তড়িৎ রসায়ন
Electro Chemistry

ইউনিট ৫

ভূমিকা (Introduction)

বর্তমান যুগ মানব সভ্যতার ইতিহাসে বিজ্ঞানের চরম উৎকর্ষের যুগ। আমাদের দৈনন্দিন জীবনে প্রতিটি ক্ষেত্রে জড়িয়ে আছে বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি। সুতরাং বিদ্যুৎ ব্যবস্থা একটি দেশের উন্নতির মাপকাঠি হিসাবে পরিগণিত হয়। যে জাতি যত উন্নত তাদের জীবন ব্যবস্থার সাথে বিদ্যুতের ব্যবহারও তত বেশী জড়িত। আলোচ্য এ অধ্যায়ে আমরা রাসায়নিক বিক্রিয়ার সাথে সংশ্লিষ্ট বৈদ্যুতিক কার্যাবলী নিয়ে আলোচনা করব।

ইউনিট সমাপ্তির সময়	**ইউনিট সমাপ্তির সর্বোচ্চ সময় ৫ সপ্তাহ**

এই ইউনিটের পাঠসমূহ

পাঠ-৫.১: তড়িৎ পরিবাহিতা : তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ
পাঠ-৫.২: ফ্যারাডের প্রথমসূত্র
পাঠ-৫.৩: ফ্যারাডের দ্বিতীয়সূত্র
পাঠ-৫.৪: তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ও তড়িৎদ্বার
পাঠ-৫.৫: তড়িৎদ্বার বিভব
পাঠ-৫.৬: তড়িৎচালক বল, তড়িৎ-রাসায়নিক সারি/সিরিজ
পাঠ-৫.৭: রাসায়নিক শক্তির উৎস
পাঠ-৫.৮: নবায়নযোগ্য জ্বালানী

পাঠ-৫.১ তড়িৎ পরিবাহিতা : তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- বিভিন্ন তড়িৎ পরিবাহী বর্ণনা করতে পারবেন।
- ধাতব পরিবাহী ও ইলেকট্রোলাইটিক তড়িৎ পরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য করতে পারবেন।
- আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তূল্যপরিবাহিতা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও তূল্যপরিবাহিতা উপর লঘূকরণের প্রভাব বিশ্লেষণ করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	তড়িৎ পরিবাহী, ইলেকট্রলাইটিক পরিবাহী, ইলেকট্রলাইট, আপেক্ষিক পরিবাহিতা , তূল্যপরিবাহিতা ইত্যাদি।

তড়িৎ পরিবাহী (Electrical Conductors)

যে সকল পদার্থের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ পরিবাহীত হয় তাদেরকে বিদ্যুৎ পরিবাহী বলা হয়। যেমন, ধাতুসমূহ, কপার, আয়রন, সিলভার, অ্যালুমিনিয়াম ইত্যাদি এবং গলিত লবণ ও তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণ ইত্যাদি।আবার যে সকল পদার্থের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ পরিবাহীত হয় না তাদেরকে বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ বলে। যেমন, কাঠ, রাবার, সালফার ইত্যাদি।

তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ : যে বস্তুর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাকে তড়িৎ পরিবাহী পদার্থ বলে। অর্থাৎ তড়িৎ পরিবহনে সক্ষম বস্তুকে তড়িৎ পরিবাহী বলা হয়। বস্তুর প্রকৃতি ভেদে দুই ধরণের কৌশলে বস্তুর মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। যথা: ১) ইলেকট্রন প্রবাহের দ্বারা ২) আয়ন দ্বারা

তড়িৎ পরিবহনের পদ্ধতি তথা পরিবহনের কৌশরের ওপর ভিত্তি করে তড়িৎ পরিবাহী পদার্থকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়। যথা:- ১। ধাতব পরিবাহী বাইলেকট্রনিক পরিবাহী বা ২। তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহী বা ইলেকট্রোলাইটিক পরিবাহী

(১) ধাতব পরিবাহী বা ইলেকট্রোনিক পরিবাহী (Metalic or Electronic conductors) : কোন কোন পরিবাহী পদার্থের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ পরিবহনের ফলে ঐ পদার্থের মধ্যে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না, শুধুমাত্র ইলেকট্রনের সঞ্চালনের মাধ্যমে এ বিদ্যুৎ পরিবাহীত হয় বলে এ জাতীয় পরিবাহীকে ইলেকট্রনিক পরিবাহী বলে। ধাতু ও ধাতু সংকর এই শ্রেণীর অন্তর্ভূক্ত বলে এ ধরণের পরিবাহীকে ধাতব পরিবাহীও বলা হয়ে থাকে। এদের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহী হতে বেশী হয়।

(২) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী বা ইলেকট্রোলাইটিক পরিবাহী (Electrolytic conductors) : কিছু কিছু পরিবাহী পদার্থের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ পরিবহনের ফলে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে ওএর ফলে নতুন পদার্থের সৃষ্টি হয় এবং এক্ষেত্রে আয়নের মাধ্যমে বিদ্যুৎ পরিবাহীত হয়। এ ধরনের পরিবাহীকে ইলেকট্রোলাইটিক পরিবাহী বলে। যেমন, এসিড, ক্ষার,গলিত লবন ইত্যাদি।

যে সকল পদার্থের দ্রবণের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ পরিবহণ করলে পদার্থটি বিয়োজিত হয় তাদেরকে তড়িৎবিশ্লেষ্য (Electrolytes) বলা হয়। বিভিন্ন লবণের দ্রবণ, এসিড ও ক্ষার এ ধরনের পদার্থ। তড়িৎ প্রবাহের মাধ্যমে পদার্থসমূহকে বিশ্লেষণ করার এ প্রক্রিয়াকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে। তড়িৎ বিশ্লেষ্যপদার্থগুলোকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা যায়- ক) তীব্র বা সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও খ) মৃদু বা দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য

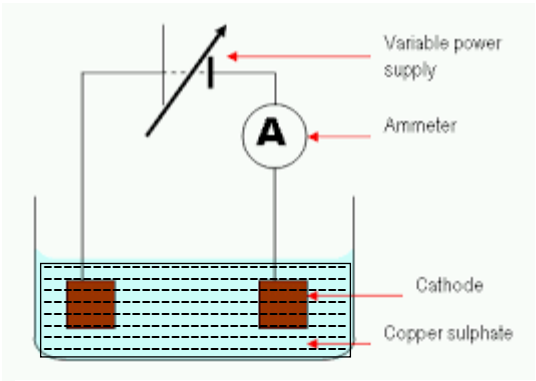
ক) তীব্র বা সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য (Strong electrolite) : যে সকল তড়িৎবিশ্লেষ্য যে কোন ঘনমাত্রায় জলীয় দ্রবনে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হতে পারে তাদেরকে তীব্র বা সবল তড়িৎবিশ্লেষ্য বলে। এদের তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা ধাতব পরিবাহী হতে কম হলেও যথেষ্ট উচ্চ মানের। অজৈব লবন, খনিজ এসিড, ক্ষার(NaCl, HCl, NaOH) ইত্যাদি এই শ্রেণীর অন্তর্ভূক্ত।

$$NaCl \rightarrow Na^+(aq) + Cl^-(aq)$$

খ) মৃদু বা দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য (Weak electrolite) : যে সকল তড়িৎবিশ্লেষ্য যে কোন ঘনমাত্রায় জলীয় দ্রবনে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় না তাদেরকে দূর্বল তড়িৎবিশ্লেষ্য বলে। এ ধরণের তড়িৎ বিশ্লেষ্য জলীয় দ্রবণে আংশিকভাবে আয়নিত হয় বলে এদের বিদ্যুৎ পরিবাহীতা অনেক কম। উদাহরণস্বরূপ জৈব এসিড, ক্ষারক ও অ্যামোনিয়াম হাইড্রোক্সাইডের(CH_3COOH, NH_4OH) নাম উল্লেখ করা যায়।

$$CH_3COOH \leftrightarrows H^+(aq) + CH_3COO^-(aq)$$

যে যন্ত্রের সাহায্যে তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়া সম্পন্ন করা হয় তাকে ইলেকট্রোলাইটিক সেল বলা হয়। নিচে একটি ইলেকট্রোলাইটিক সেলের বর্ণনা দেয়া হলো(চিত্র ১.১)।



চিত্র ১.১ : ইলেকট্রোলাইটিক সেল

এ সেলে তড়িৎবিশ্লেষ্য নিয়ে ব্যাটারী হতে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে ব্যাটারী হতে বিদ্যুৎ একটি ধাতব পাতের মাধ্যমে দ্রবণে প্রবেশ করে একে অ্যানোড বলে এবং অপর একটি পাতের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ দ্রবণ হতে বের হয়ে যায় একে ক্যাথোড বলে। যে পাতদ্বয়ের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ দ্রবণে প্রবেশ করে ও দ্রবণ হতে বের হয়ে যায় সেই পাতদ্বয়কে ইলেকট্রোড (তড়িৎদ্বার) বলে। অর্থাৎ অ্যানোড ও ক্যাথোড দুটি তড়িৎদ্বার। অ্যানোড ব্যাটারীর ধনাত্মক পোলের সাথে সংযুক্ত থাকে অপরদিকে ক্যাথোড ঋণাত্মক পোলের সাথে সংযুক্ত থাকে। একটি বিষয় খেয়াল করা প্রয়োজন যে তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় শুধুমাত্র ইলেকট্রোড দ্বয়ের মধ্যেই ইলেকট্রোলাইটের বিয়োজন ঘটে, দ্রবণে ইলেকট্রোলাইটের বিয়োজন ঘটে না। ইলেকট্রোডগুলো সাধারণত ধাতব পাত অথবা কার্বন রড দ্বারা তৈরি করা হয়। এদের মধ্যে কপার ও প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার সর্বাধিক ব্যবহৃত হয়।

ধাতব পরিবহন ও ইলেকট্রোলাইটিক পরিবহনের মধ্যে পার্থক্য (Comparison between metallic and electrolytic conduction) : ধাতব পরিবহন ও ইলেকট্রলাইটিক পরিবহনের মধ্যে পার্থক্য নিচে ছকের মাধ্যমে দেয়া হলো।

ধাতব পরিবহণ	ইলেকট্রলাইটিক পরিবহণ
১। তড়িৎ প্রবাহ সম্পূর্ণভাবে ইলেকট্রন দ্বারা ঘটে।	১। তড়িৎ প্রবাহ আয়নের মাধ্যমে ঘটে।
২। পরিবাহী পদার্থ সাধারণত ধাতু তবে গ্রাফাইটও পরিবাহী পদার্থ হিসাবে ব্যবহৃত হয়।	২। তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থগুলো তড়িৎ পরিবাহী হিসাবে ব্যবহৃত হয়।
৩। তড়িৎ প্রবাহের সময় রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে না, শুধু তাপের সৃষ্টি হয়।	৩। তড়িৎ প্রবাহের ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং তাপেরও সৃষ্টি হয়।
৪। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে পরিবাহীতা হ্রাস পায়।	৪। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে পরিবাহীতা বৃদ্ধি পায়।
৫। তড়িৎ পরিবহন দ্রুত ঘটে।	৫। তড়িৎ পরিবহণ ধীর গতিতে ঘটে।
৬। ইলেকট্রন প্রবাহের বিপরীত দিকে বিদ্যুৎ পরিবহণ ঘটে বলে ধরা হয়।	৬। ধনাত্মক আয়নের প্রবাহের দিকেই বিদ্যুৎ প্রবাহীত হয়।
৭। নতুন কোন পদার্থের সৃষ্টি হয় না।	৭। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় নতুন পদার্থের সৃষ্টি হয়।

তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের তড়িৎ পরিবাহীতা : বিদ্যুৎ পরিবহনের ক্ষেত্রে ওহমের সূত্র হতে আমরা পাই "নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোন পরিবাহীর মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের হার ঐ পরিবাহকের দুই প্রান্তের বৈদ্যুতিক বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক"। যদি, একটি পরিবাহকের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য E volt হয় এবং ঐ পরিবাহকের প্রবাহমাত্রা I amp হয় তবে ওহম এর সূত্রানুসারে-

$$E \propto I$$
$$E = IR$$

এখানে R সমানুপাতিক ধ্রুবক, এটি পরিবাহীর রোধ। অর্থাৎ পরিবাহীর যে ধর্ম বিদ্যুৎ পরিবহনে বাধা প্রদান করে তাকে রোধ বলে। এই রোধের বিপরীত রাশিকেই পরিবাহীতা বলে। কোন দ্রবণের পরিবাহীতা (Conductance) C হলে, $C = \frac{1}{R}$। ওহমের এই সূত্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য।

আপেক্ষিক পরিবাহীতা ও আপেক্ষিক রোধঃ বিভিন্ন পদার্থের পরিবাহিতা তুলনা করার জন্য আপেক্ষিক পরিবাহীতার প্রয়োজন হয়। রোধ সম্পর্কিত ওহমের সূত্র হতে আমরা জানি কোন পরিবাহীর রোধ R হলে-

$$R = \rho \frac{l}{a}$$

এখানে $\rho =$ আপেক্ষিক রোধ

$l =$পরিবাহীর দৈর্ঘ্য

$a =$ পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল

$$\therefore \quad \frac{1}{R} = \frac{1}{\rho\frac{l}{a}} = \frac{1}{\rho}.\frac{a}{l}$$
$$C = k\frac{a}{l}$$

এখানে $k = \frac{1}{\rho}$

$k =$ আপেক্ষিক পরিবাহীতা

যদি $a = 1\ cm^2$

$l = 1\ cm$ হয় তবে

$$C = k$$

অর্থাৎ $1\ cm^2$ প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট পরিবাহীর দৈর্ঘ্য $1\ cm$ হলে এ পরিবাহীর পরিবাহীতাই হবে উহার আপেক্ষিক পরিবাহীতা। তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের ক্ষেত্রেও উপরোক্ত সূত্র প্রযোজ্য। অর্থাৎ $1\ cm^2$ প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট দুটি তড়িৎদ্বারকে পরস্পর হতে $1\ cm$ দূরে স্থাপন করে তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতা পরিমাপ করলে উহাই হবে তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহীতা। এ ধরনের সেল ব্যবহার করে আমরা বিভিন্ন তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহীতার তুলনা করতে পারি।

তড়িৎ পরিবাহীতার একক:

আমরা জানি পরিবাহীতা, $C = \frac{1}{R} = \frac{1}{(ohm)}$

$$\text{i.e.,}\ \ mho = \frac{1}{ohm}$$

আপেক্ষিক পরিবাহীতা, $k = c\frac{l}{a} = (mho)\frac{(cm)}{(cm)^2}$

$$\text{i.e.,}\ mho\ cm^{-1}$$
$$\text{or,}\ ohm^{-1}cm^{-1}$$

তুল্য পরিবাহীতা (Equivalent conductance) : এক গ্রাম তূল্য তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রব যতটুকু দ্রবণের আয়তনে থাকে উহাকে $1\ cm$ দূরত্বে অবস্থিত দুটি বৃহৎ তড়িৎদ্বয়ের মধ্যে স্থাপন করলে যে পরিবাহীতা পাওয়া যায় তাকে তূল্য পরিবাহীতা বলে। তূল্য পরিবাহীতাকে Λ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোন দ্রবণের ঘনমাত্রা C_{eq} গ্রাম তূল্য/লিটার হলে 1 গ্রাম তূল্য দ্রব দ্রবীভূত থাকবে $\frac{1000}{Ceq}\ cm^3$-এ। আবার $1cm^3$ বা $1ml$ দ্রবণের পরিবাহীতাই আপেক্ষিক পরিবাহীতা।

$\therefore$ তূল্য পরিবাহীতা, $\Lambda = k\frac{1000}{Ceq}$

$\Lambda = kV$ $\quad\quad$ $\therefore V = \frac{1000}{Ceq}$

এখানে V হলো ঐ আয়তন যাতে $1g_{eq}$ দ্রব দ্রবীভূত তাকে।
তূল্য পরিবাহীতার একক $mhocm^2g_{eq}^{-1}$।

মোলার পরিবাহীতা (Molar Conductance) : তূল্যপরিবাহীতার মত তড়িৎবিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহীতাও পরিমাপ করা হয়। এদের মধ্যে পার্থক্য শুধু তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমানে, যা দিয়ে দ্রবণ তৈরী করা হয়। তূল্য পরিবাহীতা হলো একগ্রাম তূল্য পদার্থের আয়নের পরিবাহীতা, অন্যদিকে মোলার পরিবাহীতা হলো একমোল পদার্থের আয়নের পরিবাহীতা। তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের যে আয়তনে 1 মোল দ্রব দ্রবীভূত থাকে তাকে 1 সে.মি. দূরত্বে স্থাপিত দুটি বৃহৎ তড়িৎদ্বারের মধ্যে রখলে যে পরিবাহীতা পাওয়া যায় উহাই ঐ তড়িৎবিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহীতা। V অয়তনে কোন তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের 1 মোল দ্রবিভূত থাকলে উহার মোলার পরিবাহীতা-

$$\mu = \kappa V \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

এখানে μ=মোলার পরিবাহিতা; κ = আপেক্ষিক পরিবাহীতা
মোলার পরিবাহীতার একক $ohm^{-1}cm^2mol^{-1}$

0.01M NaCl দ্রবনের ক্ষেত্রে ,0.01 মোল NaCl দ্রবিভূত আছে1000 cm^3 আয়তনে

$\therefore$1 মোল দ্রবিভূত আছে 1000/ 0.01 cm^3আয়তনে
সুতরাং এক্ষেত্রে V = 1000/ 0.01 cm^3

$\therefore V = \frac{1000}{C}$ cm^3 ; এখানে C মোলার ঘনমাত্রা

$\therefore$ মোলার পরিবাহীতা $\mu = \kappa\frac{1000}{C}$ ... ...(২)

উদাহরণ : 0.2M NaCl জলীয় দ্রবনের আপেক্ষিক পরিবাহীতা 0.0176 $ohm^{-1}cm^{-1}$ হলে ঐ দ্রবণের মোলার পরিবাহীতা কত?

সমাধান : আমরা জানি, মোলার পরিবাহীতা $\kappa\frac{1000}{C}$ .. ..(২)

$\mu = 0.0176\times\frac{1000}{0.2}$
$= 88\ ohm^{-1}cm^2mol^{-1}$ (Ans)

এখানে, $\kappa = 0.0176\ ohm^{-1}cm^{-1}$
C = .0.2 M
μ = ?

শিক্ষার্থীর কাজ

1. 1M H_2SO_4দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহীতা $16.1\times10^{-2}ohm^{-1}cm^{-1}$ হলে দ্রবনটির তূল্য পরিবাহীতা নির্ণয় করুন। (উত্তর : **80 ohm)**

2. 25^0 C তাপমাত্রায় একটি পরিবাহীতা সেলে 0.05M NaOH দ্রবণের রোধ 31.6 ohm। সেল ধ্রুবক $0.367cm^{-1}$ হলে NaOH দ্রবণটির মোলার পরিবাহিতা নির্ণয় করুন। **(উত্তর: $232ohm^{-1}cm^2mol^{-1}$)**

3.1.5cm^{-2} প্রস্থচ্ছেদের এবং 0.72 cm পারস্পরিক দূরত্বে রাখা দুটি তড়িৎ দ্বারের মধ্যে 0.1M মোলার কোন তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণ রাখলে দেখা যায় যে তার বৈদ্যুতিক রোধ 52.4 ohm হয়। দ্রবণটির আপেক্ষিক পরিবাহীতা নির্ণয় করুন। **(উত্তর: $0.0061ohm^{-1}$)**

আপেক্ষিক পরিবাহীতার উপর লঘুকরণের প্রভাব (Effect of dilution of relative conductance)

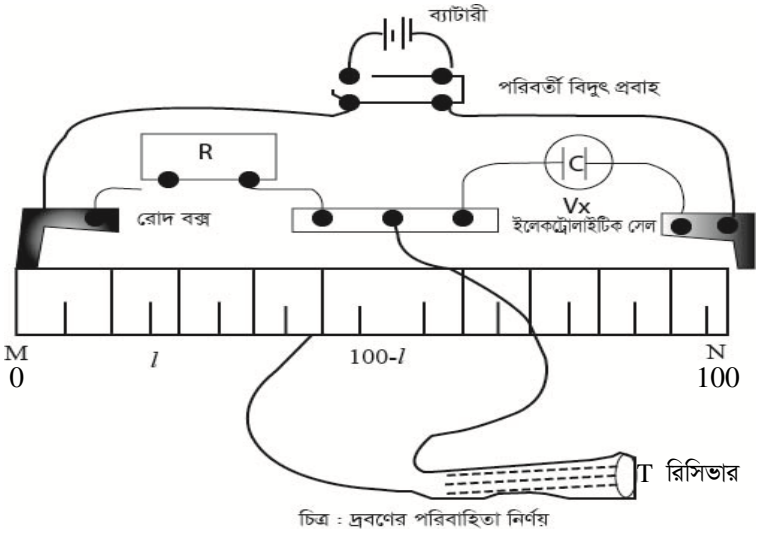
প্রতি mL বা cm^3দ্রবণের পরিবাহীতাই আপেক্ষিক পরিবাহীতা। সুতরাং প্রতি mLদ্রবণে আয়নের সংখ্যা যত বেশী হবে ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহীতা তত বেশী। শক্তিশালী তড়িৎবিশ্লেষ্য যেকোন ঘনমাত্রায়দ্রবণে সম্পূর্ণরূপে আয়নিত হয় ফলে দ্রবণ লঘু করার সাথে সাথে প্রতি mL দ্রবণে আয়নের সংখ্যা হ্রাস পাবে অর্থাৎ আপেক্ষিক পরিবাহীতা হ্রাস পাবে।

আবার দূর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে অল্প পরিমানে বিয়োজিত হয় অর্থাৎ দ্রবণে আয়নের সংখ্যা কম। কিন্তু দ্রবণ লঘু করলে উহার বিয়োজন মাত্রা বৃদ্ধি পায় তথাপি লঘু করার ফলে প্রতি mLদ্রবণে আয়নের সংখ্যা পূর্বের চেয়ে কমে যায়। অর্থাৎ আপেক্ষিক পরিবাহীতা হ্রাস পায়। সুতরাং বলা যায় লঘুকরণের ফলে শক্তিশালী ও দূর্বল উভয় তড়িৎবিশ্লেষ্যর ক্ষেত্রেই আপেক্ষিক পরিবাহীতা হ্রাস পায়।

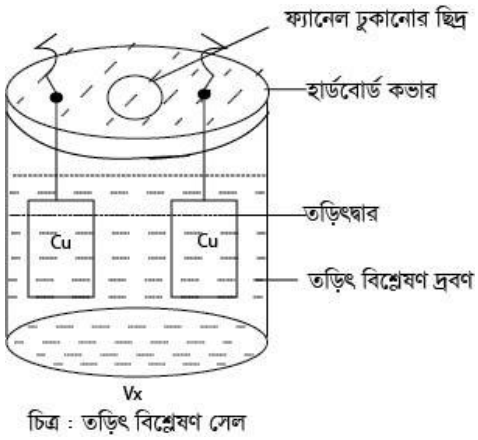
আপেক্ষিক পরিবাহীতার উপর তাপমাত্রার প্রভাব (Effect of temperature on relative conductance) : তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে দ্রাবকের সান্দ্রতা (viscocity) হ্রাস পায় ফলে দ্রবণেআয়নের গতি বৃদ্ধি পায় ফলে আপেক্ষিক পরিবাহীতাও বৃদ্ধি পায়।

দ্রবণের পরিবাহীতা পরিমাপের পদ্ধতি (Determination of conductance of solution) : প্লাটিনাম ইলেকট্রোড বিশিষ্ট সেল (Cell)-এ দ্রবণ নিয়ে এর রোধR পরিমাপ করে দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহীতা নির্ণয় করা যায়। দ্রবণের রোধ নির্ণয়ের জন্য হুইটস্টোন ব্রিজ নীতি ব্যবহার করা হয়।

পরিবাহীতা পরিমাপের যন্ত্রসজ্জা :এখানে MN একটি সমপ্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট ধাতু নির্মিত তার R রোধবক্স যার মাধ্যমে বিভিন্ন মানের রোধ সার্কিটে ব্যবহার করা যায়। V_X একটি সেল যার মধ্যে পরীক্ষনীয়দ্রবণ আছে। এখানে T টেলিফোনের রিসিভার J জকি I ইন্ডাকশন কয়েল। চিত্রানুযায়ী যন্ত্রসজ্জা সম্পন্ন করার পর ইন্ডাকশন কয়েলের মধ্যদিয়ে AC বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করে রোধবক্স R হতে আমরা উপযুক্তরোধ নির্ধারণ করি এবং টেলিফোন রিসিভার কানে ধরে জকিJ তারের উপর আনা-নেয়া করলে খসখস আওয়াজ করবে।



