

লাল - সবুজ  
দাগানো  
**TEXT BOOK**



রসায়ন  
২য় পত্র  
*New Edition*



**উমেষ**

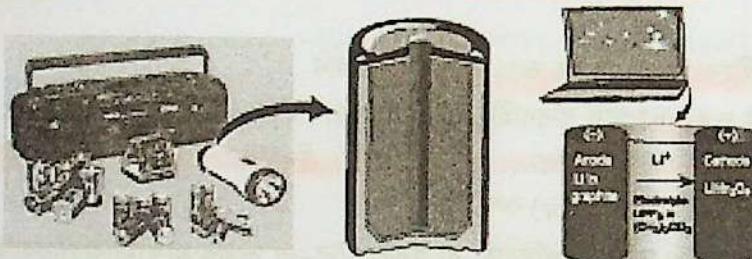
মেডিকেল এন্ড ডেন্টাল এডমিশন কেয়ার

তত্ত্বীয় আলোচনা	= ২০
শ্রেণি কর্মকাণ্ড	= ৮
মোট পিরিয়ড	= ২৮

## চতুর্থ অধ্যায় তড়িৎ রসায়ন Electro-chemistry

### ভূমিকা (Introduction)

তড়িৎ বা বিদ্যুৎ বলতে ইলেকট্রন প্রবাহকে বোঝানো হয়। সব Redox বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের স্থানান্তর ঘটে। Redox বিক্রিয়ার স্থানান্তরিত ইলেকট্রনকে বাহ্যিক পরিবাহীতে প্রবাহিত করার প্রক্রিয়া হলো তড়িৎ কোষ। এক্ষেত্রে তড়িৎ কোষে রাসায়নিক বিক্রিয়া বা Redox বিক্রিয়ার শক্তি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। টর্চ লাইটে ব্যবহৃত শুক্র ব্যাটারি, ক্যালকুলেটরে ব্যবহৃত Ni-Cd ব্যাটারি, হার্টপেচ মেকার ও ঘড়িতে ব্যবহৃত Li-ব্যাটারি, ল্যাপটপ, সেলফোন, ডিজিটেল ক্যামেরায় ব্যবহৃত লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি, পরিবেশবান্ধব  $H_2$  ফুয়েল সেল ইত্যাদি প্রত্যেকটিতে Redox বিক্রিয়া ঘটে।



অধ্যায়ের প্রধান শব্দসমূহ (Key Words) : তড়িৎ পরিবাহী, তড়িৎ বিশ্লেষ্য, ফ্যারাডে, ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ, জারণ অর্ধকোষ, বিজারণ অর্ধকোষ, লবণ সেতু, তড়িৎদ্বার বিভব, কোষ বিভব, প্রাইমারি কোষ, সেকেন্ডারি কোষ, ফুয়েল সেল।

### শিখনফল : এ অধ্যায় পাঠ শেষে শিক্ষার্থীরা—

১. তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
২. তড়িৎবিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৩. ব্যবহারিক : পরীক্ষার মাধ্যমে বিভিন্ন দ্রবণের পরিবাহিতার পার্থক্য দেখাতে এবং তীব্র ও দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য এবং তড়িৎ অবিশ্লেষ্য চিহ্নিত করতে পারবে।
৪. ফ্যারাডের প্রথম সূত্র প্রয়োগ করে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় বর্ণনা করতে পারবে।
৫. ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ বর্ণনা করতে পারবে।
৬. ব্যবহারিক: ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষার মাধ্যমে দেখাতে পারবে।
৭. জারণ অর্ধবিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া এবং তড়িৎদ্বার বিভব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
৮. তড়িৎদ্বার বিভবের সাথে ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজের সম্পর্ক বর্ণনা করতে পারবে।
৯. Redox বিক্রিয়া ও কোষ বিভব ও প্রমাণ কোষ বিভব ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১০. তড়িৎদ্বার এবং কোষের বিভব সংক্রান্ত নার্সট সমীকরণ ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১১. তড়িৎদ্বার ও এর প্রকারভেদ বর্ণনা করতে পারবে।
১২. ব্যবহারিক : ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠন করতে পারবে।
১৩. ব্যবহারিক : দুটি তড়িৎদ্বারের সাহায্যে কোষ গঠন করে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎশক্তিতে রূপান্তরিত করে দেখাতে পারবে।
১৪. এক ও দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষের গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৫. রিচার্জেবল (লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম) ব্যাটারির কার্যপ্রণালি এবং রিচার্জ প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৬. লেড স্টোরেজ এবং লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারের সুবিধা অসুবিধা অন্যান্য ক্ষেত্রে ব্যবহারের সুবিধা অসুবিধা অন্যান্য বর্ণনা করতে পারবে।
১৭. ফুয়েল সেলের প্রকারভেদ এবং বিভিন্ন ফুয়েল সেলের অ্যানোড, ক্যাথোড ও ফুয়েল উল্লেখ করতে পারবে।
১৮. হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের গঠন, সংঘটিত বিক্রিয়া ও এর সুবিধা ব্যাখ্যা করতে পারবে।
১৯. pH মিটারের সাহায্যে কোনো দ্রবণের pH নির্ণয়ের কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।

