রমে 61.92 এবং 76.34 $ohm^{-1} cm^2 gm\text{-}equiv^{-1}$। 25°C উষ্ণতায় গ্রাম-তুল্যাঙ্ক প্রতি লিটার এককে AgCl-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। জলের পরিবাহিতা অগ্রাহ্য কর।* [C.U. '89, '95, '99 ; B.U. '99]

Ans. ▶ আমরা জানি, দ্রাব্যতা (s) = $\dfrac{1000(\kappa' - \kappa_{H_2O})}{\lambda_+ + \lambda_-}$

κ' = দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = $1.55 \times 10^{-6} ohm^{-1}cm^{-1}$

κ_{H_2O} = জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা

λ_+ = ক্যাটায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা = 61.92

λ_- = অ্যানায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা = 76.34

প্রশ্নানুযায়ী, κ_{H_2O}-এর মান উপেক্ষণীয়।

$$\therefore s = \frac{1000\kappa'}{\lambda_+ + \lambda_-} = \frac{1000 \times 1.55 \times 10^{-6}}{61.92 + 76.34} = \frac{1.55 \times 10^{-3}}{138.26}$$

$$= 1.121 \times 10^{-5} \text{ gm-equiv/litre}$$

Q. 41. *25°C উষ্ণতায় AgCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা 1.55×10^{-6} $ohm^{-1} cm^{-1}$। ঐ উষ্ণতায় AgCl-এর দ্রাব্যতা 1.29 mg/litre হলে, এর তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় কর।* [N.B.U. '97]

Ans. ▶ আমরা জানি, $\Lambda_0 = \dfrac{1000(\kappa' - \kappa_{H_2O})}{s}$ .... (i)

Λ_0 = অসীম লঘুতায় দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা

κ' = দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = $1.55 \times 10^{-6} ohm^{-1}cm^{-1}$

κ_{H_2O} = জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা

s = AgCl-এর দ্রাব্যতা = 1.29 mg/litre = 1.29×10^{-3} gm/litre

$= \dfrac{1.29 \times 10^{-3}}{143.5}$ gm-equiv/litre [$AgCl = 108 + 35.5 = 143.5$]

যদি জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতাকে উপেক্ষা করা হয় তবে (i) নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$\Lambda_0 \simeq \frac{1000\kappa'}{s}$$

$$= \frac{1000 \times 1.55 \times 10^{-6}}{\dfrac{1.29 \times 10^{-3}}{143.5}} = \frac{1000 \times 1.55 \times 10^{-6} \times 143.5}{1.29 \times 10^{-3}} = 172.4$$

AgCl স্বল্প দ্রাব্য পদার্থ বলে AgCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণকে অসীম লঘুতার দ্রবণ বলে ধরা যেতে পারে। কাজেই প্রদত্ত AgCl দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা = 172.4 $ohm^{-1}cm^2$/gm-equiv।

Q. 42. *25°C উষ্ণতায় AgCl-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের ও জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা যথাক্রমে $3.32 \times 10^{-6} ohm^{-1}cm^{-1}$ এবং $1.49 \times 10^{-6} ohm^{-1}cm^{-1}$। ঐ উষ্ণতায় মোল/লিটার এককে AgCl-এর জলে দ্রাব্যতা নির্ণয় কর।*

• *[প্রদত্ত : $\lambda_0(Ag^+) = 61.92$ এবং $\lambda_0(Cl^-) = 76.34$ $ohm^{-1}cm^2/gm\text{-}equiv$]*

Ans. ▶ ধরা যাক, ঐ উষ্ণতায় জলে AgCl-এর দ্রাব্যতা = s gm-mole/litre

= s gm-equiv/litre

এখন আমরা জানি, $s = \dfrac{1000(\kappa' - \kappa_{H_2O})}{\Lambda_0}$

κ' = দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = $3.32 \times 10^{-6} ohm^{-1} cm^{-1}$

κ_{H_2O} = জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = $1.49 \times 10^{-6} ohm^{-1} cm^{-1}$

$\Lambda_0 = \lambda_0(Ag^+) + \lambda_0(Cl^-) = 61.92 + 76.34 = 138.26$ $ohm^{-1}cm^2$/gm-equiv

$$\therefore s = \frac{1000(3.32 \times 10^{-6} - 1.49 \times 10^{-6})}{138.26}$$

$$= \frac{1000 \times 1.83 \times 10^{-6}}{138.26} \text{ gm-equiv/litre} = 1.323 \times 10^{-5} \text{ mole/litre}$$

[∵ AgCl-এর আণবিক ওজন ও তুল্যাঙ্ক ওজন একই]

Q. 43. *18°C উষ্ণতায় $BaSO_4$-এর সম্পৃক্ত দ্রবণের ও জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা যথাক্রমে 3.648×10^{-6} এবং 1.25×10^{-6} mho cm^{-1}। $BaSO_4$-এর দ্রাব্যতা নির্ণয় কর। $\frac{1}{2}Ba^{2+}$ এবং $\frac{1}{2}SO_4^{2-}$-এর আয়নীয় পরিবাহিতা যথাক্রমে 55 এবং 68.3 $ohm^{-1} cm^2$।*

Ans. ▶ আমরা জানি, দ্রাব্যতা (s) = $\dfrac{1000(\kappa' - \kappa_{H_2O})}{\Lambda_0}$

κ' = দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = $3.648 \times 10^{-6} ohm^{-1} cm^{-1}$

κ_{H_2O} = জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা = $1.25 \times 10^{-6} ohm^{-1} cm^{-1}$ [∵ mho = ohm^{-1}]

$\Lambda_0 = \lambda_0(\frac{1}{2}Ba^{2+}) + \lambda_0(\frac{1}{2}SO_4^{2-}) = 55 + 68.3 = 123.3$

$$\therefore s = \frac{1000(3.648 \times 10^{-6} - 1.25 \times 10^{-6})}{123.3} = \frac{1000 \times 2.398 \times 10^{-6}}{123.3}$$

Scanned with CamScanner

$$s = 1{\cdot}9448 \times 10^{-5}\ \text{gm-equiv/litre} = \frac{1{\cdot}9448 \times 10^{-5}}{2}\ \text{gm-mole/litre}$$

[$\because$ $BaSO_4$-এর আণবিক ওজন = 2 × তুল্যাঙ্ক ওজন]

$$= 9{\cdot}724 \times 10^{-6}\ \text{gm-mole/litre}$$

Q. 44. *25°C উষ্ণতায় জলের আপেক্ষিক পরিবাহিতা $0{\cdot}554 \times 10^{-7}$ mho। জলের আয়নীয় গুণফল গণনা কর। দেওয়া আছে $\lambda_{H^+} = 349{\cdot}8$ mho এবং $\lambda_{OH^-} = 197{\cdot}8$ mho।* [C.U. 2000]

Ans. ▶ বিশুদ্ধ জলের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা $(\Lambda) = \dfrac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা} \times 1000}{c}$

$$= \frac{\kappa \times 1000}{\frac{1000}{18}} \quad \left[\because c = \frac{1000}{18}\text{gm-equiv/litre}\right] = \kappa \times 18$$

$$\Lambda_0 = \lambda_{H^+} + \lambda_{OH^-} = 349{\cdot}8 + 197{\cdot}8 = 547{\cdot}6$$

$\therefore$ বিশুদ্ধ জলের বিয়োজন মাত্রা $(\alpha) = \dfrac{\Lambda}{\Lambda_0} = \dfrac{\kappa \times 18}{547{\cdot}6}$

$$= \frac{0{\cdot}554 \times 10^{-7} \times 18}{547{\cdot}6} = 1{\cdot}821 \times 10^{-9}$$

আবার, জলের বিয়োজনের ক্ষেত্রে,

$$\underset{(1-\alpha)c}{H_2O} \rightleftharpoons \underset{\alpha c}{H^+} + \underset{\alpha c}{OH^-} \quad \left[c = \text{বিশুদ্ধ জলের গাঢ়ত্ব} = \frac{1000}{18}\text{gm-mole/litre}\right]$$

$\therefore$ জলের আয়নীয় গুণফল $K_w = c_{H^+} \times c_{OH^-} = \alpha c \times \alpha c = (\alpha c)^2$

$$= \left(1{\cdot}821 \times 10^{-9} \times \frac{1000}{18}\right)^2 = 1{\cdot}023 \times 10^{-14}$$

বহনাঙ্ক বা পরিবহনাঙ্ক বা ট্রান্সপোর্ট সংখ্যা বা স্থানান্তর সংখ্যা
(Transport Number or Transference Number)

Q. 45. (a) *কোন আয়নের পরিবহনাঙ্ক বলতে কি বোঝায়?* [B U. '95]

(b) *পরিবহনাঙ্কের একক কি?* [V.U. '99]

(c) *কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক 0·65 হলে, অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্কের মান কত?* [B.U. 2001 (Old)]

(d) *KCl-এর ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক 0·6 হলে Cl^- আয়নের পরিবহনাঙ্কের মান কত?* [B.U. 2001]

(e) *ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের আয়নীয় গতিশীলতার সঙ্গে তাদের স্থানান্তর সংখ্যার (অর্থাৎ বহনাঙ্কের) সম্পর্ক উপপাদন কর।* [B.U. 2000]

(f) *ট্রান্সপোর্ট সংখ্যা ও আয়নীয় পরিবাহিতাকে যথাযথ সমীকরণের সাহায্যে যুক্ত কর।* [C.U. '86]

অথবা

আয়নীয় পরিবাহিতা এবং স্থানান্তর সংখ্যার (বা বহনাঙ্কের) মধ্যে গাণিতিক সম্পর্ক স্থাপন কর। [B.U. 2000]

Ans. ▶ **(a) বহনাঙ্ক বা পরিবহনাঙ্ক বা ট্রান্সপোর্ট সংখ্যা বা স্থানান্তর সংখ্যা বা হিটর্ফ সংখ্যা ঃ**

তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোড ও অ্যানোডে একই পরিমাণ আধান মুক্ত হলেও ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলি সাধারণত মোট তড়িৎ-প্রবাহের সমান অংশ বহন করে না। যেমন, লঘু HCl দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ পাঠালে, H^+ আয়ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের 83% বহন করে এবং বাকি 17% বহন করে Cl^- আয়ন।

সংজ্ঞা ঃ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যস্থিত কোন একপ্রকার আয়ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের যে ভগ্নাংশ বহন করে, তাকে উক্ত আয়নের পরিবহনাঙ্ক বলে।

$$\text{আয়নের পরিবহনাঙ্ক} = \frac{\text{আয়নের দ্বারা পরিবাহিত তড়িৎ-প্রবাহ}}{\text{মোট তড়িৎ-প্রবাহ}}$$

যে আয়নের গতিবেগ যত বেশি তার পরিবহনাঙ্কও তত বেশি হয়। গণনার দ্বারা দেখানো যায় যে,

$$\text{ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক } (t_+) = \frac{u_+}{u_+ + u_-}$$

$$\text{এবং অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্ক } (t_-) = \frac{u_-}{u_+ + u_-}$$

[u_+ ও u_- = ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের পরম গতিবেগ]

$$\therefore t_+ + t_- = \frac{u_+}{u_+ + u_-} + \frac{u_-}{u_+ + u_-} = \frac{u_+ + u_-}{u_+ + u_-} = 1$$

বা, $t_+ + t_- = 1$ ... (i)

অর্থাৎ যেকোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্কের সমষ্টি সর্বদা এক (1) হয়।

▶ **(b) পরিবহনাঙ্কর একক ঃ**

আয়নের দ্বারা পরিবাহিত তড়িৎ-প্রবাহ ও মোট তড়িৎ-প্রবাহের অনুপাতই হল আয়নের পরিবহনাঙ্ক। কাজেই পরিবহনাঙ্কর কোন একক নেই। অর্থাৎ এটি একটি এককহীন রাশি।

▶ (c) প্রশ্নানুযায়ী, ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক $(t_+) = 0{\cdot}65$

আবার আমরা জানি, $t_+ + t_- = 1$

$\therefore$ অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্ক $t_- = 1 - t_+ = 1 - 0{\cdot}65 = 0{\cdot}35$।

▶ (d) প্রশ্নানুযায়ী, ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক $t_+ = 0{\cdot}6$

$\therefore$ অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্ক $t_- = 1 - t_+ = 1 - 0{\cdot}6 = 0{\cdot}4$।

Scanned with CamScanner

(e) আয়নীয় গতিশীলতার সঙ্গে বহনাঙ্কের সম্পর্ক নির্ণয় :

ধরা যাক, একটি লঘু তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ক্ষেত্রে,

প্রতি ঘনসেমি-তে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের সংখ্যা যথাক্রমে n_+ ও n_-

ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের যোজ্যতা যথাক্রমে z_+ ও z_-

ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের গতিবেগ যথাক্রমে u_+ ও u_-

এবং একক তড়িৎ আধানের পরিমাণ e

এখন ঐ দ্রবণের মধ্যে দুটি তড়িৎ-দ্বার আংশিকরূপে নিমজ্জিত করার পর ব্যাটারির সঙ্গে যুক্ত করে E বিভব প্রভেদ সৃষ্টি করা হল। যদি তড়িতের প্রবাহমাত্রা I হয় তবে,

ক্যাটায়নের দ্বারা বাহিত তড়িৎ-প্রবাহ $I_+ = n_+u_+z_+e$

অ্যানায়নের দ্বারা বাহিত তড়িৎ-প্রবাহ $I_- = n_-u_-z_-e$

ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের দ্বারা বাহিত মোট তড়িৎ-প্রবাহ $I = I_+ + I_-$

$$= n_+u_+z_+e + n_-u_-z_-e$$

আবার, যেহেতু দ্রবণটি তড়িৎ নিরপেক্ষ (electrically neutral), সুতরাং, $n_+z_+ = n_-z_-$
এখন আমরা জানি, মোট তড়িৎ-প্রবাহের যে ভগ্নাংশ ক্যাটায়ন বহন করে, তাকে বলে ক্যাটায়নের বহনাঙ্ক।

$$\therefore \text{ ক্যাটায়নের বহনাঙ্ক } (t_+) = \frac{I_+}{I} = \frac{n_+u_+z_+e}{n_+u_+z_+e + n_-u_-z_-e} = \frac{n_+u_+z_+}{n_+u_+z_+ + n_-u_-z_-}$$

$$= \frac{n_+u_+z_+}{n_+u_+z_+ + n_+u_-z_+} \quad [\because n_-z_- = n_+z_+]$$

$$= \frac{u_+}{u_+ + u_-} \quad \ldots (i)$$

$$\text{অনুরূপে, অ্যানায়নের বহনাঙ্ক } (t_-) = \frac{I_-}{I} = \frac{n_-u_-z_-e}{n_+u_+z_+e + n_-u_-z_-e}$$

$$= \frac{n_-u_-z_-e}{n_-u_+z_-e + n_-u_-z_-e} \quad [\because n_+z_+ = n_-z_-]$$

$$= \frac{u_-}{u_+ + u_-} \quad \ldots (ii)$$

(i) ও *(ii)* নং সমীকরণের সাহায্যে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের গতিশীলতার সঙ্গে তাদের পরিবহনাঙ্কের সম্পর্ক প্রকাশিত হয়।

(f) আয়নীয় পরিবাহিতা ও বহনাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় :

অসীম লঘুতার দ্রবণে কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে এবং ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলির মধ্যে কোন আকর্ষণ বল কাজ করে না। যেহেতু দ্রবণে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের মোট আধানের পরিমাণ সমান, সুতরাং আয়নীয় পরিবাহিতা (λ) কেবলমাত্র আয়নের গতিবেগের সমানুপাতিক। অর্থাৎ,

$$\lambda_+ \propto u_+ \quad \text{বা, } \lambda_+ = Ku_+ \quad \ldots (i)$$

[λ_+ = ক্যাটায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা ; u_+ = ক্যাটায়নের গতিবেগ ; K = ধ্রুবক]

$$\text{অনুরূপে, } \lambda_- \propto u_- \quad \text{বা, } \lambda_- = Ku_- \quad \ldots (ii)$$

[λ_- = অ্যানায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা ; u_- = অ্যানায়নের গতিবেগ ; K = ধ্রুবক]

$$\therefore \lambda_+ + \lambda_- = Ku_+ + Ku_- = K(u_+ + u_-) \quad \ldots (iii)$$

$$\text{এখন ক্যাটায়নের বহনাঙ্ক } (t_+) = \frac{u_+}{u_+ + u_-} = \frac{Ku_+}{Ku_+ + Ku_-}$$

[লব ও হরকে K দিয়ে গুণ করে]

$$= \frac{\lambda_+}{\lambda_+ + \lambda_-} = \frac{\lambda_+}{\Lambda_0}$$

$$\therefore t_+ = \frac{\lambda_+}{\Lambda_0} \quad \ldots (iv)$$

[Λ_0 = অসীম লঘুতায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা]

$$\text{অনুরূপে, অ্যানায়নের বহনাঙ্ক } (t_-) = \frac{u_-}{u_+ + u_-} = \frac{Ku_-}{Ku_+ + Ku_-}$$

[লব ও হরকে K দিয়ে গুণ করে]

$$= \frac{\lambda_-}{\lambda_+ + \lambda_-} = \frac{\lambda_-}{\Lambda_0}$$

$$\therefore t_- = \frac{\lambda_-}{\Lambda_0} \quad \ldots (v)$$

(iv) ও *(v)* নং সমীকরণগুলি ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের পরিবাহিতার সঙ্গে তাদের বহনাঙ্কের সম্পর্ক প্রকাশ করে।

Q. 46. *যে বিষয়গুলির উপর বহনাঙ্ক নির্ভর করে, সেগুলি আলোচনা কর।*

Ans. ▶ **বহনাঙ্ক যে বিষয়গুলির উপর নির্ভরশীল :**

(a) তাপমাত্রার প্রভাব : তাপমাত্রা পরিবর্তনের ফলে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক উভয় প্রকার আয়নের বহনাঙ্ক যথেষ্ট পরিমাণে পরিবর্তিত হয়। পরীক্ষায় দেখা গেছে যে তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের বহনাঙ্কের পার্থক্য ক্রমশ হ্রাস পায়। তাপমাত্রার মান খুব বেশি হলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের বহনাঙ্ক প্রায় সমান হয়ে যায়।

অর্থাৎ উচ্চ তাপমাত্রায়, $t_+ = t_- = 0{\cdot}5$

এই অবস্থায় ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন উভয়েই সমপরিমাণ তড়িৎ পরিবহন করে।

(b) তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের গাঢ়ত্বের প্রভাব : সাধারণত দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বলের মান বৃদ্ধি পায়। এই বর্ধিত আকর্ষণ বলের প্রভাবে যদি ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের গতিবেগ অসমভাবে হ্রাস পায় তবে তাদের বহনাঙ্ক পরিবর্তিত হবে। কিন্তু যদি তাদের গতিবেগ সমভাবে হ্রাস পায় তবে গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে বহনাঙ্ক অপরিবর্তিত থাকবে।