চিত্র : দ্রবণের পরিবাহিতা নির্ণয়



চিত্র : তড়িৎ বিশ্লেষণ সেল

এখন J তারের উপর ডানে বামে এমন ভাবে সরাতে হবে যেন টেলিফোনের আওয়াজ বন্ধ হয়। এ বিন্দুকে (Null point) নাল বিন্দু বলে। এবার একটি মিটার স্কেলের সাহায্যে M ও N বিন্দু হতে নাল বিন্দুর দূরত্ব নির্ণয় করা হয়। ধরা গেল M ও N হতে লাল বিন্দুর দূরত্ব যথাক্রমে ℓ ও $100-\ell$ এখন হুইস্টন ব্রীজনীতি অনুসারে আমরা পাই।

$$\frac{\text{দ্রবণের রোধ } V_X}{\text{বক্সের রোধ } R} = \frac{100-l}{l}$$

$$\therefore \text{ দ্রবণের রোধ } V_X = \frac{100-l}{l}R$$

$$\therefore \text{ দ্রবণের পরিবাহিতা } C = \frac{1}{V_x} = \frac{100-l}{l}R$$

∴ এ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা

$k = c\frac{l}{a}$..... ১ (খ)

জানা আপেক্ষিক পরিবাহীতার একটি দ্রবণ ব্যবহার করে ঐ দ্রবণের পরিবাহীতা নির্ণয় করে $\frac{l}{a}$ নির্ণয় করা যায়-

$\frac{l}{a} = \frac{k}{c}$..... ১ (গ)

∴ এবার $\frac{l}{a}$ ও c এর মান ১ (খ) সমীকরণে বসালে আবার আপেক্ষিক পরিবাহীতার মান হতে তূল্য পরিবাহীতা

$\Lambda = k\frac{1000}{Ceq}$সমীকরণ হতে নির্ণয় করা যায়। যেখানে Ceq দ্রবণের ঘনমাত্রা $g_{eq}lit^{-1}$।

সেল ধ্রুবক : কোন নির্দিষ্ট সেলের জন্য উহার তড়িৎদ্বারদ্বয়ের মধ্যবর্তী দূরত্ব l এবং তড়িৎদ্বারদ্বয়ের ক্ষেত্রফল a এর অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা একে সেল ধ্রুবক বলে। একে K_C দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

সুতরাং $K_C = \frac{l}{a}$..... ১.৭ (ক)

শিক্ষার্থীর কাজ	বিভিন্ন দ্রবণের পরিবাহীতার পার্থক্য নির্ণয়

পরিবাহীতার পার্থক্য নির্ধারনের জন্য আমরা $H_2SO_4, HCl, NaOH, NH_4OH, NaCl, KCl$ ইত্যাদি বিভিন্ন এসিড ও লবণের দ্রবণ ব্যবহার করতে পারি।

ইতিপূর্বে আমরা জেনেছি বিভিন্ন ঘনমাত্রার দ্রবণের পরিবাহীতা ভিন্ন হয় একই সাথে বিভিন্ন ইলেকট্রোলাইটের পরিবাহীতাও ভিন্ন। সুতরাং একটি ইলেকট্রোলাইটের বিভিন্ন ঘনমাত্রার দ্রবণ তৈরী করে আমরা সেগুলোর পরিবাহীতার পার্থক্য নির্ণয় করতে পারি অথবা একটি নির্দিষ্ট ঘনমাত্রার বিভিন্ন ইলেকট্রোলাইটের দ্রবণ তৈরি করে উহাদের পরিবাহীতার পার্থক্য নির্ণয় করতে পারি।

NaCl এর বিভিন্ন ঘনমাত্রার দ্রবণের পরিবাহীতার পার্থক্য নির্ণয় : NaCl এর মোলার ভর 58.5 g ইলেকট্রোনিক ব্যালেন্স ব্যবহার করে আমরা 5.85 g শুদ্ধভাবে গ্রহণ করি। অতপর উহাকে 100 mL একটি ফ্ল্যাক্সে নিয়ে অল্প পরিমাণ পাতিত পানিতে দ্রবীভূত করার পর প্রয়োজনীয় পরিমাণ পাতিত পানি যোগ করে উহার গলার দাগ পর্যন্ত পূর্ণ করি। ফলে উহার ঘনমাত্রা হবে-

$C = \frac{\text{গৃহীত ওজন}}{\text{প্রয়োজনীয় ওজন}} \times$প্রয়োজনীয় ঘনমাত্রা

$= \frac{W_X}{5.085} \times 0.1$

$= C_X$

এখন এ মূলদ্রবণ C_X হতে আমরা $0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05M$ দ্রবণ তৈরী করি।

বর্ণনা: একটি 250mL বিকারে দুইটি তামার পাত চিত্রানুযায়ী স্থাপন করে উহার সাথে দুটি তার সংযুক্ত করে তড়িৎবিশ্লেষ্য সেল তৈরী করুন।

এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন অন্য কোন ধাতব পাতও ব্যবহার করা যায় আবার সরাসরি ক্রয়কৃত ইলেকট্রোড ব্যবহার করা যায়। চিত্রানুযায়ী একটি হার্ড বোর্ড এ কতকগুলো ছিদ্র করে উহার দুটি ছিদ্র দিয়ে দুটি তামার তার প্রবেশ করিয়ে উহাদের দু'প্রান্তে দুটি তামারপাত যুক্ত করে চিত্রানুযায়ী 250 ml বিকারের ওপর স্থাপন করুন। হার্ডবোর্ডের মধ্যে একটি ছিদ্র একটু বড় করে করুন যাতে উহার মধ্যদিয়ে ফানেলের মধ্য দিয়ে তড়িৎবিশ্লেষ্যের দ্রবণ প্রবেশ করানো যায়। এবার চিত্রের ন্যায় যন্ত্র সজ্জা স্থাপন করে 'নাল বিন্দু' নির্ণয় করুন এবং দ্রবণের পরিবাহীতা ও আপেক্ষিক পরিবাহীতা নির্ণয় করুন। এভাবে বিভিন্ন ঘনমাত্রার দ্রবণের জন্য ভিন্ন ভিন্ন পরিবাহীতা পরিমাপ করে নিচের ছক পূর্ণ করুন।

পর্যবেক্ষণ সংখ্যা	NaCl দ্রবণের ঘনমাত্রা	দ্রবণের তাপমাত্রা	দ্রবণের পরিবাহীতা $C = \frac{l}{(100-l)R}\,ohm^{-1}$	আ:পরিবাহীতা $k = c\frac{l}{a}ohm^{-1}cm^{-1}$
1.	0.01			
2.	0.02			
3.	0.03			
4.	0.04			

বি: দ্র: জানা ঘনমাত্রায় এবং জানা আপেক্ষিক পরিবাহীতার দ্রবণ সেলে নিয়ে উহার পরিবাহীতা নির্ণয় করে উহা হতে কোষ ধ্রুবক $\frac{l}{a}$ নির্ণয় করতে হবে।

নিচের ছকে KCl দ্রবণের বিভিন্ন ঘনমাত্রার 25^0C তাপমাত্রায় আ: পরিবাহীতা উল্লেখ করা হলো।

ঘনমাত্রা (গ্রাম তূল্য / লিটার)	আপেক্ষিক পরিবাহীতা $ohm^{-1}cm^{-1}$
0.01	0.0014114
0.10	0.01288
1.00	0.11173

একইভাবে বিভিন্ন ইলেকট্রোলাইটের একই ঘনমাত্রার দ্রবণ তৈরি করে উহাদের পরিবাহীতা ও আ:পরিবাহীতা তুলনা করতে পারি।

ইলেকট্রোলাইট	ঘনমাত্রা g/L	তাপমাত্রা °C	পরিবাহীতা ohm^{-1}	তূল্য পরিবাহী $ohm^{-1}cm^{-1}$
KCl	0.1			
NaCl	0.1			
$CuSO_4$	0.1			
H_2SO_4	0.1			

এখানে উল্লেখ্য যে আঃ পরিবাহিতা নির্ণয়ের সময় KCl, NaCl, $CuSO_4$ ইত্যাদি শুষ্ক হতে হবে এবং H_2SO_4, NaOH ইত্যাদি প্রমিত করে নিলে সঠিক মান পাওয়া যাবে।

সমস্যা-১: একটি ইলেকট্রোলাইটিক সেলের তড়িৎদ্বারদ্বয়ের প্রতিটির আয়তন $4cm^2$ উহাদের পরস্পর হতে 2cm দূরত্বে স্থাপন করে ঐ দ্রবণে একটি তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণ নিয়ে পরিবাহীতা পরিমাপ করে দেখা গেল $1.34ohm^{-1}$। ঐ সেলের সেল ধ্রুবক হিসাব করুন এবং আপেক্ষিক পরিবাহীতা নির্ণয় করুন।

সমাধান:

আমরা জানি, সেল ধ্রুবক $K_c = \frac{l}{a}$ ... ... (ii)

$\therefore K_c = \frac{2}{4}$

$=0.5$

আবার, পরিবাহীতা $C = k\frac{l}{a}$

এখানে, $l = 2$ cm

$a = 4\ cm^2$

$K_c = ?$

$= k\, K_c$ ... (ii)

$\therefore k = \frac{C}{K_c} = \frac{1.34}{0.5}$

$= 2.68\ ohm^{-1}cm^{-1}$

এখানে, $C = 1.34\ ohm^{-1}$

$K_c = 0.5\ cm^{-1}$

$k = ?$

সমস্যা-২: একটি তড়িৎবিশ্লেষ্য সেলে বিভিন্ন আপেক্ষিক পরিবাহীতার দ্রবণ নিয়ে উহার পরিবাহীতা $1.02\ ohm^{-1}$ পাওয়া গেল। এরপর উহাতে অজানা আপেক্ষিক পরিবাহীতার দ্রবণ নিয়ে পরিবাহীতা পরিমাপ করে $1.08\ ohm^{-1}$ পাওয়া গেল। অজানা দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহীতার মান নির্ণয় করুন। [জানা দ্রবণের আ: পরিবাহীতা $k = 0.1004\ ohn^1cm^{-1}$ ।]

সমাধান:

আমরা জানি,

পরিবাহীতা, $C = k.K_c$ ..... (i)

এখানে,

$C =$ পরিবাহীতা

$k =$ আ: পরিবাহীতা

$K_c =$ কোষ ধ্রুবক

$\frac{C_1}{C_2} = \frac{k_1}{k_2}\frac{K_c}{K_c}$

$C_2 = 2.08\ ohm^{-1}$

$C_1 = 1.02\ ohm^{-1}$

$k_1 = 0.1004\ ohm^{-1}cm^{-1}$

$\therefore \quad k_2 = \frac{C_2}{C_1}k_1$.. ... ... (ii)

$\therefore \quad k_2 = \frac{2.08}{1.02} \times 0.1004$

$= 0.0492 ohm^{-1}cm^{-1}$

সার-সংক্ষেপ :

ট্রানিক পরিবাহী: যেসব পরিবাহী পদার্থের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ পরিবহনের ফলে এদের মধ্যে কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হয় না শুধুমাত্র ইলেকট্রনের সঞ্চালনের মাধ্যমে বিদ্যুৎ পরিবাহিত হয় এ ধরনের পরিবাহীকে ধাতব পরিবাহী বা ইলেকট্রোনিক পরিবাহী বলে।

ইলেকট্রোলাইটিক পরিবাহী : যেসব পরিবাহী পদার্থের মধ্যদিয়ে বিদ্যুৎ পরিবহনের ফলে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে এবং ফলশ্রুতিতে নতুন পদার্থের সৃষ্টি হয় যেমন, এসিড, ক্ষার গলিত লবন ইত্যাদি। এক্ষেত্রে আয়নের মাধ্যমে বিদ্যুৎ পরিবাহিত হয়। এ ধরনের পরিবাহীকে ইলেকট্রোলাইটিক পরিবাহী বলে।

আপেক্ষিকরোধ : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট কোন পদার্থের একক দৈর্ঘ্যের রোধকে আপেক্ষিক রোধ বলে।

আপেক্ষিক পরিবাহিতা : নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় একক প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট দুটি তড়িৎদ্বারকে কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে পরস্পর হতে এক সে.মি.দূরত্বে স্থাপন করলে উহার যে পরিবাহিতা পাওয়া যায় তাকে ঐ তড়িৎবিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলে।

তুল্য পরিবাহীতা : এক গ্রাম তূল্য তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রব যতটুকু দ্রবণের আয়তনে থাকে উহাকে 1cm দূরত্বে অবস্থিত দুটি বৃহৎ তড়িৎদ্বয়েরমধ্যে স্থাপন করলে যে পরিবাহীতা পাওয়া যায় তাকে তূল্য পরিবাহীতা বলে। তূল্য পরিবাহীতাকে $\wedge$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। কোন দ্রবণের ঘনমাত্রা C_{eq} গ্রাম তূল্য/লিটার হলে 1 গ্রাম তূল্য দ্রব দ্রবিভূত থাকবে $\frac{1000}{Ceq}cm^3$-এ। আবার $1\ cm^3$ বা $1\ ml$ দ্রবণের পরিবাহীতাই আপেক্ষিক পরিবাহীতা।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। নিচের কোনটি ইলেকট্রোলাইট -

ক) চিনি
খ) কেরোসিন
গ) প্যারাফিন ওয়েল
ঘ) হাইড্রোক্লোরিক এসিড

২। শক্তিশালী তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে দ্রবণের ঘনমাত্রা কমালে -

ক) আপেক্ষিক পরিবাহিতা বাড়ে
খ) আপেক্ষিক পরিবাহিতা কমে
গ) আপেক্ষিক পরিবাহিতা অপরিবর্তিত থাকে
ঘ) আপেক্ষিক পরিবাহিতা তূল্যপরিবাহিতার সমান হয়

৩। কোনটি তড়িৎ সুপরিবাহী–

ক) কাঁচ
খ) গ্রাফাইট
গ) রাবার
ঘ) চিনি

পাঠ-৫.২ ফ্যারাডের প্রথম সূত্র

উদ্দেশ্য

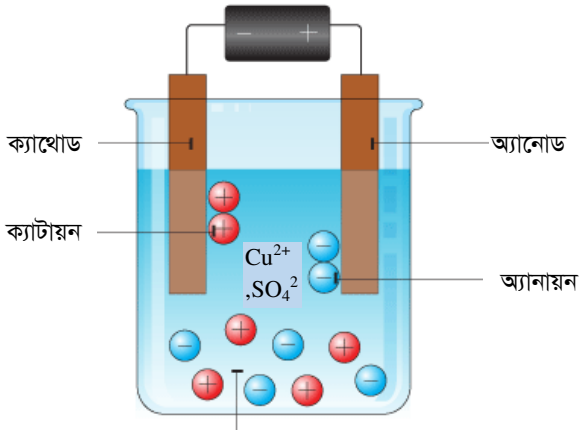
এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- ফ্যারাডের ১ম সূত্র বর্ণনা করতে পারবেন।
- একটি ধাতব আয়নের দ্রবণ হতে নির্দিষ্ট পরিমান ধাতু উৎপন্ন করতে প্রয়োজনীয় সময় গণনা করতে পারবেন।
- বিভিন্ন তড়িৎবিশ্লেষ্যের তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক নির্ণয় করতে পারবেন।
- ফ্যারাডের ১ম সূত্রের গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	ফ্যারাড, তড়িৎরাসায়নিক তূল্যাংক, কুলম্ব, অ্যাম্পেয়ার, চার্জ

আমরা জানি, তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে তড়িৎবিশ্লেষ্য জমা হয় অপরদিকে অ্যানোড ক্ষয় প্রাপ্ত হয়ে দ্রবণে আয়ন হিসাবে দ্রবিভূত হয়। বিজ্ঞানী ফ্যারাডে, ব্রিটিশ রসায়ন ও পদার্থবিদ বিভিন্ন তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করে, তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে জমাকৃত বা অ্যানোড হতে ক্ষয়প্রাপ্ত পদার্থের পরিমাণের সাথে দ্রবণের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুতের সম্পর্ক স্থাপন করেন। তার এই সূত্র (১৮৩৪) ফ্যারাডের সূত্র নামে পরিচিত।

ফ্যারাডের ১ম সূত্র : তড়িৎ বিশ্লেষণ এর সময় ক্যাথোডে জমাকৃত অথবা অ্যানোডে ক্ষয়প্রাপ্ত পদার্থের পরিমাণ তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ এর সমানুপাতিক।



কোন তড়িৎ বিশ্লেষণে যদি Q কুলম্ব চার্জ প্রবাহের ফলে ক্যাথোডে জমাকৃত পদার্থের পরিমান বা অ্যানোড ক্ষয়কৃত পদার্থের পরিমাণ W হলে

$W = ZQ$..... (i)

$W = ZIt$..... (ii)

এখানে Z তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক এবং t সময় যাবৎ I অ্যাম্পেয়ার বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে Q চার্জ প্রবাহিত হলে $Q = It$।

যদি $I = 1$ amp এবং $t = 1$sec হয় তবে

(ii) নং সমীকরণ হতে আমরা পাই

$W = Z$ ..... (iii)

অর্থাৎ 1 amp বিদ্যুৎ 1 sec সময় প্রবাহিত হলে যে পরিমাণ পদার্থ ক্যাথোডে জমা হয় তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক (Electrochemical equivalance)বলে ।

এক কুলম্ব 1c (1amp বিদ্যুৎ 1sec) বিদ্যুৎ দ্বারা হাইড্রোজেন যৌগ হতে 0.0000104 g হাইড্রোজেন পাওয়া যায়। সুতরাং হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক 0.0000104 g। অনুরূপভাবে কপারের তড়িৎ রসায়নিক তূল্যাংক 0.00329 g।

পরীক্ষা দ্বারা প্রমানিত হয়েছে যে, কোন তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের এক গ্রামতূল্যভর পরিমান উৎপন্ন করতে ৯৬৫০০ কুলম্ব পরিমান চার্জ এর প্রয়োজন হয়। এ পরিমান চার্জকে **এক ফ্যারাডে (1 Faraday) বলে** । একে F দ্বারা নির্দেশ করা হয়। ফ্যারাডের প্রথম সূত্রের মূল কথা হলো যত বেশি বিদ্যুৎ তত বেশী উৎপাদ। এক মোল উৎপাদের জন্য প্রয়োজন nF বিদ্যুৎ। এখানে n তড়িৎ বিশ্লেষ্যের জারণ সংখ্যা। অর্থাৎ H^+ থেকে একমোল H পরমাণু উৎপন্ন করতে 1F চার্জ তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত করতে হয়। এখানে $n = ১$ যেহেতু H^+ আয়নের জারণ সংখ্যা ১। আবার Zn^{2+} থেকে একমোল Zn উৎপন্ন করতে 2F চার্জ তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত করতে হয়। এখানে $n = ২$ যেহেতু Zn^{2+} আয়নের জারণ সংখ্যা ২।

1F=96500 C = 1.0 mol. Electron= 1Sec 1 amp current

ফ্যারাডের ১ম সূত্রের গুরুত্ব :ফ্যারাডের প্রথম সূত্রের সাহায্যে বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের তড়িৎ-রসায়নিক তূল্যতা নির্ণয় করা যায়। কতটুকু রাসায়নিক দ্রব্য উৎপন্ন করতে কত সময়, কত অ্যাম্পেয়ার বিদ্যুৎ প্রবাহিত করতে হবে তা নির্ণয় করা যায়।

ফ্যারাডের সূত্রের প্রযোজ্যতা ও সীমাবদ্ধতা (Applicability and Limitation of Faraday's Law)

ক) প্রযোজ্যতা: (i) ফ্যারাডের সূত্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবন ও গলিত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে সমভাবে প্রযোজ্য।

(ii) ফ্যারাডের সূত্রের চাপ ও দ্রবণের ঘনমাত্রার কোন প্রভাব নাই। তবে তাপমাত্রার প্রভাব আছে। তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে দ্রবণের সন্দ্রতা হ্রাস পায় ফলে আয়ন পরিবহন সহজতর হয়।

খ) সীমাবদ্ধতা: (i) ফ্যরাডের সূত্র কেবলমাত্র তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহীর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য ইলেক্ট্রনিক বা ধাতব পরিবাহীর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়। কারণ এক্ষেত্রে জারণ-বিজারণ ঘটে না।

(ii) যেক্ষেত্রে শতভাগ তড়িৎবিশ্লেষ্য পদ্ধতিতে তড়িৎ পরিবাহীত হয় শুধুমাত্র সে সবক্ষেত্রে শতভাগ ফ্যারাডের সূত্র প্রযোজ্য হবে।

(iii) কোন তড়িৎবিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে একসাথে একাধিক জারণ-বিজারণ ঘটলে ফ্যারাডের সূত্রের গণনার ক্ষেত্রে ত্রুটি ঘটবে।

ফ্যরাডের প্রথম সূত্রের প্রয়োগ : ফ্যারাডের প্রথম সূত্রের সহায্যে আমরা কোন নির্দিষ্ট পরিমান পদার্থ ক্যাথডে জমা হতে কত সময় লাগবে তা গণনা করা যায়। একই ভাবে একটি নির্দিষ্ট সময়ে কতটুকু পদার্থ ক্যাথডে জমা হবে তা হিসাব করতে পারি। ইলেকট্রোপ্লেটিং এর ক্ষেত্রে ফ্যারাডের সূত্রের প্রয়োগ দেখা যায়।

ইলেকট্রোপ্লেটিং : ইলেকট্রোলাইসিস পদ্ধতিতে কোন ধাতব পদার্থের উপর অন্যকোন ধাতুর পাতলা প্রলেপ দেয়ার পধদ্ধতিকে ইলেকট্রোপ্লেটিং বলে। ধাতুর তৈরী বিভিন্ন ব্যবহার্য বস্তুর উপর ইলেকট্রোপ্লেটিং করে উহার দীর্ঘস্থায়িত্বতা ও উহার সৌন্দর্য বৃদ্ধি করা হয়। যেমন লোহা ও সীসার তৈরী বিভিন্ন পদার্থের উপর নিকেলের ইলেকট্রোপ্লেটিং করা হয় ফলে উহার স্থায়িত্ব বৃদ্ধি পায় এবং একই সাথে সীসার তৈরী জিনিস ব্যবহার উপযোগী হয়। কারণ সীসার তৈরী জিনিস বিষক্রিয়া ঘটায় কিন্তু ইলেকট্রোপ্লেটিং বিষক্রিয়া প্রতিরোধ করে। অলংকারদি তৈরীতে বিভিন্ন ধাতুর মাধ্যমে ইলেকট্রোপ্লেটিং ব্যবহার হয়ে থাকে।

সমস্যা-১ : 0.5amp বিদ্যুৎ প্রবাহ 5min ধরে তুঁতের জলীয় দ্রবণে চালনা করলে কি পরিমাণ কপার সঞ্চিত হবে?

সমাধান : কপারের তড়িৎরাসায়নিক তূল্যাংক $= \frac{\text{পারমানবিক ভর } g}{96500 \times \text{কপারের জারণ সংখ্যা}}$

$$= \frac{63.5}{96500 \times 2}$$
$$= 0.000329 \text{ g/C}$$

ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে-

$W = ZIt$..... (i)

$= 0.000329 \times 0.5$

$= 0.000329 \times 0.5 \times 300$

$= 0.04935$ g

এখানে $Z = 0.000329$ g/C

$I = 0.5$ amp

$t = 5 \times 60$ sec

$= 300$sec

সমস্যা-২ : জিঙ্ক সালফেটের দ্রবণে 2 মিনিট যাবত 0.5 অ্যাম্পেয়ার বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে ক্যাথডে জমাকৃত জিঙ্ক এর পরিমান কত? [জিঙ্ক এর তড়িৎ রসায়নিক তূল্যাংক 0.00034g/C ।]

সমাধান : আমরা জানি, $W = ZIt$..... (i)

$\therefore W = 0.00034 \times 0.5 \times 2 \times 60$

$= 0.0204$g

এখানে,

$Z = 0.00034$ g

$I = 0.5$ amp

$t = 2 \times 60$ sec

$W = ?$

সমস্যা-৩ : পাতলা H_2SO_4 এর মধ্য দিয়ে কত মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ করলে 2 hr এ 0.1 mol H_2 গ্যাস মুক্ত হবে? [এখানে $Z_H = 0.0000104$ g/C]

সমাধান :

আমরা জানি,

$W = ZIt$..... (i)

$\therefore I = \frac{W}{Zt}$

$= \frac{0.1008}{0.0000104 \times 2 \times 60 \times 60}$

$= 1.345$ amp

এখানে,

$t = 2 \times 60 \times 60$

$Z = 0.0000104$ g/C

$W = 1.098 \times 0.1$

$= 0.1008$ g

$I = ?$

শিক্ষার্থীর কাজ	ক্যাথোডে জমাকৃত পদার্থের পরিমাণ কত হবে ?	
ইলেকট্রোলাইট	**0.5 amp প্রবাহিত বিদ্যুৎ এর সময়**	**ক্যাথোডে জমাকৃত পদার্থের পরিমাণ**
$CuSO_4$	1min	
$NiSO_4$	5min	
$Al_2(SO_4)_3$	3.5min	

সার-সংক্ষেপ :

ফ্যারাডের ১ম সূত্র : তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় ক্যাথোডে জমাকৃত অথবা অ্যানোড ক্ষয়প্রাপ্ত পদার্থের পরিমাণ তড়িৎবিশ্লেষ্যর মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ এর সমানুপাতিক।

কোন তড়িৎ বিশ্লেষণে যদি Q কুলম্ব চার্জ প্রবাহের ফলে ক্যাথোডে জমাকৃত পদার্থের পরিমাণ বা অ্যানোডে ক্ষয়কৃত পদার্থের পরিমাণ W হলে, $W = ZQ$, Z = তড়িৎ রসায়নিক তূল্যাংক, Q = প্রবাহিত চার্জ।

তড়িৎরসায়নিক তূল্যাংক : 1 অ্যাম্পেয়ার বিদ্যুৎ 1 সেকেন্ড সময় কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হলে যে পরিমাণ পদার্থ ক্যাথোডে জমা হয় তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তড়িৎরসায়নিক তূল্যাংক বলে।

ফ্যারাডে: 96500 কুলম্ব চার্জকে 1 ফ্যারাডে বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। 27 গ্রাম Al জমা করতে কী পরিমাণ বিদ্যুৎ লাগবে?