## ৪.১ তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ

### Electric-Conductors and their Classification

'বিদ্যুতের তার' এ শব্দ দুটি আমাদের খুবই পরিচিত শব্দ। ঘরে, অফিসে, কারখানার বিদ্যুতের তার (wire) হলো 'কপার ধাতুর' এবং রাতায় বিদ্যুৎ বা তড়িৎ প্রবাহের মোটা 'তার' কয়েকটি ধাতুর সংমিশ্রণে তৈরি 'ধাতু সংকর'। সব ধাতু কম-বেশি তড়িৎ পরিবাহী। ধাতু ছাড়া 'গ্রাফাইট' এবং এসিড, ক্ষার, আয়নিক যৌগ যেমন, NaCl এর জলীয় দ্রবণ বা গলিত NaCl এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে।

**তড়িৎ পরিবাহী :** যেসব ধাতব-অধাতব পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে, এদেরকে তড়িৎ পরিবাহী (electric conductors) বলে। যেমন, 'কপার তার' হলো ধাতব পরিবাহী; গ্রাফাইট হলো অধাতব পরিবাহী। তরল পদার্থ পারদ বা মার্কারি তড়িৎ পরিবহণ করে।

**তড়িৎ অপরিবাহী :** যেসব পদার্থের ভেতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হতে পারে না, এদেরকে অপরিবাহী বা ইনসুলেটর (insulator) বলে। 'ইলেকট্রিক তার' এর ওপর প্লাস্টিক অথবা রাবারের যে আবরণ দেয়া হয়, এরা হলো তড়িৎ অপরিবাহী বা ইনসুলেটর।

\* **তড়িৎ পরিবাহীর শ্রেণিবিভাগ :** তড়িৎ পরিবাহীকে তিন শ্রেণিতে ভাগ করা হয়। যেমন,

**MAT:** (১) তড়িৎ সুপরিবাহী, (২) তড়িৎ অর্ধপরিবাহী ও (৩) সুপার পরিবাহী বা সুপার কভার্টর।

**15-16** (১) **তড়িৎ সুপরিবাহী :** যেসব ধাতু যেমন কপার, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন, জিঙ্ক, সিলভার ইত্যাদি সহজে বিদ্যুৎ পরিবহণ করতে পারে, এদেরকে তড়িৎ সুপরিবাহী (good conductor) বলা হয়।

(২) **অর্ধপরিবাহী বা সেমিকন্ডাক্টর :** তড়িৎ পরিবাহী ও তড়িৎ অপরিবাহী বা ইনসুলেটর—এ দুয়ের মাঝামাঝি পরিবাহিতা শৃঙ্গসম্পন্ন কিছু পদার্থ আছে, এদেরকে অর্ধপরিবাহী বা সেমিকন্ডাক্টর (semiconductors) বলা হয়। পর্যায় সারণির গ্রহণ IV A (14) এর সিলিকন (Si) ও জার্মেনিয়াম (Ge)-এসব অর্ধধাতু বা মেটালয়েড হলো সেমিকন্ডাক্টর।

(৩) **সুপার কভার্টর :** বর্তমানে সুপার পরিবাহী বা সুপার কভার্টর নামক বিশেষ তড়িৎ পরিবাহী আবিষ্কৃত হয়েছে। এসব সুপার কভার্টর হলো সংকর ধাতু ও সংকর ধাতুর অঞ্জাইড। এদের নির্দিষ্ট একটি সৰ্কি তাপমাত্রা  $T_c$  (Super conducting transition temperature) নামক নিম্ন তাপমাত্রা থাকে; এই তাপমাত্রার নিচে এসব ধাতব পরিবাহীর কোনো বিদ্যুৎ রোধ থাকে না। যেমন, Nb3Ge এর  $T_c$  হলো 23.2 K এবং YBa2Cu3O\_7 এর  $T_c = 90$  K। এসব সুপার কভার্টরের মধ্য দিয়ে কোনো শক্তির অপচয় (loss) ছাড়া তড়িৎ অনায়াসে চলতে পারে।

\* **তড়িৎ পরিবাহীর প্রকারভেদ :** তড়িৎ পরিবহণের মেকানিজমের ভিন্নতার ওপর ভিত্তি করে তড়িৎ পরিবাহী মূলত দু'প্রকার। যেমন—(১) ইলেকট্রনীয় বা ধাতব পরিবাহী ও (২) তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী।

**ইলেকট্রনীয় বা ধাতব পরিবাহী :** কঠিন ধাতব ও অধাতব তড়িৎ পরিবাহীকে ইলেকট্রনীয় পরিবাহী বা ধাতব পরিবাহী বলে। যেমন, কপার ধাতু ও গ্রাফাইট অধাতু হলেও ইলেকট্রনীয় পরিবাহী।

**বৈশিষ্ট্য :** (১) এসব কঠিন পদার্থে পরমাণুর বহিস্তরে এক বা একাধিক সম্পরণশীল ইলেকট্রন থাকে। তাই এসব পরিবাহীর এক প্রান্তে তড়িৎক্ষেত্র এর মধ্য দিয়ে তড়িৎ বা বিদ্যুৎ পরিবহণকালে জারণ-বিজ্ঞান বিক্রিয়া ঘটে। তাই এদের একুপ নামকরণ হয়েছে।