আবার, কোন কোন ক্ষেত্রে দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ থেকে জটিল আয়ন সৃষ্টি হয়। এর ফলে বহনাঙ্কের মান হ্রাস পায় এবং কখনো কখনো অস্বাভাবিক বহনাঙ্কের মান পাওয়া যায়। যেমন, CdI_2 দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির ফলে Cd^{2+} আয়নের বহনাঙ্কের মান হ্রাস পেতে থাকে এবং গাঢ়ত্ব খুব বেশি হলে এর বহনাঙ্ক ঋণাত্মক হয়ে যায়।

$$2CdI_2 \rightleftharpoons Cd^{2+} + CdI_4^{2-}$$

Scanned with CamScanner

(c) দ্রাবকায়নের প্রভাব (Effect of solvation) ঃ পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে দেখা যায় যে ক্ষার ধাতুর আয়নগুলির বহনাঙ্ক নিম্নোক্ত ক্রম অনুযায়ী বৃদ্ধি পায় ঃ

$$t_{Li^+} < t_{Na^+} < t_{K^+}$$

কিন্তু আমরা জানি যে, এই তিনটি আয়নের মধ্যে Li^+-এর আকার সবচেয়ে ছোট এবং K^+-এর আকার সবচেয়ে বড়। স্বাভাবিক কারণেই তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রভাবে Li^+-এর গতি সবচেয়ে বেশি এবং K^+-এর গতি সবচেয়ে কম হওয়া উচিত। অর্থাৎ Li^+-এর বহনাঙ্ক সবচেয়ে বেশি এবং K^+-এর বহনাঙ্ক সবচেয়ে কম হওয়া উচিত। এই আপাত বৈপরীত্যের কারণ হল সবচেয়ে ছোট Li^+ আয়নের পৃষ্ঠতলে আধান ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশি হওয়ায় এটি সবচেয়ে বেশি পরিমাণে দ্রাবকায়িত (solvated) হয়। অপরদিকে, K^+ আয়নের পৃষ্ঠতলে আধান ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা কম হওয়ায় এটি সবচেয়ে কম পরিমাণে দ্রাবকায়িত হয়। তাই দ্রাবক সংযোজিত অবস্থায় Li^+ আয়নের কার্যকরী আকার K^+ আয়নের কার্যকরী আকার অপেক্ষা বেশি হয়। ফলে K^+ আয়নের গতিবেগ অপেক্ষাকৃত বেশি হয় এবং এর বহনাঙ্ক Li^+ ও Na^+ আয়ন অপেক্ষা বেশি হয়।

Q. 47. *(a) দ্রবণের গাঢ়ত্বের সঙ্গে পরিবহনাঙ্কের পরিবর্তন কারণসহ বিবৃত কর।* **[C.U. '91]**

(b) CdI_2-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ অস্বাভাবিক পরিবহন ধর্ম প্রদর্শন করে কেন? **[V.U. '97, 2001 ; K.U. 2000]**

অথবা

ক্যাডমিয়াম আয়োডাইড দ্রবণে Cd^{2+} আয়ন অস্বাভাবিক বহনাঙ্ক প্রদর্শন করে। ব্যাখ্যা কর। **[C.U. '99 ; B.U. '82, '91]**

অথবা

ক্যাডমিয়াম ঘটিত লবণের গাঢ় জলীয় দ্রবণে Cd^{2+} আয়ন অস্বাভাবিক বহনাঙ্ক প্রদর্শন করে কেন? **[C.U. '93]**

অথবা

অস্বাভাবিক পরিবহনাঙ্ক কি? ব্যাখ্যা কর। **[V.U. '99]**

অথবা

পরিবহনাঙ্কের মান কি ঋণাত্মক হতে পারে? যদি তা হয় তবে কি অবস্থায়? উদাহরণ দাও। **[B.U. '95]**

(c) আয়নের পরিবহনাঙ্কের উপর দ্রাবকায়নের প্রভাব আলোচনা কর।

(d) Li^+ আয়নের আকার Na^+ আয়নের আকার অপেক্ষা ক্ষুদ্রতর, কিন্তু Li^+ আয়নের আয়নীয় পরিবাহিতা Na^+ আয়নের আয়নীয় পরিবাহিতা অপেক্ষা কম কেন? **[V.U. '97]**

Ans. ▶ (a) *46 নং প্রশ্নের উত্তরের (b) অংশ দ্রষ্টব্য।*

▶ **(b) গাঢ় জলীয় দ্রবণে Cd^{2+} আয়নের অস্বাভাবিক পরিবহনাঙ্ক ঃ**

লঘু জলীয় দ্রবণে ক্যাডমিয়াম ঘটিত লবণ (যেমন, ক্যাডমিয়াম আয়োডাইড) বিয়োজিত হয়ে ধনাত্মক আধানবিশিষ্ট Cd^{2+} আয়ন এবং ঋণাত্মক আধানবিশিষ্ট I^- আয়ন উৎপাদন করে। ফলে Cd^{2+} আয়নের পরীক্ষালব্ধ পরিবহনাঙ্কের মান স্বাভাবিক হয়।

$$CdI_2 \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2I^- \qquad \dots (i)$$

কিন্তু দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে Cd^{2+} আয়নের পরিবহনাঙ্কের মান অস্বাভাবিকভাবে কমতে থাকে। যখন দ্রবণের গাঢ়ত্ব 0·5 (N) অপেক্ষা বেশি হয় তখন উক্ত আয়নের পরিবহনাঙ্কের ঋণাত্মক মান পাওয়া যায়। অর্থাৎ ক্যাথোড অপেক্ষা অ্যানোডের দিকে বেশি পরিমাণ Cd^{2+} আয়ন ধাবিত হয়।

এই অস্বাভাবিক পরিবহনাঙ্ক ব্যাখ্যা করার জন্য বিজ্ঞানী হিটর্ফ বলেন যে ক্যাডমিয়াম ঘটিত লবণগুলি (যেমন, CdI_2) গাঢ় জলীয় দ্রবণে নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুযায়ী আয়নিত হয়ে জটিল অ্যানায়ন ($CdI_4{}^{2-}$) সৃষ্টি করে ঃ

$$2CdI_2 \rightleftharpoons Cd^{2+} + [CdI_4]^{2-} \qquad \dots (ii)$$

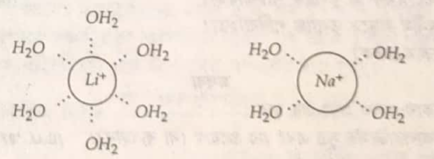
অর্থাৎ ক্যাডমিয়াম পরমাণুগুলি Cd^{2+} রূপে ক্যাথোডের দিকে এবং CdI_4^{2-} রূপে অ্যানোডের দিকে গমন করে। সম্ভবত Cd^{2+} আয়নের সঙ্গে জলের অণুগুলি সংযুক্ত অবস্থায় থাকার ফলে Cd^{2+} অপেক্ষা CdI_4^{2-}-এর গতিবেগ বেশি হয় এবং এর ফলে ক্যাথোড অপেক্ষা অ্যানোডে বেশি পরিমাণ ক্যাডমিয়াম মুক্ত হয়। কাজেই অতিরিক্ত গাঢ় দ্রবণে Cd^{2+} আয়নের বহনাঙ্ক ঋণাত্মক হয়।

প্রকৃতপক্ষে অস্বাভাবিক পরিবহনাঙ্কের মান (বিশেষত ঋণাত্মক মান) জটিল আয়ন সৃষ্টির ইঙ্গিত দেয়। এক্ষেত্রে মনে রাখা দরকার যে, মধ্যম গাঢ়ত্বের জলীয় দ্রবণে [0·5 (N) অপেক্ষা লঘু] জটিল অ্যানায়ন সৃষ্টির মাত্রার উপর নির্ভর করে Cd^{2+} আয়নের পরিবহনাঙ্কের মান অস্বাভাবিকভাবে কম হয়, কিন্তু ঋণাত্মক হয় না।

▶ (c) *46 নং প্রশ্নের উত্তরের (c) অংশ দ্রষ্টব্য।*

▶ **(d) Na^+ আয়ন অপেক্ষা Li^+ আয়নের পরিবহনাঙ্ক কম হওয়ার কারণ ঃ**

Na^+ আয়ন অপেক্ষা Li^+ আয়নের আকার ছোট। সুতরাং তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রভাবে দ্রবণের মধ্যে Li^+ আয়নের গতিবেগ Na^+ আয়ন অপেক্ষা বেশি হওয়া উচিত। অর্থাৎ Li^+ আয়নের বহনাঙ্ক Na^+ আয়ন অপেক্ষা বেশি হওয়াই স্বাভাবিক। কিন্তু পরীক্ষালব্ধ ফল থেকে এর বিপরীত ঘটনা ঘটতে দেখা যায়। এই আপাত বৈপরীত্যের কারণ হল Li^+ আয়নের আকার ছোট হওয়ায় এর পৃষ্ঠতলে আধান ঘনত্ব বেশি হয় এবং এই আয়নটি বেশি পরিমাণে দ্রাবকায়িত (solvated) হয়।



অপরদিকে, Na^+ আয়নের আকার বড় হওয়ায় এর পৃষ্ঠতলে আধান ঘনত্ব কম হয় এবং এই আয়নটি অল্প পরিমাণে দ্রাবকায়িত হয় (পরীক্ষায় জানা গেছে যে, Na^+-এর হাইড্রেশন সংখ্যা 4 এবং Li^+-এর হাইড্রেশন সংখ্যা 6)। কাজেই দ্রাবকায়িত অবস্থায় (hydrated state) Li^+ আয়নের কার্যকরী আয়তন Na^+ আয়ন অপেক্ষা বেশি হওয়ায় তড়িৎ-ক্ষেত্রের প্রভাবে দ্রবণের মধ্যে Li^+ আয়নটি কম বেগে ধাবিত হয় এবং এর বহনাঙ্কের মান কম হয়।

Scanned with CamScanner

Q. 48. *18°C উষ্ণতায় একটি অসীম লঘুতার $AgNO_3$ দ্রবণের আণবিক পরিবাহিতা 115·2 $ohm^{-1} cm^2$। সিলভার নাইট্রেটে NO_3^- আয়নের পরিবহনাঙ্ক 0·53 হলে 10 volt/cm বিভব-অবক্রমে (potential gradient) Ag^+ আয়নের গতিবেগ নির্ণয় কর।*

Ans. ▶ NO_3^- আয়নের পরিবহনাঙ্ক $(t_-) = 0·53$

∴ Ag^+ আয়নের পরিবহনাঙ্ক $(t_+) = 1 - 0·53 = 0·47$

$AgNO_3$-এর আণবিক ওজন = তুল্যাঙ্ক ওজন

∴ $AgNO_3$ দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) = আণবিক পরিবাহিতা $= 115·2 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2$

আবার আমরা জানি, $t_+ = \frac{\lambda_+}{\Lambda_0}$ বা, $\lambda_+ = t_+ \cdot \Lambda_0$

এখন $t_+ = 0·47$ এবং $\Lambda_0 = 115·2 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2$

∴ $\lambda_+ = 0·47 \times 115·2 \text{ ohm}^{-1}\text{cm}^2$

আবার, ক্যাটায়নের আয়নীয় সচলতা বা পরম গতিবেগ $(u_+) = \frac{\lambda_+}{F}$

∴ Ag^+ আয়নের পরম গতিবেগ $= \frac{\lambda_+}{F} = \frac{0·47 \times 115·2}{96500}$

অর্থাৎ, 1 volt/cm বিভব-অবক্রমে Ag^+ আয়নের গতিবেগ $= \frac{0·47 \times 115·2}{96500}$ cm/sec

∴ 10 volt/cm বিভব-অবক্রমে Ag^+ আয়নের গতিবেগ $= \frac{0·47 \times 115·2 \times 10}{96500}$ cm/sec

$= 0·00561$ cm/sec

বিবিধ প্রশ্নোত্তর (Miscellaneous Questions and Answers)

Q. 49. *টীকা লেখ ঃ*

(a) *আপেক্ষিক ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা।* [N.B.U. '96, 2001]

(b) *অসীম লঘুত্বে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা।* [B.U. 2000]

(c) *কোষ-ধ্রুবক।* [B.U. '96]

অথবা

কোষ-ধ্রুবক এবং এর মান। [B.U. '98]

(d) *কোলরাউসের সূত্র এবং এর প্রয়োগ (বা ব্যবহার)।* [B.U. '87 ; K.U. '95, '97]

অথবা

কোলরাউসের নীতি (বা সূত্র)। [V.U. '96, 2001]

অথবা

আয়নের অবাধ বিচরণের কোলরাউস সূত্র। [B.U. '92 ; K.U. 2000 ; N.B.U. '95, '99]

অথবা

আয়নের স্বাধীন সঞ্চলন সূত্র। [B.U. 2000]

অথবা

আয়নের নিরপেক্ষ চলন নীতি (Principle of independent migration of ions) এবং এর প্রয়োগ। [C.U. 2001 (Old)]

(e) *আয়নীয় সচলতা (Ionic mobility)।* [C.U. '89]

অথবা

আয়নের পরম বেগ বা প্রকৃত বেগ (Absolute velocity of ions)।

(f) *পরিবহনাঙ্ক (বা বহনাঙ্ক)।* [C.U. '89, '94, 2000 (Old) ; B.U. '93, '97 ; V.U. '93 ; K.U. 2001]

অথবা

ট্রান্সপোর্ট সংখ্যা। [B.U. '81, '85, '87]

(g) *পরিবাহিতা টাইট্রেশন।* [C.U. '90, '94, '98, 2000 (Old) ; K.U. 2001]

অথবা

পরিবাহিতা টাইট্রেশন এবং এর প্রয়োগ (বা ব্যবহার)। [C.U. '92, '96 ; K.U. '95, '97, '99]

Ans. ▶ (a) আপেক্ষিক ও তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Specific and equivalent conductance) ঃ

এক সেমি দূরে অবস্থিত এবং এক বর্গসেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট দুটি তড়িৎ-দ্বারের মধ্যবর্তী দ্রবণের পরিবাহিতাকে বলা হয় উক্ত দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ)। অন্যভাবে বলা যায়, এক ঘনসেমি দ্রবণের পরিবাহিতাই হল ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা।

'l' সেমি দৈর্ঘ্য ও 'A' বর্গসেমি প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট কোন দ্রবণের রোধ যদি R ওহ্ম হয় তবে ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা,

$$\kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A} \quad \left[\frac{1}{R} = \text{পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা}\right]$$

আপেক্ষিক পরিবাহিতাকে ওহ্ম$^{-1}$ সেমি$^{-1}$ বা মো সেমি$^{-1}$ এককে প্রকাশ করা হয়।

দ্রবণের গাঢ়ত্বের উপর আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান নির্ভরশীল। তীব্র ও মৃদু উভয় প্রকার তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্ষেত্রে দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধির ফলে আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান হ্রাস পায়।

কোন দ্রবণের যে আয়তনে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ দ্রবীভূত আছে সেই সমগ্র আয়তনের দ্রবণকে এক সেমি দূরে অবস্থিত দুটি উপযুক্ত আকারের তড়িৎ-দ্বারের মধ্যে রাখলে দ্রবণটির যে পরিবাহিতা পাওয়া যায় তাকে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) বলে। এটি আপেক্ষিক পরিবাহিতার সঙ্গে নিম্নলিখিত সম্পর্কের দ্বারা যুক্ত ঃ

$$\text{তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা } (\Lambda) = \frac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা } (\kappa) \times 1000}{c}$$

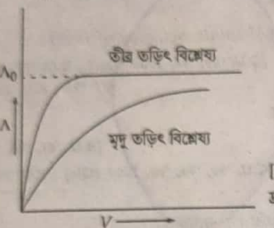
[c = গ্রাম-তুল্যাঙ্ক/লিটার এককে দ্রবণের গাঢ়ত্ব]

তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাকে ওহ্ম$^{-1}$ সেমি^{2}/গ্রাম-তুল্যাঙ্ক বা মো সেমি^{2}/গ্রাম-তুল্যাঙ্ক এককে প্রকাশ করা হয়।

দ্রবণের গাঢ়ত্বের উপর তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান নির্ভরশীল। তীব্র ও মৃদু উভয় প্রকার তড়িৎ বিশ্লেষ্যের গাঢ় দ্রবণকে লঘু করার ফলে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান বৃদ্ধি পায়। তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে অবশ্য মোটামুটি লঘু দ্রবণে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার (Λ) মান একটি চরম সীমায় পৌঁছায়।

Scanned with CamScanner

এরপর দ্রবণকে আরও লঘু করলে Λ-এর মানের কোন পরিবর্তন হয় না। তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার এই চরম মানকে বলা হয় **অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0)**। মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে অবশ্য দ্রবণকে লঘু করতে থাকলে Λ-এর মান ক্রমাগত বাড়তে থাকে। তাই সরাসরি পরীক্ষার সাহায্যে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের Λ_0 নির্ণয় করা সম্ভব হয় না।



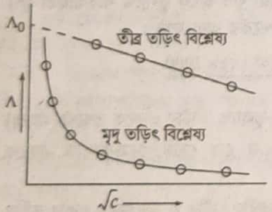
[V = যে আয়তনের দ্রবণে এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পদার্থ দ্রবীভূত আছে]

▶ (b) অসীম লঘুত্বে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ঃ

এক গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পরিমাণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজনের ফলে উৎপন্ন আয়নগুলির পরিবাহিতাই হল তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ)। খুব লঘু দ্রবণে কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন সম্পূর্ণ হয় এবং ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের মধ্যে আকর্ষণ বলের মান লুপ্ত হয়ে যায়। এই অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার একটি চরম মান পাওয়া যায় এবং একেই বলা হয় অসীম লঘুত্বে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0)।

তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি প্রায় সব ধরনের গাঢ়ত্বেই সম্পূর্ণ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। সুতরাং দ্রবণের লঘুতা বৃদ্ধি করলে আয়নের সংখ্যা বৃদ্ধির আর কোন সম্ভাবনা থাকে না। কিন্তু ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নগুলির মধ্যে দূরত্ব বৃদ্ধি পাওয়ার ফলে পারস্পরিক আকর্ষণ বলের মান হ্রাস পায়। কাজেই আয়নগুলির গতিবেগ বৃদ্ধি পায় আর সেই সঙ্গে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাও বৃদ্ধি পায় এবং মোটামুটি লঘু দ্রবণে এটি একটি চরম সীমায় পৌঁছায়। **এই চরম তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাই হল তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0)।**

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থগুলি দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। লঘুতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায় এবং মোট আয়নের সংখ্যা বাড়তে থাকে। স্বভাবতই তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতাও বাড়তে থাকে। এইভাবে অত্যন্ত লঘু দ্রবণে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার যে চরম মান পাওয়া যাবে তাকে বলা হবে **মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0)।**



Λ বনাম $\sqrt{c}$ লেখচিত্র অঙ্কন করলে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে একটি সরলরেখা পাওয়া যায়। ঐ সরলরেখাকে y-অক্ষ পর্যন্ত বর্ধিত করলে অসীম লঘুত্বে তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার মান পাওয়া যায়।

অপরদিকে, মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে লেখচিত্রটি সরলরৈখিক না হয়ে প্রায় আয়তপরাবৃত্তাকার হয়। সুতরাং লেখচিত্রটিকে বর্ধিত করে Λ_0-এর মান নির্ণয় করা সম্ভব নয়। তাই কোলরাউসের সূত্র প্রয়োগ করে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের Λ_0 নির্ণয় করা হয়।

▶ (c) কোষ-ধ্রুবক (Cell constant) ঃ

একটি নির্দিষ্ট পরিবাহিতা কোষ ব্যবহার করে যখন কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের রোধ পরিমাপের মাধ্যমে আপেক্ষিক পরিবাহিতা নির্ণয় করা হয় তখন প্রাপ্ত আপেক্ষিক পরিবাহিতার মান নিম্নোক্ত সমীকরণের সাহায্যে প্রকাশিত হয় ঃ

$$\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা } (\kappa) = \left(\frac{1}{R}\right) \times \left(\frac{l}{A}\right) \qquad \ldots \quad (i)$$