ক) 1F খ) 3F গ) 13.5F ঘ) 27F

২। $ZnSO_4$ দ্রবণে 1.0 কুলম্ব চার্জ প্রবাহিত করা হলো অ্যানোড হতে দ্রবীভূত Zn এর পরিমাণকত?

ক) 34.5g খ) 0.00034g গ) 32.7g ঘ) 0.00348g

পাঠ-৫.৩ ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র

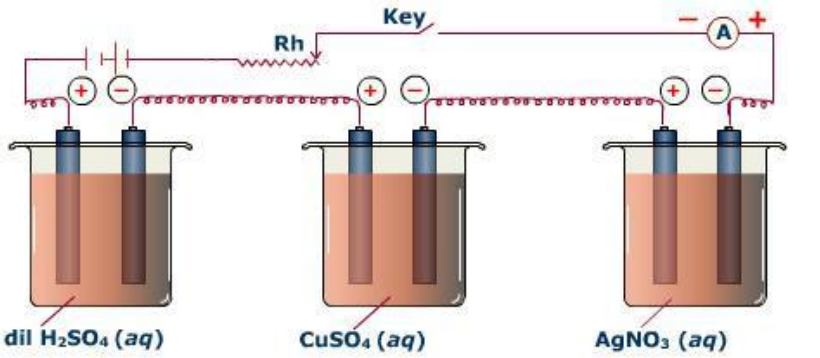
উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র বর্ণনা করতে পারবেন।
- কোন একটি আয়নের তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক জানা থাকলে অজানা আয়নের তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক নির্ণয় করতে পারবেন।
- তড়িৎ কার্যকারিতা হিসেব করতে পারবেন।
- ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের গুরুত্ব ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- বিভিন্ন ধাতুর সক্রিয়তা সম্পর্কে ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	ফ্যারাড, তড়িৎ কার্যকারিতা, তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক, কুলম্ব, অ্যাম্পেয়ার, চার্জ

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রঃ বিভিন্ন তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যদিয়ে একই পরিমান বিদ্যুৎ পরিচালনা করলে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত পদার্থের পরিমাণ উহাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তূল্যাংকের সমানুপাতিক হবে।



চিত্র : সিরিজে সংযুক্ত তড়িৎ রাসায়নিক কোষ

সূত্রানুসারে আমরা লিখতে পারি, $\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1}{E_2}$

এখানে, W_1= ১ নং সেলের ক্যাথডে জমাকৃত ধাতুর পরিমাণ

W_2 =২ নং সেলে ক্যাথডে জমাকৃত ধাতুর পরিমাণ

E_1 =১ নং সেলের ক্যাটায়নের রাসায়নিক তুল্যাংক

E_2 =২ নং সেলের ক্যাটায়নের রাসায়নিক তুল্যাংক

বা, $\frac{Z_1 It}{Z_2 It} = \frac{E_1}{E_2}$ [আমরা জানি, $W = ZIt$]

বা, $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{E_1}{E_2}$ .. ..(ii)

বা, $Z_1 = \frac{E_1}{E_2} \times Z_2$..... (iii)

অর্থাৎ (ii) নং সমীকরণ হতে দেখা যায় রাসায়নিক তুল্যাংক তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংকের সমানুপাতিক।

কোন এক্সপেরিমেন্টাল ডাটা গ্রহন না করেই শুধুমাত্র গাণিতিক হিসাবের মাধ্যমে (iii) নং হতে আমরা খুব সহজেই একটি আয়নের তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যতা জানা থাকলে অপর অজানা আয়নের তড়িৎ রসায়নিক তূল্যতা নির্ণয় করতে পারি ।

ধরি আমরা জিঙ্ক এর তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক নির্ণয় করব কিন্তু আমাদের শুধুমাত্র হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক জানা আছে।

সুতরাং জিঙ্ক এর তড়িৎরাসায়নিক তূল্যাংক, $Z_1 = \frac{E_1}{E_2} \times Z_2$

E_1 = জিঙ্ক এর রাসায়নিক তূল্যাংক =32.69

E_2 = Hএর রাসায়নিক তূল্যাংক =1.0079

Z_2 = Hএর তড়িৎ-রাসায়নিক তূল্যাংক = 0.00001045

$\therefore Z_1 = \frac{32.69}{1.0079} \times 0.00001045$

= 0.000339g

কিছু গুরুত্বপূর্ণ টার্ম (Some important terms)

কুলম্ব : ১ সেকেন্ড সময় ব্যাপিয়া ১ অ্যাম্পেয়ার বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে যে পরিমান চার্জ পরিবাহিত হয় তাকে ১ কুলম্ব চার্জ বলে।

অ্যাম্পেয়ার : ১ ওহ্‌ম রোধ বিশিষ্ট কোন পরিবাহীর দুই প্রান্তে ১ ভোল্ট বিভব পার্থক্য থাকলে ঐ পরিবাহীর মধ্যদিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমান বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় তাকে এক অ্যাম্পেয়ার বলে।

ভোল্ট : ১ ওহ্‌ম রোধ বিশিষ্ট কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়ে ১ অ্যাম্পেয়ার বিদ্যুৎ পাঠাতে পরিবাহীর দুই প্রান্তে যে বিভব পার্থক্যের প্রয়োজন হয় তাকে ১ ভোল্ট বলে।

তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক : কোন তড়িৎবিশ্লেষ্যের মধ্যদিয়ে ৯৬৫০০ কুলম্ব বা ১ ফ্যারাডে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথডে যে পরিমাণ পদার্থ জমা হয় অথবা অ্যানোডে যে পরিমাণ ক্ষয় হয় তাকে তড়িৎ রসায়নিক তূল্যাংক বলে।

যেমন, ১ ফ্যারাডে বা ৯৬৫০০ কুলম্ব চার্জ $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হলে ১/২ মোল Cu ধাতু উৎপন্ন হয়।

১/২ মোল Cu এর ভর ৬৩.৫/২=৩১.৭৫ গ্রাম। সুতরাং Cu এর রাসায়নিক তূল্য ভর = ৩১.৭৫ গ্রাম

তড়িৎরাসায়নিক তূল্যাংকঃ ১ কুলম্ব চার্জ কোন তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হলে যে পরিমান পদার্থ ক্যাথডে জমা হয় বা অ্যানোডে ক্ষয় প্রাপ্ত হয় তাকে তড়িৎরাসায়নিক তূল্যাংক বলে।

সুতরাং**রাসায়নিক তূল্যাংক = তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক** × **৯৬৫০০**

এক মোলের ভর = রসায়নিক তূল্যাংক × চার্জসংখ্যা

= তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক × ৯৬৫০০× চার্জসংখ্যা

তড়িৎরাসায়নিক তূল্যাংক Z = এক মোলের ভর M/ চার্জসংখ্যা × **৯৬৫০০**

সুতরাং আনবিক ভর, আয়নের চার্জ সংখ্যা জানা থাকলে আমরা খুব সহজেই তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক নির্ণয় করতে পারি।

শিক্ষার্থীর কাজ	টেবিলের ফাঁকা ঘরগুলো পূর্ণ করুন	
আয়ন	**রাসায়নিক তূল্য ভর**	**তড়িৎরাসায়নিক তূল্যভর**
Al^{3+}		
Cu^{2+}		
Ca^{2+}		
Ag^{+}		

তড়িৎ কার্যকারীতা : আমরা ফ্যারাডের সূত্র ব্যবহার করে বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যে হতে কত সময়ে কতটুকু পদার্থ জমা হবে বা কতটুকু পদার্থ অ্যানোড হতে দ্রবণে চলে যাবে তা হিসাব করতে পারি। কিন্তু সব সময় হিসাব অনুযায়ী পদার্থ ক্যাথডে জমা হয় না বা অ্যানোড থেকে ক্ষয় প্রাপ্ত হয় না। বাস্তবে জমকৃত পদার্থের পরিমাণ কম হয়ে থাকে। বাস্তবে জমকৃত পদার্থ ও হিসাবকৃত পদার্থের হারকে তড়িৎ কার্যকারীতা বা তড়িৎ দক্ষতা।
অর্থৎ তড়িৎ কার্যকারিত হচ্ছে প্রকৃত বিয়োজিত বা জমাকৃত পদার্থ ও তাত্ত্বিক বিয়োজিত পদার্থ বা জমাকৃত পদার্থ এর অনুপাতের শতকরা হার।

$$\text{সুতরাং তড়িৎ কার্যকারীতা} = \frac{\text{প্রকৃত বিয়োজিত তড়িৎ বিশ্লেষ্য} \times ১০০}{\text{তত্ত্বিক বিয়োজিত তড়িৎ বিশ্লেষ্য}}$$

সমস্যা-১ : $Cu(NO_3)_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে 1.7 A বিদ্যুৎ 1 ঘন্টা প্রবাহিত করলে 5.7 g লবণ বিয়োজিত হয়। তড়িৎ কার্যকারিতা নির্ণয় করুন।

সমাধান : আমরা জানি Cu এর তূল্য ভর $\frac{63.5}{2} = 31.75$ g

$$Cu(NO_3)_2 = 93.79$$

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে প্রবাহীত চার্জ $= 1.7 \times 60 \times 60 = 6120$ C

96500 C চার্জ বিয়োজিত করতে পারে 93.79 g $Cu(NO_3)_2$

1 C চার্জ বিয়োজিত করতে পারে $= \frac{93.79}{96500}$

6120 C চার্জ বিয়োজিত করতে পারে $\frac{9379 \times 6120}{96500} = 5.948$ g

সুতরাং তড়িৎ কার্যকারিতা $= \frac{5.70}{5.948}$

$$= 95.83$$

ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ (Activity Series of Metals)

ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ হচ্ছে একটি হাতিয়ার (tool) যার মাধ্যমে কোন প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার উৎপাদ সম্পর্কে পূর্বানুমান করা হয় এবং একই সাথে পানি ও এসিড দ্রবণের সাথে ধাতুর প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার আপেক্ষিক সক্রিয়তা নির্ধারণ করা হয়। এ টুলটি(tool) একই ধরণের বিক্রিয়ায় ভিন্ন ধাতু ব্যবহার করলে কি উৎপাদন হতে পারে তা অনুমান করার জন্যও ব্যবহৃত হয়।
মূলত সক্রিয়তা সিরিজ হচ্ছে একটি ছক যেখানে বিভিন্ন ধাতু তাদের সক্রিয়তার ক্রম অনুযায়ী একটি কলামে সজ্জিত থাকে। কলামের উপরের দিকে অধিক সক্রিয় ধাতু এবং নিচের দিকে ক্রমানুযায়ী কম সক্রিয় ধাতুকে সজ্জিত করা হয়। উদাহরণ হিসেবে আমরা জিংক ও ম্যাগনেশিয়ামের কথা উল্লেখ করতে পারি। Zn ও Mg উভয়ই এসিড হতে H_2 গ্যাস প্রতিস্থাপন করতে পারে।

$$Mg + H^+ \rightarrow Mg^{2+}(aq) + H_2$$
$$Zn + H^+ \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2$$

কিন্তু ম্যাগনেসিয়াম ধাতু দ্রবণ হতে Zn^{2+} প্রতিস্থাপন করতে পারে

$$Mg_{(s)} + 2n^{2+} \rightarrow Mg^{2+} + Zn \quad (s)$$

এ থেকে বোঝা যায় Mg জিঙ্ক হতে অধিক সক্রিয় এবং উভয় ধাতুই H_2 হতে সক্রিয়।নিচের ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ বাচার্ট দেয়া হলো-

প্রতীক	ধাতুর নাম	সক্রিয়তা
Li K Sr Ca Na	লিথিয়াস পটাসিয়াম স্ট্রনসিয়াম ক্যালসিয়াম সোডিয়াম	পানি, স্টীম ও এসিডের সাথে বিক্রিয়া করে H_2 গ্যাস প্রতিস্থাপন করে এবং হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন হয়।
Mg Al Zn Cr	ম্যাগনেসিয়াম অ্যালুমিনিয়াম জিংক ক্রোমিয়াম	জলীয়বাষ্প, এসিড হতে H_2 গ্যাস প্রতিস্থাপন করে এবং হাইড্রোক্সাইড উৎপন্ন হয়।
Fe Cd Co Ni Sn Pb	আয়রন ক্যাডমিয়াম কোবাল্ট নিকেল টিন লেড	শুধুমাত্র এসিড হতে H_2 গ্যাস প্রতিস্থাপন করে।
H_2 গ্যাস	হাইড্রাজেন গ্যাস	এখানে H_2 কে যুক্ত করা হয়েছে তুলনা করার জন্য।
Sb As Bi Cu	এন্টিমনি আর্সেনিক বিসমাথ কপার	অক্সিজেনের সাথে বিক্রিয় করে অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং H_2 প্রতিস্থাপন করতে পারে না।
Sb As Bi Cu	এন্টিমনি আর্সেনিক বিসমাথ কপার	প্রকৃতিতে মুক্তাবস্থায় পাওয়া যায় এবং এদের অক্সাইডসমূহকে তাপে বিয়োজিত করা যায়।

শিক্ষার্থীর কাজ | **ধাতুর সক্রিয়তা পরীক্ষা (Test of the activity of Metal)**

ভূমিকা: ধাতু সমূহ ইলেকট্রন ত্যাগের মাধ্যমে রাসায়নিক বিক্রিয়ার অংশগ্রহণ করে। যে ধাতু যত সক্রিয় উহা তত সহজে ইলেকট্রন ত্যাগ করতে পারে। পর্যায় সারণির ডান হতে বামে ধাতুর সক্রিয়তা বৃদ্ধি পায় এবং উপর হতে নিচের দিকের মৌলের সক্রিয়তা বেশী হয়। নিচের বর্ণিত পরীক্ষার মাধ্যমে আমরা চারটি ধাতুর আপেক্ষিক সক্রিয়তা নির্ণয় করব যাতে বোঝা যাবে কোন ধাতু কোন ধাতুকে প্রতিস্থাপন করতে পারবো।

প্রয়োজনীয় দ্রবাদি : ধাতু (Copper, Lead, Magnesium, Zinc), পর্যায় সারণি, O.1M HCl, $AgNO_3$, Pb $(NO_3)_2$, $Zn(NO_3)_2$; স্টীল উল, টেস্ট টিউব, টেস্ট টিউব র‍্যাক।

বর্ণনা (Procedure) :

১. কপার, লেড, ম্যাগনেসিয়াম ও জিঙ্কের আপেক্ষিক সক্রিয়তা নির্ণয়ের জন্য চারটি টেস্ট টিউবকে 1 হতে 4 পর্যন্ত নাম্বারিং করুন।

২. প্রত্যেকটি টেস্ট টিউবে O.1M HCl দ্বারা আনুমানিক 2cm পর্যন্ত পূর্ণ করুন এবং টেস্ট টিউব র‍্যাকে রেখে দিন।

৩. কিছু ষ্টিল উল দিয়ে প্রত্যেকটি ধাতুর পাতকে (Cu, Pb, Mg, Zn) ভাল ভাবে পরিষ্কার করুন। প্রত্যেকটি ধাতুর পাতকে একটি করে টেস্ট টিউবে স্থাপন করুন। যাতে Cu 1 নং, Pb 2 নং, Mg 3 নং ও Zn 4 নং টিউবে স্থান পায়। এভাবে ধাতুর পাতসমূহকে 3-5 মি. রেখে দিন।

৪. প্রত্যেকটি পাতের উপর H_2 গ্যাসের বাবল (Bubbles) পর্যবেক্ষণ করুন এবং উহাদের পরিমাণ নিম্নে প্রদত্ত ছকে লিপিবদ্ধ করুন।

৫. টেস্ট টিউবসমূহকে পাতিত পানি দ্বারা ধৌত কর এবং ব্যবহৃত ধাতব পাত সমূহ ফেলে দিন।

৬. এরপর অন্য চারটি দ্রবণের যে কোন একটি নিয়ে চারটি টেস্ট টিউব 2cm পর্যন্ত পূর্ণ করুন এবং পূর্বের স্টিল উল দ্বারা নতুন ধাতব পাত পরিষ্কার করে প্রত্যেকটি টেস্ট টিউবে একটি করে ধাতবপাত স্থাপন করে 3-5 মিনিট রেখে দিন।

৭. প্রত্যেকটি পাতের ওপর পর্যবেক্ষণ করে উহাদের পৃষ্ঠ দেশে দানা অথবা বর্ণ পরিবর্তনের সংখ্যা নির্ণয় করে নিম্নলিখিত ছকে লিপিবদ্ধ করুন।

৮. এভাবে অন্যান্য দ্রবণ নিয়ে পূর্বের ন্যায় নতুন পরিষ্কার ধাতব পাত উহাতে স্থাপন করে উহাদের যথাযথভাবে পর্যবেক্ষণ করুন এবং স্পট মার্ক সংখ্যা ছকে নির্দিষ্ট স্থানে লিপিবদ্ধ করুন।

৯. এরপর টেবিলে লিপিবদ্ধ চেক মার্ক সংখ্যা গণনা করে উহাদের আপেক্ষিক সক্রিয়তা নির্ণয় করুন এবং ইতিপূর্বে উপস্থাপিত সক্রিয়তা সিরিজের টেবিলের সাথে মিলিয়ে দেখুন।

১০. উহার ফলাফল লিপিবদ্ধ করুন।

সক্রিয়তা পরিমাপের পরীক্ষার ছক

ধাতু	পরীক্ষনীয় দ্রবণ **0.1 M**					পর্যবেক্ষণ
	HCl	$AgNO_3$	$Pb(NO_3)$	$CuSO_4$	$Zn(NO_3)$	সক্রিয়তা
Cu Pb Mg Zn						

ফলাফল: পর্যবেক্ষিত ফলাফল হতে নিম্নলিখিত সক্রিতার ক্রম ১ > ২ > ৩ > ৪ পাওয়া গেল যা সক্রিয়তা সিরিজের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ।

সার-সংক্ষেপ :

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র: বিভিন্ন তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থের মধ্যদিয়ে একই পরিমান বিদ্যুৎ পরিচালনা করলে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত পদার্থের পরিমাণ উহাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তূল্যাংকের সমানুপাতিক হবে।

রাসায়নিক তূল্যাংক = তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক × ৯৬৫০০

এক মোলের ভর = রসায়নিক তূল্যাংক × চার্জসংখ্যা

= তড়িৎ রাসায়নিক তূল্যাংক × ৯৬৫০০× চার্জসংখ্যা

তড়িৎরাসায়নিক তূল্যাংক Z = এক মোলের ভর M/চার্জসংখ্যা × ৯৬৫০০

ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ: মূলত সক্রিয়তা সিরিজ হচ্ছে একটি ছক যেখানে বিভিন্ন ধাতু তাদের সক্রিয়তার ক্রম অনুযায়ী একটি কলামে সজ্জিত থাকে। কলামের উপরের দিকে অধিক সক্রিয় ধাতু এবং নিচের দিকে ক্রমানুযায়ী কম সক্রিয় ধাতুকে সজ্জিত করা হয়।

তড়িৎ কার্যকারিতা: তড়িৎ কার্যকারিতা হচ্ছে প্রকৃত বিয়োজিত বা জমাকৃত পদার্থ ও তাত্ত্বিক বিয়োজিত পদার্থ বা জমাকৃত পদার্থ এর অনুপাতের শতকরা হার।

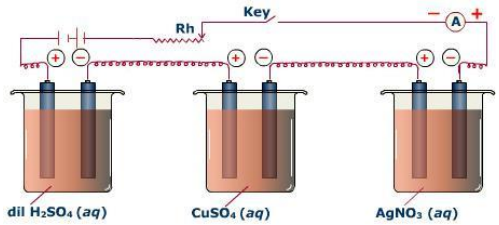
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৩

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। জিঙ্ক সালফেট দ্রবণে ২ মিনিট যাবত ০.৫ অ্যাম্পেয়ার বিদ্যুৎ চালনা করার ফলে জমাকৃত পদার্থের পরিমান 0.0204 g। হিসাবকৃত পদার্থের পরিমান 0.0217g হলে তড়িৎ কার্যকারিতা কত ?

ক) ৯৪% খ) ৯৩.৫% গ)৯৫% ঘ) ৯৩%

২।



১ নং সেল ২ নং সেল ৩ নং সেল

$AgNO_3$ও $CuSO_4$এর জলীয় দ্রবণ দুটি তড়িৎরাসায়নিক সেলে নিয়ে ওপরের চিত্রের ন্যায় সিরিজে যুক্ত করা হলো। দেখা গেল মাঝের সেলের ক্যাথডে ০.০২৫ গ্রাম Cu জমাহয়েছে। তবে ৩য় সেলের ক্যাথডে জমাকৃত Ag এর পরিমাণ নিচের কোনটি ?