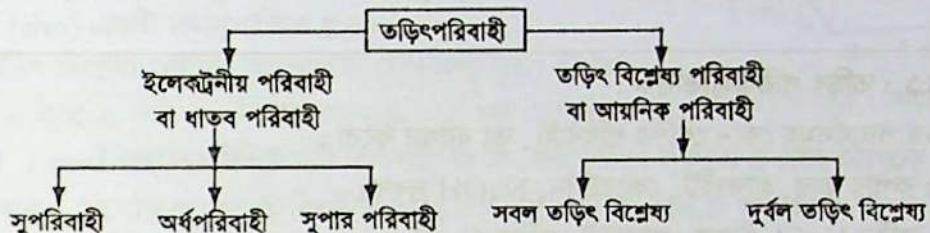
(২) এসব তড়িৎ বিশ্লেষ্য আয়নিক যৌগ গলিত অবস্থায় এবং জলীয় দ্রবণে এদের উভয় প্রকার আয়নগুলো কেলাস ল্যাটিস (lattice) বা কেলাস জালি থেকে মুক্ত হয়ে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নকূপে তরল মাধ্যমে সম্পরণশীল থাকে বলে তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে।

(৩) **জলীয় দ্রবণে আয়নিক যৌগের ও পোলার সমযোজী যৌগের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নগুলো যথাক্রমে ইলেকট্রন গ্রহণ ও বর্জন করে অর্থাৎ রাসায়নিক পরিবর্তনের মাধ্যমে তড়িৎ পরিবহণ করে থাকে। তাই একুপ তড়িৎ পরিবাহীকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী (electrolyte) বা আয়নিক পরিবাহী বলে।**

**তড়িৎ বিশ্লেষ্যের শ্রেণিবিভাগ :** কঠিন পরিবাহীর মতো পদার্থের জলীয় দ্রবণও সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য (strong electrolyte), দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য (weak electrolyte) ও তড়িৎ অবিশ্লেষ্য (non-electrolyte)—এ তিনি শ্রেণিতে

বিভক্ত। যেসব আয়নিক যৌগ জলীয় দ্রবণে প্রায় 70% – 100% পরিমাণে আয়নিত হয়, এরা হলো সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন, KCl, NaCl, HCl,  $H_2SO_4$ , NaOH, KOH ইত্যাদির দ্রবণ।

অপরদিকে যেসব যৌগ খুব কম পরিমাণে যেমন 1% – 10% দ্রবণে আয়নিত হয়, এদেরকে দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলে। যেমন, 0.1M  $CH_3COOH$ , HF দ্রবণ। আবার যেসব যৌগ পানিতে আয়নিত হয় না; তাই তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে না, এদেরকে তড়িৎ অবিশ্লেষ্য পদার্থ বলে। যেমন— চিনির দ্রবণ, আলকোহল, তরল হাইড্রোকার্বনসমূহ।



### জেনে নাও :

- \* ধাতব বন্ধনে আবদ্ধ ধাতুর কেলাস জালির (crystal lattice) মধ্যে থাকা মুক্ত ইলেক্ট্রনগুলো তড়িৎ পরিবহণ করে থাকে।
- \* কঠিন আয়নিক যৌগের কেলাস জালিতে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন আবদ্ধ থাকে; এদের কোনো মুক্ত ইলেক্ট্রন থাকে না। তাই কঠিন আয়নিক যৌগ তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে না। কঠিন আয়নিক যৌগ তড়িৎ অপরিবাহী।
- \* দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় আয়নিক যৌগের ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নগুলো কেলাস জালি থেকে মুক্ত হয়ে সচল হয়। তখন বিপরীতধর্মী আয়নগুলো তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে। এ অবস্থায় আয়নগুলোর মধ্যে তড়িৎ শক্তির প্রভাবে জারণ বিজারণ ঘটে। তাই আয়নিক যৌগের জলীয় দ্রবণ ও গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহণ করাকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে এবং ঐ রূপ পরিবাহীকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী বলে।
- \* গ্রাফাইট হলো কার্বনের একটি বহুরূপ। এটিতে  $sp^2$  সংকরিত কার্বন পরমাণুগুলোর একটি করে মুক্ত ইলেক্ট্রন থাকে। তাই গ্রাফাইট তড়িৎ পরিবাহী হয়। গ্রাফাইট হলো অধাতব ইলেক্ট্রনীয় পরিবাহী।
- \* ব্যতিক্রম : পারদ (Hg) তরল ধাতু হলো এটি একটি ইলেক্ট্রনীয় তড়িৎ পরিবাহী।

### ৪.১.১ ধাতব বা ইলেক্ট্রনীয় পরিবাহী ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য

#### Differences between Electronic & Electrolytic conductors

১। ধাতব বা ইলেক্ট্রনীয় পরিবাহীতে সম্পর্কশীল ইলেক্ট্রন দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ চলে। অপরদিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের সম্পর্কশীল ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ ঘটে।

২। ইলেক্ট্রনীয় পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহ একটি ভৌত প্রক্রিয়া, এতে তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে যাত্র; সংশ্লিষ্ট পরমাণুতে ইলেক্ট্রনের গ্রহণ বা বর্জন বা শেয়ার ঘটে না।

অপরদিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীতে তড়িৎ পরিবহণ একটি রাসায়নিক প্রক্রিয়া, এতে সংশ্লিষ্ট আয়ন দ্বারা ইলেক্ট্রন গ্রহণ বা বর্জন ঘটে।

৩। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে ধাতব পরিবাহীর তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতা হ্রাস পায়।

অপরদিকে তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতা বৃদ্ধি পায়। কারণ তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে আয়নসমূহের গতি বৃদ্ধি পায়।

৪। ধাতব পরিবাহীর ক্ষেত্রে কুলম্বের সূত্র প্রযোজ্য; অপরদিকে, তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর ক্ষেত্রে ফ্যারাডের সূত্র প্রযোজ্য।

৫। ইলেক্ট্রনীয় পরিবাহীতে তড়িৎ পরিবহণ ক্ষমতা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর তুলনায় অনেক গুণ বেশি থাকে।

৬। ধাতব পরিবাহীগুলো ধাতু অথবা গ্রাফাইট কার্বন হয়। অপরদিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী আয়নিক যৌগ বা পোলার সমযোজী যৌগের দ্রবণ হয়।

জেনে নাও : তাপমাত্রা বৃদ্ধিতে ধাতুর বা ইলেক্ট্রনীয় পরিবাহীর তড়িৎ প্রবাহ হ্রাস পায় কেন?