[R = দ্রবণের পরীক্ষালব্ধ রোধ; l = পরিবাহিতা কোষের তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব; A = তড়িৎ-দ্বারগুলির গড় ক্ষেত্রফল]

(i) নং সমীকরণে $\left(\frac{l}{A}\right)$-রাশিটিকে বলে কোষ-ধ্রুবক।

সুতরাং কোনো পরিবাহিতা কোষের তড়িৎ-দ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব (l) ও তড়িৎ-দ্বারগুলির গড় ক্ষেত্রফলের (A) অনুপাতকে বলে ঐ পরিবাহিতা কোষের কোষ-ধ্রুবক।

এক একটি পরিবাহিতা কোষের ক্ষেত্রে কোষ-ধ্রুবকের মান নির্দিষ্ট। ভিন্ন ভিন্ন পরিবাহিতা কোষের ক্ষেত্রে অবশ্য কোষ-ধ্রুবকের মান আলাদা হয়।

পরিবাহিতা কোষের কোষ-ধ্রুবকের মান নির্ণয়ের জন্য l ও A-এর মান সঠিকভাবে পরিমাপ করা দরকার। কিন্তু বাস্তব ক্ষেত্রে l ও A-এর মান সঠিকভাবে পরিমাপ করা অতি দুরূহ কাজ। তাই নিম্নোক্ত উপায়ে কোষ-ধ্রুবকের মান নির্ণয় করা হয় ঃ

আমরা জানি,

$$\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা } (\kappa) = \text{পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা} \left(\frac{1}{R}\right) \times \text{কোষ-ধ্রুবক} \left(\frac{l}{A}\right)$$

$$\therefore \ \text{কোষ-ধ্রুবক} = \frac{\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা}}{\text{পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা}} \qquad \ldots \quad (ii)$$

এখন, যে পরিবাহিতা কোষের কোষ-ধ্রুবকের মান নির্ণয় করতে হবে, সেই পরিবাহিতা কোষের মধ্যে একটি জ্ঞাতমাত্রার (যেমন, 0·1 N) KCl দ্রবণ নিয়ে কোন বিশেষ তাপমাত্রায় ঐ দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয় করা হয়। এখন যদি ঐ পরীক্ষালব্ধ পরিবাহিতা দিয়ে কোলরাউসের তালিকা থেকে প্রাপ্ত আপেক্ষিক পরিবাহিতাকে ভাগ করা হয়, তবে পরিবাহিতা কোষটির কোষ-ধ্রুবকের মান জানা যাবে।

▶ (d) আয়নের অবাধ বিচরণের কোলরাউস সূত্র এবং তার প্রয়োগ ঃ

অসীম লঘুতার দ্রবণে কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অণুগুলি সম্পূর্ণরূপে আয়নে বিয়োজিত হয়ে যায় এবং এই অতীব লঘু দ্রবণে আয়নগুলির মধ্যে দূরত্ব খুব বেশি হওয়ায় ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের মধ্যে পারস্পরিক আকর্ষণ বল লোপ পায়। সুতরাং মনে করা যেতে পারে যে, **অসীম লঘুতার দ্রবণে আয়নগুলি স্বাধীনভাবে তড়িৎ পরিবহন করে।**

বিভিন্ন পরীক্ষালব্ধ ফলের ভিত্তিতে বিজ্ঞানী কোলরাউস লক্ষ্য করেন যে, একই অ্যানায়ন-বিশিষ্ট সোডিয়াম ও পটাসিয়াম লবণের অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার (Λ_0) পার্থক্য সর্বদা ধ্রুবক হয়। যেমন,

$$\Lambda_0(NaCl) - \Lambda_0(KCl) = \Lambda_0(NaNO_3) - \Lambda_0(KNO_3)$$

Scanned with CamScanner

সুতরাং তিনি সিদ্ধান্ত নেন যে, **অসীম লঘুতায় কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) পদার্থটির সংগঠক আয়নগুলির আয়নীয় পরিবাহিতার সমষ্টির সমান। এটিই হল আয়নের অবাধ বিচরণের কোলরাউস সূত্র।**

কোলরাউসের সূত্রানুযায়ী, $\Lambda_0 = \lambda_0^+ + \lambda_0^-$

[λ_0^+ = ক্যাটায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা; λ_0^- = অ্যানায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা]

এই সূত্র প্রয়োগ করে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) নির্ণয় করা যায়। যেমন, CH_3COOH-এর অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা হয় :

$$\Lambda_0(CH_3COOH) = \lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(H^+)$$
$$= [\lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(Na^+)] + [\lambda_0(H^+) + \lambda_0(Cl^-)] - [\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-)]$$
$$= \Lambda_0(CH_3COONa) + \Lambda_0(HCl) - \Lambda_0(NaCl) \quad \ldots \quad (i)$$

CH_3COONa, HCl ও $NaCl$ এই তিনটি পদার্থ তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য। কাজেই Λ বনাম $\sqrt{c}$ লেখচিত্র অঙ্কন করলে উক্ত পদার্থগুলির প্রতিটির ক্ষেত্রেই সরলরেখা পাওয়া যায়। ঐ রেখাগুলিকে শূন্য গাঢ়ত্ব ($c = 0$) পর্যন্ত বর্ধিত করে উক্ত পদার্থগুলির অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) নির্ণয় করা যায়। প্রাপ্ত Λ_0 মানগুলি *(i)* নং সমীকরণে বসিয়ে CH_3COOH-এর অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় করা হয়।

অনুরূপ পদ্ধতি প্রয়োগ করে অন্যান্য মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় করা যায়।

▶ **(e) আয়নীয় সচলতা বা আয়নের পরম বেগ :**

36 নং প্রশ্নের (a) ও (b) অংশের উত্তর দ্রষ্টব্য।

▶ **(f) পরিবহনাঙ্ক বা ট্রান্সপোর্ট সংখ্যা (Transport number) :**

তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোড ও অ্যানোডে একই পরিমাণ আধান মুক্ত হলেও ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলি সাধারণত মোট তড়িৎ-প্রবাহের সমান অংশ বহন করে না। যেমন, লঘু HCl দ্রবণের মধ্যে তড়িৎ পাঠালে, H^+ আয়ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের 83% বহন করে এবং বাকি 17% বহন করে Cl^- আয়ন।

সংজ্ঞা : তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যস্থিত কোন একপ্রকার আয়ন মোট তড়িৎ-প্রবাহের যে ভগ্নাংশ বহন করে তাকে উক্ত আয়নের পরিবহনাঙ্ক বলে।

$$\text{আয়নের পরিবহনাঙ্ক} = \frac{\text{আয়নের দ্বারা পরিবাহিত তড়িৎ-প্রবাহ}}{\text{মোট তড়িৎ-প্রবাহ}}$$

যে আয়নের গতিবেগ যত বেশি তার পরিবহনাঙ্কও তত বেশি হয়। গণনার দ্বারা দেখানো যায় যে,

ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক $(t_+) = \dfrac{u_+}{u_+ + u_-}$ এবং অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্ক $(t_-) = \dfrac{u_-}{u_+ + u_-}$

[u_+ ও u_- = ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের পরম গতিবেগ]

$$\therefore\ t_+ + t_- = \frac{u_+}{u_+ + u_-} + \frac{u_-}{u_+ + u_-} = \frac{u_+ + u_-}{u_+ + u_-} = 1 \text{ বা, } t_+ + t_- = 1 \quad \ldots \quad (i)$$

অর্থাৎ যেকোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্কের সমষ্টি সর্বদা এক (1) হয়।

গণনার সাহায্যে দেখানো যায় যে, কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্ক (t_+ ও t_-) তাদের আয়নীয় পরিবাহিতার সঙ্গে নিম্নোক্ত সমীকরণের সাহায্যে সম্পর্কযুক্ত :

$t_+ = \dfrac{\lambda_+}{\Lambda_0}$ এবং $t_- = \dfrac{\lambda_-}{\Lambda_0}$ [λ_+ ও λ_- = ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের আয়নীয় পরিবাহিতা ; Λ_0 = অসীম লঘুতায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা]

কোন আয়নের পরিবহনাঙ্ক নিম্নোক্ত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে :

(i) তাপমাত্রা ;

(ii) তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের গাঢ়ত্ব ;

(iii) দ্রাবকায়নের প্রভাব।

সাধারণত তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্কের পার্থক্য হ্রাস পেতে থাকে এবং উচ্চ তাপমাত্রায় $t_+ \simeq t_-$ হয়।

আবার যেসব তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ গাঢ় দ্রবণে জটিল আয়ন সৃষ্টি করে তাদের সংগঠক আয়নগুলির পরিবহনাঙ্কের মান অস্বাভাবিক কম হয় এবং কখনো কখনো ঋণাত্মক হয়। CdI_2-এর ক্ষেত্রে এরূপ ঘটনা ঘটে।

আবার ক্ষুদ্রাকৃতিবিশিষ্ট Li^+ আয়ন অধিক মাত্রায় দ্রাবকায়িত হওয়ার ফলে এর পরিবহনাঙ্কের মান অপেক্ষাকৃত বৃহদাকৃতিবিশিষ্ট Na^+ ও K^+ আয়ন অপেক্ষা কম হয়।

▶ **(g) পরিবাহিতা টাইট্রেশন ও তার প্রয়োগ :**

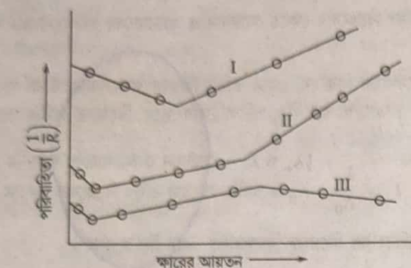
কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে উপস্থিত আয়নগুলির সংখ্যা, আধান ও তাদের আয়নীয় পরিবাহিতার উপর দ্রবণটির পরিবাহিতা নির্ভর করে। সুতরাং জলীয় দ্রবণে দুটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যে বিক্রিয়ার সমাপ্তি বিন্দু (end point) পরিবাহিতা পরিমাপের সাহায্যে অনেক ক্ষেত্রে নির্ণয় করা যায়। **বিশেষত অ্যাসিড-ক্ষার প্রশমন বিক্রিয়া ও অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এই** পদ্ধতি প্রয়োগ করা হয়।

যদি কোন টাইট্রেশনের ক্ষেত্রে উপযুক্ত সূচক না পাওয়া যায় অথবা টাইট্রেশনে অংশগ্রহণকারী পদার্থগুলি বর্ণযুক্ত হয় তবে সেসব ক্ষেত্রে পরিবাহিতা ট্রাইট্রেশন বিশেষ কার্যকরী হয়।

● **অ্যাসিড-ক্ষার টাইট্রেশন :** একটি পরিবাহিতা কোষে নির্দিষ্ট আয়তনের অ্যাসিড দ্রবণ নিয়ে বুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে ক্ষার দ্রবণ যোগ করা হয় ও দ্রবণের পরিবাহিতার পরিবর্তন লিপিবদ্ধ করা হয়। তারপর y-অক্ষ বরাবর পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$ ও x-অক্ষ বরাবর ক্ষার দ্রবণের আয়তন স্থাপন করে লেখচিত্র আঁকলে প্রত্যেক ক্ষেত্রে দুটি পরস্পর ছেদী সরলরেখা পাওয়া যায়। সরলরেখা দুটির ছেদবিন্দু থেকে প্রশমন ক্রিয়ার জন্য প্রয়োজনীয় ক্ষারের আয়তন জানা যায় এবং গণনার সাহায্যে অ্যাসিড বা ক্ষারের মধ্যে যেটির মাত্রা অজ্ঞাত তা নির্ণয় করা হয়।

Scanned with CamScanner

অ্যাসিড ও ক্ষারের তীব্রতার উপর নির্ভর করে বিভিন্ন প্রকারের লেখচিত্র পাওয়া যায়। এগুলি নীচের চিত্রে দেখানো হল।



I : তীব্র অ্যাসিড বনাম তীব্র ক্ষার

যেমন, $HCl + NaOH = NaCl + H_2O$

II : মৃদু অ্যাসিড বনাম তীব্র ক্ষার

যেমন, $CH_3COOH + NaOH = CH_3COONa + H_2O$

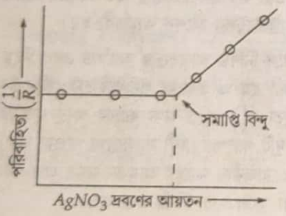
III : মৃদু অ্যাসিড বনাম মৃদু ক্ষার

যেমন, $CH_3COOH + NH_4OH = CH_3COONH_4 + H_2O$

লেখচিত্রের প্রকৃতি এক একটি ক্ষেত্রে এক এক রকমের হয়। যেমন, তীব্র ক্ষারের ($NaOH$) সাহায্যে তীব্র অ্যাসিডের (HCl) প্রশমনের সময় উচ্চ-পরিবাহিতাসম্পন্ন H^+ আয়নগুলি নিম্ন-পরিবাহিতাসম্পন্ন Na^+ আয়ন দ্বারা প্রতিস্থাপিত হতে থাকে। ফলে দ্রবণের পরিবাহিতা ক্রমশ হ্রাস পায় এবং লেখচিত্রে একটি নিম্নগামী সরলরেখা পাওয়া যায়। প্রশমন ক্রিয়া সম্পূর্ণ হওয়ার পর অতিরিক্ত $NaOH$ যোগ করার ফলে দ্রবণে Na^+ ও OH^- আয়নের আধিক্যের দরুন দ্রবণের পরিবাহিতা ক্রমশ বাড়তে থাকে। সুতরাং এই অবস্থায় লেখচিত্রে একটি ঊর্ধ্বগামী সরলরেখা পাওয়া যায়। এই দুই সরলরেখার ছেদবিন্দুই টাইট্রেশনের সমাপ্তি বিন্দু নির্দেশ করে।

● **অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়া ঃ** KCl-এর সঙ্গে $AgNO_3$-এর বিক্রিয়া একটি অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ার উদাহরণ।

$$K^+ + Cl^- \xrightarrow{Ag^+ + NO_3^-} K^+ + NO_3^- + AgCl\downarrow$$



একটি পরিবাহিতা কোষে নির্দিষ্ট আয়তনের KCl দ্রবণ নিয়ে বুরেট থেকে ফোঁটা ফোঁটা করে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করা হয়। y-অক্ষ বরাবর পরিবাহিতা ও x-অক্ষ বরাবর $AgNO_3$ দ্রবণের আয়তন স্থাপন করে লেখচিত্র আঁকলে দুটি পরস্পর ছেদী সরলরেখা পাওয়া যায়, ছেদবিন্দুর স্থানাঙ্ক থেকে অধঃক্ষেপণ বিক্রিয়ার সমাপ্তির জন্য প্রয়োজনীয় $AgNO_3$-এর আয়তন পাওয়া যায়।

Q. 50. (a) অসীম লঘুত্বে কোন তীব্র এবং মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা [illegible] নির্ণয়ের নীতিগুলি ব্যাখ্যা কর। [illegible]

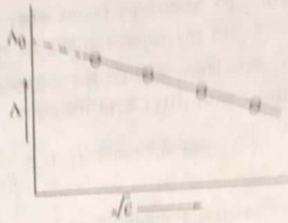
(b) যে সূত্রের সাহায্যে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় করা যায় তা বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। [illegible]

(c) অসীম লঘুতায় কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের [illegible] অ্যানায়নের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল নয়, কিন্তু [illegible] অ্যানায়নের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। বক্তব্যটি ব্যাখ্যা কর। [illegible]

(d) CH_3COOH বনাম $NaOH$-এর পরিবাহিতা অনুমাপন [illegible] ও ব্যাখ্যা কর। [illegible]

Ans. ▶ **(a) অসীম লঘুত্বে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয়ের নীতি ঃ**

কোন তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিভিন্ন গাঢ়ত্বের কয়েকটি লঘু দ্রবণ তৈরি করে ঐ দ্রবণগুলির পরিবাহিতা $\left(\frac{1}{R}\right)$ পরিমাপ করা হয়। তারপর উক্ত পরিবাহিতার মান ব্যবহার করে দ্রবণগুলির তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ) গণনা করা হয়। এখন y-অক্ষ বরাবর তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা ও x-অক্ষ বরাবর গাঢ়ত্বের বর্গমূল স্থাপন করে লেখচিত্র অঙ্কন করলে একটি সরলরেখা পাওয়া যায়।



ঐ সরলরেখাকে শূন্য গাঢ়ত্ব ($c = 0$) পর্যন্ত বর্ধিত করলে y-অক্ষকে যে বিন্দুতে ছেদ করে, সেই ছেদ বিন্দুর স্থানাঙ্ক থেকে অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতার (Λ_0) মান পাওয়া যায়।

▶ **অসীম লঘুত্বে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় ঃ**

কোন মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের কয়েকটি লঘু দ্রবণের তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয়ের মাধ্যমে অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) নির্ণয় করা সম্ভব নয়। কারণ Λ বনাম $\sqrt{c}$ লেখচিত্রটি সরলরৈখিক না হয়ে আয়তপরাবৃত্তাকার হয়। তাই পরোক্ষ পদ্ধতিতে কোলরাউসের সূত্র ব্যবহার করে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের Λ_0 নির্ণয় করা হয়। যেমন, CH_3COOH-এর অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যায় ঃ

$$\Lambda_0(CH_3COOH) = \lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(H^+)$$

$$= [\lambda_0(CH_3COO^-) + \lambda_0(Na^+)] + [\lambda_0(H^+) + \lambda_0(Cl^-)] - [\lambda_0(Na^+) + \lambda_0(Cl^-)]$$

$$= \Lambda_0(CH_3COONa) + \Lambda_0(HCl) - \Lambda_0(NaCl) \quad \ldots (i)$$

CH_3COONa, HCl এবং $NaCl$—এই তিনটি পদার্থই তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য। এই তিনটি পদার্থের বিভিন্ন গাঢ়ত্বের দ্রবণের পরিবাহিতা পরিমাপ করে Λ বনাম $\sqrt{c}$ লেখচিত্র অঙ্কন করলে প্রত্যেক ক্ষেত্রেই একটি করে সরলরেখা পাওয়া যায়। ঐ রেখাগুলিকে শূন্য গাঢ়ত্ব ($c = 0$) পর্যন্ত বর্ধিত করে উক্ত পদার্থগুলির অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) নির্ণয় করা হয়। প্রাপ্ত

Scanned with CamScanner

Λ_0-এর মানগুলি *(i)* নং সমীকরণে বসিয়ে CH_3COOH-এর অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় করা হয়।

অনুরূপ পদ্ধতি প্রয়োগ করে অন্যান্য মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের অসীম লঘুতার তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা নির্ণয় করা যায়।

▶ (b) মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের Λ_0 নির্ণয়ের জন্য প্রয়োজনীয় সূত্র :

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের অসীম লঘুতায় তুল্যাঙ্ক পরিবাহিতা (Λ_0) নির্ণয়ের জন্য কোলরাউস সূত্রের সাহায্য নেওয়া হয়।

সূত্রটির বিবৃতি ও ব্যাখ্যার জন্য 26 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

▶ (c) অসীম লঘুতায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের λ_+ অ্যানায়নের উপর নির্ভরশীল না হলেও t_+ অ্যানায়নের উপর নির্ভরশীল হওয়ার কারণ :