ক) ০.০৭৪৫০ g খ) ০.০৮০৪৯ g গ) ০.০৮৪৯৫ g ঘ) ০.০৯৫৯ g

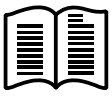
পাঠ-৫.৪ তড়িৎ রাসায়নিক কোষ ও তড়িৎদ্বার

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- তড়িৎ-রাসায়নিক কোষ বর্ণনা করতে পারবেন।
- তড়িৎদ্বার কী তা ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- গ্যালভানিক সেল ও তড়িৎবিশ্লেষ্য সেলের পার্থক্য করতে পারবেন।
- তড়িৎ রসায়নিক সেল সেল-নোটেশনের মাধ্যমে উপস্থাপন করতে পারবেন।
- প্রমান হাইড্রেজেন ইলেকট্রোড ও ক্যালোমেল ইলেকট্রোড বর্ণনা করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	তড়িৎরাসায়নিক সেল, গ্যালভানিক সেল, ড্যানিয়েল সেল, ইলেকট্রোড বিভব, ক্যালোমেল ইলেকট্রোড, কোষবিভব



তড়িৎ রাসায়নিক কোষ (Electrolytic cell)

যে যন্ত্রে তড়িৎ শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় অথবা রাসায়নিক শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে রাসায়নিক কোষ বলে। ইতিপূর্বে আমরা দেখেছি তড়িৎকোষে দুটি তড়িৎদ্বার (Electrode) থাকে যা ইলেকট্রোলাইট বা তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণে ডুবানো থাকে। এই তড়িৎদ্বারদ্বয়ের মাধ্যমেই তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে বাইরের উৎস হতে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় অথবা তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণ হতে বিদ্যুৎ বাহিরের বর্তনীতে প্রবেশ করে। বিদ্যুৎ বাহির হতে দ্রবণে প্রবেশ করে না দ্রবণ হতে বাহিরের বর্তনিতে প্রবেশ করে তার উপর ভিত্তি করে তড়িৎ রাসায়নিক কোষকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে।

১. ইলেকট্রোলাইটিক সেল (Electrolytic cell):

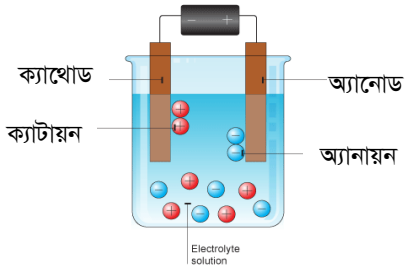
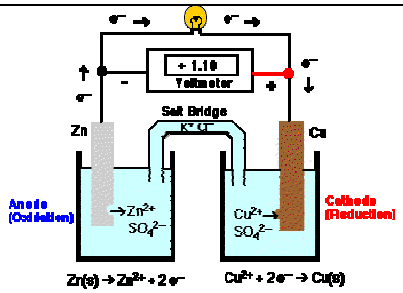
যে সেলে বাহিরের উৎস হতে বিদ্যুৎ তড়িৎ দ্বারের মধ্যদিয়ে দ্রবণে প্রবেশ করে অর্থাৎ তড়িৎ শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে ইলেকট্রোলাইট সেল বলে। যেমন নেলসন ডায়াফার্ম সেল ও মারকারী ক্যাথোড সেল ইহাদের উদাহরণ।

২. গ্যালভানিক সেল বা ভোল্টাইক সেল (Galvanic cell বা Voltaic cell):

যে সেলে ইলেকট্রোডদ্বয়ের সাথে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে গ্যালভানিক সেল বা ভোল্টাইক সেল বলে। যেমন, ড্যানিয়েল সেল।

ইলেকট্রোলাইটিক সেল ও গ্যালভানিক সেলের পার্থক্য:

ইলেক্ট্রোলাইটিক সেল	তড়িৎরসায়নিক সেল/গ্যালভানিক সেল
১। এখানে বাহিরের উৎস হতে সেলে বিদ্যুৎ প্রবেশ করে। ফলে তড়িৎবিশ্লেষ্যের বিয়োজন ঘটে।	১। এখানে ইলেকট্রোডের উপর রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে ফলে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

 ইলেকট্রোলাইটিক সেলের চিত্র	 গ্যালভানিক সেলের চিত্র
২। এটি বিদ্যুৎ শোষণকারী সেল।	২। এটি বিদ্যুৎ উৎপাদনকারী সেল।
৩। ইলেকট্রোডদ্বয় বইয়ের কোন তড়িৎচালক বলের উৎসের সাথে সংযুক্ত থাকে।	৩। এদের ইলেকট্রোডদ্বয় পরিবাহী তারের সাথে যুক্ত থাকে ফলে উৎপাদিত বিদুৎ পরিচালিত হতে পারে।
৪। এদের অ্যানোড ধনাত্মক ও ক্যাথোড ঋণাত্মক।	৪। এদের অ্যানোড ঋণাত্মক ও ক্যাথোড ধনাত্মক।
৫। নেলসন ডায়ফ্রাম সেল এর উদাহরণ।	৫। ডেনিয়েল সেল এর উদাহরণ।

তড়িৎ রাসায়নিক সেল উপস্থাপনের চিহ্ন, রীতি ও প্রতীক (Conventional notation and signis of Electrochemical cell): তড়িৎ রাসায়নিক সেল যে কোন দুটি ইলেকট্রোডের সমন্বয়ে গঠিত। এই সেল বা ইলেকট্রোডকে যথার্থভাবে উপস্থাপনের জন্য কতকগুলো চিহ্ন বা প্রতীক ব্যবহার করা হয়। এই রীতি সেলে সংঘটিত বিক্রিয়ার সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ একই সাথে তাপগতি বিজ্ঞানের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ। সেলকে যথাযথভাবে উপস্থাপনের জন্য এতে ব্যবহৃত পদার্থের অবস্থা, গাঢ়ত্ব উল্লেখ করা প্রয়োজন। কারণ এগুলোর উপর ইলেকট্রোডের বিভব নির্ভরশীল। নিচে এই সম্পর্কে প্রচলিত কিছু রীতি উল্লেখ করা হলো।

১. ইলেকট্রোড এবং তড়িৎবিশ্লেষ্য অথবা দুটি তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্যবর্তী স্থানটি একটি খাড়া রেখা (Vertical line) বা কমা (,) দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যেমন- Zn, Zn^{2+} অথবা Zn। Zn^{2+}

২. তড়িৎদ্বার লিখায় এবং তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া সমীকরণে রাসায়নিক দ্রব্যাদির ভৌত দশা যেমন কঠিন (S) তরল (l) ও জলীয় দ্রবণ (aq) ইত্যাদি উল্লেখ করতে হয়। ইলেকট্রোড/তড়িৎ বিশ্লেষ্য -এইভাবে লিখলে জারণ এবং তড়িৎবিশ্লেষ্য/ইলেকট্রোড-এইভাবে লিখলে বিজারণ বুঝায়।

যেমন, $Zn|Zn^{2+}(aq)$ এভাবে লিখলে জারণ বিক্রিয়া $Zn=Zn^{2+}+2e$

আবার, $Zn^{2+}(aq)|Zn$ এভাবে লিখলে বিজারণ বিক্রিয়া $Zn^{2+}{}_{(aq)} + 2e = Zn$

অনুরূপভাবে,

$\left.\begin{matrix}Cu/Cu^{2+}(aq)\\Cu, Cu^{2+}(aq)\end{matrix}\right\}$ জারণ বিক্রিয়া $Cu = Cu^{2+} + 2e$

$\left.\begin{matrix}Ag^{+}(aq)/Ag\\Ag^{+}(aq), Ag\end{matrix}\right\}$ বিজারণ বিক্রিয়া $Ag^{+}(aq) + e = Ag$

৩। ধাতব ইলেকট্রোড (২) নং নিয়ম অনুযায়ী লিখা হয় কিন্তু যেখানে নিষ্ক্রিয় ধাতুকে ইলেকট্রোড হিসাবে ব্যবহার করা হয় সেখানে ইলেকট্রোডকে আগে লিখে কমা (,) বা 'I' খাড়া দাগ দিয়ে তারপর 2 নং নিয়মে লিখা হয়।

যেমন- $Pt, H_2(P)|H^{+}(aq)$ জারন বিক্রিয়া $\frac{1}{2}H_2(p) = H^{+}(aq) + e$

$Pt|Fe^{2+}(aq)|Fe^{3+}(aq)$ জারণ $Fe^{2+}(aq) = Fe(aq) + e$

$Pt, Cl_2(p)|cl^{-}(aq)$ $\qquad Cl^{-}(aq) = \frac{1}{2}Cl_2(p) + e$

৪। দুটি একক ইলেকট্রোড সমন্বয়ে একটি পূর্ণ সেল গঠিত হয়। এইক্ষেত্রে অ্যানোডকে বামে এবং ক্যাথোডকে ডানে লিখা হয়। যেমন,

$$\begin{aligned} &Zn = Zn^{2+}(aq) + 2e \\ &Cu(aq) + 2e = Cu \\ \hline &Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu \end{aligned}$$

৫। দুইটি অর্ধ্ব সেলের মধ্যবতী একটি 'ǀ' দ্বারা বুঝা যায় অর্ধ্ব সেলদ্বয় সরাসরি সংস্পর্শে আছে। আর মধ্যবর্তী স্থানে 'ǁ' দুটি খাড়া রেখা থাকলে বোঝা যায় অর্ধ্ব সেল দ্বয় সল্ট ব্রীজ দ্বারা সংযুক্ত। যেমন-

$$Zn|Zn^{2+}(aq) \parallel Cu^{2+}(aq)|Cu$$

৬। সেলের অভ্যন্তরস্থ দ্রবণের গাঢ়ত্ব প্রকাশ করতে হলে ঐ তড়িৎবিশ্লেষ্য পদার্থটির সংকেতের পার্শ্বে প্রথম বন্ধনীর মধ্যে উহার গাঢ়ত্ব লিখা হয়।

৭। অ্যানোড ও ক্যাথোডের বিভবকে যথাক্রমে অ্যানোড বিভব ও ক্যাথোড বিভব বলা হয়।

৮। যে সেলে বাম ইলেকট্রোড হতে ইলেকট্রন মুক্ত হয়ে বাহ্যিক সার্কিটের মধ্য দিয়ে বাম ইলেকট্রোডে প্রবেশ করে সেই সেলের তড়িৎচালক বলকে ধনাত্মক ধরা হয়। যেমন-যদি উপরোক্ত সেলকে বিপরীত ভাবে লিখা হয় অর্থাৎ

$$Zn|Zn^{2+}(1M)|Cu^{2+}(1M)|Cu \;;\; E = +1.1V$$

এই সেলের বাম ইলেকট্রোডে জারণ ঘটে অর্থাৎ বাম ইলেকট্রোড হতে ইলেকট্রন মুক্ত হয়ে বাহ্যিক সার্কিটের মধ্য দিয়ে ডান ইলেকট্রোডে যাবে। যদি উপরোক্ত সেলকে বিপরীতভাবে লিখা হয় অর্থাৎ

$$Cu|Cu^{2+}(1M)|Zn^{2+}(1M)|Zn \;;\; E = -1.1\ V$$

৯। কোন সেলের তড়িৎ চালক বলের মান ঋণাত্মক হলে উহার সেল বিক্রিয়া স্বত:স্ফুর্ত হবে। যেমন

$$Pt, H_2(g)H^+(1M)|AgCl(s)|Ag$$

এখানে নিম্নরূপে বিক্রিয়া ঘটে

বাম ইলেকট্রোড : $\frac{1}{2}H_2 = H^+ + e$

ডান ইলেকট্রোড : $AgCl + e = Ag + Cl^-$

সম্পূর্ণ বিক্রিয়া $\frac{1}{2}H_2 + AgCl = Ag + Cl^- + H^+$

কোন পূর্ণ সেলের তড়িৎচালক বল ইলেকট্রোডদ্বয়ের বিভবের বীজগণিতীয় যোগফলের সমান।

$$\therefore E = E_2 - E_1$$

$$i.e., Ecel = E\ Right\ (Red) - E\ left\ (Red)$$

প্রমাণ ইলেকট্রোড বিভব (Standard electrode potential): আমরা জানি কোন ইলেকট্রোডের পটেনশিয়াল

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF}\ln\frac{aM^{n+}}{a_M} \ldots\ldots\ldots\ldots \text{(i) এখানে } E^0 \text{ প্রমান ইলেকট্রোড পটেনশিয়াল}$$

$$[\therefore M - ne = M^{+n}]$$

যদি $aM^{n+}= 1$ এবং $a_M= 1$ হয় , অর্থাৎ একক আয়ন ঘনমাত্রায় এবং ইলেকট্রোড ধাতুর একক সক্রিয়তায় যে পটেনশিয়াল উৎপন্ন হয় তাকে প্রমান ইলেকট্রোড পটেনশিয়াল বলে।

অনুরূপভাবে হাইড্রোজেন ইলেকট্রোডের বিভব

$$E_{H_2/H^+} = E^0{}_{H_2/H^+} + \frac{RT}{nF}\ln\frac{a_{H^+}}{a_{H_2}} \ldots\ldots\ldots \text{(ii)}$$

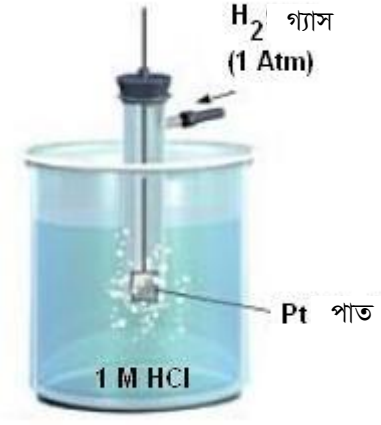
$Pt,H_2(g)|H^+_{(1M)}$ যেহেতু $\frac{1}{2}H_2 = H^+ + e$

যখন $[H^+]=[1M]$; $a_{H_2} = 1$ atm . i. e., P_{H_2}=1atm

অর্থাৎ নিরপেক্ষ ধাতুর পাতকে তড়িৎদ্বার হিসাবে ব্যবহার করে হাইড্রোজেন আয়নের একক ঘনমাত্রায় H_2 গ্যাসের 1atm চাপ প্রদান করলে যে তড়িৎদ্বার উৎপন্ন হয় উহাই প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার। যার বিভব ইচ্ছাকৃতভাবে শূন্য ধরা হয়।

প্রমাণ H_2 ইলেকট্রোডের গঠনপ্রণালী:

নিষ্ক্রিয় ধাতুর পাতকে এখানে ইলেকট্রোড হিসাবে ব্যবহার করা যায়। যেমন, গোল্ড, প্লাটিনাম ইত্যাদি। নিম্নে একটি প্রমাণহাইড্রোজেন ইলেকট্রোডের চিত্র দেখানো হলো।



চিত্র : প্রমাণ হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড

একটি গ্লাস টিউবের এক প্রান্তে একটি প্লাটিনাম পাত এমনভাবে লাগাতে হবে যাতে এর অর্ধেক অংশ টিউবের বাইরে এবং অর্ধেক টিউবের ভিতরে থাকে এবং টিউবের সাথে এমনভাবে লাগাতে হবে যাতে টিউবের ভিতর পানি প্রবেশ করতে না পারে। টিউবের উপরের প্রান্ত একটি কর্ক বা রবার দিয়ে সিল করে দেয়া হয় এবং কর্কের মধ্যদিয়ে একটি কপারের তার এনে চিত্রানুযায়ী প্লাটিনাম পাতের সাথে সংযুক্ত করা হয়। এবার গ্লাস টিউবের যে অংশে প্লাটিনামের তড়িৎদ্বার রয়েছে উহাকে 1MHCl দ্রবণে ডুবানো হয়। এবার টিউবের উপরের পার্শ্ব নল দিয়ে 1atm চাপে H_2 গ্যাস উহার ভিতর প্রবেশ করানো হয়। এতে হাইড্রোজেন গ্যাস প্লাটিনাম পাতের উপর অধিশোষিত হয় এবং ব্যাপনের মাধ্যমে টিউবের বাইরে 1M HCl দ্রবণে প্রবেশ করে। ফলে H^+, H_2 গ্যাসের কাছে পৌছায়।

বিক্রিয়া: $\frac{1}{2}H_2 = H^+ + e$

ইলেকট্রোডটিকে নিম্নোপায়ে প্রকাশ করা যায়-

$Pt, H_2\ (g.1atm)|H^+(aq.1M)$

জারণ অর্ধ কোষ বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ কোষ বিক্রিয়া (Oxidation half cell reaction and Reduction half cell reaction): তড়িৎ রাসায়নিক কোষে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়াকে ২টি ইলেকট্রোড বিক্রিয়া হিসাবে বিভক্ত করা যায়। কোন কোষের ইলেকট্রোডকে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক এ দুটি ভাগে ভাগ করা যায়। কোন ইলেকট্রোডকে তার আয়নের দ্রবণে ডুবালে যদি ইলেকট্রোডের ধাতু আয়ন হিসাবে দ্রবণে দ্রবীভূত হয় তখন ঐ তড়িৎ দ্বারে জারণ ঘটে এবং যে বিক্রিয়া সংঘটিত হয় তাকে জারণ অর্ধ বিক্রিয়া বলে।

জারণ : $M = M^{n+} + ne$ M ধাতু এবং M^{n+} ঐ ধাতুর আয়ন

আবার যখন অন্য ইলেকট্রোডে দ্রবণ হতে ধাতব আয়ন ইলেকট্রোডে জমা হয় এবং দ্রবণের আয়নের বিজারণ ঘটে একে বিজারণঅর্ধ বিক্রিয়া বলে।

বিজারণ : $M^{n+} + ne = M$

উদাহরণ হিসাবে আমরা ডানিয়েল সেলের বিক্রিয়া বিবেচনা করতে পারি।

ড্যানিয়েল সেল : ডেনিয়েল সেলে একটি পাত্রে জিঙ্ক আয়ণের দ্রবণে জিঙ্কের পাত ডুবানো থাকে যা অ্যানোড হিসাবে কাজ করে। পাতের Zn, Zn^{2+} হিসাবে দ্রবণে চলে যায় এবং দুটি ইলেকট্রন পাতে রেখে যায় এবং পাতটি ঋণাত্মক চার্জে পরিণত হয়। আবার অপর পাত্রে কপার আয়নের দ্রবণে কপার পাত ডুবানো থাকে যা ক্যাথোড হিসাবে কাজ করে। এখানে দ্রবণের Cu^{2+}, Cu -পাত হতে ইলেকট্রন গ্রহণ করে ফলে পাতটি ধনাত্মক চার্জে পরিণত হয়। এখন দুটি পাতকে কপার তারের সাহায্যে একটি গ্যালভানোমিটারের সহিত সংযুক্ত করলে উহাতে ডিফ্লেক্সন দেখা যাবে অর্থাৎ বিদ্যুত প্রবাহিত হতে থাকবে। এমতাবস্থায় পাত্র দুটিতে আয়নের ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত রাখার জন্য পাত্র দুটিকে সল্ট ব্রিজ দ্বারা সংযুক্ত করতে হয়। নিচে সেল নোটেশন ও চিত্রের মাধ্যমে ড্যানিয়েল সেল বর্ণনা করা হলো।

$$Zn|Zn^{2+}||Cu^{2+}|Cu$$

এখানে Zn ইলেকট্রোডে জারণ সংঘটিত হয়

জারণ অর্ধ কোষ বিক্রিয়া: $Zn = Zn^{2+} + 2e$

আবার Cu ইলেকট্রোডে বিজারণ ঘটে

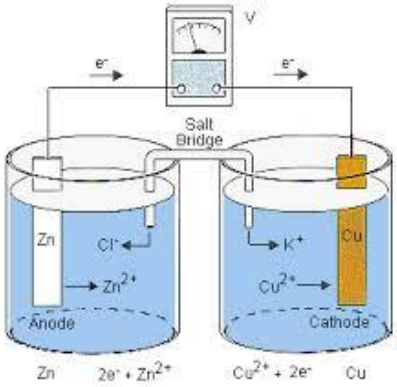
বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া: $Cu^{2+} + 2e = Cu$

সামগ্রিক সেল বিক্রিয়া

জারণ: $Zn = Zn^{2+} + 2e$

বিজারণ: $Cu^{2+} + 2e = cu$

$$Zn + Cu^{2+} = Zn^{2+} + Cu$$



চিত্র : ড্যানিয়েল সেল

শিক্ষার্থীর কাজ	নিম্নলিখিত কোষ সমূহের জারণ ও বিজারণ অর্ধ কোষ বিক্রিয়া দেখান।
(i) $Pt, H_2(g)|HCl(1M)AgCl(s)|Ag$ (ii) $Zn|Zn^{2+}aq.(1M)|Ni^{2+}(aq\ (1M)|Ni$ (iii) $Sn|Sn^{2+}(O.3\ M)||Fe^{3+}(0.3\ M)|Fe$ (iv) $Cd(s)|Cd^{2+}(aq)|Ag^{+}|Ag(s)$	

একটি সেলের বিক্রিয়া নিচে দেখানো হলো

(i) জারণ অর্ধ কোষ বিক্রিয়া: $\frac{1}{2}H_2(g) = H^+{}_{(aq)} + e$

বিজারণ অর্ধ কোষ বিক্রিয়া: $AgCl + e = Ag + Cl^{-1}$

সামগ্রিক সেল বিক্রিয়া $\frac{1}{2}H_2 + AgCl = Ag + H^+ + Cl^-$

$$\frac{1}{2}H_2 + AgCl = Ag + HCl$$

নির্দেশক তড়িৎদ্বার: এককভাবে কোন তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় করা সম্ভব নয় এজন্য উহাকে কোন একটি জানা বিভবের তড়িৎদ্বারের সাথে সংযুক্ত করে সেল গঠন করা হয় এবং উহার বিভব নির্ণয় করা হয়। সেলের মোট বিভব হতে জানা তড়িৎদ্বারের বিভব বাদ দিয়ে যে বিভব পাওয়া যায় উহাই নির্ণেয় তড়িৎদ্বারের বিভব। এক্ষেত্রে জানা তড়িৎদ্বারটিকে বলা হয় নির্দেশকতড়িৎদ্বার (Reference electrode)। নির্দেশক তড়িৎদ্বার হিসাবে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার ব্যবহার করা হয়। কিন্তু এর ব্যবহার প্রায়ই সমস্যার সৃষ্টি করে কারণ এতে 1 atm চাপে H_2 গ্যাস চালনা করতে হয়। এছাড়া এটি পরিবহন করাও সমস্যা। এজন্য সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িৎদ্বার ব্যবহার করা হয়, এটির তড়িৎ বিভব প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার এর সাথে সংযোগের মাধ্যমে নির্ণয় করা হয়েছে।

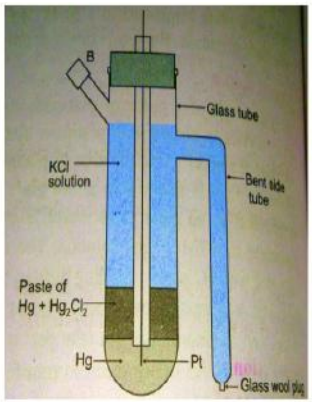
সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িৎদ্বার : প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার এর সাথে তুলনা করে অপর কোন তড়িৎদ্বারের বিভব জেনে নিয়ে উহাকে নির্দেশক তড়িৎদ্বার হিসাবে ব্যবহার করা যায়। এধরণের নির্দেশক তড়িৎদ্বারকে সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িৎদ্বার বলে। সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িৎদ্বার হিসাবে সাধারণত ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার, সিলভার-সিলভার ক্লোরাইড তড়িৎদ্বার ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারা (Calomel electrode) : মারকারি, কঠিন মারকিউরাস ক্লোরাইড(Calomel) ও পটাসিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের সমন্বয়ে যে তড়িৎদ্বার তৈরি করা হয় তাকে ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার বলা হয়। একে নিম্নোপায়ে প্রকাশ করা হয়-

$$Hg|Hg_2Cl_2|KCl(soln.)$$

গঠনঃ দুটি পার্শ্বনল- বিশিষ্ট একটি কাচ নলের নিম্নাংশে অতিবিশুদ্ধ মারকারী নেয়া হয়। এই মারকারিকে Hg_2Cl_2 (ক্যালোমেল) ও KCl দ্রবণ দ্বারা প্রস্তুত লেই (Paste) দ্বারা আবৃত রাখা হয়। পাত্রের অবশিষ্ট অংশ KCl দ্রবণ দ্বারা পূর্ণ করা হয়। একটি সরু কাঁচ নলের অগ্রভাগে একটি প্লাটিনাম তার যুক্ত করে মূল কাঁচ নলের মধ্যে স্থাপন করা হয় যেন তারের কিছু অংশ মারকারিতে নিমজ্জিত থাকে। সরুনলের নিম্নভাগে সামান্য মারকারি রাখা হয়। এ মারকারির মধ্যে প্লাটিনাম তারের একপ্রান্ত ডুবিয়ে অন্য প্রান্ত বাইরের দিকে বৈদ্যুতিক সংযোগের জন্য বর্ধিত রাখা হয়। ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার প্রস্তুতিতে তিনটি ভিন্ন ঘনমাত্রার KCl দ্রবণব্যবহার করা হয়। যেমন, KCl এর সম্পৃক্ত দ্রবণ, 3.5M, ও 0.1M ঘনমাত্রায় 25^0C তাপমাত্রায় উহাদের বিজারণ বিভব যথাক্রমে 0.2444 volt, 0.250 volt ও 0.3356volt।

সেকেন্ডারী বাক্যালোমেল তড়িৎদ্বার



কার্যপদ্ধতিঃ

যদি তড়িৎদ্বারটি অ্যানোড হিসাবে কাজ করে তবে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া ঘটে-

$$2Hg(l) \rightleftharpoons 2Hg^+ + 2e$$
$$2Hg^+ + 2Cl^- \leftrightharpoons HgCl_2(s)$$
$$2Hg(l) + 2Cl^- \leftrightharpoons Hg_2Cl_2(s) + 2e$$

যদি তড়িৎদ্বারটি ক্যাথোড হিসাবে কাজ করে তবে নিম্নোক্ত বিক্রিয়া ঘটে

$$Hg_2Cl_2 \rightleftharpoons 2Hg^+ + 2Cl^-$$
$$2Hg^+ + 2e \rightleftharpoons 2Hg(l)$$
$$Hg_2Cl_2 + 2e \rightleftharpoons 2Hg(l) + 2Cl^-$$

সার-সংক্ষেপ :

তড়িৎ রাসায়নিক কোষ (Electrolytic cell) : যে যন্ত্রে তড়িৎ শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় অথবা রাসায়নিক শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বলে।

ইলেকট্রোলাইটিক সেল (Electrolytic cell) : যে সেলে বাহিরের উৎস হতে বিদ্যুৎ তড়িৎদ্বারের মধ্যদিয়ে দ্রবণে প্রবেশ করে ফলে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটে অর্থাৎ তড়িৎ শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে ইলেকট্রোলাইট সেল বলে।

গ্যালভানিক সেল বা ভোল্টাইক সেল (Galvanic cell বা Voltaic cell) : যে সেলে ইলেকট্রোড দ্বয়ের সাথে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয় তাকে গ্যালভানিক সেল বা ভোল্টাইক সেল বলে।

প্রমান হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারঃ নিরপেক্ষ ধাতুর পাতকে তড়িৎদ্বার হিসাবে ব্যবহার করে হাইড্রোজেন আয়নের একক ঘনমাত্রায় H_2 গ্যাসের 1atm চাপ প্রদান করলে যে তড়িৎদ্বার উৎপন্ন হয় উহাই প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার। যার বিভব ইচ্ছাকৃতভাবে শূন্য ধরা হয়। এটিকে রেফারেন্স তড়িৎদ্বারও বলা হয়।

নির্দেশক তড়িৎদ্বারঃ একক ভাবে কোন তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় করা সম্ভব নয় এজন্য উহাকে কোন একটি জানা বিভবের তড়িৎদ্বারের সাথে সংযুক্ত করে সেল গঠন করা হয় এবং উহার বিভব নির্ণয় করা হয়। সেলের মোট বিভব হতে জানা তড়িৎদ্বারের বিভব বাদ দিয়ে যে বিভব পাওয়া যায় উহাই নির্ণেয় তড়িৎদ্বারের বিভব। জানা তড়িৎদ্বারটিকে বলা হয় নির্দেশক তড়িৎদ্বার (Reference electrode)।

সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িৎদ্বারঃ প্রামাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার এর সাথে তুলনা করে অপর কোন তড়িৎদ্বারের বিভব জেনে নিয়ে উহাকে নির্দেশক তড়িৎদ্বার হিসাবে ব্যবহার করা যায়। এধরণের নির্দেশক তড়িৎদ্বারকে সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িৎদ্বার বলে। সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িৎদ্বার হিসাবে সাধারণত ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার ব্যবহার করা হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৪

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। একটি সেলে

i. তড়িৎদ্বার দ্বয়ের একটিতে বিক্রিয়ার ফলে ইলেকট্রন জমা হয়

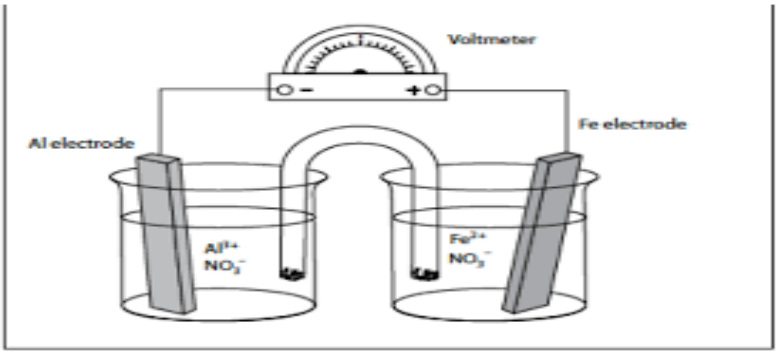
ii. তড়িৎদ্বার দ্বয়ের একটি হতে আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে

iii. বাহ্যিক উৎস হতে কোষে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হয় না

গ্যালভানিক সেলের জন্য কোনটি সত্য ?