[চ. বো. ২০১৯]

কারণ তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে ধাতুর কেলাস ল্যাটিস বা কেলাস জালিকার নির্দিষ্ট অবস্থানে থাকা ধনাত্মক আয়নগুলো (বা positive cores) তাদের অবস্থানের আশেপাশে দোদুল্যমান (oscillating) অবস্থায় থাকে। তখন দোদুল্যমান ধনাত্মক আয়নগুলোর সাথে গতিশীল বা ডিলোকালাইজড ইলেক্ট্রনগুলো ধাক্কা খেতে থাকে। ফলে ইলেক্ট্রনসমূহের গতি হ্রাস পায়। অর্থাৎ ধাতুর রোধ বা resistance বেড়ে যায়। তাই তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে ইলেক্ট্রনীয় পরিবাহী বা ধাতুর তড়িৎ প্রবাহ হ্রাস পায়।

#### শিক্ষার্থীর কাজ-৪.১ : তড়িৎ পরিবাহীভিত্তিক :

প্রশ্ন-৪.১ : নিচের পদার্থসমূহ কোন শ্ৰেণিৰ পরিবাহী, তা ব্যাখ্যা করো :

[অনুধাবনভিত্তিক]

(ক) কপার তার, গ্রাফাইট, কেরোসিন, NaOH দ্রবণ।

(খ) কঠিন NaCl, হীরক, গ্রাফাইট, গলিত CaCl<sub>2</sub>।

প্রশ্ন-৪.২ : ইলেক্ট্রনীয় বা ধাতব পরিবাহী ও তড়িৎ বিশ্রেষ্য পরিবাহীর মধ্যে পার্থক্যসমূহ লেখ।

[অনুধাবনভিত্তিক]

প্রশ্ন-৪.৩ : গ্রাফাইট বিদ্যুৎ পরিবাহী, কিন্তু হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী; ব্যাখ্যা করো।

[অনুধাবনভিত্তিক]

## ৪.২ তড়িৎ বিশ্রেষ্যের পরিবাহিতা

### Conductance or Conductivity of Electrolytes

এখন আমরা তড়িৎ বিশ্রেষ্য পদার্থসমূহ কীৰূপে তড়িৎ পরিবহণ করে, তা নিচের ব্যাখ্যা থেকে জানতে পারবো।

**তড়িৎ বিশ্রেষ্যের পরিবাহিতার সংজ্ঞা :** আয়নিক যৌগের জলীয় দ্রবণে অথবা গলিত অবস্থায় তড়িৎ বা বিদ্যুৎ পরিবহণ করার ক্ষমতাকে তড়িৎ বিশ্রেষ্যের পরিবাহিতা বলে। **পরিমাণগতভাবে তড়িৎ বিশ্রেষ্যের রোধের ব্যতানুপাতিক হলো ঐ তড়িৎ বিশ্রেষ্যের পরিবাহিতা।** তড়িৎ বিশ্রেষ্য পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার কালে আয়নগুলো দ্বারা তড়িৎ বহনের বিরুদ্ধে ঐ পরিবাহী যে বাধা সৃষ্টি করে, তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্রেষ্য পরিবাহীর রোধ বলে। যেমন, কোনো তড়িৎ বিশ্রেষ্যের

রোধ R এবং পরিবাহিতা L হলে, তখন  $L = \frac{1}{R}$ ; পরিবাহিতার একক =  $\frac{1}{\text{রোধের একক}}$

CGS পদ্ধতিতে পরিবাহিতার একক হলো  $\Omega^{-1}$  ( $\text{ohm}^{-1}$ ) বা,  $mho = \Omega^{-1}$ । SI পদ্ধতিতে পরিবাহিতার একক হলো সিমেনস (Siemens)। সিমেনসকে S প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।  $1S = 1\text{ ohm}^{-1} = 1\ \Omega^{-1} = 1\ mho$

\* তড়িৎ বিশ্রেষ্য দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ ওমের সূত্র মেনে চলে।

\* \* তড়িৎ বিশ্রেষ্যের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নগুলো দ্রবণ বা তরল মাধ্যমে প্রবাহিত হওয়ার সময় তরল মাধ্যম আয়নগুলোর গতির বিপরীতে বাধা সৃষ্টি করে। তরল মাধ্যমে প্রাণ্ত তড়িৎ বিশ্রেষ্যের আয়নগুলোর গতির বাধাকে ঐ তড়িৎ বিশ্রেষ্যের রোধ বলে।

\* কঠিন পরিবাহীর বেলায় রোধ (resistance) যেমন, পরিমাপ করা হয়, তেমনি তড়িৎ বিশ্রেষ্যের বেলায় রোধের পরিবর্তে পরিবাহিতা (conductance). পরিমাপ করা হয়।