অসীম লঘুতার দ্রবণে কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ সম্পূর্ণরূপে আয়নে বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। দ্রবণটি অত্যন্ত লঘু হওয়ায় আয়নগুলির মধ্যে পারস্পরিক দূরত্ব অনেক বেশি হয়। ফলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের মধ্যে কোন আকর্ষণ বল ক্রিয়া করে না। অর্থাৎ অসীম লঘুতার দ্রবণে আয়নগুলি স্বাধীনভাবে বিচরণ করে। কাজেই ক্যাটায়নের পরিবাহিতা (λ_+) অ্যানায়নের উপর নির্ভর করে না। অনুরূপে অ্যানায়নের পরিবাহিতা (λ_-) ক্যাটায়নের উপর নির্ভরশীল নয়।

অপরদিকে, ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্ক তাদের পারস্পরিক গতিবেগ বা সচলতার (ionic mobility) উপর নির্ভরশীল।

$$\text{ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক } (t_+) = \frac{u_+}{u_+ + u_-} \quad \dots (i)$$

$$\text{অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্ক } (t_-) = \frac{u_-}{u_+ + u_-} \quad \dots (ii)$$

[u_+ = ক্যাটায়নের গতিবেগ; u_- = অ্যানায়নের গতিবেগ]

সমীকরণ *(i)* থেকে দেখা যায় যে, ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্কের (t_+) মান ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন উভয়ের গতিবেগের উপর নির্ভরশীল। অনুরূপে *(ii)* নং সমীকরণ থেকে দেখা যায় যে, অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্ক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন উভয়ের গতিবেগের উপর নির্ভরশীল। কাজেই কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ সংগঠনকারী ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক অ্যানায়নের উপর নির্ভরশীল এবং অ্যানায়নের পরিবহনাঙ্ক ক্যাটায়নের উপর নির্ভরশীল। নীচে প্রদত্ত উদাহরণ থেকে ব্যাপারটি সহজেই বোঝা যায় :

তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ	ক্যাটায়নের পরিবাহিতা (λ_+)	ক্যাটায়নের পরিবহনাঙ্ক (t_+)
KCl	73·5 $ohm^{-1}\,cm^2$	0·49
KNO_3	73·5 $ohm^{-1}\,cm^2$	0·508

▶ (d) CH_3COOH বনাম $NaOH$-এর পরিবাহিতা অনুমাপন (Titration) :

39 নং প্রশ্নের (ii) অংশের উত্তর (মৃদু অ্যাসিড বনাম তীব্র ক্ষারের পরিবাহিতা টাইট্রেশন) দ্রষ্টব্য।

ঊনবিংশ অধ্যায়

আয়নীয় সাম্য
(Ionic Equilibrium)

অস্টওয়াল্ডের লঘুতা সূত্র (Ostwald's Dilution Law)

Q. 1.* *উপযুক্ত উদাহরণের সাহায্যে অস্টওয়াল্ডের লঘুতা সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

[C.U. 2000 (Old)]

Ans. ▶ অস্টওয়াল্ডের লঘুতা সূত্র (Ostwald's dilution law) :

দ্রবণের লঘুতার সঙ্গে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের বিয়োজন মাত্রার পরিবর্তন প্রকাশক সমীকরণকে বলা হয় অস্টওয়াল্ডের লঘুতা সূত্র।

ধরা যাক, কোন নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ (যেমন, CH_3COOH) জলীয় দ্রবণে আংশিক বিয়োজিত অবস্থায় আছে।

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

যদি ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের গাঢ়ত্ব ও বিয়োজন মাত্রা যথাক্রমে c এবং α হয় তবে লঘুতা সূত্রানুযায়ী,

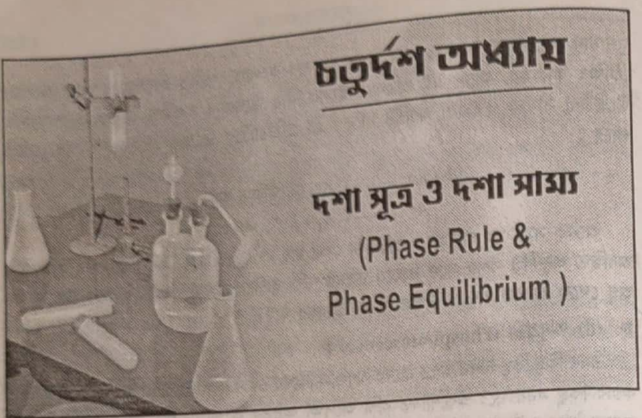
$$\text{বিয়োজন ধ্রুবক } K = \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha} \quad \dots (i)$$

তাপমাত্রা অপরিবর্তিত থাকলে কোন নির্দিষ্ট তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে বিয়োজন ধ্রুবক K-র মান নির্দিষ্ট।

মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে বিয়োজন মাত্রা α-র মান নগণ্য, সুতরাং, $(1-\alpha) \simeq 1$।
কাজেই *(i)* নং সমীকরণ থেকে পাই,

$$K = \frac{\alpha^2 c}{1-\alpha} \simeq \alpha^2 c \quad \dots (ii)$$

Scanned with CamScanner



চতুর্দশ অধ্যায়

দশা সূত্র ও দশা সাম্য (Phase Rule & Phase Equilibrium)

দশা, অবয়ব, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা ও দশা নীতি (Phase, Component, Degree of Freedom and Phase Rule)

Q. 1. *নিম্নলিখিত পদগুলির সংজ্ঞা দাও ও উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর ঃ*

(a) দশা (Phase)

(b) অবয়ব (Component) [C.U. 2000]

(c) স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা (Degree of freedom) [C.U. 2000]

Ans. ▶ (a) দশা (Phase) ঃ

দশা হল সিস্টেমের একটি সমসত্ত্ব অংশ যার সীমানা নির্দেশক তলটি একে সিস্টেমের অন্যান্য (ভৌত হিসাবে ভিন্ন) অংশ থেকে সুস্পষ্টভাবে পৃথক করে রাখে।

উদাহরণ ঃ (i) একটি আবদ্ধ পাত্রে যদি জলের সংস্পর্শে জলীয় বাষ্প থাকে তবে বলা যায় যে সিস্টেমে দশার সংখ্যা দুই। একটি তরল দশা ও অপরটি গ্যাসীয় দশা।

(ii) কোন আবদ্ধ পাত্রে যদি চিনির উত্তপ্ত দ্রবণ রাখা হয় তবে সিস্টেমে দশার সংখ্যা হবে দুই (তরল দশা ও গ্যাসীয় দশা)। এক্ষেত্রে লক্ষণীয় বিষয় এই যে তরল অংশটি সমসত্ত্ব ; এর মধ্যে জল ও চিনি দুরকম বস্তু থাকা সত্ত্বেও এটি একটিমাত্র দশাকে বোঝায়।

(iii) দুটি কঠিন পদার্থের মিশ্রণ সর্বদাই দুই দশাসম্পন্ন সিস্টেমকে প্রকাশ করে, কারণ কঠিন পদার্থ দুটির মধ্যে সুস্পষ্ট ভৌতিক পার্থক্য বর্তমান।

(iv) দুই বা ততোধিক গ্যাস যেকোন অনুপাতে সমসত্ত্বভাবে মিশ্রিত হয়, সুতরাং কোন সিস্টেমে যতগুলিই গ্যাস উপস্থিত থাক না কেন, ঐ সিস্টেমে গ্যাসীয় দশার সংখ্যা হবে সর্বদাই এক (1)।

(v) দুই বা ততোধিক তরল যদি সমসত্ত্বভাবে মিশে যায় তবে ঐ মিশ্রণে দশার সংখ্যা হবে এক (1)। যেমন, ইথাইল অ্যালকোহল ও জলের মিশ্রণ।

(vi) পরস্পর মিশ্রিত হয় না, এরূপ দুটি তরল যেমন, বেঞ্জিন ও জলকে একই পাত্রে রাখলে দুটি পৃথক তরল দশার সৃষ্টি হয়।

(vii) কোন আবদ্ধ পাত্রে $CaCO_3$-কে উত্তপ্ত করলে একটি অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয় ঃ

$$\underset{\text{কঠিন}}{CaCO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{কঠিন}}{CaO} + \underset{\text{গ্যাস}}{CO_2}$$

সুতরাং উক্ত সিস্টেমে দশার সংখ্যা হল তিন (দুটি কঠিন দশা ও একটি গ্যাসীয় দশা)।

▶ **(b) অবয়ব (Component) ঃ**

ন্যূনতম যে কয়েকটি স্বনির্ভর (independent) উপাদানের সাহায্যে সিস্টেমের প্রতিটি দশার সংযুতি (composition) সরাসরি অথবা কোন রাসায়নিক সমীকরণের আকারে প্রকাশ করা যায়, সেই সংখ্যাকে সিস্টেমের অবয়ব সংখ্যা (number of components) বলে।

উদাহরণ ঃ (i) যদি কোন সিস্টেমে বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প পরস্পর সাম্যাবস্থায় থাকে, তবে ঐ সিস্টেমে দশার সংখ্যা হবে তিন (3)।

$$\text{বরফ} \rightleftharpoons \text{জল} \rightleftharpoons \text{জলীয় বাষ্প}$$

কিন্তু প্রতিটি দশার সংযুতি বা উপাদানগত গঠন H_2O সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। কাজেই উক্ত সিস্টেমের অবয়ব সংখ্যা = 1।

(ii) কোন আবদ্ধ পাত্রে $CaCO_3$ বিয়োজিত হয়ে যদি সাম্যাবস্থার সৃষ্টি করে তবে সিস্টেমে দশার সংখ্যা হবে তিন।

$$\underset{\text{কঠিন}}{CaCO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{কঠিন}}{CaO} + \underset{\text{গ্যাস}}{CO_2}$$

কিন্তু উক্ত সিস্টেমে অবয়ব সংখ্যা হবে দুই, কারণ যেকোন দুটি উপাদানের সাহায্যে প্রতিটি দশার সংযুতি প্রকাশ করা যায়। যেমন, CaO ও CO_2-এর সাহায্যে তিনটি দশার প্রকাশ হবে নিম্নরূপ ঃ

দশা	সংযুতি (উপাদানগত গঠন)
$CaCO_3$	$CaO + CO_2$
CaO	$CaO + 0 \cdot CO_2$
CO_2	$0 \cdot CaO + CO_2$

আবার $CaCO_3$ ও CaO-র সাহায্যে দশাগুলির সংযুতি নিম্নোক্তভাবে প্রকাশ করা যায় ঃ

দশা	সংযুতি
$CaCO_3$	$CaCO_3 + 0 \cdot CaO$
CaO	$0 \cdot CaCO_3 + CaO$
CO_2	$CaCO_3 - CaO$

অনুরূপে, $CaCO_3$ ও CO_2-এর সাহায্যেও দশাগুলির সংযুতি প্রকাশ করা যায়।

(iii) কোন আবদ্ধ পাত্রে NH_4Cl-কে তাপপ্রয়োগে বিয়োজিত করলে NH_3 ও HCl গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং একটি সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়।

$$\underset{\text{কঠিন}}{NH_4Cl} \rightleftharpoons \underset{\text{গ্যাস}}{NH_4Cl} \rightleftharpoons \underset{\text{গ্যাস}}{NH_3} + \underset{\text{গ্যাস}}{HCl}$$

Scanned with CamScanner

সিস্টেমে দশার সংখ্যা হল দুই (কঠিন দশা ও গ্যাসীয় দশা)। কিন্তু সিস্টেমের অবয়ব সংখ্যা এক (1) কারণ কেবল NH_4Cl উপাদানটির সাহায্যে উভয় দশার সংযুতি প্রকাশ করা যায়।

দশা	সংযুতি
NH_4Cl (কঠিন)	NH_4Cl
$x\,NH_4Cl$ (গ্যাস) $+ y\,NH_3$ (গ্যাস) $+ y\,HCl$ (গ্যাস)	$xNH_4Cl + y(NH_3 + HCl)$ $= xNH_4Cl + yNH_4Cl$ $= (x+y)NH_4Cl$

(iv) একটি আবদ্ধ পাত্রে গ্লুকোজ ও চিনির লঘু জলীয় দ্রবণ জলীয় বাষ্পের সংস্পর্শে সাম্যাবস্থায় থাকলে সিস্টেমে দশার সংখ্যা হবে দুই (তরল দশা ও বাষ্প দশা), কিন্তু অবয়ব সংখ্যা হবে তিন। এক্ষেত্রে তিনটি উপাদানের সাহায্যে (H_2O, গ্লুকোজ, চিনি) প্রতিটি দশার সংযুতি প্রকাশ করা যায়।

দশা	সংযুতি
বাষ্প	$100\%\ H_2O + 0\%$ গ্লুকোজ $+ 0\%$ চিনি
তরল	$x\%\ H_2O + y\%$ গ্লুকোজ $+ z\%$ চিনি

▶ (c) স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা (Degree of freedom) ঃ

ন্যূনতম যে কয়েকটি নিরপেক্ষ কারক (independent variables যেমন চাপ, উষ্ণতা, গাঢ়ত্ব ইত্যাদি) দ্বারা সাম্যাবস্থায় রক্ষিত কোন সিস্টেমের প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়, সেই সংখ্যাকে বলা হয় সিস্টেমটির স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা।

অন্যভাবে বলা যায়, যে কারকগুলি স্বতন্ত্রভাবে পরিবর্তন করলেও সাম্যাবস্থায় রক্ষিত সিস্টেমের দশার সংখ্যা একই থাকে অর্থাৎ কোন দশার অস্তিত্ব লোপ পায় না বা নতুন কোন দশার সৃষ্টি হয় না, সেই উর্ধ্বতম কারক সংখ্যাকে বলা হয় স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা।

সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা এক, দুই এবং তিন হলে এগুলিকে বলা হয় যথাক্রমে "এক-চল বা এক-স্বাতন্ত্রী" (univariant), "দ্বি-চল বা দ্বি-স্বাতন্ত্রী" (bivariant) এবং "ত্রি-চল বা ত্রি-স্বাতন্ত্রী" (trivariant) সিস্টেম।

উদাহরণ ঃ (i) যদি কোন আবদ্ধ পাত্রে জল ও জলীয় বাষ্প পরস্পর সাম্যাবস্থায় থাকে তবে সিস্টেমটির স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা হবে 'এক', কারণ সিস্টেমটির তাপমাত্রা উল্লেখ করলে জলীয় বাষ্পের চাপ নির্দিষ্ট হয়ে যায়, অথবা জলীয় বাষ্পের চাপ উল্লেখ করলে সিস্টেমের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট হয়ে যায়। কাজেই দেখা গেল, তাপমাত্রা এবং বাষ্পচাপ কারক দুটির যেকোন একটির উল্লেখ করে সিস্টেমের প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়।

(ii) ধরা যাক, একটি আবদ্ধ পাত্রে চিনির লঘু দ্রবণ ও জলীয় বাষ্প পরস্পর সাম্যাবস্থায় আছে। এক্ষেত্রে তাপমাত্রা ও দ্রবণের গাঢ়ত্ব এই দুই কারকের উপর জলীয় বাষ্পের চাপ নির্ভর করে। অর্থাৎ একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় দ্রবণের গাঢ়ত্ব পরিবর্তনের ফলে জলীয় বাষ্পের চাপ পরিবর্তিত হয়। অনুরূপে, দ্রবণের গাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত রেখে তাপমাত্রা পরিবর্তনের ফলে জলীয় বাষ্পের চাপ পরিবর্তিত হয়। কিন্তু দ্রবণের নির্দিষ্ট গাঢ়ত্ব ও নির্দিষ্ট উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ নির্দিষ্ট। সুতরাং দ্রবণের গাঢ়ত্ব ও উষ্ণতা কারক দুটির উল্লেখ করে সিস্টেমের প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়। কাজেই সিস্টেমটির স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা হল দুই। অন্যভাবে বলা যায়, এটি একটি দ্বি-চল বা দ্বি-স্বাতন্ত্রী সিস্টেম।

(iii) স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে জল ও CCl_4-এর মিশ্রণে যদি অল্প পরিমাণ আয়োডিন দিয়ে ঝাঁকানো হয় তবে উক্ত পদার্থ উভয় স্তরে দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে। বণ্টন নীতি অনুযায়ী উষ্ণতা স্থির থাকলে সাম্যাবস্থায় দুই স্তরে আয়োডিনের গাঢ়ত্বের অনুপাত ধ্রুবক।

$$\frac{H_2O \text{ স্তরে আয়োডিনের গাঢ়ত্ব}}{CCl_4 \text{ স্তরে আয়োডিনের গাঢ়ত্ব}} = \text{ধ্রুবক (স্থির উষ্ণতায়)}$$

সুতরাং উষ্ণতা এবং যেকোন একটি স্তরে আয়োডিনের গাঢ়ত্ব জানা থাকলে অপর স্তরে আয়োডিনের গাঢ়ত্ব স্বাভাবিকভাবেই জানা যায়। অর্থাৎ উষ্ণতা ও কোন একটি স্তরে I_2-এর গাঢ়ত্বের মাধ্যমে সিস্টেমের প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়। কাজেই সিস্টেমটির স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা হল দুই (bivariant system)।

(iv) ধরা যাক, একটি সিস্টেমে বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প একত্রে সাম্যাবস্থায় আছে।

$$\text{বরফ} \rightleftharpoons \text{জল} \rightleftharpoons \text{জলীয় বাষ্প}$$

পরীক্ষা থেকে দেখা গেছে যে, নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে জলের এই তিন দশা একত্রে অবস্থান করে। সিস্টেমের চাপ বা উষ্ণতা, যেকোন একটির পরিবর্তন ঘটালে কোন না কোন একটি দশা সম্পূর্ণরূপে অন্তর্হিত হয়। কাজেই দেখা গেল যে উক্ত এক অবয়বী সিস্টেমের তিনটি দশার সাম্যাবস্থায় সিস্টেমের চাপ বা উষ্ণতা কোন কিছুর পরিবর্তন করা সম্ভব নয়। অর্থাৎ জলের ত্রৈধ বিন্দুতে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য (non-variant system)।

(v) কোন একটি গ্যাসীয় সিস্টেমের চাপ বা উষ্ণতা যেকোন একটি কারকের পরিবর্তন ঘটালে দশা সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না। সুতরাং উক্ত সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা হল দুই।

(vi) অক্সিজেন ও নাইট্রোজেনের কোন গ্যাস-মিশ্রণের সংযুতি, চাপ বা উষ্ণতা যেকোন একটি কারকের পরিবর্তন ঘটালে দশা সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় না। সুতরাং উক্ত সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা হল তিন (trivariant system)।

Q. 2. *ব্যবহৃত পদগুলির অর্থ ব্যাখ্যা করে গিবস্-এর দশা নীতি বা দশা সূত্রটি বিবৃত কর এবং এটিকে একটি সমীকরণের আকারে প্রকাশ কর।* *[C.U. '80, '90, '92, 2000 (Old)]*

অথবা

দশা সূত্রের সমীকরণটি লিখে ব্যবহৃত পারিভাষিক চিহ্নগুলির অর্থ ব্যাখ্যা কর। *[V.U. '91, 2001]*

অথবা

টীকা লেখ ঃ দশা সূত্র (বা দশা নীতি)। *[C.U. '87, 2001 (Old)]*

Ans. ▶ দশা সূত্র বা দশা নীতি (Phase rule) ঃ

কোন অসমসত্ত্ব সিস্টেমের সাম্যাবস্থা যদি কেবল উষ্ণতা, চাপ ও গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল হয় তবে ঐ সিস্টেমের ক্ষেত্রে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা ও দশা-সংখ্যার যোগফল সর্বদাই অবয়ব সংখ্যা অপেক্ষা দুই বেশি হবে। অর্থাৎ,

$$F + P = C + 2 \quad \text{বা,} \quad F = C - P + 2 \qquad \cdots (i)$$

[F = স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা ; P = দশার সংখ্যা ; C = অবয়ব সংখ্যা]