ক)iও ii খ)ii ওiii গ)i ওiii ঘ)i, ii ও iii

২। নিচের চিত্রটির সেল নোটেশন কোনটি-



-

ক)$Al/Al^{3+}|Fe^{2+}/Fe$ খ) $Al/Al^{3+}/Al(NO_3)_3||Fe(NO_3)_2/ Fe^{2+}/ Fe$

গ) $Al/Al^{3+}/Al(NO_3)_3|Fe(NO_3)_2/ Fe^{2+}/ Fe$ ঘ)$Al/ Fe^{2+} / Fe(NO_3)_2| Al(NO_3)_3/ Al^{3+} / Fe$

পাঠ-৫.৫ তড়িৎদ্বার বিভব

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- তড়িৎদ্বার বিভব বর্ণনা করতে পারবেন।
- তড়িৎদ্বারে বিভব সৃষ্টির কারণ ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- তড়িৎদ্বার বিভবের ক্ষেত্রে নার্নস্ট তত্ত্ব বিশ্লেষণ করতে পারবেন
- তড়িৎ দ্বারের প্রকারভেদ বর্ণনা করতে পারবেন।
- কোষবিভব ও প্রামাণ কোষ বিভব ব্যাখ্যা করতে পরবেন।

মুখ্য শব্দ	তড়িৎদ্বার বিভব, অসমোটিক চাপ, দ্রবণ চাপ, ইলেকট্রোড বিভব, ক্যালোমেল ইলেকট্রোড, কোষবিভব

তড়িৎদ্বার ও কোষের বিভব এবং নার্নস্ট তত্ত্ব (Nernst Theory)

কোন ইলেকট্রোডে বা সেলে বৈদ্যুতিক বিভবের সৃষ্টি হয় কেন? এর ব্যাখ্যা পাওয়া যায় একমাত্র বিজ্ঞানী নার্নস্ট (Nernst,১৯৪৯) এর তত্ত্ব হতে। বিজ্ঞানী নার্নস্ট এর মতে এই বিভব উৎপন্ন হওয়ার মূলে রয়েছে পরস্পর বিপরীত দুটি ক্রিয়া। এদের একটি দ্রবণ চাপ ও অপরটি অসমোটিক চাপ। যখন ধাতব পাতকে কোন তড়িৎবিশ্লেষ্য দ্রবণে ডুবানো হয় তখন ধাতুর পাত হতে ধাতু দ্রবণে আয়ন হিসাবে চলে যাওয়ার জন্য একটি চাপ অনুভব করে একে দ্রবণ চাপ বলে। আবার দ্রবণে উপস্থিত ধাতব আয়ন ঐ ধাতুর পাতে ধাতু হিসাবে সঞ্চিত হওয়ার একটি প্রবণতা দেখায় তাকে অসমটিক চাপ বলে। এ দুটো চাপের মধ্যে যার মাত্রা বেশী সেটি কার্যকরী হয়। অর্থাৎ যদি দ্রবণ চাপ অসমোটিক চাপ হতে বেশী হয় তবে দ্রুত কিছু ধাতু দ্রবণে আয়ন হিসাবে চলে যাবে এবং যাওয়ার সময় উহার ইলেকট্রন ধাতুর পাতে রেখে যাবে ফলে ধাতুর পাতটি ঋণাত্মক চার্জ প্রাপ্ত হবে এবং দ্রবণের ধনাত্বক আয়ন উহার চারপাশে অবস্থান করে একটি সাম্যাবস্থা সৃষ্টি করবে এবং একটি বিভন পার্থক্য সৃষ্টি হবে। আবার যদি অসমটিক চাপ বেশী হয় তবেদ্রবণ হতে ধাতব আয়ন ঐ ধাতুর পাতে সঞ্চিত হবে এতে পাতটি ধনাত্মক চার্জে পরিণত হবে এবং দ্রবণ হতে ঋণাত্মক আয়নসমূহ ঐ পাতের চারপাশে অবস্থান করবে এবং দ্রবণ ও ইলেকট্রোড পাতের মধ্যে একটি বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হবে। এরূপ বিপরীত বিভব যুক্ত দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যে বৈদ্যুতিক সংযোগ স্থাপন করলে ঐ বর্তনীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হবে। ডেনিয়েল সেলে এরূপ ঘটে থাকে। কোন ইলেকট্রোলাইটের দ্রবণে কোন তড়িৎদ্বার নিমজ্জিত করলে উহাতে দ্রবণচাপ ও অসমোটিক চাপের যে পার্থক্য সৃষ্টি হয় উহাই ঐ তড়িৎদ্বারে পটেনশিয়াল সৃষ্টি করে।

তড়িৎ বিভব (Electode potential) : নার্নস্ট (Nernst) তত্ত্ব হতে জানতে পেরেছি কিভাবে কোন তড়িৎদ্বারে বিভরের সৃষ্টি হয়। কিন্তু কোন ইলেকট্রোডের বিভবের তীব্রতা কত অর্থাৎ কোন ইলেকট্রোডের বিভব কম আর কোনটির বিভব বেশী তার পরিমাপ করা জানতে পারিনি। কোন ইলেকট্রোডের বিভবের পরিমাপ করার জন্য উহাকে অপর একটি ইলেকট্রোডের বিভবের সাথে তুলনা করে অন্য ইলেকট্রোডের বিভব নির্ণয় করা হয়। যে ইলেকট্রোডের সাথে তুলনা করে অজানা ইলেকট্রোডের বিভব পার্থক্য নির্ণয় করা হয় তাকে নির্দেশক (Referance) ইলেকট্রোড বলা হয়। নির্দেশক ইলেকট্রোড হিসেবে সর্বপ্রথম হাইড্রোজেন প্রমান ইলেকট্রোড ব্যবহার করা হয়েছে। এর বিভব ইচ্ছাকৃত ভাবে শূন্য ধরা হয়েছে। এখানে একটি কথা উল্লেখ করা জরুরী যে কোন ইলেকট্রোডের বিভব সরাসরি নির্ণয় করা যায় না উহাকে নির্দেশক ইলেকট্রোডের সাথে সংযুক্ত করে একটি সেল তৈরী করে নিতে হয়। ফলে ঐ সেলের বিভবই হবে ঐ ইলেকট্রোডের বিভব যেহেতু প্রমাণ ইলেকট্রোডের বিভব শূন্য।

ইলেকট্রোড পটেনশিয়াল : কোন ইলেকট্রোলাইটের দ্রবণে কোন তড়িৎদ্বার নিমজ্জিত করলে উহাতে যে তড়িৎবিভবের সৃষ্টি হয় তাহাকে ইলেকট্রোড পটেনশিয়াল বলে।

তড়িৎ দ্বারের প্রকারভেদ (Different Types of Electrode)

ভৌত অবস্থার ওপর নির্ভর করে তড়িৎদ্বার সমূহকে নিম্নলিখিত শ্রেণিতে ভাগ করা হয়েছে–

(i) **গ্যাস আয়ন তড়িৎদ্বার :** একটি গ্যাস এবং দ্রবীভূত আয়নের সংস্পর্শে থাকা একটি নিষ্ক্রীয় পদার্থের তড়িৎদ্বার। যেমন প্লাটিনাম পাত ও গ্রাফাইড দন্ড। হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড $Pt,H_2/H^+$ ও ক্লোরিন তড়িৎদ্বার $Pt, Cl/Cl^-$। H_2 তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া $H^+aq + e(Pt) = \frac{1}{2}H_2(g)$

(ii) **ধাতব আয়ন ধাতু তড়িৎদ্বার:** একটি ধাতুর পাতকে এর আয়নের দ্রবণে নিমজ্জিত করে এই তড়িৎদ্বার তৈরী করা হয়। যেমন $Zn^{2+}/Zn, Cu^{2+}/Cu$ ইত্যাদি। বিক্রিয়া $M^{n+}(aq) + ne \leftrightharpoons M(s)$

(iii) **ধাতু-অদ্রবণীয় লবণ-অ্যানায়ন তড়িৎদ্বার:** এটিকে অনেক সময় সেকেন্ডারী নির্দেশক তড়িৎদ্বার বলা হয়। ধাতুর একটি পাতকে ধাতুর অদ্রনীয় কঠিন লবণ এবং এর অ্যানায়নের দ্রবণে নিমজ্জিত করে এই তড়িৎদ্বার তৈরী করা হয়। যেমন: ক্যালোসেল তড়িৎদ্বার KCl (দ্রবণ), Hg_2Cl_2 (s)/Hg(l) সিলভার সিলভার ক্লোরাইড তড়িৎদ্বার $Cl^-/AgCl/Ag(s)$ ইত্যাদি। ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া

$$Hg_2Cl_2 + 2e \leftrightharpoons Hg(l) + Cl^-(aq)$$

(iv) **জারণ-বিজারণতড়িৎদ্বার:** যে কোন তড়িৎদ্বারেই জারণ বিজারণ সংঘটিত হয়। কিন্তু জারণ-বিজারন তড়িৎদ্বারের এরূপ নামকরণ করার কারণ এক্ষেত্রে একটি নিষ্ক্রিয় ধাতব ইলেকট্রোড থাকে, যা একই ধাতুর দুটি ভিন্ন জারণ অবস্থার দ্রবণে নিমজ্জিত থাকে। যেমন $Pt,Fe^{3+}/Fe^{2+}$, Sn^{4+}/Sn^{2+}, Pt বিক্রিয়া $Fe^{+3}(aq) + e \leftrightharpoons Fe^{2+}(aq)$

কোষ বিভব, প্রমাণ কোষ বিভব ও Redox বিক্রিয়া

কোন তড়িৎরাসায়নিক কোষের তড়িৎচালক বল, কোষে সংঘটিত বিক্রিয়ার মুক্তশক্তি পরিবর্তনের সাথে সম্পর্কিত। বিজ্ঞানী নার্নস্ট কোন কোষে সংঘটিত বিক্রিয়ায় অংশগ্রহনকারী উপাদানসমূহের সাথে তড়িৎচালক বলের সম্পর্ক স্থাপন করেন। তাপগতিবিদ্যায় কোন বিক্রিয়ার মুক্তশক্তি নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা হয়।

$$\Delta G = \Delta G^0 + RT\ln K$$

বা, $-nFE = -nFE^0 + RT\ln K$ এখানে $\Delta G = -nFE;\ \Delta G^0 = -nFE^0$

বা, $E = E^0 - \frac{RT}{nF}\ln K$ .. ..(i)

ইলেকট্রোডে সংঘটিত বিক্রিয়াটি $M \leftrightharpoons M^{n+} + ne$ হলে

সাম্যাংক ধ্রুবক, $K = \frac{[M^{n+}]}{[M]}$

(i) নং সমীকরণ হতে পাই $E = E^0 - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[M^{n+}]}{[M]}$ .. ..(ii)

সুতরাং নার্নস্ট তত্ত্ব হতে কোন তড়িৎদ্বারের তড়িৎচালক বল(emf) $E_{ox} = E^0 - RT\ln\frac{[M^n]}{[M]}$ ----(iii)

যেখানে সেলবিক্রিয়া

জারন $M = M^{n+} + ne$

এখানে E^0 = প্রমান তড়িৎ চালক বল

E = তড়িৎ চালক বল

$[M^{n+}]$ = ধাতব আয়নের সক্রিয়তা বা মাত্রা

$[M]$ = ধাতুর সক্রিয়তা এর মান, 1

আবার একটি গ্যালভানিক সেলে দুটি তড়িৎদ্বার থাকে। বাম তড়িদ্বারে জারণ এবং ডান তড়িৎদ্বারে বিজারণ হয়। অর্থাৎ জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার সাথে ঐ সেলের বিভব ওতোপ্রোতভাবে জড়িত। এজন্য আমরা নিচের জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াটি বিবেচনা করি।

$$M_1^{n+} + M_2 \leftrightharpoons M_1 + M_2^{n+}$$

বিজারণ বিক্রিয়া: $M_1^{n+} + ne \leftrightharpoons M_1$

জারণ বিক্রিয়া : $M_2 - ne \leftrightharpoons M_2^{n+}$

$$M_1^{n+} + M_2 \leftrightharpoons M_1 + M_2^{n+}$$

জারন বিক্রিয়ার বিভব $E_{ox} = E_{ox}^0 - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[M_2^{n+}]}{[M_2]}$ যেহেতু $[M] = 1$

$$\therefore E_{ox} = E_{ox}^0 - \frac{RT}{nF}\ln[M_2^{n+}] \text{ ------(ii)}$$

অনুরূপভাবে বিজারণ বিভব $E_{Red} = E_{Red}^o - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[M_1]}{[M_1^{n+}]}$

$$E_{Red} = E_{Red}^o - \frac{RT}{nF}\ln\frac{1}{[M_1^{n+}]} \text{ ------(iii)}$$

$\therefore$ সেল বিভব $E_{cel} = E_{ox} + E_{red}$

$$= E_{Red(Right)} - E_{Red(left)}$$

$$= E_{Red}^0 - E_{ox}^o - \frac{RT}{nF}\ln\frac{1}{[M_1^{n+}]} + \frac{RT}{nF}\ln[M_2^{n+}]$$

$$= E_{cel}^0 - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[M_2^{n+}]}{[M_1^{n+}]}$$

$$\Rightarrow Ecel = E_{cell}^o - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[\text{উৎপাদ}]}{[\text{বিক্রিয়ক}]} \text{ ------(iv)}$$

(iv) নং সমীকরণ একটি সেলের সেল বিক্রিয়ার সাথে সেল-বিভব ও প্রামাণ সেল-বিভরের সাথে সম্পর্ক প্রকাশ করছে।

সমস্যা-১: যদি $E_{Mg^{2+}/Mg}^o = 2.37$ V এবং $E_{Cu^{2+}/Cu}^o = 0.34$ V হয় তবে নিম্নলিখিত সেলের বিভব হিসাব করুন।

$$Mg_{(s)}/Mg^{2+}(0.001M) \| Cu^{2+}(0.0001M)/Cu(s)$$

সমাধানঃ

আমরা জানি, $\Rightarrow Ecel = E_{cell}^o - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[\text{উৎপাদ}]}{[\text{বিক্রিয়ক}]}$ ------(iv)

সেল বিক্রিয়া

জারণ: $Mg_{(s)} \leftrightharpoons Mg^{2+} + 2e$

বিজারণ: $Cu^{2+} + 2e \leftrightharpoons Cu(s)$

সামগ্রিক বিক্রিয়া $Mg + Cu^{2+} \leftrightharpoons Mg^{2+} + Cu$

$$\therefore \text{Ecel} = E^{o}_{cell} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[M^{2+}_{g}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$= (E^{0}_{cu2+/cu} - E^{o}_{mg^{2+}mg}) - \frac{RT}{2F}\ln\frac{[Mg^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$= (0.34 + 2.3) - \frac{8.316\times 2.303}{2\times 96500}\ln\frac{[0.001]}{[0.0001]}$$

$$= 2.71 - 0.0296 \log\frac{[0.001]}{[0.0001]} \quad \therefore \log 10 = 1$$

$$= 2.71 - 0.0296$$

$$= 2.6804 \text{ V}$$

$R = 8.316 \text{Jmol}^{-1}\text{k}^{-1}$
$T = 298\text{K}$
$n = 2$
$[Mg^{2+}] = 0.001\text{M}$
$[Cu^{2+}] = 0.0001\text{M}$

সমস্যা-২ : ২৫° সে তাপমাত্রায় নিম্নের সেলটির তড়িৎচালক বল (emf) হিসাব করুন।

$$Sn(s)/Sn^{2+}(0.02\,M) \,||\, H^{+}(0.02\,M)/H_2(1\,atm)/Pt$$

এখনে, $E^{o}_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14$

আমরা জানি $\text{Ecel} = E^{o}_{cell} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[\text{উৎপাদ}]}{[\text{বিক্রিয়ক}]}$ ------(i)

সেল বিক্রিয়া: জারণ- $Sn = Sn^{2+} + 2e$

বিজারণ- $2H + 2e = H_2(g)$

$\therefore$ 1 নং সমীকরণে মানসমূহ বসিয়ে পাই

$R = 8.316$ J/mole/K
$n = 2$
$F = 96500$ C

$$\text{Ecel} = +0.14 - \frac{8.316\times 289\times 2.303}{2\times 96500}\log\frac{[0.05]}{[0.020]^2}$$

$$= +0.14 - 0.0296\times\log\frac{0.05}{0.04}$$

$$= +0.14 - 0.0296\times 2.0969$$

$$= 0.14 - 0.0621$$

$$= 0.0779 \text{ V}$$

সমস্যা-৩ : যদি $E^{0}_{Zn^{2+}/Zn} = -0.763\,V$ ও $E^{o}_{Pd^{2+}/Pd} = -0.126\,V$ হয় এবং উভয় দ্রবণের ঘনযাত্রা 1M হয় তাহলে Pd ধাতু দ্বারা Zn^{2+} বিজারিত হবে কী?

সমাধান:

এখানে $E = E^{o}_{Zn^{2+}/Zn} = -0.763V \quad \because [Zn^{+2}] = 1M$

$E = E^{o}_{Pd^{2+}/Pd} = -0.126V \quad \because [Pd^{+2}] = 1M$

আমরা জানি যে ধাতুর বিজারণ বিভবের মান যত বেশী উহা তত কম আয়নিত হওয়ার প্রবণতা দেখায়

$E^{o}_{Pd^{2+}/Pd}$ =-0.126 V> $E^{o}_{Zn^{2+}/Zn} = -0.763V$

∴ Zn^{2+} আয়নিত থাকার প্রবণতা বেশী।

∴ Zn^{2+} বিজারিত হবে না।

শিক্ষার্থীর কাজ

(i)$Pt, H_2(g)|HCl(0.1M)AgCl(s)|Ag$

(ii) $Zn|Zn^{2+}aq.(0.5m)|Ni^{2+}(aq\ (0.5m)|Ni$

(iii) $Sn|Sn^{2+}(0.3M)||Fe^{3+}(0.3M)|Fe$

(iv) $Cd(s)|Cd^{2+}(0.1m)(aq)|Ag^{+}(0.1m)(aq)|Ag(s)$

উপরের সেলগুলোর ইএমএফ হিসাব করুন যেখানে,

ইলেকট্রোড	প্রমান বিজারণ বিভব
Ni^{2+}/Ni	-0.14
Zn^{2+}/Zn	-0.76
Cd^{2+}/Cd	-0.40
$2H^{+}/H_2, Pt$	-0.00
Ag^{+}/Ag	0.80

সার-সংক্ষেপ :

নার্নস্ট তত্ত্ব: কোন ইলেকট্রোলাইটের দ্রবণে কোন তড়িৎদ্বার নিমজ্জিত করলে উহাতে দ্রবণচাপ ও অসমোটিক চাপের যে পার্থক্য সৃষ্টি হয় উহাই ঐ তড়িৎদ্বারে পটেনশিয়াল তৈরী করে।

ইলেকট্রোড পটেনশিয়াল: কোন ইলেকট্রোলাইটের দ্রবণে কোন তড়িৎদ্বার নিমজ্জিত করলে উহাতে যে তড়িৎবিভবের সৃষ্টি হয় তাহাকে ইলেকট্রোড পটেনশিয়াল বলে।

তড়িৎ দ্বারের তড়িৎচালক বল(emf) $E_{ox} = E^0 - RT\ln\frac{[M^+]}{[M]}$

সেল পটেনশিয়াল (emf) $Ecel = E^{o}_{cell} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[\text{উৎপাদ}]}{[\text{বিক্রিয়ক}]}$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৫

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। $E^0_{Ag^+/Ag}$=0.80V ও $E^0_{Cd^{2+}/Cd}$ = -0.40V

কোষটির মোট তড়িৎদ্বার বিভব কত?

ক) -0.4V খ) 1.2V গ) 1.25V ঘ) 0.4V

২। নীচের কোন তড়িৎদ্বারটি জারণ বিক্রিয়া বুঝায়?