### ৪.২.১ তড়িৎ বিশ্রেষ্যের পরিবাহিতার প্রকারভেদ

#### Different Types of Conductivity

বিভিন্ন পদার্থের তড়িৎ পরিবাহিতার তুলনা করার জন্য তাদের তড়িৎ পরিবাহিতাকে নিম্নোক্ত তিনি প্রকারে প্রকাশ বা গণনা করা হয়। যেমন—

(১) তড়িৎ বিশ্রেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (Specific Conductance), κ (Kappa)

(২) তড়িৎ বিশ্রেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা (Equivalent Conductance), Λ (Lambda)

(৩) তড়িৎ বিশ্রেষ্যের মোলার পরিবাহিতা (Molar Conductance),  $\Lambda_m$  বা, μ (Mu)

(১) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা : ওমের সূত্র অনুসারে,  $l$  cm. দূরে অবস্থিত ও  $A \text{ cm}^2$  প্রস্তুতিমিটার দুটি ধাতব তড়িৎধারের মধ্যবর্তী কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের রোধ যদি  $R$  হয়, তবে

$$R \propto \frac{l}{A}; \text{ বা, } R = \rho \times \frac{l}{A} \quad \dots \dots \dots (1)$$

এ সমীকরণে ' $\rho$ ' (rho) একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক।

এ ধ্রুবকটিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের আপেক্ষিক রোধ বলা হয়। অপর কথায়, যখন  $l = 1 \text{ cm}$  এবং  $A = 1 \text{ cm}^2$  হয়, তখন  $R = \rho$  হয়। সূতরাং

$1 \text{ cm}$  দূরত্বে থাকা ও  $1 \text{ cm}^2$  প্রস্তুতিমিটার দুটি তড়িৎধারের মধ্যবর্তী তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের রোধকে ঐ তড়িৎবিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক রোধ ( $\rho$ ) বলে। আপেক্ষিক রোধের বিপরীত রাশিকে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলা হয়।

আপেক্ষিক পরিবাহিতার সংজ্ঞা : এক সেন্টিমিটার দূরত্বে থাকা ও এক বর্গসেন্টিমিটার ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট দুটি তড়িৎধারের মধ্যবর্তী অংশের তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলে। অপর কথায়, কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এক ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের পরিবাহিতাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলে। আপেক্ষিক পরিবাহিতাকে  $\kappa$  (Kappa) প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore \text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা, } \kappa = \frac{1}{\rho} \quad \dots \dots \dots (2)$$

(১) নং সমীকরণ থেকে ' $\rho$ ' এর মান (২) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই,

$$\kappa = \left( \frac{1}{R} \right) \times \frac{l}{A}; \text{ বা, } \kappa = L \times \frac{l}{A} \quad \dots \dots \dots (3)$$

[যেহেতু দ্রবণের পরিবাহিতা,  $L = \frac{l}{R}$  ]

আপেক্ষিক পরিবাহিতার একক : আমরা জানি, আপেক্ষিক পরিবাহিতা,  $\kappa = L \times \frac{l}{A}$

$$\therefore \text{CGS পদ্ধতিতে আপেক্ষিক পরিবাহিতা } \kappa \text{ এর একক } = \frac{l}{R} \times \frac{l}{A}$$

$$= \frac{1}{\text{রোধের একক}} \times \frac{\text{দৈর্ঘ্যের একক}}{\text{ক্ষেত্রফলের একক}} = \frac{1}{\text{ওম}} \times \frac{\text{সেমি}}{(\text{সেমি})^2}$$

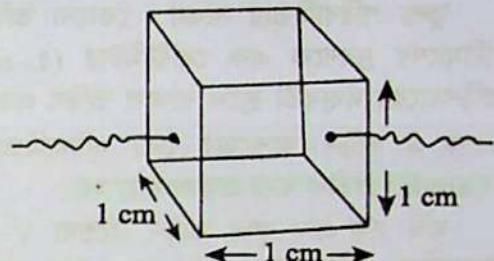
$$= \text{ওম}^{-1} \text{ সেমি}^{-1} (\text{ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}) \text{ বা, mho. cm}^{-1}$$

$$\therefore \text{SI এককে আপেক্ষিক পরিবাহিতার একক } = \text{সিমেনস} \times \frac{1}{(\text{মিটার})^2} = \text{Sm}^{-1}$$

জেনে নাও : কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতা নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর নির্ভর করে।

(১) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের উপস্থিত আয়নের সংখ্যা, (২) আয়নগুলোর চার্জ বা আধান, (৩) আয়নগুলোর আকার, (৪) আয়নগুলোর গতিবেগ, (৫) তাপমাত্রা, (৬) দ্রবণের গাঢ়ত্ব, (৭) দ্রাবকের প্রকৃতি [ দ্রাবক তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলোকে আকর্ষণ করে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন হতে সাহায্য করে। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিপরীতধর্মী আয়নগুলোকে বিচ্ছিন্ন করার ক্ষমতাকে দ্রাবকের ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক বলে। এটির মান যত বেশি হয়, তড়িৎ বিশ্লেষ্য ঐ দ্রাবকে তত বেশি আয়নিত হয়। ফলে তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়। যেমন, পানির ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক হলো ৮০ এবং মিথাইল অ্যালকোহলের ৩০। তাই তড়িৎ বিশ্লেষ্য পানিতে বেশি আয়নিত হয়। ]