Scanned with CamScanner

(i) নং সমীকরণটি দশা সূত্র বা দশা নীতির সমীকরণ নামে পরিচিত। বিজ্ঞানী গিব্‌স্ (Gibbs) তাপগতিবিদ্যার মাধ্যমে এই দশা সূত্রটি প্রতিপন্ন করেন। সমীকরণে ব্যবহৃত পদগুলির অর্থ নীচে ব্যাখ্যা করা হল ঃ

- **দশা (Phase) ঃ** দশা হল সিস্টেমের একটি সমসত্ত্ব অংশ, যেটি তার সীমানা নির্দেশক তল দ্বারা সিস্টেমের অন্যান্য (ভৌত হিসাবে ভিন্ন) অংশ থেকে সুস্পষ্টভাবে পৃথক থাকে।

উদাহরণ ঃ (i) একটি আবদ্ধ পাত্রে জলের সংস্পর্শে জলীয় বাষ্প থাকলে সিস্টেমে দশার সংখ্যা হবে দুই। একটি তরল দশা ও অপরটি গ্যাসীয় দশা।

(ii) দুটি কঠিন পদার্থের মিশ্রণ সর্বদাই দুই দশাবিশিষ্ট সিস্টেমকে প্রকাশ করে, কারণ প্রত্যেক কঠিন পদার্থের একটি নির্দিষ্ট প্রান্তসীমা বর্তমান।

(iii) দুটি তরল যদি সমসত্ত্বভাবে মিশে যায় তবে ঐ মিশ্রণে দশার সংখ্যা হবে এক (1), কারণ তরল দুটির মধ্যে আর সীমানা বলে কিছু থাকে না।

(iv) আবার বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প পরস্পরের সংস্পর্শে থাকলে সিস্টেমে দশার সংখ্যা হবে তিন।

- **অবয়ব (Component) ঃ** ন্যূনতম যে ক'টি স্বনির্ভর (independent) উপাদানের সাহায্যে সিস্টেমের প্রত্যেকটি দশার সংযুতি (composition) সরাসরি অথবা কোন রাসায়নিক সমীকরণের আকারে প্রকাশ করা যায়, সেই সংখ্যাকে সিস্টেমের অবয়ব সংখ্যা (number of components) বলে।

উদাহরণ ঃ (i) যদি কোন সিস্টেমে বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প পরস্পর সাম্যাবস্থায় থাকে তবে ঐ সিস্টেমে অবয়ব সংখ্যা হবে এক (1), কারণ প্রতিটি দশার সংযুতি বা উপাদানগত গঠন H_2O সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়।

(ii) কোন আবদ্ধ পাত্রে $CaCO_3$ বিয়োজিত হয়ে যদি সাম্যাবস্থার সৃষ্টি করে তবে সিস্টেমে অবয়ব সংখ্যা হবে দুই, কারণ যেকোন দুটি উপাদানের সাহায্যে প্রতিটি দশার সংযুতি প্রকাশ করা যায়। যেমন, CaO ও CO_2-এর সাহায্যে তিনটি দশার প্রকাশ হবে নিম্নরূপ ঃ

দশা	সংযুতি (উপাদানগত গঠন)
$CaCO_3$ (কঠিন)	$CaO + CO_2$
CaO (কঠিন)	$CaO + 0 \cdot CO_2$
CO_2 (গ্যাস)	$0 \cdot CaO + CO_2$

- **স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা (Degree of freedom or variance) ঃ** ন্যূনতম যে ক'টি নিরপেক্ষ কারক (independent variables, যেমন চাপ, উষ্ণতা, গাঢ়ত্ব ইত্যাদি) দ্বারা সাম্যাবস্থায় রক্ষিত কোন সিস্টেমের প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়, সেই সংখ্যাকে বলা হয় উক্ত সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা।

উদাহরণ ঃ (i) ধরা যাক, কোন আবদ্ধ পাত্রে জল ও জলীয় বাষ্প পরস্পর সাম্যাবস্থায় আছে। সিস্টেমটির তাপমাত্রা উল্লেখ করলে জলীয় বাষ্পের চাপ নির্দিষ্ট হয়ে যায়, অথবা জলীয় বাষ্পের চাপ উল্লেখ করলে সিস্টেমের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট হয়ে যায়। অর্থাৎ তাপমাত্রা এবং বাষ্পচাপ কারক দুটির যেকোন একটির উল্লেখ করে সিস্টেমের প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়। সুতরাং উক্ত সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা হবে এক (1)।

(ii) ত্রৈধ বিন্দুতে (Triple point) বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প সাম্যাবস্থায় থাকে। এই বিন্দুতে চাপ ও উষ্ণতার মান নির্দিষ্ট। এগুলির কোন একটির পরিবর্তন করলেই কোন না কোন একটি দশা অন্তর্হিত হয়। সুতরাং উক্ত সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা হল শূন্য (non-variant system)।

Q. 3. *দশা সূত্রটি বিবৃত কর এবং উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।* [V.U. '96]

Ans. ▶ **দশা সূত্র ঃ**

কোন অসমসত্ত্ব সিস্টেমের সাম্যাবস্থা যদি কেবল উষ্ণতা, চাপ ও গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল হয় তবে ঐ সিস্টেমের ক্ষেত্রে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা ও দশা সংখ্যার যোগফল সর্বদাই অবয়ব সংখ্যা অপেক্ষা দুই বেশি হবে। অর্থাৎ,

$$F + P = C + 2$$

বা, $$F = C - P + 2 \qquad \cdots (i)$$

(i) নং সমীকরণটি গিবসের দশা সূত্র বা দশা নীতির সমীকরণ নামে পরিচিত। এই সমীকরণে ব্যবহৃত বিভিন্ন পদের তাৎপর্য নিম্নরূপ ঃ

F = স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা
= সাম্যাবস্থায় সিস্টেমের প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য প্রয়োজনীয় ন্যূনতম কারক সংখ্যা।

C = অবয়ব সংখ্যা
= ন্যূনতম যে কটি স্বনির্ভর উপাদানের সাহায্যে সিস্টেমের প্রত্যেকটি দশার সংযুতি প্রকাশ করা যায় তার সংখ্যা।

P = দশা সংখ্যা
= সিস্টেমের মধ্যস্থিত উপাদানগুলির ভৌতিক অবস্থার সংখ্যা।

▶ **উদাহরণের সাহায্যে দশা সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ**

(i) ধরা যাক, একটি আবদ্ধ পাত্রে কিছু পরিমাণ জলীয় বাষ্প আছে। সুতরাং সিস্টেমে দশা সংখ্যা $(P) = 1$ এবং অবয়ব সংখ্যা $(C) = 1$। এখন এই এক-দশাবিশিষ্ট সিস্টেমটির অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশের জন্য বাষ্পের চাপ ও তাপমাত্রা উভয়ই জানা প্রয়োজন। কারণ কেবল তাপমাত্রা উল্লেখ করলে বাষ্পের চাপ কত তা বলা সম্ভব নয়। কাজেই উক্ত সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = 2$। আবার দশা নীতির সমীকরণ অনুযায়ীও একই সিদ্ধান্তে পৌঁছানো যায়।

স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 1 + 2 = 2$

(ii) ধরা যাক, একটি পাত্রে জল ও সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্প সাম্যাবস্থায় আছে। সুতরাং সিস্টেমে দশা সংখ্যা $(P) = 2$ এবং অবয়ব সংখ্যা $(C) = 1$। এখন সিস্টেমটির তাপমাত্রা উল্লেখ করলেই সম্পৃক্ত জলীয় বাষ্পের চাপ নির্দিষ্ট হয়ে যায়, আবার জলীয় বাষ্পের চাপ উল্লেখ করলেই সিস্টেমের তাপমাত্রা নির্দিষ্ট হয়ে যায়। কাজেই দেখা গেল, হয় তাপমাত্রা অথবা বাষ্পচাপ দুটি কারকের যেকোন একটির উল্লেখ করে সিস্টেমের অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়। সুতরাং উক্ত সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = 1$। আবার দশা নীতির সমীকরণ অনুযায়ীও একই সিদ্ধান্তে পৌঁছানো যায়।

স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 2 + 2 = 1$

Scanned with CamScanner

(iii) ধরা যাক, একটি আবদ্ধ পাত্রে বরফ, জল ও জলীয় বাষ্প সাম্যাবস্থায় আছে। সুতরাং সিস্টেমে দশার সংখ্যা $(P) = 3$ এবং অবয়ব সংখ্যা $(C) = 1$। পরীক্ষায় দেখা গেছে যে এই তিনটি দশার সহাবস্থান (co-existence) একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা (0·0075°C) এবং একটি নির্দিষ্ট চাপেই (4·58 mm) একমাত্র সম্ভব। অর্থাৎ সিস্টেমের উষ্ণতা ও চাপ সবই নির্দিষ্ট, কোনটাই পরিবর্তনীয় নয়। চাপ বা উষ্ণতা যেকোন একটি কারক পরিবর্তন করলেই কোন না কোন একটি দশা লুপ্ত হবে। কাজেই উল্লিখিত তিনটি দশার সাম্যাবস্থায় প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য আলাদাভাবে আর উষ্ণতা বা চাপ কোন কিছুর উল্লেখ করার প্রয়োজন হয় না। সুতরাং সিস্টেমটির স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য, অর্থাৎ এটি একটি নিশ্চল সিস্টেম। আবার দশা নীতির সমীকরণ অনুযায়ীও একই সিদ্ধান্তে পৌঁছানো যায়।

স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 3 + 2 = 0$

Q. 4. *(a) গিবস্‌-এর দশা সূত্র লেখ।* [V.U. '97]

(b) "ত্রৈধ বিন্দুতে এক-অবয়বী সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য"—আলোচনা কর। [C.U. '89, '95]

অথবা

দশা সূত্রের সাহায্যে দেখাও যে, কোন বস্তুর ত্রৈধ বিন্দুর স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য। [V.U. '97, '99]

Ans. ▶ (a) *3 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।*

▶ **(b) ত্রৈধ বিন্দুর স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য :**

কোন পদার্থের তিনটি দশা (যেমন, কঠিন, তরল ও বাষ্প) যখন একসঙ্গে সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে তখন ঐরূপ অবস্থাকে উক্ত পদার্থের ত্রৈধ বিন্দু (triple point) বলে।

আবার ন্যূনতম যে কটি নিরপেক্ষ কারক (যেমন, চাপ, উষ্ণতা, গাঢ়ত্ব ইত্যাদি) দ্বারা সাম্যাবস্থায় রক্ষিত কোন সিস্টেমের প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়, সেই সংখ্যাকে বলা হয় উক্ত সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা (degree of freedom)।

পরীক্ষা থেকে দেখা গেছে যে একটি নির্দিষ্ট পদার্থের ক্ষেত্রে তিনটি দশার সহাবস্থান (co-existence) একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও একটি নির্দিষ্ট চাপেই একমাত্র সম্ভব। অর্থাৎ ত্রৈধ বিন্দুতে সিস্টেমের উষ্ণতা ও চাপ সবই নির্দিষ্ট ; কোনটাই পরিবর্তনীয় নয়। চাপ বা উষ্ণতা যেকোন একটি কারক পরিবর্তন করলেই কোন না কোন একটি দশা লুপ্ত হবে। কাজেই তিনটি দশার সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য আলাদাভাবে আর উষ্ণতা বা চাপ উল্লেখ করা নিষ্প্রয়োজন। সুতরাং ত্রৈধ বিন্দুতে সিস্টেমটির স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য, অর্থাৎ এরূপ অবস্থায় এটি একটি নিশ্চল সিস্টেম।

গিবসের দশা নীতি থেকেও একই সিদ্ধান্তে পৌঁছানো যায়। দশা নীতির সমীকরণে দশার সংখ্যা ও অবয়ব সংখ্যার মান বসিয়ে পাই,

স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2$

$= 1 - 3 + 2$ [∵ অবয়ব সংখ্যা $(C) = 1$ এবং দশার সংখ্যা $(P) = 3$]

$= 0$

অর্থাৎ ত্রৈধ বিন্দুতে এক-অবয়বী সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য।

Q. 5. *$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$ সিস্টেমের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত পদগুলির মান নির্ণয় কর :*

(i) দশা সংখ্যা [C.U. '98 ; V.U. '98]

(ii) অবয়ব সংখ্যা [C.U. '98 ; V.U. '98]

(iii) স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা

Ans. ▶ **(i) দশা সংখ্যা নির্ণয় :**

প্রদত্ত সিস্টেমটি একটি অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। এই সিস্টেমে দুটি কঠিন দশা ($CaCO_3$ ও CaO) এবং একটি গ্যাসীয় দশা (CO_2) বর্তমান। সুতরাং মোট দশার সংখ্যা হল তিন।

▶ **(ii) অবয়ব সংখ্যা নির্ণয় :**

প্রদত্ত সিস্টেমে সাম্যাবস্থায় মোট তিনটি উপাদান ($CaCO_3$, CaO এবং CO_2) বর্তমান। এই তিনটি উপাদানের মধ্যে যেকোন দুটির সাহায্যে প্রত্যেকটি দশার সংযুতি (composition) প্রকাশ করা যায়। যেমন, CaO ও CO_2-এর সাহায্যে তিনটি দশার গঠন হবে নিম্নরূপ :

দশা	সংযুতি (উপাদানগত গঠন)
$CaCO_3$	$CaO + CO_2$
CaO	$CaO + 0 \cdot CO_2$
CO_2	$0 \cdot CaO + CO_2$

সুতরাং সিস্টেমটির অবয়ব সংখ্যা হবে দুই।

▶ **(iii) স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা নির্ণয় :**

দশা সূত্র থেকে পাই, $F = C - P + 2$

[F = স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা ; C = অবয়ব সংখ্যা ; P = দশা সংখ্যা]

প্রদত্ত সিস্টেমের ক্ষেত্রে, $C = 2$ এবং $P = 3$

$\therefore F = C - P + 2 = 2 - 3 + 2 = 1$

অর্থাৎ স্বাতন্ত্র্য-মাত্রার মান হল এক।

Q. 6. *$NH_4Cl(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + HCl(g)$ সিস্টেমের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত পদগুলির মান নির্ণয় কর :*

(i) দশা সংখ্যা [C.U. '98 ; V.U. '98]

(ii) অবয়ব সংখ্যা [C.U. '96, '98 ; V.U. '98]

(iii) স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা [V.U. '98]

Ans. ▶ **(i) দশা সংখ্যা নির্ণয় :**

প্রদত্ত সিস্টেমটি একটি অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। এই সিস্টেমে $NH_4Cl(s)$ পদার্থটি কঠিন দশাকে প্রকাশ করে। আবার $NH_3(g)$ ও $HCl(g)$ পদার্থ দুটি গ্যাসীয় হওয়ায় এগুলি একটি সমসত্ত্ব গ্যাসীয় মিশ্রণ সৃষ্টি করে। অর্থাৎ শেষোক্ত দুটি পদার্থ একত্রে একটিমাত্র দশা (গ্যাসীয়) প্রকাশ করে। কাজেই সিস্টেমে মোট দশার সংখ্যা হবে দুই (একটি কঠিন দশা ও একটি গ্যাসীয় দশা)।

▶ **(ii) অবয়ব সংখ্যা নির্ণয় :**

প্রদত্ত সিস্টেমে সাম্যাবস্থায় মোট তিনটি উপাদান (NH_4Cl, NH_3 ও HCl) বর্তমান। এগুলির মধ্যে $NH_3(g)$ ও $HCl(g)$ উপাদান দুটি সম আণবিক অনুপাতে বর্তমান। সুতরাং

Scanned with CamScanner

গ্যাসীয় দশার উপাদানগুলিকে NH_4Cl-এর বাষ্পদশা হিসাবে গণ্য করা যেতে পারে। কাজেই কঠিন ও গ্যাসীয় উভয় দশার সংযুতি NH_4Cl সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। অর্থাৎ সিস্টেমটির অবয়ব সংখ্যা হবে এক।

▶ **(iii) স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা নির্ণয় ঃ**

দশা সূত্র থেকে পাই, $F = C - P + 2$

[F = স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা ; C = অবয়ব সংখ্যা এবং P = দশা সংখ্যা]

প্রদত্ত সিস্টেমের ক্ষেত্রে, $C = 1$ এবং $P = 2$

$\therefore\ F = C - P + 2 = 1 - 2 + 2 = 1$

অর্থাৎ স্বাতন্ত্র্য-মাত্রার মান হল এক।

Q. 7. *NH_3 (g, এক মোল) + HCl (g, দুই মোল) $\rightleftharpoons NH_4Cl(s)$ সিস্টেমের ক্ষেত্রে দশা সংখ্যা, অবয়ব সংখ্যা ও স্বাতন্ত্র্য-মাত্রার মান নির্ণয় কর।*

অথবা

সাম্যাবস্থায় রক্ষিত, $NH_4Cl(s) \rightleftharpoons NH_3(g) + HCl(g)$, সিস্টেমের মধ্যে কিছু পরিমাণ $HCl(g)$ যোগ করার পর দশা সংখ্যা, অবয়ব সংখ্যা ও স্বাতন্ত্র্য-মাত্রার মান কত হবে?