ক) Ag^+/Ag খ) $Pt, H^+/H_2$ গ) Fe^{3+}/Fe ঘ) Hg/Hg^+

পাঠ-৫.৬ তড়িৎচালক বল, তড়িৎ-রাসায়নিক সারি/সিরিজ

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- তড়িৎরাসায়নিক সারি কী বর্ণনা করতে পারবেন।
- তড়িৎরাসায়নিক সারির সাথে রাসায়নিক সক্রিয়তার সম্পর্ক ব্যাখ্যা করতে পারবেন ।
- তড়িৎরাসায়নিক সারির সাহায্যে গ্যালভানিক সেল গঠন করতে পারবেন।
- কোষে সংগঠিত বিক্রিয়া স্বত:স্ফুর্ত হবে কিনা তা বিশ্লেষণ করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	তড়িৎদ্বার বিভব , ইলেকট্রোড, ভোল্ট, বিজারণ তড়িৎদ্বার

তড়িৎ দ্বার বিভব ও ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ

আমরা জানি যে ধাতু যত সহজে ইলেকট্রন দান করতে পারে উহা তত সক্রিয়। আবার ইলেকট্রনদান প্রক্রিয়াকে আয়নিকরণ বলে। কোন ধাতুর ইলেকট্রোডকে উহার আয়নের দ্রবণে নিমজ্জিত করলে তড়িৎদ্বারের ধাতু আয়ন হিসাবে দ্রবণে চলে যাওয়ার প্রবনতা দেখায়। যে ধাতুর আয়ন হিসাবে দ্রবণে যাওয়ার প্রবণতা যত বেশী উহার বিজারণ বিভব তত কম সুতরাং ধাতব আয়ন/ধাতু। (M^{n+}/M) ইলেকট্রোডের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান হতে ঐ ধাতুর সক্রিয়তা পরিমাপ করা সম্ভব। কারণ বিজারণ বিভব কম মানে ইলেকট্রন ছেড়ে দেওয়ার প্রবণতা বেশী। 25^oC তাপমাত্রায় ধাতুকে তার আয়নের একক ঘনমাত্রায় দ্রবণে নিমজ্জিত করলে যে প্রমাণ তড়িৎদ্বার উৎপন্ন হয় উহাকে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে সংযুক্ত করলে যে সেল উৎপন্ন হয় ঐ সেলের বিভবই ঐ ইলেকট্রোডের প্রমণ বিজারণ বিভব। বিভ্রান্তি এড়ানোর জন্য এবং হিসাবের সুবিধার জন্য তড়িৎদ্বার পটেনশিয়ালকে বিজারণ পটেনশিয়াল হিসাবে আন্তর্জাতিকভাবে প্রকাশ করা হয়। নিম্নে একটি সারণিতে বিভিন্ন ইলেকট্রোডের প্রমাণ বিজারণ মান উচ্চক্রমানুসারে সাজানো হয়েছে। এই সারণিকে বলে তড়িৎ রাসায়নিক সারণি।

সারণি:-৪ প্রমাণ বিজারণ ইলেকট্রোড বিভব

ইলেকট্রোড	ইলেকট্রোড বিক্রিয়া (বিজারণ)	ভোল্ট, E^o
Li^+/Li	$Li^+(aq) + e \leftrightharpoons Li(s)$	-0.4
Ki^+/K	$K^+(aq) + e \leftrightharpoons K(s)$	-2.92
Ca^{2+}/Ca	$Ca^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Ca(s)$	-2.87
Na^+/Na	$Na^+(aq) + e \leftrightharpoons Na(s)$	-2.71
Mg^{2+}/Mg	$Mg^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Mg(s)$	-2.38
Al^{3+}/Al	$Al^{3+}(aq) + 3e \leftrightharpoons Al(s)$	-1.66
Mn^{2+}/Mn	$Mn^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Mn(s)$	-1.18

Zn^{2+}/Zn	$Zn^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Zn(s)$	-0.76
Cr^{3+}/Cr	$Cr^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Cr(s)$	-0.74
Fc^{2+}/Fc	$Fe^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Fe(s)$	-0.44
$Cr^{3+}/Cr^{2t}, Pt$	$Cr^{3+}(aq) + e \leftrightharpoons Cr^{3+}(aq)$	-0.41
Cd^{2+}/Cd	$Cd^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Cd(s)$	-0.40
Co^{2+}/Co	$Co^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Co(s)$	-0.28
Ni^{2+}/Ni	$Ni^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Ni(s)$	-0.25
Sn^{2+}/Sn	$Sn^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Sr(s)$	-0.14
Pb^{2+}/Pb	$Pb^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Pb(s)$	-0.13
$2H^{+}/H_2, Pt$	$2H^{+}(aq) + 2e \leftrightharpoons H_2(g)$	0.00
$Sn^{4+}/Sn^{2t}, Pt$	$Sn^{4+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Sn^{2+}(aq)$	+0.15
Cu^{2+}/Cu	$Cu^{2+}(aq) + 2e \leftrightharpoons Cu(s)$	+0.34
$Pt/O_2(g)/OH^{-}$	$O_2(g) + 2H_2O \leftrightharpoons 4OH^{-}(aq) + 4e$	+0.40
$Pt/I_2, 2I^{-}$	$I_2 + 2e \leftrightharpoons 2I^{-}(aq)$	+0.54
$Fe^{3+}, Fe^{2t}/Pt$	$Fe^{3+}(aq) + e \leftrightharpoons Fe^{2+}(aq)$	+0.77
Ag^{2+}/Ag	$Ag^{+}(aq) + e \leftrightharpoons Ag(s)$	+0.80
$Pt/Br_2(g)/Br^{-}$	$Br_2(aq) + 2e \leftrightharpoons 2Br^{-}(aq)$	+1.07
$Pt/O_2(g)/H_2O(l)$	$O_2 + 4H^{+}(aq) + 4e \leftrightharpoons 2H_2O(l)$	+1.23
$Pt/Cr_2O_7^{-2}, Cr^{3+}$	$Cr_2O_7^{2-} + 14H + (aq) + 6e \leftrightharpoons Cr^{3+} + 7H_2O(l)$	+1.33
$Pt/Cl_2, 2Cl^{-}$	$Cl_2 + 2e \leftrightharpoons 2Cl^{-}(aq)$	+1.36
$Pt/MnO_4^{-}, Mn^{2+}$	$MnO_4^{-1} + 5e + 8H^{+} \leftrightharpoons Mn^{2+} + 4H_2O(l)$	+1.52
$Ce^{4+}, Ce^{3+}/Pt$	$Ce^{4+}(aq) + e \leftrightharpoons Ce^{3+}(aq)$	+1.61
$Co^{3+}, Co^{2+}/Pt$	$Co^{3+}(aq) + e \leftrightharpoons Co^{2+}(aq)$	+1.82
$Pt/F_2(g), F^{-}$	$F_2(g) + 2e \leftrightharpoons 2F^{-}(aq)$	+2.87

উপরোক্ত সারণিতে যে ইলেকট্রোডের বিজারণ মান যত কম সংশ্লিষ্ট ধাতুর সক্রিয়তা তত বেশী। অর্থাৎ ধাতুর ক্ষেত্রে এ সারণি ধাতুর সক্রিয়তা সারণির অনুরূপ। অ্যানায়ন সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে দেখা যায় যাদের বিজারণ বিভবের মান যত

বেশী ঐ সকল অধাতু মৌলগুলো তত সক্রিয়। কারণ অধাতু সমূহের ইলেকট্রন গ্রহণ করার প্রবনতা বেশী। এই সারণির একটি বৈশিষ্ট্যএই যে তালিকার উপরের ধাতু নিম্নের যে কোন ধাতুকে কোন যৌগ হতে প্রতিস্থাপিত করতে পারে এবং তালিকার নীচের দিকের অধাতু উপরের অধাতুকে যে কোন যৌগ হতে প্রতিস্থাপিত করতে পারে।

তড়িৎ-রসায়নিক সারি হতে বৈদ্যুতিক সেলের স্বতঃস্ফূর্ততা: কোন রসায়নিক সেলের স্বতঃস্ফূর্ততা নির্ভর করে উহার তড়িৎ বিভবের উপর। যদি উহার কোষবিভব ধনাত্মক হয় তবে উহার সেল বিক্রিয়া স্বতঃস্ফুর্ত হবে।

আবার, কোষবিভব = ডানতড়িৎদ্বার$_{(\text{বিজারণ বিভব})}$ − বামতড়িৎদ্বার $_{(\text{বিজারণ বিভব})}$

সুতরাং দেখাযাচ্ছে যদি ডান-তড়িৎদ্বাররে বিজারণ বিভব যদি বাম-তড়িৎদ্বারের চেয়ে বড় হয় তবে কোষ বিভব ধনাত্মক হবে এবং কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবে। তড়িৎ রসায়নিক সারিতে আমরা দেখি, সারির উপরের দিক থেকে যত নিচের দিকে যাওয়া যায় উহার বিজারণ বিভব তত বৃদ্ধি পায়। সুতরাং যদি কোন সেলের বাম তড়িৎদ্বারটি তড়িৎ রসায়নিক সারির উপরের হয় আর ডান তড়িৎদ্বারটি সরির নিচের দিকের হয় তবে সেলের বিভব ধনাত্মক হবে ,অর্থাৎ সেল বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবে। উদাহরণসরূপ আমরা নিচের সেলটি বিবেচনা করতে পারি-

$Ni/Ni^+ \| Ag^+/Ag$, এ কোষের বাম তড়িৎদ্বার $Ni^+ + 2e \rightarrow Ni$, $E^0 = -0.25$ volt এটির অবস্থান তড়িৎ রসায়নিক সারির উপরের দিকে এবং ডান তড়িৎদ্বার $Ag^+ + e \rightarrow Ag$, $E^0 = 0.80$ volt এটির অবস্থান তড়িৎ রসায়নিক সারির নিচের দিকে। এ কোষটির কোষ বিভব E^0cell = 0.80-(-0.25) = 0.80 + 0.25 = 1.05 volt . অর্থাৎ কোষ বিভব ধনাত্মক। ফলে সেল বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবে। সুতরাং বলা যায় কোন সেলের স্বতঃস্ফূর্ততা তড়িৎরসায়নিক সারি হতে নির্ধারণ করা যায়।

শিক্ষার্থীর কাজ	ধাতু ও ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠন

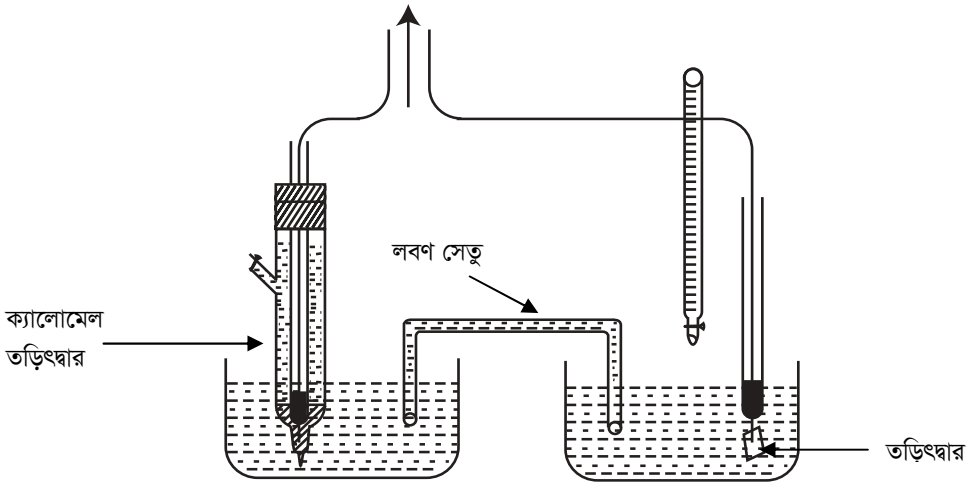
পরীক্ষাগারে ৪টি গ্লাসের বিকার নিয়ে তাতে নিম্নলিখিত তড়িৎদ্বার ও তড়িৎবিশ্লেষ্য নিয়ে ধাতু-ধাতব আয়ন ইলেকট্রোড তৈরি করুন।

ইলেকট্রোড	তড়িৎবিশ্লেষ্য
কপার পাত (Cu)	$CuSO_4$ 0.5M
দস্তার পাত (Zn)	$ZnSO_4$ 0.5M
লোহার দন্ড (Fe)	$FeSO_4/Fe_3(SO_4)_3$ 0.5M
অ্যালুমিনিয়াম পাত(Al)	$Al_2(SO_4)$

উপরোক্ত ইলেকট্রোডগুলোর যে কোন দুটিকে লবণ সেতু দ্বারা সংযুক্ত করে $[Zn/ZnSO_4 \| CuSO_4/Cu]$ উহাদের তড়িৎদ্বারগুলোকে তামার তার দ্বারা একটি $(1.5\ V\ DC)$ বৈদ্যুতিক বাল্বের সাথে সংযুক্ত করে দেখুন বাল্বটি জ্বলে কিনা।

লবণ সেতু (Salt bridge)

একটি তড়িৎ কোষে দুটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণ যদি পরস্পরের সংস্পর্শে থাকে তখন তরলদ্বয়ের সংযোগ স্থলে এক প্রকার বিভব সৃষ্টি হয়। একে তরল সংযোগ বিভব বলে। এর ফলে কোষের তড়িৎ চালক বল হ্রাস পায়। সুতরাং কোষের বিভব নির্ভুলভাবে পরিমাপের জন্য তরল সংযোগ বিভব দুর করা প্রয়োজন। সাধারণতঃ কোষের দুটি তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণকে দুটি ভিন্ন পাত্রে নিয়ে পাত্র দুটির দ্রবণকে লবণ সেতু দ্বারা পরোক্ষভাবে সংযোগ করলে তরল সংযোগ বিভব হ্রাস পায়।



চিত্র-৫.১: তড়িৎ কোষে ব্যবহৃত লবণ সেতু

সাধারণ KCl বা KNO_3 বা NH_4NO_3 লবণের সম্পৃক্ত দ্রবণে সামান্য পরিমাণ অ্যাগার মিশ্রিত করে গরম অবস্থায় একটি U আকৃতির কাচনলে ভর্তি করা হয়। অত:পর শীতল হলে নলটির মধ্যে দ্রবণ জেলির মত জমে যায়। অ্যাগার অ্যাগার মিশ্রিত এরূপ সম্পৃক্ত দ্রবণ ভর্তি U আকৃতির টিউবকে লবণ সেতু বলে। লবণ সেতুর উভয় মুখ তুলা দিয়ে বন্ধ করে দুই প্রান্ত পৃথক দুটি পাত্রে রাখা দ্রবণে ডুবিয়ে রাখা হয়। এর ফলে তরলদ্বয়ের মধ্যে সরাসরি সংযোগ এড়ানো যায় এবং সম্পূর্ণ কোষে বৈদ্যুতিক সংযোগ স্থাপিত হয়।

লবণ সেতুর ভূমিকা : লবণ সেতুর লবণের আয়নগুলো তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের উভয় অর্ধকোষের দ্রবণে ব্যাপন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে চলাচল করে। আয়নগুলো দ্রবণের সাথে কোন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না। জারণ অর্ধকোষে উৎপন্ন ধনাত্মক আয়ন বৃদ্ধি পেলে লবণ সেতু হতে ঋণাত্মক আয়ন ব্যপন প্রক্রিয়ায় দ্রবণে প্রবেশ করে চার্জের ভারসাম্য রক্ষা করে। একইভাবে বিজারণ অর্ধকোষে ঋণাত্মক আয়ন বৃদ্ধি পেলে লবণ সেতু হতে ধনাত্মক আয়ন ব্যপন প্রক্রিয়ায় দ্রবণে প্রবেশ করে চার্জের ভারসাম্য রক্ষা করে। ফলে উভয় অর্ধকোষের দ্রবণে তড়িৎ নিরপেক্ষতা বজায় থাকে। লবণ সেতু না থাকলে জারণ অর্ধকোষ ও বিজারণ অর্ধকোষে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক চার্জের সংখ্যা বৃদ্ধি পেয়ে জারণ-বিজারণ ক্রিয়া বাধাগ্রস্থ হয় এবং বিদ্যুৎ প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়।

ভিন্ন ভিন্ন ধাতু ও ধাতব-আয়ন তড়িৎদ্বার লবণ সেতু দ্বারা যুক্ত করে উৎপন্ন সেলের বিভব পার্থক্য অ্যাভোমিটার দ্বারা পরিমাপ করে নিম্নের ছকে লিপিবদ্ধ করুন।

ক্রমিক নং	সেল নোটেশন	বিভব পার্থক্য
১	$Zn(s)/ZnSO_4(aq) \parallel CuSO_4(aq)/Cu(s)$	
২	$Al(s)/Al_2(SO_4) \parallel CuSO_4(aq)/Cu(s)$	
৩	$Fe(s)/FeSO_4(aq) \parallel CuSO_4(aq)/Cu(s)$	
৪	$Zn(s)/ZnSO_4(aq) \parallel Pb(NO_3)(aq)/Pb(s)$	

সার-সংক্ষেপ :

- যে ধাতু যত সহজে ইলেকট্রন দান করতে পারে উহা তত সক্রিয়।
- যে ধাতুর আয়ন হিসাবে দ্রবণে যাওয়ার প্রবণতা যত বেশী উহার বিজারণ বিভব তত কম
- $25^{o}C$ তাপমাত্রায় ধাতুকে তার আয়নের একক ঘনমাত্রায় দ্রবণে নিমজ্জিত করলে যে প্রমাণ তড়িৎদ্বার উৎপন্ন হয় উহাকে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের সাথে সংযুক্ত করলে যে সেল উৎপন্ন হয় ঐ সেলের বিভবই ঐ ইলেকট্রোডের প্রমণ বিজারণ বিভব।
- লবণ সেতুর লবণের আয়নগুলো তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের উভয় অর্ধকোষের দ্রবণে ব্যাপন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে চলাচল করে। আয়নগুলো দ্রবণের সাথে কোন প্রকার রাসায়নিক বিক্রিয়া করে না।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৬

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। তাড়িৎ রাসায়নিক সারি হতে নির্ণয় করুন নিচের কোন ধাতুর সক্রিয়তা বেশী?

ক)Al খ) Ca গ) Sn ঘ) Hg

২। তড়িৎরাসায়নিক সারি হতে দেখান নিচের কোন অধাতু অধিক সক্রিয়?

ক) Cl খ) F গ) Br ঘ) I

পাঠ-৫.৭ রাসায়নিক শক্তির উৎস

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- শুস্ক কোষ বর্ণনা করতে পারবেন।
- লেড সঞ্চয়ী কোষ ব্যাখ্যা করতে পাবেন ।
- রিচার্জেবল লিথিয়াম ব্যাটারী বর্ণনা করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	প্রাইমারী সেল, সেকেন্ডারী সেল, ড্রাইসেল, স্টোরেজ সেল, ক্যাথোড, অ্যানোড, চার্জ, ডিসচার্জ

ড্রাইসেল (Drycell)

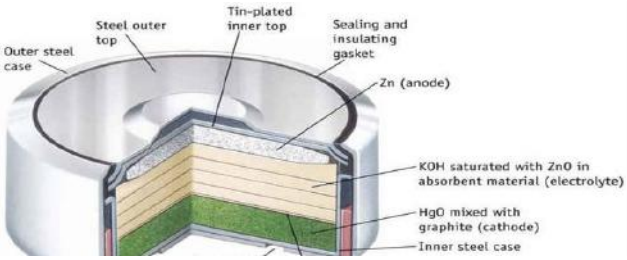
ড্রাইসেল হচ্ছে এক ধরণের বিদ্যুৎ উৎপাদনকারী রসায়নিক কোষ যা কিনা বড়িতে এবং স্থানান্তরযোগ্য ব্যাটারী হিসাবে প্রায়ই ব্যবহৃত হয়ে থাকে। জার্মান বিজ্ঞানী কার্ল গাসনার (Carl Gassner)1886 খ্রীঃ এটি উদ্ভাবন করেন। এ ধরণের কোষে তরল ইলেকট্রোলাইটের পরিবর্তে পেষ্ট ইলেকট্রোলাইট ব্যবহৃত হয়ে থাকে যাতে পর্যাপ্ত পরিমান জলীয় বাস্প থাকে ফলে বিদ্যুৎ প্রবাহে কোন সমস্যার সৃষ্টি না হয়। যেহেতু এ ব্যাটারীতে কোন মুক্ত তরল থাকে না তাই এটিকে খুব সহজেই স্থানান্তরযোগ্য যে কোন যন্ত্রে ব্যাবহার করা যায়। শুষ্ক ব্যাটারীগুলোর মধ্যে সবচেয়ে বেশী ব্যবহৃত হয় জিঙ্ক - কার্বনরড ব্যাটারী এটিকে ল্যাকলেন্স ব্যাটারীও বলা হয়ে থাকে। শুষ্ক ব্যাটারী দুই ধরনের-

ক) প্রাইমারী শুষ্ক কোষ ও খ) সেকেন্ডারীশুষ্ক কোষ

ক) প্রাইমারী শুষ্ক কোষ : যে সকল ড্রাইসেল কে শুধুমাত্র একবার ব্যবহার করার পর ফেলে দিতে হয় অর্থাৎ বার বার চার্জ করা যায় না তাকে প্রাইমারী শুষ্ক কোষ বলে। যেমন, ল্যাকলেন্স ড্রাইসেল, মারকারি সেল, সিলভার অক্সাইড সেল, লিথিয়াম সেল ইত্যাদি।

খ) সেকেন্ডারী শুষ্ক কোষ : যেসকল ড্রাইসেলকে বার বার রিচার্জ করে ব্যবহার করা যায় তাকে সেকেন্ডারী ড্রাইসেল বলে। যেমন, নিকেল ক্যাডমিয়াম সেল , লিথিয়াম আয়ন সেল, নিকেল মেটাল হাইড্রাইড সেল ইত্যাদি।

মারকারি সেল : মারকারি সেল (মারকিউরিক অক্সাইড সেল) একটি তড়িৎরাসায়নিক সেল এবং এটি একটি প্রাইমারি সেল অর্থাৎ এটিকে রি-চার্জ করা যায় না। এ ব্যাটারীতে ক্ষারীয় মাধ্যমে মারকিউকি অক্সাইড ও জিঙ্ক ইলেকট্রোডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে। ডিসচার্জ এর সময় এ ব্যাটারির ভোল্টেজ থাকে 1.35 ভোল্ট। এ ব্যাটারি বোতাম আকৃতির হয়ে থাকে যা ঘড়ি, ক্যামেরা, ক্যালকুলেটরে ব্যবহৃত হয়। অন্যান্য যন্ত্রপাতিতে বড় আকৃতির ব্যাটারী ব্যবহৃত হয়।



মারকারি সেলে বিশুদ্ধ মারকারি (Hg) অথবা মারকিউরিক অক্সাইড (HgO) অথবা মারকিউরিক অক্সাইড(HgO) এবং ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইডের (MnO_2) এর মিশ্রণ ক্যাথড হিসাবে ব্যবহৃত হয় ।মারকিউরিক অক্সাইড বিদ্যুৎ অপরিবাহী বলে এর সাথে কার্বন(গ্রাফাইট) এর গুড়া মিশিয়ে দেওয়া হয় যাতে বিদ্যুৎ পরিবহন করতে পারে। এছাড়া এটি মারকারির একত্র হয়ে বড় ফোটায় পরিণত হওয়াকে প্রতিরোধ করে।

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $HgO + H_2O + 2e^- \rightarrow Hg + 2OH^-$

অ্যানোড হিসাবে ব্যবহৃত হয় জিঙ্কপাত এটি ক্যাথোড হতে একটি কাগজ অথবা কোন শুক্ষ্ম ছিদ্রময় পদার্থ দ্বারা পৃথক থাকে। এটি ইলেকট্রোলাইট দ্বারা শোষিত থাকে যা লবন সেতু হিসাবে কাজ করে।

অ্যানোডের সার্বিক বিক্রিয়া: $Zn + 2OH^- \rightarrow ZnO + H_2O + 2e^-$

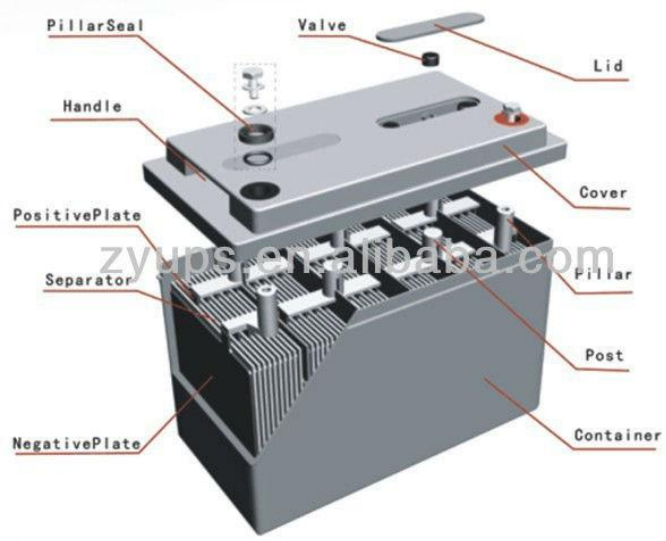
ব্যাটারীর সার্বিক বিক্রিয়া: $Zn + HgO \rightarrow ZnO + Hg$

এ সেলে ইলেকট্রোলাইট হিসাবে ব্যবহৃত হয় সোডিয়াম অথবা পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড। অল্পমাত্রার ডিসচার্জ এর জন্য সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ব্যবহৃত হয় এবং এতে নিম্ন তাপমাত্রায় ধ্রুবক বিদ্যুৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। ফলে ক্যালকুলেটর, হিয়ারিং এইড ও ইলেকট্রোনিক ঘড়িতে এটি ব্যাপক ব্যবহৃত হয়। অন্যদিকে উচ্চ মাত্রার বিদ্যুৎ ডিসচার্জ এর জন্য পটাসিয়াম হাইড্রোক্সাইড ব্যব্যহৃত হয়। এটি উচ্চ তাপমাত্রায় ভাল কাজ করে এবং এটি ফ্লাস লাইট, ব্যাকলাইট হিসাবে ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের ব্যাটারির লাইফ-টাইম অনেক বেশী প্রায় দশ বৎসর। মারকারি সেল পরিবেশের দূষণ ঘটায় এজন্য অনেক দেশে এ ব্যাটারী ব্যবহার নিষিদ্ধ।

যে সকল বিদ্যুৎ কোষে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিরূপে সঞ্চিত করে রাখা যায় এবং পরে ঐ রাসায়নিক শক্তিকে পুনরায় বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করে ব্যবহার করা যায় তাকে গৌন কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ বলে। সঞ্চয়ী কোষ হিসাবে ড্রাইসেল লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারী, লেড এসিড ব্যাটারী ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

লেড এসিড সঞ্চয়ী কোষ (Lead acid accumulat Cell)