(২) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা : তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা নির্ণয়ের ক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিমাণ নির্দিষ্ট না থাকায় বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা সঠিকভাবে তুলনা করা যায় না। এজন্যে তুল্য পরিবাহিতা ও মোলার পরিবাহিতা নামে অপর দুটি রাশি ব্যবহৃত হয়ে থাকে।



চিত্র-৪.১ : আপেক্ষিক রোধ

**MCQ-4.1 :** SI পদ্ধতিতে পরিবাহিতার একক কোনটি?

- |         |                       |
|---------|-----------------------|
| (ক) S   | (খ) ohm <sup>-1</sup> |
| (গ) mho | (ঘ) Ω <sup>-1</sup>   |

**তুল্য পরিবাহিতার সংজ্ঞা :** কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এক গ্রাম তুল্যভর পরিমাণের দ্রবণকে এক সেন্টিমিটার ( $1\text{ cm}$ ) দূরত্বে থাকা দুটি উপযুক্ত তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী স্থানে রাখলে তড়িৎ প্রবাহে দ্রবণটির যে পরিবাহিতা হয়, তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা বলে। **তুল্য পরিবাহিতাকে  $\Lambda$  (Lambda) প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।**

যদি এক গ্রাম তুল্য তড়িৎ বিশ্লেষ্য  $V\text{ cm}^3$  দ্রবণে থাকে এবং দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা  $K$  (Kappa) হয়, তখন তুল্যপরিবাহিতা,  $\Lambda = K \times V$ । অর্থাৎ এ সমীকরণ থেকে বোঝা যায়, তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা ( $K$ ) কে দ্রবণের মোট আয়তন ( $V$ ) দ্বারা গুণ করলে তুল্য পরিবাহিতার মান পাওয়া যায়।

\*\* তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার মধ্যে সম্পর্ক :

মনে করি, এক গ্রাম তুল্যভর একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য  $4\text{ cm}^3$  পানিতে দ্রবীভূত করে দ্রবণ তৈরি করা হলো। [ আগবিক ভরকে ক্যাটায়নের মোট চার্জ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে ঐ ঘোণের তুল্যভর পাওয়া যায়। যেমন  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর তুল্যভর হলো ( $106 \div 2 = 53$ ] ] এ দ্রবণটিকে  $1\text{ cm}$  দূরত্বে থাকা  $4\text{ cm}^2$  আয়তনের দুটি প্রাচিনাম (Pt) পাতের মধ্যবর্তী স্থানে রাখা হলো। চিত্র-৪.২ অনুযায়ী দ্রবণটি  $1\text{ cm}^3$  আয়তনের ৪টি ঘনকের আয়তনের সমান। প্রতি  $1\text{ cm}^3$  দ্রবণে থাকা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের পরিবাহিতা হলো ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা ( $K$ )। সম্পূর্ণ দ্রবণের পরিবাহিতা হবে  $4K$ । সুতরাং একইভাবে  $V\text{ cm}^3$  দ্রবণের আয়তন  $V$  সংখ্যক একক ঘনকের মধ্যবর্তী স্থানে অবস্থান করবে। তখন মোট তুল্য পরিবাহিতা হবে,  $\Lambda = K \times V$

ধরা যাক, একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ঘনমাত্রা  $C$  গ্রাম তুল্যভর/লিটার (বা এক নরমাল দ্রবণ 1 N)।

$\therefore C$  গ্রাম তুল্যভর তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবীভূত আছে  $1000\text{ cm}^3$  দ্রবণে

$\therefore 1$  গ্রাম তুল্যভর তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবীভূত আছে  $\frac{1000}{C}\text{ cm}^3$  দ্রবণে

তুল্য পরিবাহিতার সংজ্ঞা মতে, কোনো দ্রবণের যে আয়তনে এক গ্রাম তুল্যভর তড়িৎ বিশ্লেষ্য বর্তমান থাকে, সে দ্রবণের মোট পরিবাহিতা হলো দ্রবণটির তুল্য পরিবাহিতা ( $\Lambda$ )। অর্থাৎ মোট আয়তন  $V = \frac{1000}{C}\text{ cm}^3$

$\therefore$  তুল্য পরিবাহিতা,  $\Lambda = K \times \frac{1000\text{ cm}^3}{C}$ , এখানে  $C =$  গ্রাম তুল্যভর/লিটার

**তুল্য পরিবাহিতার একক :** তুল্য পরিবাহিতা,  $\Lambda = K \times \frac{1000\text{ cm}^3}{C}$

$\therefore \Lambda$  এর একক =  $K$  এর একক  $\times$  দ্রবণের ঘনমাত্রার একক

**MCQ-4.2 :** আপেক্ষিক পরিবাহিতার সূত্র কোনটি?

$$(k) L = R^{-1} \quad (x) K = \frac{l}{\rho}$$

$$(g) R = \rho \quad (y) R = \frac{l}{A}$$

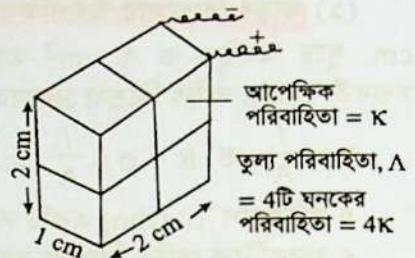
$$\text{CGS এককে } \Lambda \text{ এর একক} = \frac{\text{ওম}^{-1} \text{ সেমি}^{-1} \times \text{সেমি}^3}{\text{গ্রাম তুল্যভর}}$$

$$= \text{ওম}^{-1} \text{ সেমি}^2 (\text{গ্রাম তুল্যভর})^{-1} = \text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot (\text{g. eqv})^{-1}$$

$$\text{SI এককে } \Lambda \text{ এর একক} = \text{S.m}^2 \cdot (\text{g.eqv})^{-1}$$