Ans. ▶ **(i) দশা সংখ্যা নির্ণয় ঃ**

প্রদত্ত সিস্টেমটি একটি অসমসত্ত্ব সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। এই সিস্টেমে $NH_4Cl(s)$ পদার্থটি কঠিন দশাকে নির্দেশ করে। আবার $NH_3(g)$ ও $HCl(g)$ পদার্থ দুটি গ্যাসীয় হওয়ায় এদের পরিমাণ যাই হোক না কেন, এগুলি একটি সমসত্ত্ব গ্যাসীয় মিশ্রণ সৃষ্টি করে। অর্থাৎ শেষোক্ত দুটি পদার্থ একত্রে একটি মাত্র গ্যাসীয় দশা প্রকাশ করে। কাজেই সিস্টেমে মোট দশার সংখ্যা হবে দুই (একটি কঠিন দশা ও একটি গ্যাসীয় দশা)।

▶ **(ii) অবয়ব সংখ্যা নির্ণয় ঃ**

প্রদত্ত সিস্টেমে সাম্যাবস্থায় মোট তিনটি উপাদান (NH_4Cl, NH_3 ও HCl) বর্তমান। এগুলির মধ্যে NH_3 ও HCl গ্যাসীয় উপাদান দুটির গ্রাম-অণুর সংখ্যা সমান নয়। সুতরাং গ্যাসীয় দশার গঠন বা সংযুতি বর্ণনা করার জন্য NH_3 ও HCl উভয়েরই প্রয়োজন। এই দুটি উপাদানের সাহায্যে $NH_4Cl(s)$-এর গঠনও বর্ণনা করা যায়, কারণ $NH_4Cl(s)$-কে NH_3 ও HCl-এর সমমোলার মিশ্রণ বলে ধরা যেতে পারে। কাজেই কঠিন ও গ্যাসীয় উভয় দশার সংযুতি সর্বনিম্ন দুটি উপাদানের সাহায্যে (যেমন, NH_3 ও HCl) প্রকাশ করা যায়। অর্থাৎ সিস্টেমটির অবয়ব সংখ্যা হবে দুই।

▶ **(iii) স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা নির্ণয় ঃ**

দশা সূত্র থেকে পাই, $F = C - P + 2$

[F = স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা ; C = অবয়ব সংখ্যা এবং P = দশার সংখ্যা]

প্রদত্ত সিস্টেমটির ক্ষেত্রে $C = 2$ এবং $P = 2$

$\therefore\ F = C - P + 2 = 2 - 2 + 2 = 2$

অর্থাৎ স্বাতন্ত্র্য-মাত্রার মান হল দুই।

Q. 8. *জলের দশাচিত্র অঙ্কন করে দশা সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।*

অথবা

একটি নক্সার সাহায্যে জলের দশাচিত্র আলোচনা কর। **[C.U. '82 ; V.U. '96]**

অথবা

জলের দশাচিত্র ব্যাখ্যা কর। **[C.U. '84, '86]**

অথবা

টীকা লেখ ঃ দশা নীতি ও জলের দশাচিত্রের ব্যাখ্যা। **[C.U. 2001 (Old)]**

অথবা

টীকা লেখ ঃ জলের দশাচিত্র। **[C.U. '97 ; V.U. '98]**

Ans. ▶ **দশা সূত্রের সাহায্যে জলের দশাচিত্রের ব্যাখ্যা ঃ**

যে লেখচিত্রের সাহায্যে কোন পদার্থের বিভিন্ন দশার সাম্যাবস্থা প্রকাশ করা হয়, তাকে দশাচিত্র বলে। H_2O একটি এক-অবয়বী সিস্টেম গঠন করে। এটি তিনটি দশায় থাকতে পারে—কঠিন (বরফ), তরল (জল) ও গ্যাসীয় (জলীয় বাষ্প)। উপযুক্ত শর্ত প্রয়োগ করে জলকে যেকোন একটি দশায় রাখা যেতে পারে। আবার যথোপযুক্ত শর্ত প্রয়োগের মাধ্যমে জলের দ্বি-দশা সাম্য এমনকি ত্রি-দশা সাম্যও গঠিত হতে পারে।

এক-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ (i) কঠিন (s)
(ii) তরল (l)
(iii) বাষ্প (v)

দ্বি-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ (i) কঠিন (s)—তরল (l)
(ii) কঠিন (s)—বাষ্প (v)
(iii) তরল (l)—বাষ্প (v)

ত্রি-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ কঠিন (s)—তরল (l)—বাষ্প (v)

উপরি-উক্ত সিস্টেমগুলির প্রত্যেক ক্ষেত্রেই অবয়ব সংখ্যা হল এক। এখন এই এক-অবয়বী সিস্টেমগুলিতে দশা সূত্র প্রয়োগ করা যাক।

এক-দশা সাম্যের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 1 + 2 = 2$

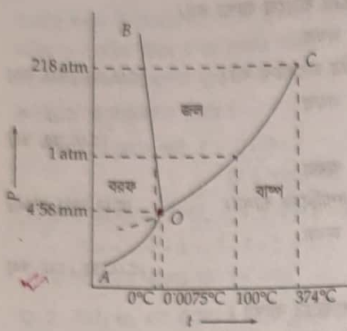
দ্বি-দশা সাম্যের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 2 + 2 = 1$

ত্রি-দশা সাম্যের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 3 + 2 = 0$

এক-দশাবিশিষ্ট সাম্যের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা দুই হওয়ায় দুটি কারক (P ও T) দ্বারা সিস্টেমের পরিচয় পাওয়া যায়। তাই এগুলিকে দশাচিত্রে এক একটি ক্ষেত্র বা অঞ্চল (area) দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। পরবর্তী পৃষ্ঠার চিত্রে AOB, BOC ও COA ক্ষেত্রফলগুলি যথাক্রমে কঠিন, তরল ও বাষ্পীয় দশা নির্দেশ করে।

দ্বি-দশাবিশিষ্ট সাম্যের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা এক হওয়ায় একটিমাত্র কারক (P অথবা T) দ্বারা সিস্টেমের পরিচয় পাওয়া যায়। এগুলিকে দশাচিত্রে এক একটি রেখা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। পরবর্তী পৃষ্ঠার চিত্রে OB, OC ও OA রেখাগুলি যথাক্রমে কঠিন-তরল, তরল-বাষ্প ও কঠিন-বাষ্প সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে।

Scanned with CamScanner



H_2O-এর দশাচিত্র

পাশের চিত্রানুযায়ী *OC* রেখা C বিন্দুতে শেষ হয়েছে। C বিন্দুটি 374°C উষ্ণতা এবং 218 atm চাপ নির্দেশ করে। এর থেকে বেশি উষ্ণতায় জল তরল অবস্থায় থাকতে পারে না। এই উষ্ণতাকে বলা হয় ক্রান্তিক উষ্ণতা (t_c = 374°C)।

ত্রি-দশাবিশিষ্ট সাম্যের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য হওয়ায় এই সিস্টেমের ক্ষেত্রে *P* ও *T*-এর মান নির্দিষ্ট। তাই এই সিস্টেমটিকে একটি বিন্দু (*O*) দিয়ে চিহ্নিত করা হয়েছে। এই বিন্দুকে বলা হয় ত্রৈধ বিন্দু (triple point)। ত্রৈধ বিন্দুর উষ্ণতা = 0·0075°C এবং চাপ = 4·58 mm।

Q. 9. *দশা সূত্রটি বিবৃত কর এবং যেকোন এক-অবয়বী সিস্টেমের ক্ষেত্রে এই সূত্রের প্রয়োগ আলোচনা কর।* **[N.B.U. 2000]**

Ans. ▶ দশা সূত্র ঃ

2 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

▶ এক-অবয়বী সিস্টেমে দশা সূত্রের প্রয়োগ ঃ

জল হল একটি এক-অবয়বী সিস্টেম। এই সিস্টেমের ক্ষেত্রে দশা সূত্রের প্রয়োগ দেখাবার জন্য 8 নং প্রশ্নের সম্পূর্ণ উত্তর লিখতে হবে।

Q. 10. (*a*) *জলের দশাচিত্র অঙ্কন কর এবং চিত্রটিকে যথোপযুক্তভাবে চিহ্নিত কর (ব্যাখ্যার প্রয়োজন নেই)।* **[C.U. '93, '99, 2000]**

(*b*) *উপরোক্ত চিত্র থেকে স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে জলের কোন্ দশার অস্তিত্ব সম্ভব তা ব্যাখ্যা কর।* **[C.U. '93]**

(*c*) *H_2O সিস্টেমের ত্রৈধ বিন্দুতে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা নির্ণয় কর।* **[C.U. '99]**

Ans. ▶ (a) *8 নং প্রশ্নের উত্তরে অঙ্কিত চিত্রটি দ্রষ্টব্য।*

▶ (b) স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে জলের সম্ভাব্য দশা ঃ

জলের দশাচিত্র থেকে দেখা যায় যে স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে (1 atm) তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে জল একটিমাত্র দশায় বা দ্বি-দশা সাম্যাবস্থায় থাকতে পারে। চিত্র থেকে নিম্নলিখিত সিদ্ধান্তগুলি করা যায় ঃ

(i) 0°C অপেক্ষা নিম্ন তাপমাত্রায় কেবল কঠিন দশা অর্থাৎ বরফের অস্তিত্ব থাকবে।

(ii) 0°C তাপমাত্রায় জল ও বরফ একসঙ্গে সাম্যাবস্থায় অবস্থান করবে।

(iii) 0°C অপেক্ষা উচ্চ কিন্তু 100°C অপেক্ষা নিম্ন তাপমাত্রায় কেবল তরল দশা অর্থাৎ জলের অস্তিত্ব থাকবে।

(iv) 100°C তাপমাত্রায় জল ও জলীয় বাষ্প একসঙ্গে সাম্যাবস্থায় অবস্থান করবে।

(v) 100°C অপেক্ষা উচ্চ তাপমাত্রায় কেবল গ্যাসীয় দশা অর্থাৎ জলীয় বাষ্পের অস্তিত্ব থাকবে।

▶ (c) H_2O সিস্টেমের ত্রৈধ বিন্দুতে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা নির্ণয় ঃ

H_2O সিস্টেমের ত্রৈধ বিন্দুতে কঠিন, তরল ও বাষ্পীয় দশাগুলির সহাবস্থান (co-existence) ঘটে। সুতরাং এই বিন্দুতে দশার সংখ্যা (*P*) = 3।

আবার জলের ত্রৈধ বিন্দুতে যেকোন দশার সংযুতি H_2O সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। সুতরাং সিস্টেমটির অবয়ব সংখ্যা (C) = 1।

এখন দশা নীতির সমীকরণটি হল ঃ

স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা (F) = $C - P + 2$

প্রদত্ত সিস্টেমের ত্রৈধ বিন্দুতে C = 1 এবং *P* = 3

$\therefore\ F = C - P + 2 = 1 - 3 + 2 = 0$

সুতরাং ত্রৈধ বিন্দুতে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রার মান হবে শূন্য, অর্থাৎ সিস্টেমটি নিশ্চল (non-variant)।

Q. 11. *টীকা লেখ অথবা ব্যাখ্যাসহ বিবৃত কর ঃ*

(*a*) *দশা নীতি ও জলের দশাচিত্র।* **[C.U. 2001 (Old)]**

(*b*) *ত্রৈধ বিন্দু।* **[C.U. '85, '88, '91, '94]**

Ans. ▶ (a) দশা নীতি ঃ

2 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

▶ জলের দশাচিত্র ঃ

8 নং প্রশ্নের উত্তর দ্রষ্টব্য।

▶ (b) ত্রৈধ বিন্দু (Triple point) ঃ

কোন পদার্থের তিনটি দশা (যেমন, কঠিন, তরল ও বাষ্প) যখন একসঙ্গে সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে তখন ঐরূপ অবস্থাকে উক্ত পদার্থের ত্রৈধ বিন্দু বলে।

আবার ন্যূনতম যে ক'টি নিরপেক্ষ কারক (যেমন, চাপ, উষ্ণতা, গাঢ়ত্ব ইত্যাদি) দ্বারা সাম্যাবস্থায় রক্ষিত কোন সিস্টেমের প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করা যায়, সেই সংখ্যাকে বলা হয় উক্ত সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা।

পরীক্ষায় দেখা গেছে যে একটি নির্দিষ্ট পদার্থের ক্ষেত্রে তিনটি দশার সহাবস্থান (co-existence) একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও একটি নির্দিষ্ট চাপেই একমাত্র সম্ভব। আবার ত্রৈধ বিন্দুতে সিস্টেমের উষ্ণতা ও চাপ সবই নির্দিষ্ট ; কোনটাই পরিবর্তনীয় নয়। চাপ বা উষ্ণতা যেকোন একটি কারক পরিবর্তন করলেই কোন না কোন একটি দশা লুপ্ত হবে। কাজেই তিনটি দশার সাম্যাবস্থার ক্ষেত্রে প্রত্যেক দশার অবস্থা সম্পূর্ণরূপে প্রকাশ করার জন্য আলাদাভাবে আর উষ্ণতা বা চাপ কোন কিছুর উল্লেখ করা নিষ্প্রয়োজন। সুতরাং ত্রৈধ বিন্দুতে সিস্টেমটির স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য, অর্থাৎ এরূপ অবস্থায় এটি একটি নিশ্চল সিস্টেম।

গিবসের দশা নীতি থেকেও একই সিদ্ধান্তে পৌঁছানো যায়। দশা নীতির সমীকরণে দশার সংখ্যা ও অবয়ব সংখ্যার মান বসিয়ে পাই,

স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা (F) = $C - P + 2$

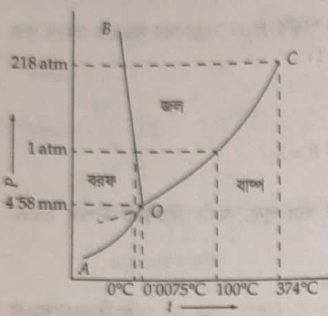
$= 1 - 3 + 2$ [$\because$ অবয়ব সংখ্যা (C) = 1 এবং দশার সংখ্যা (*P*) = 3]

$= 0$

Scanned with CamScanner

এখন যেকোন একটি এক-অবয়বী সিস্টেম, যেমন জলের দশাচিত্র, অঙ্কন করলে ব্যাপারটি পরিষ্কার হবে।

চিত্র থেকে দেখা যায় যে, *OB*, *OC* ও *OA* রেখাগুলি যথাক্রমে কঠিন-তরল, তরল-বাষ্প ও কঠিন-বাষ্প সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। এই তিনটি রেখা *O* বিন্দুতে ছেদ করেছে। এই বিন্দুতে বরফ, জল ও জলীয় বাষ্পের সহাবস্থান ঘটে। সুতরাং *O* বিন্দুটি H_2O-সিস্টেমের ত্রৈধ বিন্দু নির্দেশ করে। জলের ক্ষেত্রে এই বিন্দুতে চাপ (P) = 4·58 mm এবং উষ্ণতা (t) = 0·0075°C।



H_2O-এর দশাচিত্র

এই প্রসঙ্গে মনে রাখা দরকার যে H_2O সিস্টেম বা অনুরূপ কোন সিস্টেমের ক্ষেত্রে ত্রৈধ বিন্দু ও গলনাঙ্ক একই তাপমাত্রা নির্দেশ করে না। গলনাঙ্কে কঠিন ও তরলের সহাবস্থান ঘটে এবং এর মান চাপ পরিবর্তনের সঙ্গে পরিবর্তিত হয়। অপরদিকে ত্রৈধ বিন্দুতে তিনটি দশার (যেমন, কঠিন, তরল ও গ্যাস) সহাবস্থান ঘটে। এটি একটি নিশ্চল বিন্দু। এই বিন্দুতে সিস্টেমের চাপ ও উষ্ণতা উভয়ই নির্দিষ্ট।

Q. 12. *গলনাঙ্ক ও ত্রৈধ বিন্দুর পার্থক্য কি?* **[C.U. '87]**

অথবা

জলের হিমাঙ্ক ও ত্রৈধ বিন্দুর মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ কর। **[B.U. '82]**

Ans. ▶ **গলনাঙ্ক (হিমাঙ্ক) ও ত্রৈধ বিন্দুর মধ্যে পার্থক্য ঃ**

গলনাঙ্ক (বা হিমাঙ্ক)	ত্রৈধ বিন্দু
(i) যে উষ্ণতায় কঠিন ও তরল একসঙ্গে সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে তাকে বলে গলনাঙ্ক (বা হিমাঙ্ক)।	(i) যে নির্দিষ্ট চাপ ও নির্দিষ্ট উষ্ণতায় কোন পদার্থের তিনটি দশা (যেমন, কঠিন, তরল ও বাষ্প) একসঙ্গে সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে তাকে বলে ত্রৈধ বিন্দু।
(ii) বাহ্যিক চাপের পরিবর্তনের ফলে গলনাঙ্ক (বা হিমাঙ্ক) পরিবর্তিত হয়।	(ii) ত্রৈধ বিন্দুর চাপ ও উষ্ণতা কোনটাই পরিবর্তনশীল নয়। অর্থাৎ চাপ বা উষ্ণতা কোনটির পরিবর্তন ঘটিয়ে ত্রৈধ বিন্দুর পরিবর্তন ঘটানো সম্ভব নয়।
(iii) দশাচিত্রে কঠিন ও তরলের সাম্যাবস্থা (অর্থাৎ চাপের প্রভাবে গলনাঙ্কের পরিবর্তন) রেখা দ্বারা প্রকাশ করা হয়।	(iii) দশাচিত্রে তিনটি দশার সাম্যাবস্থা (অর্থাৎ ত্রৈধ বিন্দু) একটি বিন্দু দিয়ে প্রকাশ করা হয়।
(iv) H_2O-সিস্টেমের ক্ষেত্রে এক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে গলনাঙ্ক বা হিমাঙ্কের মান হল 0°C।	(iv) H_2O-সিস্টেমের ক্ষেত্রে ত্রৈধ বিন্দুতে চাপ = 4·58 mm এবং উষ্ণতা = 0·0075°C।

Q. 13. *কোন বস্তুর ত্রৈধ বিন্দু কাকে বলে?* **[C.U. '90, 2000 (Old)]**

Ans. ▶ **বস্তুর ত্রৈধ বিন্দু ঃ**

কোন কোন পদার্থের তিনটি দশা (যেমন, কঠিন, তরল ও গ্যাস) যখন একসঙ্গে সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে তখন ঐরূপ অবস্থাকে উক্ত পদার্থের ত্রৈধ বিন্দু (triple point) বলে। ত্রৈধ বিন্দুতে কোন সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য, অর্থাৎ সিস্টেমটি নিশ্চল (non-variant)। যেমন, H_2O সিস্টেমের ক্ষেত্রে ত্রৈধ বিন্দুতে t = 0·0075°C এবং P = 4·58 mm। এই উষ্ণতা বা চাপের অতি সামান্য পরিবর্তন ঘটালে তৎক্ষণাৎ কোন না কোন একটি দশা অন্তর্হিত হয়।

Q. 14. *কার্বন ডাই-অক্সাইডের দশাচিত্র অঙ্কন করে দশা সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।*

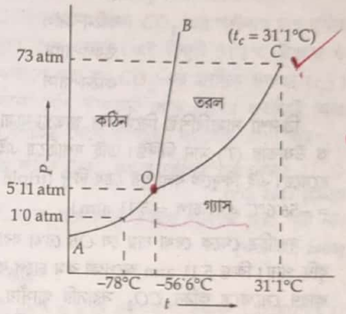
অথবা

টীকা লেখ ঃ কার্বন ডাই-অক্সাইডের দশাচিত্র। **[C.U. '95 ; V.U. '99]**

Ans. ▶ **কার্বন ডাই-অক্সাইডের দশাচিত্র (Phase diagram of carbon dioxide) ঃ**

কার্বন ডাই-অক্সাইড একটি এক-অবয়বী সিস্টেম গঠন করে। এটি তিনটি দশায় থাকতে পারে—কঠিন, তরল ও গ্যাসীয়। উপযুক্ত শর্ত প্রয়োগ করে CO_2-কে যেকোন একটি দশায় রাখা যেতে পারে। আবার যথোপযুক্ত শর্ত প্রয়োগের মাধ্যমে CO_2-এর দ্বি-দশা সাম্য এমনকি ত্রি-দশা সাম্যও গঠিত হতে পারে।

যে লেখচিত্রের সাহায্যে কোন পদার্থের বিভিন্ন দশার সাম্যাবস্থা প্রকাশ করা হয় তাকে দশাচিত্র (Phase diagram) বলে। CO_2-এর দশাচিত্র পাশের চিত্রটির মতো।



CO_2-এর দশাচিত্র

এক-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ (*i*) কঠিন (s)
(*ii*) তরল (l)
(*iii*) গ্যাস (g)

দ্বি-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ (*i*) কঠিন (s)—তরল (l)
(*ii*) কঠিন (s)—গ্যাস (g)
(*iii*) তরল (l)—গ্যাস (g)

ত্রি-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ কঠিন (s)—তরল (l)—গ্যাস (g)

উপরি-উক্ত সিস্টেমগুলির প্রত্যেক ক্ষেত্রেই অবয়ব সংখ্যা হল এক। এখন এই এক-অবয়বী সিস্টেমগুলিতে দশা সূত্র প্রয়োগ করা যাক।

এক-দশা সাম্যের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 1 + 2 = 2$

দ্বি-দশা সাম্যের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 2 + 2 = 1$

ত্রি-দশা সাম্যের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 3 + 2 = 0$

এক-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা দুই হওয়ায় দুটি কারক (P ও T) দ্বারা সিস্টেমের পরিচয় পাওয়া যায়। তাই এগুলিকে দশাচিত্রে এক একটি ক্ষেত্র বা অঞ্চল (area)