গঠন ও কার্যপ্রণালী : বিজ্ঞানী প্লান্ট (Plant) ১৯৬৯ খ্রী: এ কোষ আবিষ্কার করেন। এ কোষে একটি পুরু কাঁচ পাত্র থাকে। এ পাত্রে 1.15 আপেক্ষিক গুরুত্বের H_2SO_4 এর মধ্যে কয়েকটি লেডের পাত সমান্তরাল ভাবে ডুবানো থাকে। বর্তমানে নিরেট পাতের পরিবর্তে ঝাঝরির মত গ্রিড পাত ব্যবহার করা হয়। $Pb_3O_4 (PbO_2 + PbO)$ ও H_2SO_4 এর মিশ্রণ দ্বারা তৈরী পেষ্ট দ্বারা এবং ঋণাত্মক পাত্রের ঝাঝরার ফাঁকগুলো লেড মনোক্সাইড (PbO) ও H_2SO_4 এর মিশ্রণ দ্বারা তৈরী পেষ্ট দিয়ে পূর্ণ থাকে।



কোষটিকে নিম্নলিখিতভাবে সংকেতের মাধ্যমে উপস্থাপন করা যায়।

$$Pb, PbSO_4(s)/H_2SO_4 \text{ (জলীয়) } / PbO_2(s), Pb$$

অ্যানোডে বিক্রিয়া : $Pb(s) + H_2SO_4 \rightarrow PbSO_4(s) + 2e + 2H^+(aq)$

ক্যাথোড বিক্রিয়া : $PbO_2(s) + 2H^+(aq) + H_2SO_4(aq) + 2e \rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O$

সেল বিক্রিয়া : $Pb(s) + PbO_2(s) + 2H_2SO_4 \underset{\text{charge}}{\overset{\text{discharge}}{\longleftrightarrow}} 2PbSO_4(s) + H_2O$

কোষটি উভয়মূখী এবং যখন H_2SO_4এর আপেক্ষিক গুরচত্ব 1.15 তখন এর বিভব পার্থক্য 2.03 volt হয়। ডিসচার্জের সময় H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়ে $PbSO_4$ ও H_2O উৎপন্ন হয় বলে H_2SO_4এর আপেক্ষিক গুরুত্ব হ্রাস পায় এবং একই সাথে এর বিভব পার্থক্য হ্রাস পেয়ে 1.7 volt হয়। এ অবস্থায় একে পুনরায় চার্জ করা প্রয়োজন। চার্জের সময় বিপরীত বিক্রিয়া সংঘটিত হয়ে H_2SO_4এর আ: গুরুত্ব বৃদ্ধি পায়। বার বার চার্জ করার ফলে H_2SO_4এর পানি বিয়োজিত হয়ে H_2 ও O_2 গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং পানির পরিমান কমে যায়। এ সময় ব্যাটারীতে পানি যোগ করে উহার আপেক্ষিক গুরুত্ব ঠিক রাখা হয়। যানবাহন ও বিভিন্ন ইঞ্জিন স্টার্ট করার জন্য এ ব্যাটারী ব্যবহার করা হয়।

২. লেড এসিড ব্যাটারীর সুবিধা:

(১) দাম তুলনামূলক ভাবে কম।
(২) 140 বৎসর যাবৎ উন্নয়ন সাধিত হয়েছে।
(৩) উচ্চ মাত্রার চার্জ সহ্য করতে পারে।
(৪) অন্য প্রতিরোধের পরিমাণ নিম্নতর।
(৫) উচ্চ বিদ্যুৎ প্রবাহিত করতে পারে।
(৬) ইলেকট্রোলাইট দ্বাড়া এদের দীর্ঘদিন রেখে দেয়া যায়।
(৭) সর্বাপেক্ষা নবায়নযোগ্য।

৩. লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি (Lithium ion Battary)

বিজ্ঞানী উইটিংহাম (Whittinghum) সর্বপ্রথম 1970 সালে লিথিয়াম ব্যাটারীর প্রস্তাব করেন। এটি একটি সেকেন্ডারী সেল।

৪. ব্যাটারীর গঠন

লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারীর তিনটি মূল কার্যকরী উপাদান হচ্ছে ঋণাত্মক ইলেকট্রোড, ধনাত্মক ইলেকট্রোড এবং ইলেকট্রোলাইট। ধনাত্মক তড়িৎদ্বার সাধারণত: **(conventionally)** কার্বন হতে তৈরী করা হয়। ধনাত্মক তড়িৎদ্বার ধাতব অক্সাইডের তৈরী এবং ইলেকট্রোলাইট হচ্ছে জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত লিথিয়াম লবণ।

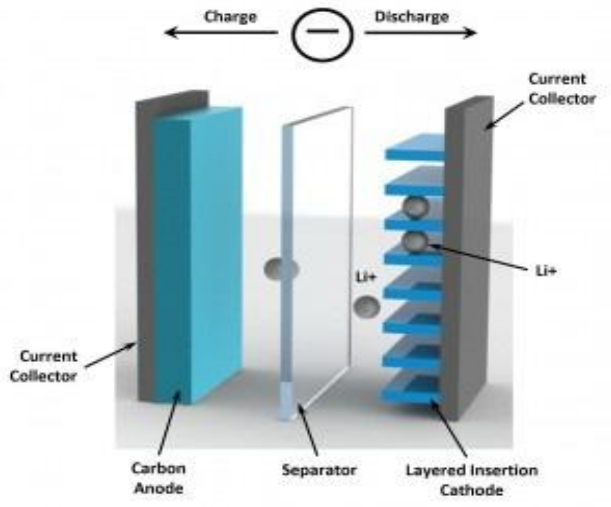
বানিজ্যিক ভাবে ব্যবহৃত ঋণাত্মক ইলেকট্রোড হয় গ্রাফইট এবং ধনাত্মক ইলেকট্রোড হিসাবে নিম্নলিখিত তিনটি পদার্থের যে কোন একটি ব্যবহৃত হয়–

(i) লিথিয়াম কোবাল্ট অক্সাইড স্তর ($Li-CoO_2$)

(ii) লিথিয়াম আয়রন ফসফেট

(iii) লিথিয়াম ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড ($Li-Mn_2O_4$)

ইলেকট্রোলাইট হিসাবে ব্যবহৃত হয় জৈব কার্বনেটের মিশ্রণ। যেমন লিথিয়ামের জটিল ইথিলিন কার্বনেট (EC) ডাইইথাইল কার্বনেট ইত্যাদি। জৈব দ্রাবকে $LiPF_6$(লিথিয়াম হেক্সাফ্লোরো ফসফেট) $LiBF_4$ (লিথিয়াম ট্রেট্রাফ্লেরো বোরেট) $LiAsF_6$ (লিথিয়াম হেক্সাফ্লোরো আর্সেনেট)ইত্যাদি। নিম্নে একটি লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারী গঠনচিত্র দেয়া হলো



রাসায়নিক বিক্রিয়া:

ধনাত্মক ইলেকট্রোড:

$$LiCoO_2 \underset{\text{discharge}}{\overset{\text{charge}}{\rightleftharpoons}} Li_{1-n}CoO_2 + nLi^+ + ne^-$$

ঋণাত্মক ইলেট্রোড:

$$nLi^+ + ne^- + C \underset{\text{discharge}}{\overset{\text{charge}}{\rightleftharpoons}} LinC$$

সামগ্রীক বিক্রিয়া:

$$Li^+ + e^- + C \rightleftharpoons Li_2O + CoO$$

ওভার চার্জ : $LiCoO_2 \rightarrow Li^+ + CoO_2 + e^-$

৫. লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারীর সুবিধা ও অসুবিধাঃ

সুবিধা :

১। বিভিন্ন আকার আকৃতির পাওয়া যায় যা বিভিন্ন যন্ত্রপাতিতে সাইজেই ফিট হয়।
২। অন্যান্য ব্যাটারী হতে হালকা।
৩। অন্যান্য জলীয় ব্যাটারী হতে এদের বিভব পার্থক্য অধিক (উন্মুক্ত সার্কিটে)।
৪। কোন মেমোরী প্রভাব নেই।
৫। অব্যবহৃত অবস্থায় চার্জ হারানোর হার কম (5-10%) অন্যান্য কার্যকারী ক্ষেত্রে হার 30%।
৬। ব্যাটারীর উপাদান পরিবেশগতভাবে বন্ধুভাবাপন্য।

অসুবিধাঃ

১। চার্জের ফলে ইলেক্ট্রোলাইটের মধ্যে জমাট বাধে যা আয়নের পরিবহনে বাধা দেয়।
২। উচ্চ মাত্রায় চার্জ করা এবং তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ব্যাটারীর ধারকতা হারায়।
৩। $২৫^{\circ}C$ তাপমাত্রায় পূর্ণ চার্জের ফলে উভমূখীতা হারায়।
৪। আভ্যন্তরীণ রোধ বেশী।
৫। উচ্চ ক্ষমতার যন্ত্রের ক্ষেত্রে একটি বড় ব্যাটারী ব্যবহার অসুবিধা বরং একাধিক ছোট ব্যাটারী ব্যবহার করলে ভাল ফল পাওয়া যায়।
৬। উচ্চ তাপমাত্রায় এ ব্যাটারী ব্যবহার বিপদজনক।

অসুবিধা : (লেড এসিড সেলের)

১। খুবই ভারী ও বড় আকারের
২। সাধারণ কুলম্বিক দক্ষতা 70%।
৩। চার্জের সময় অতিরিক্ত তাপমাত্রা বিপদজনক।
৪। দ্রচত চার্জের জন্য উপযুক্ত নয়।
৫। ইলেক্ট্রোলাইট একবার ঢুকালে চার্জিত অবস্থায় সংরক্ষণ করতে হয়।
৬। চার্জবিহীন অবস্থায় দীর্ঘদিন ফেলে রাখলে সালফেসন ঘটে।
৭। চার্জিং এর সময় H_2 ও O_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়।

শিক্ষার্থীর কাজ		
সেলের নাম	**সেল বিক্রিয়া**	**ক্যাথড ও অ্যানোড এর নাম**
লিথিয়াম সেল(প্রাইমারী)		
লেকলেন্স সেল		
নিকেল ক্যাডমিয়াম সেল(সেকেন্ডারী)		

সার-সংক্ষেপ :

ড্রাইসেল: ড্রাইসেল হচ্ছে এক ধরণের বিদ্যুৎ উৎপাদনকারী রাসায়নিক কোষ যাকিনা বড়িতে এবং স্থানান্তরযোগ্য ব্যাটারী হিসাবে প্রায়ই ব্যবহৃত হয়ে থাকে। জার্মান বিজ্ঞানী কার্ল গাসনার (Carl Gassner) 1886 খ্রী: এটি উদ্ভাবন করেন। এ ধরণের কোষে তরল ইলেক্ট্রোলাইটের পরিবর্তে পেষ্ট ইলেকট্রোলাইট ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

প্রাইমারী: যে সকল ড্রাইসেলকে শুধুমাত্র একবার ব্যবহার করার পর ফেলে দিতে হয় অর্থাৎ বারবার চার্জ করা যায় না তাকে প্রাইমারী শুষ্ক কোষ বলে। যেমন– ল্যাকলেন্স ড্রাইসেল, মারকারি সেল, সিলভার অক্সাইড সেল, লিথিয়াম সেল ইত্যাদি।

সেকেন্ডারী: যে সকল ড্রাইসেলকে বারবার রিচার্জ করে ব্যবহার করা যায় তাকে সেকেন্ডারী ড্রাইসেল বলে। যেমন, নিকেল ক্যাডমিয়াম সেল, লিথিয়াম আয়ন সেল, নিকেল মেটাল হাইড্রাইড সেল ইত্যাদি।

মারকারি সেল: একটি মারকারি সেল (মারকিউরিক অক্সাইড সেল) একটি তড়িৎরাসায়নিক সেল এবং এটি একটি প্রাইমারি সেল অর্থাৎ এটিকে রি-চার্জ করা যায় না। এ ব্যাটারীতে ক্ষারীয় মাধ্যমে মারকিউকি অক্সাইড ও জিঙ্ক ইলেকট্রোডের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে। ডিসচার্জ এর সময় এ ব্যাটারির ভোল্টেজ থাকে 1.35 ভোল্ট। এ ব্যাটারি বোতাম আকৃতির হয়ে থাকে যা ঘড়ি, ক্যামেরা, ক্যালকুলেটর এ ব্যবহৃত হয়। অন্যান্য যন্ত্রপাতিতে বড় আকৃতির ব্যাটারী ব্যবহৃত হয়।

লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি (Lithium-ion-Battary)**:** বিজ্ঞানী উইটিংহাম (Whittinghum)সর্বপ্রথম 1970সালে লিথিয়াম ব্যাটারীর প্রস্তাব করেন। এটি একটি সেকেন্ডারী সেল। লিথিয়াম অয়ন ব্যাটারীর তিনটি মূল কার্যকারী উপাদান হচ্ছে ঋণাত্মক ইলেকট্রোড, ধনাত্মক ইলেকট্রোড এবং ইলেকট্রোলাইট। ধনাত্মক তড়িৎদ্বার সাধারণত: (conventionally)কার্বন হতে তৈরী করা হয়। ধনাত্মক তড়িৎদ্বার ধাতব অক্সাইডের তৈরী এবং ইলেকট্রোলাইট হচ্ছে জৈব দ্রাবকে দ্রবীভূত লিথিয়াম লবণ।

লেড এসিড সঞ্চয়ী কোষ (Lead acid accumulat)

বিজ্ঞানী প্লান্ট (Plant) ১৯৬৯ খ্রী: এ কোষ আবিস্কার করেন। এ কোষে একটি পুরু কাঁচ পাত্র থাকে। এ পাত্রে ১.১৫ আপেক্ষিক গুরুত্বের H_2SO_4 এর মধ্যে কয়েকটি লেডের পাত সমান্তরাল ভাবে ডুবানো থাকে। বর্তমানে নিরেট পাতের পরিবর্তে ঝাঝরির মত গ্রিড পাত ব্যবহার করা হয়। $Pb_3O_4(PbO_2 + pbO)$ও H_2SO_4 এর মিশ্রন দ্বারা তৈরী পেষ্ট দ্বারা এবং ঋণাত্মক পাত্রের ঝাঝরার ফাক গুলো লেড মনোক্সাইড (PbO)ও H_2SO_4 এর মিশ্রন দ্বারা তৈরী পেষ্ট দিয়ে পূর্ণ থাকে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৭

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। কোনটি মারকারি অক্সাইড ইলেক্ট্রোলাইট হিসাবে ব্যবহৃত হয়?

ক) H_2SO_4 খ) Hg^{2+} গ) $HgSO_4$ ঘ) NaOH

২। শুষ্ক কোষের তড়িৎচালক বলের মান কত?

ক) 1.2 খ) 1.32 গ) 1.5 ঘ) 1.77

পাঠ-৫.৮ নবায়নযোগ্য জ্বালানী

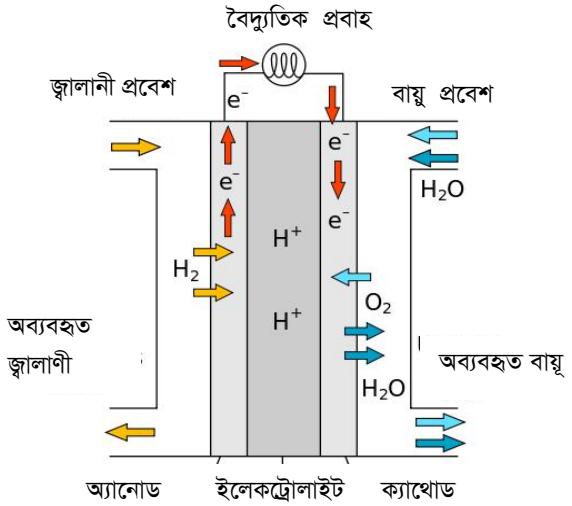
উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা-

- ফুয়েল সেল বর্ণনা করতে পারবেন।
- ফুয়েল সেলের গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবেন ।
- নবায়নযোগ্য জ্বালানী সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারবেন।
- বায়ু বিদ্যুৎ প্লান্ট সম্পর্কে ধারণা লাভ করতে পারবেন।
- সোলার পাওয়ার প্লান্ট বর্ণনা করতে পারবেন।
- বায়োগ্যাস প্লান্ট ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- pH মিটারের সাহায্যে দ্রবণের pH নির্ণয় করতে পারবেন।

মুখ্য শব্দ	**নবায়নযোগ্য জ্বালানী,সৌর বিদ্যুৎ,বায়োগ্যাস, ফুয়েল সেল ইত্যাদি।**

ফুয়েলসেল(Fuelcell) : ফুয়েলসেলএমন একটি প্রযুক্তি যেটি জ্বালাণীর রসায়নিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করে। এখানে জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয় হাইড্রোজেন গ্যাস ও মিথানলের সাথে অক্সিজেন গ্যাস বা বায়ুর অক্সিজেন এবং বিক্রিয়ার ফলে ফুয়েল সেলের রসায়নিক শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।ফুয়েল সেলের সাথে সাধারণ ব্যটারীর পার্থক্য এই যে, ফুয়েল সেলে জ্বালানীর নিরবিচ্ছিন্ন সরবরাহ প্রয়োজন হয়। অন্যদিকে সাধারণ ব্যাটারীর রসায়নিক দ্রব্যাদি ব্যাটারীর মধ্যেই থাকে এবং রসায়নিক বিক্রিয়ার মাধ্যমে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে।ফুয়েল সেলে যতক্ষন পর্যন্ত জ্বালানীর নিরবিচ্ছিন্ন প্রবাহ থাকে ততক্ষন পর্যন্ত উহা নিরবিচ্ছিন্ন ভাবে বিদ্যুৎ উৎপাদন করতে সক্ষম।নিম্নে একটি ফুয়েল সেলের চিত্র প্রদান করা হলো।



চিত্র: ফুয়েল সেল

ফুয়েল সেলের গঠন : একটি ফুয়েল সেলের প্রাথমিক উপাদান হচ্ছে আয়ন পরিবাহনকারী তড়িৎ-বিশ্লেষ্য, ক্যাথোড ও অ্যানোড।

H_2 ফুয়েল সেলের বিক্রিয়া

অ্যানোড: $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$

ক্যাথোড: $O_2 + 4e + 4H^+ \rightarrow 2H_2O$

$$2H_2 + O_2(g) \rightarrow H_2O(c)$$

$$\frac{1}{2}O_2 + 2e + 2H^+ \rightarrow H_2O$$

জ্বালানী প্রথমে অ্যানোডে প্রবেশ করে এবং জারিত হয়। জারণের মাধ্যমে উৎপন্ন ইলেকট্রন অ্যানোড হতে বাইরের সার্কিটের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক যন্ত্রে প্রবেশ করে। সেখান হতে ইলেকট্রন ক্যাথোড প্রবেশ করে, এখানে জারক বিজারিত হয়। ক্যাথোড ও অ্যানোড উভয়টিতে একটি করে প্রভাবক (Catalyst) রয়েছে যারা বিক্রিয়ার গতিকে দ্রুততর করে। ইলেকট্রোলাইট জ্বালানী ও জারকের মিশ্রণে বাধা দান করে যাতে সরাসরি দহন ঘটতে না পারে। যার ফলে বিমুক্ত ইলেকট্রন বাহিরের সার্কিটের মাধ্যমে ক্যাথোডে যেতে বাধ্য হয় এবং আয়ন সমূহ ইলেকট্রোলাইটের মধ্যদিয়ে ক্যাথোডে গমন করে। ক্যাথোড H^+, O_2 ও ইলেকট্রন যুক্ত হয়ে পানি উৎপন্ন করে। ফুয়েল সেল অনেকটা সাধারণ ব্যাটারীর মত। এটিতে ক্যাথোড ও ইলেকট্রোলাইট রয়েছে এবং বৈদ্যুতিক শক্তি সেল বিক্রিয়ার মাধ্যমে উৎপন্ন হয়। এখানে বিক্রিয়ক বাহির হতে সরবরাহ করা হয়, যতক্ষন পর্যন্ত বাহির হতে ফুয়েল সরবরাহ করা হয় ততক্ষণ এটি বিদ্যুৎ সরবরাহ করে।

১. H ফুয়েল সেলের সুবিধা :

১। নিম্ন তাপমাত্রায় উচ্চ দক্ষতা অর্জিত হয়।
২। পরিবেশের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ।
৩। নবায়নযোগ্য জ্বালানী।
৪। এটি শব্দ দূষণ তৈরী করে না।
৫। এই সেলের বর্জ্য পানি।

২. ফুয়েল সেলের প্রকারভেদ : ফুয়েল সেলে ব্যবহৃত ইলেকট্রোলাইটের উপর নির্ভর করে ফুয়েল সেলকে ৬ ভাগে ভাগ করে হয়েছে।

(i) পলিমার ইলেকট্রোলাইট মেমেব্রেন (PEMFC)ফুয়েল সেল
(ii) সরাসরি মিথানল ফুয়েল সেল (DMFC)
(iii) ক্ষারীয় ফুয়েল সেল (AFC)
(iv) ফসফরাস এসিড ফুয়েল সেল (PAFC)
(v) গলিত কার্বনেট ফুয়েল সেল (MCFC)
(vi) কঠিন অক্সাইড ফুয়েল সেল (SOFC)

৩. ফুয়েল সেলের ক্যাথোড, অ্যানোড ও ফুয়েল: বেশির ভাগ ফুয়েল সেলে ফুয়েল হিসাবে ব্যবহৃত হয় H_2 ও O_2 গ্যাস। তাবে ইদানিং কালে বিভিন্ন প্রকার ফুয়েল সেল আবিস্কৃত হওয়ায় ফুয়েলে পরিবর্তন এসেছে। যেমন, মিথানল (CH_3OH) কার্বন মনোক্সাইড (CO) মিথেন CH_4 ইত্যাদি ও ফুয়েল হিসাবে ব্যবহৃত হচ্ছে। ফুয়েলের তারতম্যের কারণে সেলের তড়িৎদ্বার এর মধ্যেও পরিবর্তন ঘটেছে। যেমন সলিড অক্সাইড ফুয়েল সেলে (SOFC) এ $Ni-YsZ$(ইরিট্রিয়াম স্ট্রনসিয়াম জারকোনিয়াম) ক্যাথোড হিসাবে ব্যবহৃত হয়। আবার (PEMFC) এ কার্বন প্লাটিনাম ন্যানো পাটিকেল ক্যাথোড ও অ্যানোড উভয় হিসাবেই ব্যবহৃত হয়। আবার DMFC এ অ্যানোড হিসাবে ব্যবহৃত হয় PtRu অ্যালয়।

নবায়নযোগ্য জ্বালানী : নবায়নযোগ্য জ্বালানী বলতে সে সমস্ত জ্বালানীকে বুঝায় যাহা প্রাকৃতিক উৎস যেমন, বাতাস, সূর্যরশ্মী, বৃষ্টি, পানি, স্রোত, ঢেউ এবং ভূ-তাপ হতে উৎপাদন করা হয়। সোলার প্যানেল, বায়ুমিল, জলবিদুৎ , জৈব জ্বালানী ইত্যাদি নবায়নযোগ্যা জ্বালানী হতে বিদ্যুৎ উৎপাদন করে থাকে।

বায়ু বিদ্যুৎ: বায়ু বিদ্যুৎ মূলত বাতাসের প্রবাহকে বায়ু-টারবাইনের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত করে যান্ত্রিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর করাকে বুঝায়। বায়ুবিদ্যুৎ জিবাশ্ম জ্বালানীর বিকল্প এবং নবায়নযোগ্য জ্বালানী হিসাবে বর্তমানে বিশেষ স্থান দখল করে নিয়েছে। কারণ এটি পরিচালনায় কোন গ্রীন হাউজ গ্যাস নি:সরণ করে না এবং অল্প স্থান দখল করে। এটি অন্যান্য নবায়নযোগ্য জ্বালানীর মধ্যে সবচেয়ে কম পরিবেশ দূষণ ঘটায়।

বায়ুবিদ্যুৎ সর্বপ্রথম উৎপাদিত হয় ১৮৮৭ সালের জুলাই মাসে স্কটল্যান্ডের গ্লাসগোতে, এনডারসন কলেজের বিজ্ঞানী প্র: জেমস ব্লিথ এর মাধ্যমে।

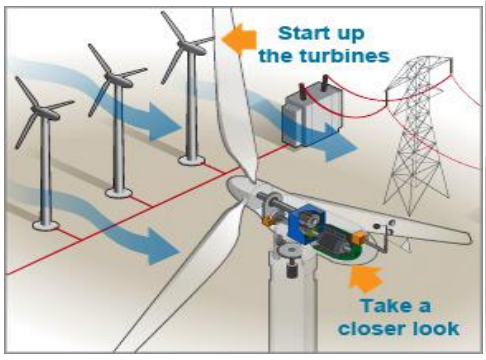
বায়ুমিল: বায়ুমিলকে বৈদ্যুতিক পাখার উল্টো পদ্ধতি হিসাবে বর্ণনা করা যায়। বৈদ্যুতিক পাখা বিদ্যুৎ শক্তিকে কাজে লাগিয়ে বায়ু প্রবাহের সৃষ্টি করে অন্য দিকে বায়ুমিল বায়ু প্রবাহকে কাজে লগিয়ে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে।অনেকগুলো বায়ুমিলকে একত্রে ব্যবহার করে অনেক সময় বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহার করা হয় এদেরকে বায়ু ফার্ম বলে।