(৩) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহিতা : সংজ্ঞা : কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এক মোল পরিমাণের দ্রবণকে এক সেন্টিমিটার ( $1\text{ cm}$ ) দূরত্বে থাকা দুটি উপযুক্ত তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী স্থানে রাখলে তড়িৎ প্রবাহে দ্রবণটির যে পরিবাহিতা হয়, তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহিতা বলে। মোলার পরিবাহিতাকে  $\Lambda_m$  প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

**V আয়তনের দ্রবণে এক মোল তড়িৎ বিশ্লেষ্য থাকলে মোলার পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার মধ্যে নিম্নরূপ সম্পর্ক হয় :  $\Lambda_m = K \times V$**



যদি  $M \text{ mol}$  তড়িৎ-বিশ্বেষ্য পদার্থ  $1000 \text{ cm}^3$  দ্রবণে দ্রবীভূত থাকে। তখন  $\Lambda_m = \kappa \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{M}$

মোলার পরিবাহিতা একক : মোলার পরিবাহিতা,  $\Lambda_m = \kappa \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{M}$

$$\therefore \Lambda_m \text{ এর একক} = \kappa \text{ এর একক} \times \frac{\text{আয়তনের একক}}{\text{দ্রবণের মোলার একক}}$$

$$\text{CGS এককে } \Lambda_m \text{ এর একক} = \text{ওম}^{-1} \text{ সেমি}^{-1} \times \frac{\text{সেমি}^3}{\text{মোল}}$$

$$= \text{ওম}^{-1}, \text{সেমি}^2, \text{মোল}^{-1} = \text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

**MCQ-4.3 :** তুল্য পরিবাহিতার সূত্র কোনটি?

$$(ক) \quad \kappa = \rho^{-1} \quad (খ) \quad L = R^{-1}$$

$$(গ) \quad \Lambda = \frac{\kappa \times 1000 \text{ cm}^3}{C} \quad (ঘ) \quad \Lambda = \kappa \times V$$

**জেনে নাও :** তুল্য পরিবাহিতা ও মোলার পরিবাহিতার বৈশিষ্ট্য হলো :

- (১) তড়িৎ-বিশ্বেষ্যের পরিমাণ নির্দিষ্ট যেমন এক গ্রাম তুল্যভর বা এক মোল।
- (২) তড়িৎ-বিশ্বেষ্যের দ্রবণের আয়তন নির্দিষ্ট নয়।
- (৩) তড়িৎ বিশ্বেষ্য নির্দিষ্ট; কিন্তু আয়তন নির্দিষ্ট না হওয়ায় ঘনমাত্রা নির্দিষ্ট নয়।
- (৪) ঘনমাত্রা নির্দিষ্ট না হওয়ায়; নির্দিষ্ট আয়তনে একই তড়িৎ বিশ্বেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা বা মোলার পরিবাহিতা বিভিন্ন হয়।

## 8.2.2 তড়িৎ বিশ্বেষ্যের ঘনমাত্রা পরিবর্তনে তুল্য পরিবাহিতার পরিবর্তন

### Change of Equivalent Conductance with Concentration Change

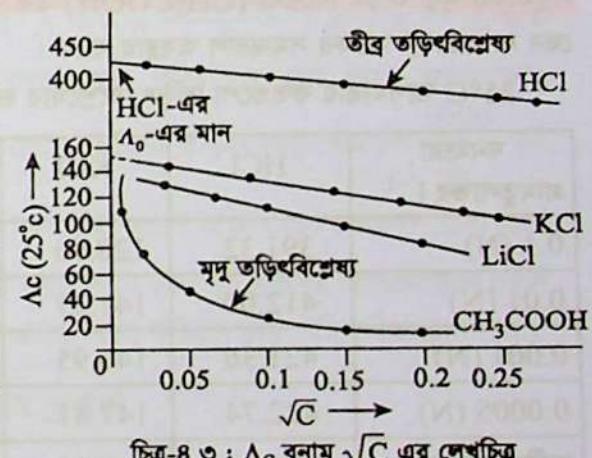
কোনো তীব্র তড়িৎ বিশ্বেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা তড়িৎ বিশ্বেষ্যের ঘনমাত্রা হাসের সাথে সরল রৈখিকভাবে বৃদ্ধি পায়। অপরদিকে মৃদু তড়িৎ বিশ্বেষ্য ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) এর ঘনমাত্রা হাসের সাথে তুল্য পরিবাহিতা বক্র আকারে বৃদ্ধি পায় এবং অসীম লঘুতায় তুল্য পরিবাহিতা নির্ণয় করা যায় না। [চিত্র-8.3]