Scanned with CamScanner

দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। চিত্রে AOB, BOC ও COA ক্ষেত্রগুলি যথাক্রমে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় দশা নির্দেশ করে।

সিস্টেম	ক্ষেত্র বা অঞ্চল
কঠিন	AOB
তরল	BOC
গ্যাস	COA

দ্বি-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা এক হওয়ায় একটিমাত্র কারক (P অথবা T) দ্বারা সিস্টেমের পরিচয় পাওয়া যায়। এগুলিকে দশাচিত্রে এক একটি রেখা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। চিত্রে OB, OC ও OA রেখাগুলি যথাক্রমে কঠিন-তরল, তরল-গ্যাস ও কঠিন-গ্যাস সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে।

সিস্টেম বা সাম্য	রেখা
কঠিন-তরল	OB
তরল-গ্যাস	OC
কঠিন-গ্যাস	OA

ত্রি-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য হওয়ায় এই সিস্টেমের ক্ষেত্রে চাপ (P) ও উষ্ণতার (T) মান নির্দিষ্ট। তাই দশাচিত্রে এই সাম্যকে একটি বিন্দু (O) দিয়ে চিহ্নিত করা হয়েছে। এই বিন্দুকে বলা হয় ত্রৈধ বিন্দু (triple point)। CO_2 সিস্টেমের ত্রৈধ বিন্দুর উষ্ণতা = –56·6°C এবং চাপ = 5·11 atm।

দশাচিত্র থেকে দেখা যায় যে OB রেখা বরাবর কঠিন CO_2-এর গলনাঙ্ক চাপ বৃদ্ধির ফলে বৃদ্ধি পায়। কিন্তু 5·11 atm অপেক্ষা কম চাপে কঠিন CO_2-কে তরলে পরিণত করা সম্ভব নয়, কারণ সেক্ষেত্রে কঠিন CO_2 সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়। সুতরাং যদি 1 atm চাপে খুব নিম্ন উষ্ণতা থেকে শুরু করে কঠিন CO_2-কে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়, তবে –78°C-এ কঠিন CO_2 সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হবে। অর্থাৎ কঠিন CO_2 ঊর্ধ্বপাতিত হবে। অপরদিকে 5·11 atm অপেক্ষা বেশি চাপে কঠিন CO_2-কে উত্তপ্ত করলে প্রথমে তরলে পরিণত হবে এবং আরও উত্তপ্ত করলে একসময়ে গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হবে।

দশাচিত্র থেকে আরও দেখা যায় যে OC রেখা বরাবর তরল CO_2-এর স্ফুটনাঙ্ক চাপ বৃদ্ধির ফলে বৃদ্ধি পায়। কিন্তু OC রেখাটি C বিন্দুতে শেষ হয়েছে। C বিন্দুটি 31·1°C উষ্ণতা এবং 73 atm চাপ নির্দেশ করে। এর থেকে বেশি উষ্ণতায় কোন চাপের প্রভাবেই আর CO_2-কে তরল অবস্থায় পাওয়া সম্ভব নয়। এই 31·1°C উষ্ণতাকে বলা হয় CO_2-এর ক্রান্তিক উষ্ণতা (critical temperature, t_c)।

***Q. 15.** CO_2-এর দশাচিত্র অঙ্কন করে চিত্রটিকে যথাযথভাবে চিহ্নিত কর (বর্ণনার প্রয়োজন নেই)। চিত্র থেকে ত্রৈধ বিন্দু ও ক্রান্তিক উষ্ণতার তাৎপর্য আলোচনা কর।* **[C.U. 2001]**

Ans. ▶ CO_2-র দশাচিত্র অঙ্কন ঃ

14-নং প্রশ্নের উত্তরে অঙ্কিত চিত্রটি দ্রষ্টব্য।

▶ **ত্রৈধ বিন্দু ও ক্রান্তিক উষ্ণতার তাৎপর্য ঃ**

দশাচিত্রে OB, OC ও OA রেখাগুলি যথাক্রমে কঠিন-তরল, তরল-গ্যাস ও কঠিন-গ্যাস সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। এই তিনটি রেখা O বিন্দুতে ছেদ করেছে। কাজেই O বিন্দুতে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় দশা একত্রে সাম্যাবস্থায় অবস্থান করে। এই বিন্দুকে বলা হয় ত্রৈধ বিন্দু। দশা নীতি অনুযায়ী এই বিন্দুর স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 3 + 2 = 0$, অর্থাৎ এটি একটি নিশ্চল বিন্দু। ত্রৈধ বিন্দুতে চাপ = 5·11 atm এবং উষ্ণতা = –56·6°C। তিনটি দশার সহাবস্থানের জন্য এই চাপ ও উষ্ণতার মান নির্দিষ্ট। চাপ বা উষ্ণতা কোন একটি কারকের সামান্যতম পরিবর্তন করলেই কোন না কোন একটি দশা তৎক্ষণাৎ লুপ্ত হবে।

CO_2 সিস্টেমের ক্ষেত্রে ত্রৈধ বিন্দুর একটি বিশেষ তাৎপর্য আছে। এই বিন্দুর চাপ (5·11 atm), বায়ুমণ্ডলীয় চাপ (≃ 1 atm) অপেক্ষা অনেক বেশি হওয়ায় কঠিন CO_2-কে স্বাভাবিক চাপে (1 atm) উত্তপ্ত করে কখনই তরলে পরিণত করা যাবে না। এক্ষেত্রে কঠিন CO_2 সরাসরি গ্যাসীয় দশায় রূপান্তরিত হবে, অর্থাৎ কঠিন CO_2 ঊর্ধ্বপাতিত হবে।

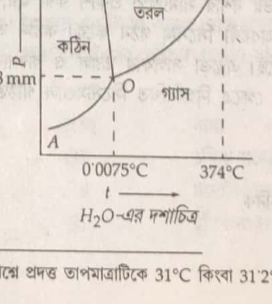
আবার দশাচিত্র থেকে দেখা যায় যে OC রেখা বরাবর তরল CO_2-এর স্ফুটনাঙ্ক চাপ বৃদ্ধির ফলে বৃদ্ধি পায়। কিন্তু OC রেখাটি C বিন্দুতে শেষ হয়েছে। এই বিন্দুটি 31·1°C উষ্ণতা ও 73 atm চাপ নির্দেশ করে। এই 31·1°C উষ্ণতাকে বলা হয় CO_2-এর ক্রান্তিক উষ্ণতা (t_c)। ক্রান্তিক উষ্ণতার তাৎপর্য এই যে, এর থেকে বেশি উষ্ণতায় কোন চাপের প্রভাবেই আর CO_2-কে তরল অবস্থায় পাওয়া সম্ভব নয়। দশাচিত্র থেকে ব্যাপারটি সহজেই বোঝা যায়।

***Q. 16.** (a) তাপ প্রয়োগে বরফ গলে, কিন্তু কঠিন CO_2 গ্যাসে পরিণত হয় কেন?* **[V.U. 2001 (Old)]**

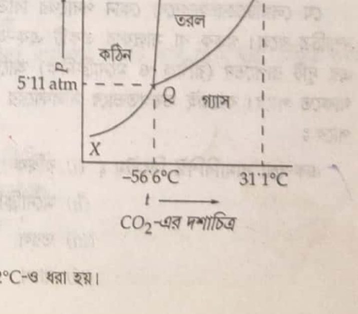
*(b) 31·1°C-এর উপরে CO_2 গ্যাসকে চাপ দিয়ে তরলে পরিণত করা যায় না। ব্যাখ্যা কর।** **[V.U. '93, 2000]**

Ans. ▶ (a) তাপ প্রয়োগে বরফ গলার কারণ ঃ

জলের দশাচিত্রে O বিন্দুটি হল ত্রৈধ বিন্দু (চাপ = 4·58 mm এবং উষ্ণতা = 0·0075°C)। আবার OB রেখাটি কঠিন ও তরলের সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। এর থেকে বোঝা যায় যে বরফকে জলে রূপান্তরিত করতে হলে 4·58 mm চাপ অপেক্ষা অধিক চাপের প্রভাবে রেখে তাপ প্রয়োগ করতে হবে। তাই স্বাভাবিক বায়ুচাপে ($P \simeq 1$ atm) বরফে তাপ প্রয়োগ করলে জল উৎপন্ন হয়।



H_2O-এর দশাচিত্র



CO_2-এর দশাচিত্র

* প্রশ্নে প্রদত্ত তাপমাত্রাটিকে 31°C কিংবা 31·2°C-ও ধরা হয়।

Scanned with CamScanner

▶ তাপ প্রয়োগে কঠিন CO_2 গ্যাসে পরিণত হওয়ার কারণ ঃ

CO_2-এর দশাচিত্রে Q বিন্দুটি হল ত্রৈধ বিন্দু (চাপ = 5·11 atm এবং উষ্ণতা = –56·6°C)। আবার QY ও QX রেখা দুটি যথাক্রমে কঠিন-তরল ও কঠিন-গ্যাসের সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। সুতরাং কঠিন CO_2-কে তরলে পরিণত করতে হলে 5·11 atm অপেক্ষা অধিক চাপের প্রভাবে রেখে তাপ প্রয়োগ করতে হবে। কিন্তু চাপের মান যদি 5·11 atm অপেক্ষা কম হয় তবে তাপ প্রয়োগের ফলে QX রেখা অনুযায়ী সাম্য নির্ধারিত হবে। অর্থাৎ কঠিন CO_2 সরাসরি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হবে। তাই কঠিন CO_2-কে স্বাভাবিক বায়ুচাপে ($P \simeq 1$ atm) রেখে তাপ প্রয়োগ করলে সেটি গ্যাসীয় অবস্থায় রূপান্তরিত হয়।

▶ (b) 31·1°C-এর উপরে CO_2-কে চাপ দিয়ে তরলে পরিণত করা যায় না ঃ

CO_2-এর দশাচিত্র থেকে দেখা যায় যে Q বিন্দুটি হল ত্রৈধ বিন্দু (P = 5·11 atm, t = –56·6°C)। আবার QZ রেখাটি তরল ও গ্যাসীয় CO_2-এর সাম্যাবস্থা নির্দেশ করে। সুতরাং CO_2 গ্যাসকে ত্রৈধ বিন্দু অপেক্ষা উচ্চতর উষ্ণতায় রেখে চাপ প্রয়োগ করলে তরল CO_2 উৎপন্ন হবে। কিন্তু দশাচিত্রে একটি লক্ষণীয় বিষয় হল এই যে QZ রেখাটি Z বিন্দুতে শেষ হয়েছে। Z বিন্দুটি 31·1°C উষ্ণতা নির্দেশ করে। এর থেকে বোঝা যায় যে CO_2 গ্যাসকে 31·1°C উষ্ণতার উপরে রেখে কোন চাপের প্রভাবেই আর তরলে রূপান্তরিত করা যাবে না। এই 31·1°C উষ্ণতাকে CO_2-এর সংকট তাপমাত্রা বলে। প্রকৃতপক্ষে প্রত্যেক গ্যাসেরই একটি নির্দিষ্ট সংকট তাপমাত্রা আছে। কোন গ্যাস যদি সংকট তাপমাত্রার উপরে থাকে, তবে কোন চাপের প্রভাবেই আর তরল পাওয়া যাবে না।

Q. 17. গন্ধকের (বা সালফারের) দশাচিত্র অঙ্কন করে দশা সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। **[C.U. '80]**

অথবা

একাধিক কঠিন দশাবিশিষ্ট একটি এক-অবয়বী সিস্টেমের দশাচিত্র অঙ্কন করে দশা সূত্রের সাহায্যে ব্যাখ্যা কর।

অথবা

টীকা লেখ ঃ গন্ধকের দশাচিত্র।

Ans. **▶ গন্ধকের দশাচিত্র (Phase diagram of sulphur) ঃ**

যে লেখচিত্রের সাহায্যে কোন পদার্থের বিভিন্ন দশার সাম্যাবস্থা প্রকাশ করা হয়, তাকে দশাচিত্র বলে। গন্ধক বা সালফার একটি এক-অবয়বী সিস্টেম গঠন করে। কঠিন অবস্থায় এর দুটি রূপভেদ (রম্বিক ও মনোক্লিনিক) আছে। এছাড়া সালফার তরল ও বাষ্পাকারেও থাকতে পারে। কাজেই তত্ত্বগতভাবে সালফারের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত সিস্টেমগুলি গঠিত হতে পারে ঃ

এক-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ (*i*) রম্বিক
(*ii*) মনোক্লিনিক
(*iii*) তরল
(*iv*) বাষ্প

দ্বি-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ (*i*) রম্বিক-মনোক্লিনিক
(*ii*) রম্বিক-তরল
(*iii*) রম্বিক-বাষ্প
(*iv*) মনোক্লিনিক-তরল
(*v*) মনোক্লিনিক-বাষ্প
(*vi*) তরল-বাষ্প

ত্রি-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ (*i*) রম্বিক-মনোক্লিনিক-তরল
(*ii*) রম্বিক-মনোক্লিনিক-বাষ্প
(*iii*) রম্বিক-তরল-বাষ্প
(*iv*) মনোক্লিনিক-তরল-বাষ্প

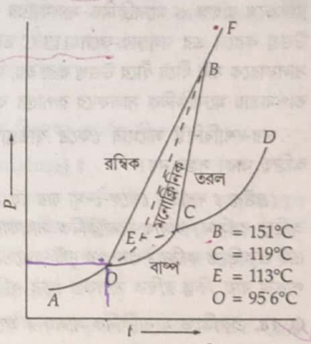
চার-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেম ঃ রম্বিক-মনোক্লিনিক-তরল-বাষ্প

উপরি-উক্ত সিস্টেমগুলির ক্ষেত্রে দশা সূত্রের সমীকরণ প্রয়োগ করে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা নির্ণয় করা যাক।

এক-দশাবিশিষ্ট সিস্টেমের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 1 + 2 = 2$
দ্বি-দশাবিশিষ্ট সিস্টেমের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 2 + 2 = 1$
ত্রি-দশাবিশিষ্ট সিস্টেমের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 3 + 2 = 0$
চার-দশাবিশিষ্ট সিস্টেমের ক্ষেত্রে, স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 2 = 1 - 4 + 2 = -1$

এক-দশাবিশিষ্ট সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা দুই (2) হওয়ায়, দুটি কারক (চাপ ও উষ্ণতা) দ্বারা সিস্টেমের পরিচয় পাওয়া যায়। এগুলিকে দশাচিত্রে একটি করে ক্ষেত্রফল বা অঞ্চল দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

ক্ষেত্রফল	দশা
AOB	রম্বিক
BOC	মনোক্লিনিক
BCD	তরল
AOCD-এর নীচের অংশ	বাষ্প



সালফারের দশাচিত্র

দ্বি-দশাবিশিষ্ট সিস্টেমের স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা এক (1) হওয়ায় একটিমাত্র কারক (চাপ অথবা উষ্ণতা) দ্বারা সিস্টেমের পরিচয় পাওয়া যায়। এগুলিকে একটি করে রেখা দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

রেখা	সাম্য
OB	রম্বিক-মনোক্লিনিক
CB	মনোক্লিনিক-তরল
BF	রম্বিক-তরল

রেখা	সাম্য	
OA	রম্বিক-বাষ্প	
OC	মনোক্লিনিক-বাষ্প	
CD	তরল-বাষ্প	
EB	রম্বিক-তরল	দুঃস্থিত সাম্য (Metastable equilibrium)
EO	রম্বিক-বাষ্প	
EC	তরল-বাষ্প	

ত্রি-দশা সাম্যবিশিষ্ট সিস্টেমের ক্ষেত্রে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা শূন্য হওয়ায় এই সিস্টেমের ক্ষেত্রে চাপ ও উষ্ণতার মান নির্দিষ্ট। তাই এই ধরনের সাম্যগুলিকে একটি করে বিন্দু দিয়ে চিহ্নিত করা হয়েছে। এই বিন্দুগুলিকে বলা হয় ত্রৈধ বিন্দু (triple point)।

বিন্দু	সাম্য
B	রম্বিক-মনোক্লিনিক-তরল
O	রম্বিক-মনোক্লিনিক-বাষ্প
C	মনোক্লিনিক-তরল-বাষ্প
E	রম্বিক-তরল-বাষ্প (দুঃস্থিত সাম্য)

O বিন্দুতে রম্বিক সালফার মনোক্লিনিক সালফারে রূপান্তরিত হয়। *O* বিন্দুর তাপমাত্রা 95·6°C (transition temperature)। *E* (উষ্ণতা = 113°C) এবং *C* (উষ্ণতা = 119°C) বিন্দু দুটি যথাক্রমে রম্বিক ও মনোক্লিনিক সালফারের গলনাঙ্ক নির্দেশ করে। রম্বিক সালফারকে খুব দ্রুত উত্তপ্ত করলে এর গলনের ফলে 113°C তাপমাত্রায় তরল সালফার উৎপন্ন হয়। কিন্তু রম্বিক সালফারকে যদি ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করা হয়, তবে 113°C তাপমাত্রায় পৌঁছানোর আগেই 95·6°C তাপমাত্রায় মনোক্লিনিক সালফারে রূপান্তর ঘটবে।

চার-দশাবিশিষ্ট সাম্যের ক্ষেত্রে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা ঋণাত্মক। কাজেই এরূপ সিস্টেমের বাস্তব অস্তিত্ব থাকা সম্ভব নয়।

[দ্রষ্টব্য : দশাচিত্র থেকে দেখা যায় যে, কেবল BOC ক্ষেত্রের মধ্যে মনোক্লিনিক সালফারের অস্তিত্ব বর্তমান। অর্থাৎ মনোক্লিনিক সালফারের উপস্থিতি কতকগুলি শর্তের উপর নির্ভরশীল। তাই প্রকৃতিতে কঠিন দশাসম্পন্ন দুটি রূপভেদের মধ্যে মনোক্লিনিক সালফার অতি অল্প পরিমাণে পাওয়া যায়, কিন্তু রম্বিক সালফার প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায়।]

Q. 18. প্রকৃতিতে মনোক্লিনিক সালফার অপেক্ষা রম্বিক সালফারের প্রাচুর্য বেশি কেন?

Ans. ▶ প্রকৃতিতে রম্বিক সালফারের আধিক্য :

সালফারের দশাচিত্র থেকে দেখা যায় যে তিনটি রেখা দ্বারা সীমাবদ্ধ একটি নির্দিষ্ট ক্ষেত্রের মধ্যে মনোক্লিনিক সালফারের অস্তিত্ব বর্তমান। কাজেই প্রকৃতিতে মনোক্লিনিক সালফারের উপস্থিতি কতকগুলি শর্তের উপর নির্ভরশীল। তাই কঠিন দশায় প্রধানত রম্বিক সালফার প্রকৃতিতে পাওয়া যায়।

সালফারের দশাচিত্রের আরও একটি লক্ষণীয় বিষয় হল এই যে, 1290 atm অপেক্ষা বেশি চাপে রাখা গলিত সালফারের উষ্ণতা হ্রাসের ফলে কঠিনীভবনের মাধ্যমে কেবল রম্বিক সালফারের সৃষ্টি হতে পারে (কিন্তু মনোক্লিনিক সালফারে রূপান্তর সম্ভব নয়)। খুব সম্ভবত অতি

প্রাচীনকালে মাটির নীচে অত্যধিক চাপে গলিত সালফারের কেলাসনের ফলে প্রচুর পরিমাণে রম্বিক সালফারের সৃষ্টি হয়েছিল।

Q. 19. স্বাভাবিক চাপে তাপ প্রয়োগের ফলে আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হয় কিন্তু কঠিন সালফার তরল দশায় রূপান্তরিত হয়। ব্যাখ্যা কর।

Ans. ▶ স্বাভাবিক চাপে তাপ প্রয়োগে আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হলেও সালফার তরলে পরিণত হয় :

সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন আয়োডিনের বাষ্পচাপ খুব বেশি। তাই স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে উত্তপ্ত করার সময় গলনাঙ্কে পৌঁছানোর আগেই আয়োডিনের বাষ্পচাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হয়। সুতরাং গলনের আগেই কঠিন আয়োডিন বাষ্পীয় দশায় রূপান্তরিত হয়, অর্থাৎ আয়োডিনের ঊর্ধ্বপাতন ঘটে।

অপরদিকে সাধারণ তাপমাত্রায় কঠিন সালফারের বাষ্পচাপ খুব কম। তাই স্বাভাবিক বায়ুমণ্ডলীয় চাপে উত্তপ্ত করার সময় গলনাঙ্কে পৌঁছানোর আগে কখনও সালফারের বাষ্পচাপ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান হয় না। ফলে এর ঊর্ধ্বপাতন ঘটে না। গলনাঙ্কে এসে কঠিন সালফার তরলে পরিণত হয়।

দ্বি-অবয়বী তন্ত্র : ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ
(Two Component System : Eutectic Mixture)

***Q. 20.** (a) ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ ও ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রা কাকে বলে?*
(b) ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ কি একটি যৌগিক পদার্থ?
(c) ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণ কি?
(d) ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ ও ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণের পার্থক্য কি?