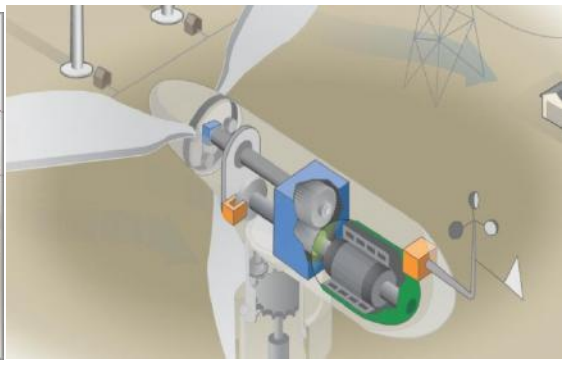
বায়ুমিল দু'ধরণের হতে পারে:

১। **সমতল অক্ষীয়(horizontal axis):** সচরাচর যে বায়ুমিল দেখা যায়।

২। **উলম্ব অক্ষীয়(vertical axis):** এটি ডিম মিশ্রণকারী যন্ত্রের ন্যায়।

নিচে একটি সমতল-অক্ষীয় বায়ুমিলের চিত্র দেয়া হল:





বায়ুমিলের যান্ত্রিক উপাদান

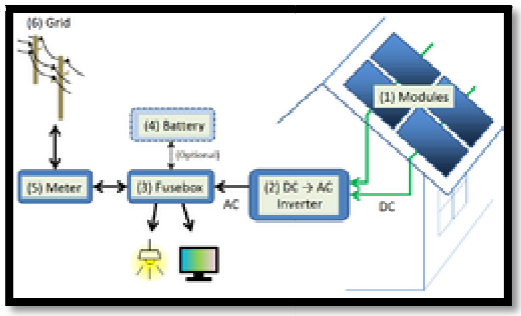
ক) ব্লেড বা পাখা, যা বায়ু শক্তিকে আবর্তন শক্তিতে রূপান্তরিত করে।

খ) ড্রাইভ ট্রেইন, যা গিয়ার বক্স ও বিদ্যুৎ জেনারেটরকে সংযুক্ত করে।

গ) টাউয়ার যা পাখা ও ড্রাইভ ট্রেইনকে সহযোগিতা করে।

সোলার পাওয়ার : প্রথম সৌর শক্তি ব্যবহার করেন বিজ্ঞানী চার্ল ফ্রিট্স ১৮৮০ সালে।সূর্য্যের আলো বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরকে সৌর বিদ্যুৎ বলে। এটি সরাসরি ফটোভোল্টাইক সেলের মাধ্যমে হতে পারে অথবা পরোক্ষভাবে গাঢ়ীকৃত সৌরশক্তি হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে লেন্স অথবা আয়না ব্যবহারের মাধ্যমে। যেখনে একটি বৃহৎ অঞ্চলের সূর্যরশ্মিকে অতি অল্প জায়গায় ফোকাস করার মাধ্যমে উত্তাপ তৈরী করা হয়। ফটোভোল্টায়িক সেল সূর্য্যালোকের মাধ্যমে ইলেকট্রনের নি:সরণ ঘটায় এবং বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে। আন্তর্জাতিক শক্তি এজেন্সি ২০১৪ সালে একটি প্রজেক্টের মাধ্যমে দেখিয়েছে যে সৌর শক্তি ২০৫০ সালে একটি সর্বাধিক নবায়নযোগ্য জ্বালানী আবির্ভূত হবে যার বেশীর ভাগ স্থাপন করা হবে চায়না ও ভারতে। প্রথম দিকে এটির ব্যবহার মূলত ক্যালকুলেটর, ঘড়ি, ছোট ইলেকট্রনিক সামগ্রীতে এবং প্রত্যন্ত অঞ্চলের ঘরে বিদ্যুতের উৎস হিসাবে ব্যবহৃত হতো। কিন্তু বর্তমানে সোলার প্যানেলের দাম হ্রাস পাওয়ায় এটির ব্যবহার ব্যাপক বৃদ্ধি পেয়েছে। যাতে লক্ষ লক্ষ সোলার প্যানেল এর মাধ্যমে জাতীয় গ্রীডেও বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হচ্ছে। লনজিয়ান ড্যাম (Longyangxia Dam) সোলার পার্ক এর মধ্যে অন্যতম যা কুইনহাই (Qinghai) চায়নায় অবস্থিত।

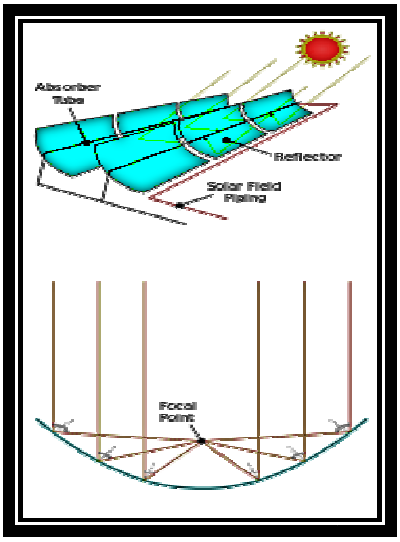
ফটোভোল্টায়িক সিস্টেম: এ সিস্টেমে ছাদের উপরে অথবা মাটির উপরে ফ্রেম তৈরীর মাধ্যমে সোলার প্যানেল স্থাপন করা হয়। এ সোলার প্যানেল সূর্যালোকে সরাসরি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করে। সোলার সেল এমন একটি প্রযুক্তি যা ফটোইমিশন ইফেক্টে (photoemmission effect) এর মাধ্যমে সূর্যালোককে বিদ্যুৎ-এ রূপান্তরিত করে।



জার্মান উদ্দোৎতা আরনেষ্ট ওয়ার্নার ভন সিমেন্স **(Ernst Werner von Siemens)** সর্বপ্রথম সোলার পাওয়ারের গুরুত্ব অনুধাবন করেন। সোলার সেল প্রথমত তৈরী হতো কপার অক্সাইড দিয়ে পরবর্তিতে সিলভার সেলিনাইড, সেলিনিয়াম ইত্যাদি দিয়ে যেগুলোর দক্ষতা ছিল খুবই কম। বিজ্ঞানী জিরাল্ড পিয়ারসন, ক্যালভিন ফুলার এবং ডেরিল চ্যাপিন **(Gerald Pearson, Calvin Fuller and Daryl Chapin)** বর্তমানে ব্যবহৃত সিলিকন সোলার সেল আবিস্কার করেন যার দক্ষতা ৪.৫-৬%। ফটোভোল্টায়িক সেলে ডি.সি কারেন্ট উৎপন্ন হয়। কিন্তু বাস্তবিক ব্যবহারের জন্য প্রয়োজন হয় নির্দিষ্ট ভোল্টের এ.সি (alternating current) এজন্য বহুসংখ্যক সোলারসেলকে আন্তসংযোগের মাধ্যমে ইনভার্টার এর মাধ্যমে ব্যবহার উপযোগী করা হয়।

কনসেনট্রেটেড সোলার পাওয়ার : এটিকে কনসেনট্রেটেড সোলার থারমালও বলা হয়ে থাকে। বিভিন্ন ধরণের গাঢ়ীকরণ (concentrating) প্রযুক্তি ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এরমধ্যে সর্বাধিক ব্যবহৃত প্রযুক্তি হচ্ছে উপবৃত্তাকার ট্রাফ, কমপ্যাক্ট সরলরৈখিক ফ্রেসনেল প্রতিফলক, স্টীলিং ডিস এবং সোলার পাওয়ার টাউয়ার। এ সিস্টেমে কার্যকরী তরলকে গাঢ়ীকৃত সূর্যালোকের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয় এবং উহাকে বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহার করা হয়। তাপধারণ দক্ষতা ২৪ ঘন্টা বিদ্যুৎ উৎপাদনে সক্ষম। নিচে একটি উপবৃত্তাকার ট্রাফ গাঢ়ীকরণ প্রযুক্তির বর্ণনা ও চিত্র প্রদান করা হলো:

উপবৃত্তাকার ট্রাফ : এটি সরলরৈখিক উপবৃত্তাকার প্রতিফলক নিয়ে গঠিত হয় যা সূর্য্যালোককে প্রতিফলনের মাধ্যমে ঘনিভুত করে উহার ফোকাস দূরত্ব বরাবর অবস্থিত সরল রৈখিক গ্রাহক নলে ফেলে।



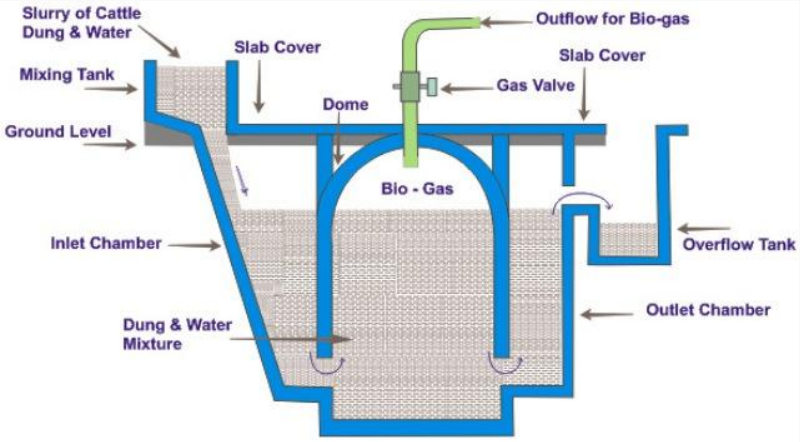
প্রতিফলক গুলো এমনভাবে তৈরী করা হয় যাতে সারাদিনের সূর্যের আলো সবসময়ই উহার কেন্দ্রে অবস্থিত গ্রাহক নলের মধ্যে ঘনিভূত হয়ে আপতিত হয়।এ পদ্ধতির সিস্টেমে সর্বপেক্ষা কম ভূমি ব্যবহৃত হয়।এ ধরনের বিদ্যুৎ উৎপাদন প্লান্ট ক্যালির্ফোনিয়া ও নেভাদাতে দেখা যায়।

বায়োগ্যাস প্লান্টঃ বায়োগ্যাসমূলত বিভিন্ন গ্যাসের মিশ্রণ। যাতে মিথেন, কার্বন ডাইঅক্সাইড, হাইড্রোজেন সালফাইড, হাইড্রোজেন, বায়োগ্যাস ইত্যাদি মিশ্রিত অবস্থায় থাকে। গ্যাস মিশ্রনে উপাদানের সম্ভাব্য শতকরা হার নিম্নরূপ:

উপাদান	ফরমূলা	%
মিথেন	CH_4	50–75
কার্বনডাইঅক্সাইড	CO_2	25–50
নাইট্রোজেন	N_2	0–10
হাইড্রোজেন	H_2	0–1
হাইড্রোজেন সালফাইড	H_2S	0–3
অক্সিজেন	O_2	0–0.5

বায়োগ্যাস প্লান্ট একটি অন্যতম নবায়নযোগ্য জ্বালানী উৎপাদন পদ্ধতি। যে সব স্থানে ঘন বসতি এবং অনুন্নত যোগাযোগ ব্যবস্থা সে সকল স্থানে এ পদ্ধতি ব্যবহার করার উপযোগী। জৈব বর্জ, শিল্পবর্জ, পৌর বর্জ্য হতেও এধরণের বিদ্যুৎ উৎপাদন সম্ভব। এধরণের বিদ্যুৎ উৎপাদন প্লান্ট আমাদের দেশের জন্য খুবই উপযোগী। এ ধরনের প্লাণ্ট ব্যবস্থাপনা একটু অস্বাস্থ্যকর বিধায় আমাদের দেশে এটি এখনও জনপ্রিয় হয়ে উঠতে পারেনি। কিন্তু উপযুক্ত ট্রেইনিং এর ব্যবস্থা করা গেলে এ ধরণের প্লান্ট খুব তাড়াতাড়ি জনপ্রিয়তা পাবে যদিও খুব অল্পসংখক প্লান্ট প্রত্যন্ত অঞ্চলে সফলতার মুখ দেখেছে।এধরণের প্লান্টে তিন ধরণের সুবিধা পাওয়া যায়। যেমন বর্জ্য ব্যবস্থাপনা, জালানীগ্যাস ও বিদ্যুৎ উৎপাদন এবং কম্পোস্ট সার উৎপাদন।বর্তমানে উন্নতদেশেও এ গ্যাসকে বিশুদ্ধ করে সি.এন.জি. হিসাবে গাড়ী ও অন্যান্য ট্রান্সপোর্টে জ্বালানী হিসবে ব্যবহার করা হচ্ছে।আর এ গ্যাস বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহার করা হচ্ছে।নিম্নে বায়োগ্যাস প্লান্টের গঠন প্রণালী দেখানো হলো:

বায়োগ্যাস প্লান্ট এর গঠনঃ



Fixed Dome type Bio-gas Plant

এধরণের ট্যাংকে একটি গম্বুজের মত পাত্র থাকে যার নিচের অংশকে ডাইজেষ্টার বলে এবং উপরের অংশকে বলে গ্যাস স্টোরেজ। মিশ্রণ ট্যাংকে গোবর বা গোবাদির মলমূত্র এমনকি মানুষের মলমূত্র পানির সাথে ভালভাবে মিশ্রিত করে ইনলেট ড্রেইন এর মাধ্যমে ডাইজেষ্টারে পাঠানো হয় যেখানে জীবাণুর মাধ্যমে বিক্রিয়ার দ্বারা মিথেন ও অন্যান্য গ্যাস উৎপন্ন হয়ে গম্বুজ আকৃতির গ্যাস স্টোরেজ অংশে জমা হয়। এর উপরের অংশে একটি নল যুক্ত থাকে যার মাধ্যমে গ্যাস বিভিন্ন যন্ত্রে পাঠানো হয়। এই নলে গ্যাস প্রবাহ নিয়ন্ত্রনের জন্য একটি ভাল্ব লাগানো থাকে। গোবর বা মলমূত্রের মিশ্রন আউটলেট ড্রেইন এর মাধ্যমে বের হয়ে আসে যা পরবর্তিতে কম্পোস্ট সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে।

বায়ো গ্যাসপ্লান্টের সুবিধা অসুবিধাঃ

সুবিধাঃ

১) এটি দুষনমুক্ত নবায়নযোগ্য জ্বালানী সরবরাহ করে।
২) এটি জ্বালানী কাঠ সংগ্রহের কষ্ট হতে মুক্তি দেয়।
৩) রান্না ঘরের ধুয়া ও ময়লা হতে মুক্তি দেয়।
৪) এটি থেকে বাইপ্রডাক্ট হিসাবে জৈব সার পাওয়া যায় যা পরিবেশ বান্ধব ও শস্য উৎপাদন ব্যয় কমিয়ে দেয়।
৫) বর্জ ব্যবস্থাপনায় সহায়তার মাধ্যমে পরিবেশ স্বাস্থ্যকর রাখে।
৬) বিদ্যুৎ উৎপাদনে ব্যবহার করা যায় যাতে দুর্গম অঞ্চলে বিদ্যুৎ চাহিদা মেটায়।
৭) যে কোন পচনশীল বস্তু এতে ফিড হিসাবে ব্যবহার করা যায় ফলে পরিবেশে দূর্গন্ধ ছড়ায় না।

অসুবিধাঃ

১) পদ্ধতিগতভাবে এটি অস্বাস্থ্যকর।
২) উৎপাদন দক্ষতা বাড়ানো কষ্টকর।
৩) এটির মিশ্রণে কিছু ক্ষয়কর উপাদান থাকে যা ব্যবহার্য ধাতব যন্ত্রে ক্ষতি করে।
৪) এটি সব জায়গায় স্থাপন করা যায় না।
৫) এটি সব জায়গায় স্থাপন করা যায় না

pH মিটারের সাহায্যে দ্রবণের pH নির্ণয় কৌশল : pH মিটারের সাহায্যে দ্রবণের pH নির্ণয়ের জন্য পরীক্ষণীয় দ্রবণে একটি একটি প্রোবডোবানো হয়। এতে pH মিটারের স্কেল হতে সংশ্লিষ্টদ্রবণের pH মান সরাসরি পাওয়া যায়। pH মিটারের প্রোবটি মূলত একটি H ইলেকট্রোড ও অন্য একটি নির্দেশক ইলেকট্রোডের সেল। হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড দ্রবণে উপস্থিত H^+ আয়নের পরিমাণের উপর নির্ভর করে যে বিভব উৎপন্ন করে উহা নির্দেশক ইলেকট্রোডের মধ্যমে পরিমাপ করা হয়। উৎপন্ন বিভব পার্থক্য pH এ রূপান্তরিত করে pH মিটারে প্রদর্শিত হয়।

pH পরিমাপের পদ্ধতি

দ্রবণের pH পরিমাপ নিম্নলিখিত কয়েকটি ধাপে সম্পন্ন করা হয়-

১। ক্যালিব্রেশন : pH মিটারের সাহায্যে সঠিক pH মান নির্ণয়ের জন্য প্রথমে ইলেক্ট্রোডকে ক্যালিব্রেশন করে নিতে হয়। প্রথমে প্রোব (Probe) টিকে পাতিত পানিতে ধুয়ে নিয়ে জ্যাকে টিসু পেপারদিয়ে মুছে নিতে হবে। pH মিটারের প্রোবটিকে বিকারের দ্রবণে ডুবিয়ে সুইচ অন করতে হবে। এতে যন্ত্রে pH মান 4দেখাবে। যদি না দেখায় তবে ক্যালিব্রেশন নব-১ দ্বারা উহার মান pH_{-4} 4বানাতে হবে। এরপর প্রোবটিকেদ্রবণ হতে উঠিয়ে পুনরায় পতিত পানি দ্বারা ধুয়ে নিয়ে টিসু পেপার দিয়ে মুছে pH_{-10} এর বিকারেরদ্রবণে ডুবাতে হবে। এতে যন্ত্রে স্থির pH দেখাবে। যদি pH না দেখায় তবে ক্যালিব্রেশন নব-২ দ্বারা এর pH মান 10 এ আনতে হবে।

২। ধৌতকরন : ক্যারিব্রেশন করার পর প্রোবটিকে ধৌত পতিত পানি দ্বারা ধৌত করে পতিত পানির বিকারে ডুবিয়ে রাখতে হবে।

৩। পরীক্ষনীয় দ্রবণের নাড়ন : যে দ্রবণের pH পরিমাপ করতে হবে উহাকে ভালভাবে নেড়ে উহার ঘনমাত্রা সমসত্ত্ব করতে হবে অর্থাৎ দ্রবণের সকল স্থানের ঘনমাত্রা যেন একই হয়।

৪। কোন দ্রবণের pH মিটার নির্ণয়ের সময় পরিক্ষীয় দ্রবণের তাপমাত্রা থার্মোমিটারের সাহায্যে জেনে নিয়ে pH মিটারের তাপমাত্রা দ্রবণের তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট করতে হবে।

৫। পরীক্ষনীয় দ্রবণের pH নির্ধারণ : পরীক্ষনীয় দ্রবণ স্থির হলে এতে pH মিটারের প্রোব ডুবাতে হবে। তারপর কিছুক্ষণ বিলম্ব করতে হবে যাতে pH এর পাঠ স্থির মানে পৌছায়। এরপর উহার পাঠ গ্রহন করতে হবে। এখানে মনে রাখা প্রয়োজন প্রত্যোকটি দ্রবণের pH নির্ণয়ের জন্য প্রোবটিকে পাতিত পানি দ্বারা ধুয়ে নিতে হবে এবং টিসু পেপার দিয়ে মুছে নিতে হবে।

৬। pH- মিটার রক্ষনা বেক্ষন : pH- মিটারের পাঠ নেয়া শেষ হলে উহার প্রোবটিকে পাতিত পানি দ্বারা বারবার ধুয়ে এরগায়ে লেগে থাকা দ্রবণ দূর করতে হবে। এর প্রোবটি পাতিত পানিতে ডুবিয়ে pH মিটারের সুইচ বন্ধ করে রাখতে হবে। পাতিত পানিতে ডুবিয়ে না রাখলে প্রোবটি অকার্যকর হয়ে যাবে।

শিক্ষার্থীর কাজ	বাংলাদেশের বিদ্যুৎ চাহিদার পরিপ্রেক্ষিতে উপরোক্ত বিদ্যুৎ উৎপাদন পদ্ধতিগুলোর মধ্যে কোনটি সর্বাধিক উপযোগী বলে আপনার নিকট মনে হয়? উপযুক্ত যুক্তির মাধ্যমে উহা বিশ্লেষণ করে একটি টার্ম পেপার রচনা করে শিক্ষকের নিকট জমা দিন।

সার-সংক্ষেপ :

- ফুয়েলসেল এমন একটি প্রযুক্তি যেটি জ্বালাণীর রসায়নিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করে।
- নবায়নযোগ্য জ্বালানী বলতে সে সমস্ত জ্বালানীকে বুঝায় যাহা প্রাকৃতিক উৎস যেমন, বাতাস, সূর্যরশ্মী, বৃষ্টি, পানি, স্রোত,ঢেউ এবং ভূ-তাপ হতে উৎপাদন করা হয়।
- বায়ুবিদ্যুৎ মূলত বাতাসের প্রবাহকে বায়ু-টারবাইনের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত করে যান্ত্রিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর করাকে বুঝায়।
- বৈদ্যুতিক পাখা বিদ্যুৎ শক্তিকে কাজে লাগিয়ে বায়ু প্রবাহের সৃষ্টি করে অন্য দিকে বায়ুমিল বায়ু প্রবাহকে কাজে লগিয়ে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে।
- সূর্য্যের আলো বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরকে সৌর বিদ্যুৎ বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৮

সঠিক উত্তরের পাশে টিক (√) চিহ্ন দিন

১। ফুয়েল সেলে তড়িৎবিশ্লেষ্য হিসাবে ব্যবহৃত হয় কোনটি?

ক) $ZnSO_4$ খ)$CuSO_4$

গ)H_2SO_4 ঘ)NaOH

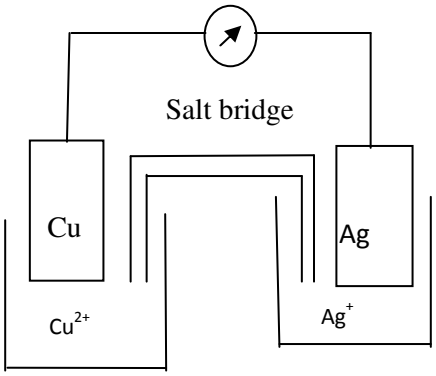
২। ফুয়েল সেলের ক্যাথোডে জ্বালানী হিসেবে ব্যবহৃত হয়-

ক) হাইড্রোজেন খ) পানিগ্যাস

গ) কার্বন ডাইঅক্সাইড ঘ) অক্সিজেন

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সৃজনশীল প্রশ্ন :



$E^0_{Cu^{2+}/Cu} = 0.34$ $E^0_{Ag^{+}/Ag} = 0.80$

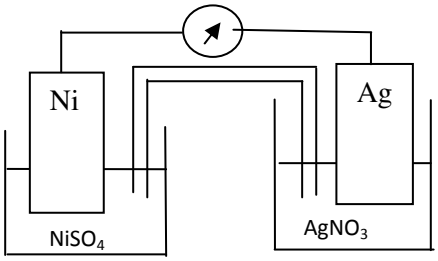
ক) ফটোভোল্টায়িক সেল কী ?

খ) বায়ু বিদ্যুৎ বলতে কি বোঝেন লিখুন।

গ) সেলের প্রমাণ বিভব হিসাব করুন।

ঘ) বামপাশের সেলটি যদি প্রমাণ হাইড্রোজেন ইলেকট্রোড হতো তবে উহার বিভব বৃদ্ধি না হ্রাস পেত? বিশ্লেষণ করুন।

২।



নিকেল, সিলভার ও জিংক্ক এর প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান যথাক্রমে -০.২৫,০.৭৯৯ ও -০.৭৬ ভোল্ট।

ক) ফুয়েল সেল কাকে বলে ?

খ) বায়ুগ্যাস প্লান্ট হতে কি গ্যাস বের হয়?

গ) উদ্দিপকে উল্লেখিত কোষের কোষ বিক্রিয়া লিখুন।

ঘ) উদ্দিপকের অ্যানোডের দ্রবণটিকে দীর্ঘদিন জিঙ্কের পাত্রে সংরক্ষণ করা যাবে কিনা বিশ্লেষণ করুন।

উত্তরমালা

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.১ :	১। ঘ	২। খ	৩। খ
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.২ :	১। খ	২। খ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৩ :	১। ক	২। গ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৪ :	১। ঘ	২। খ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৫ :	১। খ	২। ঘ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৬ :	১। খ	২। খ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৭ :	১। ঘ	২। গ	
পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৫.৮ :	১। ঘ	২। ক	