Ans. ▶ (a) ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ (Eutectic mixture) :

কোন দ্রবণ তার উপাদানগত গঠন (composition) অপরিবর্তিত রেখে সামগ্রিকভাবে কঠিনীভূত হলে প্রাপ্ত কঠিন পদার্থটিকে দ্রাব ও দ্রাবকটির ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ বলে। যেমন, লেড—সিলভার সিস্টেমের ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণে 97·4% লেড ও 2·6% সিলভার থাকে।

▶ ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রা (Eutectic temperature) :

নিম্নতম যে তাপমাত্রায় কোন দ্রবণ তার সংযুতি (composition) অপরিবর্তিত রেখে সামগ্রিকভাবে কঠিনীভূত হয়, তাকে ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রা বলে। যেমন, লেড—সিলভার সিস্টেমের ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রা হল 303°C।

▶ (b) ইউটেক্‌টিক মিশ্রণ যৌগিক পদার্থ কিনা :

ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণের সংযুতি নির্দিষ্ট হলেও ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণকে কোন যৌগ বলা যায় না, কারণ

(i) চাপের পরিবর্তনে ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণের সংযুতি পরিবর্তিত হয়।

(ii) চাপের পরিবর্তনে ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রা পরিবর্তিত হয়।

(iii) অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করলে ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণের অসমসত্ত্ব প্রকৃতি লক্ষ্য করা যায়।

Scanned with CamScanner

▶ (c) ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণ (Cryohydric mixture) ঃ

ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণের একটি উপাদান জল ও অপর উপাদানটি কোন লবণজাতীয় পদার্থ হলে, ঐ বিশেষ ধরনের ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণকে ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণ বলে। যেমন, জল ও লবণের ($NaCl$) ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণে 25% $NaCl$ থাকে। এই মিশ্রণ –22°C তাপমাত্রায় কঠিনে পরিণত হয়।

▶ (d) ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ ও ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণের পার্থক্য ঃ

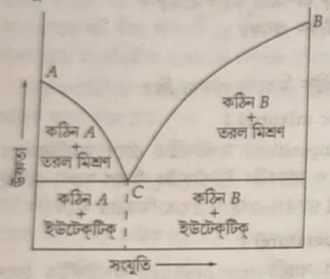
(i) ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণের দুটি উপাদানই কঠিন, বা একটি উপাদান কঠিন এবং অপরটি তরল হতে পারে। অপরদিকে ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণের একটি উপাদান জল ও অপরটি কোন লবণ জাতীয় পদার্থ।

(ii) সমস্ত ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণকে ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ বলা যায় কিন্তু সমস্ত ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণকে ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণ বলা যায় না।

Q. 21. টীকা লেখ ঃ ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ।

Ans. ▶ ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ (Eutectic mixture) ঃ

দুটি পদার্থ A ও B-এর তরল মিশ্রণকে স্থির চাপে (ধরা যাক, 1 atm) যদি ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করা হয় তবে ঐ মিশ্রণ থেকে A অথবা B যেকোন একটি পদার্থ একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কঠিনীভূত হতে শুরু করে। ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে ঐ মিশ্রণে উক্ত পদার্থের হিমাঙ্ক বলে। কোন্ পদার্থটি কোন্ তাপমাত্রায় কঠিনীভূত হতে শুরু করবে তা নির্ভর করে উল্লিখিত তরল মিশ্রণের সংযুতির উপর। বিভিন্ন সংযুতির তরল মিশ্রণ নিয়ে পরীক্ষা করার পর উষ্ণতা বনাম সংযুতি লেখচিত্র অঙ্কন করলে যে চিত্র পাওয়া যায় তা পাশের চিত্রটির মতো।



চিত্রে A ও B বিন্দু দুটি যথাক্রমে বিশুদ্ধ A ও B-র হিমাঙ্ক নির্দেশ করে। বিশুদ্ধ A-র মধ্যে ধীরে ধীরে B-র পরিমাণ বাড়ালে A-র হিমাঙ্ক হ্রাস পেতে থাকে। এই হিমাঙ্কের পরিবর্তন AC রেখা দ্বারা নির্দেশিত হয়। অনুরূপে, বিশুদ্ধ B-র মধ্যে A-র পরিমাণ ধীরে ধীরে বাড়াতে থাকলে B-র হিমাঙ্কের হ্রাস BC দ্বারা নির্দেশিত হয়। চিত্রে C বিন্দুটি হল তরল দশার সর্বনিম্ন বিন্দু, যেখানে কঠিন A ও কঠিন B-র সঙ্গে এই তরল দশা সাম্যাবস্থায় থাকে। অর্থাৎ C বিন্দুতে তিনটি দশাই সহাবস্থান করে। তাই এই বিন্দুকে ইউটেক্‌টিক্ বিন্দু (Eutectic point) বলে।

C বিন্দুতে স্বাতন্ত্র্য-মাত্রা $(F) = C - P + 1$ [$\because$ চাপ নির্দিষ্ট]

$$= 2 - 3 + 1 = 0$$

সুতরাং ইউটেক্‌টিক্ বিন্দু একটি স্থির বা নিশ্চল বিন্দু। স্বভাবতই একটি নির্দিষ্ট চাপে এই বিন্দুর উষ্ণতা ও গাঢ়ত্বের মান নির্দিষ্ট। ইউটেক্‌টিক্ বিন্দু অপেক্ষা নিম্ন তাপমাত্রায় তরল দশা সম্পূর্ণ অন্তর্হিত হয় ও কঠিন ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ উৎপন্ন হয়। এই ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণে A ও B কঠিন পদার্থগুলি একটি নির্দিষ্ট অনুপাতে বর্তমান থাকে।

কোন তরল মিশ্রণের তাপমাত্রা হ্রাসের ফলে মিশ্রণটি তার সংযুতি (composition) অপরিবর্তিত রেখে সামগ্রিকভাবে কঠিনীভূত হওয়ার ফলে প্রাপ্ত কঠিন পদার্থটিকে দ্রাব ও দ্রাবকটির ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ বলে।

নিম্নতম যে তাপমাত্রায় কোন দ্রবণ তার সংযুতি অপরিবর্তিত রেখে সামগ্রিকভাবে কঠিনীভূত হয়, তাকে ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রা বলে। যেমন, লেড—সিলভার সিস্টেমের ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রা হল 303°C এবং ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণে 97·4% লেড ও 2·6% সিলভার থাকে।

ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণের একটি উপাদান জল ও অপরটি কোন লবণজাতীয় পদার্থ হলে ঐ বিশেষ ধরনের ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণকে ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণ বলে। যে উষ্ণতায় কোন লবণের জলীয় দ্রবণ থেকে ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণ কঠিনীভূত হয়, তাকে ক্রায়োহাইড্রিক উষ্ণতা বলে। যেমন, $NaCl — H_2O$ সিস্টেমের ক্রায়োহাইড্রিক উষ্ণতা = –22°C এবং এই ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণে 25% $NaCl$ ও 75% H_2O থাকে।

ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণ ও ক্রায়োহাইড্রিক মিশ্রণ কোন যৌগিক পদার্থ নয়, কারণ

(i) চাপের পরিবর্তনে উক্ত মিশ্রণগুলির সংযুতি পরিবর্তিত হয়,

(ii) চাপের পরিবর্তনে ইউটেক্‌টিক্ উষ্ণতা ও ক্রায়োহাইড্রিক উষ্ণতা পরিবর্তিত হয়,

(iii) অণুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যে পরীক্ষা করলে উক্ত মিশ্রণগুলির অসমসত্ত্ব প্রকৃতি লক্ষ্য করা যায়।

Q. 22. বরফ ও লবণের মিশ্রণকে হিমমিশ্রণ (freezing mixture) হিসাবে ব্যবহার করা হয় কেন?

Ans. ▶ হিমমিশ্রণ হিসাবে বরফ ও লবণের মিশ্রণ ব্যবহার করার কারণ ঃ

বরফের সঙ্গে উপযুক্ত পরিমাণ লবণ ($NaCl$) মিশিয়ে দিলে মিশ্রণের তাপমাত্রা 0°C থেকে ধীরে ধীরে –22°C পর্যন্ত নেমে যায়। এই মিশ্রণকে বলে হিমমিশ্রণ এবং স্বভাবতই এটি অন্যান্য পদার্থ শীতলীকরণের কাজে ব্যবহার করা হয়। তাপমাত্রা হ্রাসের কারণ নিম্নোক্তভাবে ব্যাখ্যা করা যায় ঃ

0°C উষ্ণতার বরফের সঙ্গে লবণ মেশানোর ফলে বরফের গলনাঙ্ক কমে যায় এবং খানিকটা বরফ গলে জলে পরিণত হয়। ঐ জলে কিছুটা লবণ দ্রবীভূত হয়ে যায়। বরফ গলনের জন্য প্রয়োজনীয় লীনতাপ সিস্টেম থেকে শোষিত হয়। কাজেই মিশ্রণের তাপমাত্রা কমে যায়। 1 : 4 অনুপাতে লবণ ও বরফ মিশিয়ে –22°C পর্যন্ত তাপমাত্রা কমানো যেতে পারে।

Q. 23. ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুর ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ কর।

Ans. ▶ ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুর ব্যবহারিক প্রয়োগ ঃ

(i) প্যাটিনসন (Pattinson) পদ্ধতিতে অতি সামান্য পরিমাণ সিলভারযুক্ত লেড আকরিক থেকে সিলভার মুক্ত করার ক্ষেত্রে ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুর প্রয়োগ করা হয়। $Ag—Pb$ সিস্টেমের ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রা = 303°C। কাজেই গলিত আকরিককে ধীরে ধীরে শীতল করার সময় ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রার আগে পর্যন্ত কেবল লেড কঠিনে পরিণত হয়। দ্রবণ থেকে ধাতব লেডকে তুলে নেওয়া হয়। এরপর দ্রবণ যখন ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুতে পৌঁছায় তখন ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণে 2·6% সিলভার ও 97·4% লেড থাকে। এই মিশ্রণে সিলভারের পরিমাণ যথেষ্ট বৃদ্ধি পাওয়ায় ব্যবসায়িক ভিত্তিতে সিলভার নিষ্কাশন করা সম্ভব হয়।

Scanned with CamScanner

(ii) $NaCl—H_2O$ সিস্টেমের ইউটেক্‌টিক্ তাপমাত্রা = −22°C। কাজেই বরফের সঙ্গে উপযুক্ত পরিমাণ লবণ ($NaCl$) মিশিয়ে বরফের গলনাঙ্ক −22°C পর্যন্ত কমানো যেতে পারে। এই নীতির উপর ভিত্তি করে শীতপ্রধান দেশে রাস্তাঘাট বরফমুক্ত করা হয়। বরফের উপর লবণ ছিটিয়ে দিলে গলনাঙ্ক হ্রাসের ফলে রাস্তাঘাটের বরফ গলে যায়।

Q. 24. *নিম্নলিখিত দ্রবণগুলির তাপমাত্রা ধীরে ধীরে হ্রাস করলে কি কি পরিবর্তন লক্ষ্য করা যাবে?*

(a) NaCl-এর লঘু জলীয় দ্রবণ,

(b) NaCl-এর সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ,

(c) KI-এর লঘু জলীয় দ্রবণ,

(d) KI-এর সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ।

Ans. ▶ (a) $NaCl$-এর লঘু জলীয় দ্রবণের উপর তাপমাত্রা হ্রাসের প্রভাব :

$NaCl$-এর লঘু জলীয় দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করলে দ্রবণ থেকে কঠিন দ্রাবক (অর্থাৎ বরফ) ক্রমশ পৃথক হতে থাকবে। এর ফলে দ্রবণের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পেয়ে যখন ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুতে (তাপমাত্রা = −22°C) পৌঁছাবে তখন অবশিষ্ট দ্রবণটি সামগ্রিকভাবে জমাট বেঁধে ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণে পরিণত হবে (অর্থাৎ লবণ ও বরফের এক বিশেষ সংযুতির কঠিন মিশ্রণ পাওয়া যাবে)।

▶ (b) $NaCl$-এর সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণের উপর তাপমাত্রা হ্রাসের প্রভাব :

$NaCl$-এর সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করলে দ্রবণ থেকে কঠিন দ্রাব (অর্থাৎ $NaCl$) ক্রমশ পৃথক হতে থাকবে। এর ফলে দ্রবণের গাঢ়ত্ব হ্রাস পেয়ে যখন ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুতে (উষ্ণতা = −22°C) পৌঁছাবে তখন অবশিষ্ট দ্রবণটি সামগ্রিকভাবে জমাট বেঁধে ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণে পরিণত হবে।

▶ (c) KI-এর লঘু জলীয় দ্রবণের উপর তাপমাত্রা হ্রাসের প্রভাব :

KI-এর লঘু জলীয় দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করলে ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুর আগে পর্যন্ত দ্রবণ থেকে কঠিন দ্রাবক (বরফ) পৃথক হতে থাকবে। ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুতে (তাপমাত্রা = −23°C) পৌঁছাবার পর অবশিষ্ট দ্রবণটি সামগ্রিকভাবে জমাট বেঁধে ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণে পরিণত হবে।

▶ (d) KI-এর সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণের উপর তাপমাত্রা হ্রাসের প্রভাব :

KI-এর সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণকে ধীরে ধীরে শীতল করলে ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুর (তাপমাত্রা = −23°C) আগে পর্যন্ত দ্রবণ থেকে কঠিন দ্রাব (KI) ক্রমশ পৃথক হতে থাকবে। এর ফলে দ্রবণের গাঢ়ত্ব হ্রাস পেয়ে যখন ইউটেক্‌টিক্ বিন্দুতে পৌঁছাবে তখন অবশিষ্ট দ্রবণ সামগ্রিকভাবে জমাট বেঁধে ইউটেক্‌টিক্ মিশ্রণে পরিণত হবে।

Q. 25. *টীকা লেখ :*

(a) সর্বসম গলনাঙ্ক,

(b) বিষম গলনাঙ্ক,

(c) কঠিন দ্রবণ।

Ans. ▶ (a) সর্বসম গলনাঙ্ক (Congruent melting point) :

যদি কোন কঠিন পদার্থকে উত্তপ্ত করার ফলে এটি বিভাজিত না হয়ে একটি নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় গলে গিয়ে তরলে পরিণত হয়, এবং উৎপন্ন তরলের ও প্রারম্ভিক কঠিনের সংযুতি একই হয়,

তবে এরূপ গলনকে বলা হয় সর্বসম গলন (congruent melting) আর ঐ নির্দিষ্ট তাপমাত্রাকে বলে সর্বসম গলনাঙ্ক।

$Sn—Mg$ সিস্টেমের দশাচিত্র থেকে দেখা যায় যে Mg_2Sn যৌগটির সর্বসম গলনাঙ্ক আছে। এই যৌগটি 783°C উষ্ণতায় গলনের ফলে তরল হয়ে যায় ; তরলের সংযুতি কঠিন পদার্থটির মতো একই হয়।

▶ (b) বিষম গলনাঙ্ক (Incongruent melting point) :

এমন কিছু কিছু কঠিন পদার্থ আছে যেগুলিকে উত্তপ্ত করার ফলে গলনাঙ্কে পৌঁছানোর আগেই বিয়োজিত হয়ে একটি নতুন কঠিন পদার্থ ও একটি তরলের সৃষ্টি করে। উৎপন্ন তরলের সংযুতি প্রারম্ভিক কঠিনের সংযুতি থেকে পৃথক হয়।

$$A\,(\text{কঠিন যৌগ}) \xrightleftharpoons{\Delta} B\,(\text{নতুন কঠিন যৌগ}) + C\,(\text{তরল পদার্থ})$$

এরূপ ক্ষেত্রে বলা হয় যে প্রারম্ভিক কঠিন পদার্থটির বিষম গলনাঙ্ক আছে। যেমন, Na_2SO_4, $10H_2O$-কে উত্তপ্ত করলে 32·4°C উষ্ণতায় এটি বিয়োজিত হয়ে অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেট (কঠিন) ও Na_2SO_4-এর একটি দ্রবণ সৃষ্টি করে।

▶ (c) কঠিন দ্রবণ (Solid solution) :

দুটি কঠিন পদার্থ যদি পরস্পরের সঙ্গে সম্পূর্ণভাবে মিশে গিয়ে একটি সমসত্ত্ব মিশ্রণের সৃষ্টি করে তবে ঐ ধরনের মিশ্রণকে বলা হয় কঠিন দ্রবণ (solid solution)। কঠিন দ্রবণের মধ্যে উপাদানগুলির নির্দিষ্ট কোন সংযুতি থাকে না। তরল দ্রবণের মতো বিভিন্ন মাত্রার কঠিন দ্রবণ হতে পারে। গঠনের পার্থক্য অনুযায়ী কঠিন দ্রবণকে দুভাগে ভাগ করা যায় :

(i) প্রতিস্থাপিত কঠিন দ্রবণ (Substitutional solid solution) : এই ধরনের কঠিন দ্রবণে দ্রাবকের কেলাসের মধ্যস্থিত কিছু কিছু পরমাণু দ্রাবের পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়। যেমন, নিকেল ও কপার দ্বারা সৃষ্ট কঠিন দ্রবণের ক্ষেত্রে নিকেলের কেলাসের মধ্যস্থিত কিছু কিছু পরমাণু কপার পরমাণু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয়।

(ii) অন্তঃস্থানিক কঠিন দ্রবণ (Interstitial solid solution) : এই ধরনের কঠিন দ্রবণ সৃষ্টির সময় দ্রাবকের কেলাসের ফাঁকে ফাঁকে দ্রাবের পরমাণুগুলি ঢুকে যায় এবং সমভাবে বণ্টিত হয়। স্বভাবতই এরূপ কঠিন দ্রবণ সৃষ্টির জন্য দ্রাবের পরমাণুগুলি খুব ছোট হওয়া প্রয়োজন।

Scanned with CamScanner