**অসীম লঘুতায় তুল্য পরিবাহিতা :** তীব্র তড়িৎ বিশ্বেষ্য (HCl, KCl, LiCl, NaCl ইত্যাদি) পদার্থের দ্রবণকে পানি যোগ করে লঘু করতে থাকলে এর তুল্য পরিবাহিতা ক্রমশ বৃদ্ধি পেয়ে এমন একটি স্থির মানে পৌছে যে, ঐ দ্রবণটিকে আরো লঘু করলে সেটির তুল্য পরিবাহিতা মান আর বৃদ্ধি পায় না। তখন ঐ শেষ মানটিকে তড়িৎ বিশ্বেষ্যটির অসীম লঘুতায় তুল্য পরিবাহিতা বলে। এটিকে  $\Lambda_0$  দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

বিজ্ঞানী কোলরাশ পরীক্ষামূলক ফলাফলের ভিত্তিতে তড়িৎ বিশ্বেষ্যের ঘনমাত্রা ( $C$ ) এর সঙ্গে তুল্য পরিবাহিতার নিম্নরূপ সম্পর্ক নির্ণয় করেন।

সম্পর্কটি হলো,

$\Lambda_c = \Lambda_0 - b\sqrt{C}$ ; এক্ষেত্রে  $\Lambda_c$  হলো  $C$  ঘনমাত্রায় তড়িৎ বিশ্বেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা,  $\Lambda_0$  = অসীম লঘুতায় ঐ তড়িৎ বিশ্বেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা,  $b$  = ঐ তড়িৎ বিশ্বেষ্যের একটি ক্রিয়ক রাশি। পরীক্ষার ভিত্তিতে নির্ণীত কয়েকটি তড়িৎ বিশ্বেষ্যের  $\Lambda_c$  বনাম  $\sqrt{C}$  এর লেখচিত্র দেখানো হলো। [চিত্র-8.3]



চিত্র-8.3 :  $\Lambda_c$  বনাম  $\sqrt{C}$  এর লেখচিত্র

**তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতার নির্ভরশীলতা :** কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা নির্ভর করে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের দ্রবণে উপস্থিত (১) আয়নের সংখ্যা ও (২) আয়নগুলোর গতিবেগের ওপর।

(১) এক গ্রাম তুল্যভর পরিমাণ তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য (HCl, KCl) যেকোনো লঘুতায় সম্পূর্ণ আয়নিত থাকে। ফলে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের যেকোনো ঘনমাত্রায় আয়নের সংখ্যা একই থাকে। তাই শুধুমাত্র আয়নগুলোর গতিবেগের ওপর তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা নির্ভর করে।

তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের গাঢ় দ্রবণে আয়নগুলো কাছাকাছি থাকায় বিপরীতধর্মী আয়নগুলো তীব্রভাবে আকৃষ্ট থাকে। ফলে আয়নগুলোর গতিবেগ কম হয় এবং পরিবাহিতাও কম হয়। লঘুকরণের ফলে আয়নগুলো দূরে সরে যায়, বিপরীতধর্মী আয়নের মধ্যে আকর্ষণ কমে যায়। তাই আয়নগুলোর গতিবেগ বেড়ে যায় অর্থাৎ পরিবাহিতা বেশি হয়। অতি লঘু অবস্থায় আয়নগুলোর গতিবেগ সর্বোচ্চ হয়। এরপ অবস্থায় তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের যে পরিবাহিতার মান হয়, সেটিই হলো ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের অসীম লঘুতায় তুল্য পরিবাহিতা ( $\Lambda_0$ )। এ অবস্থায় দ্রবণকে আরো লঘু করলেও পরিবাহিতার মান ছিল থাকে; আর কোনো বাড়ে না। এরপ অবস্থা HCl, KCl, LiCl এর বেলায় ঘটে।

(২) মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য এর গাঢ় দ্রবণে কম মাত্রায় আয়নিত থাকায় বিপরীত আয়নগুলোর মধ্যে আকর্ষণ বল থাকে না। তাই আয়নগুলোর গতিবেগ প্রভাবিত হয় না। তুল্য পরিবাহিতা শুধুমাত্র আয়নের সংখ্যার ওপর নির্ভর করে। উচ্চ ঘনমাত্রায় মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নের সংখ্যা কম থাকায় তখন পরিবাহিতার মান কম হয় (চিত্র-৪.৩)। গাঢ় দ্রবণকে লঘু করলেও আয়নের সংখ্যা সামান্য বৃদ্ধি পাওয়ায় তড়িৎ পরিবাহিতাও সামান্য বৃদ্ধি পায়। অতি লঘু অবস্থায় আয়নীকরণ হঠাতে বৃদ্ধি পাওয়ায় পরিবাহিতাও হঠাতে বৃদ্ধি পায় (চিত্র-৪.৩)। কিন্তু মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নীকরণ একটি উভয়ের প্রক্রিয়া এবং কখনো পূর্ণ আয়নিত না হওয়ায় মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতার মানটি অতি লঘুতায়ও পাওয়া যায় না। অর্থাৎ অসীম লঘুতায়ও মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) এর তুল্যপরিবাহিতা ( $\Lambda_0$ ) নির্ণয় করা যায় না। লেখচিত্র তখন Y অক্ষকে দেহ না করে Y অক্ষের সমান্তরাল অবস্থায় থাকে।

25°C ঘনমাত্রায় কতগুলো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের জলীয় দ্রবণে তুল্য পরিবাহিতার মান ( $\text{ohm}^{-1} \text{cm}^2/\text{g.eqv}$ ):

ঘনমাত্রা, গ্রামতুল্যভর $\text{L}^{-1}$	HCl	KCl	$\text{AgNO}_3$	NaCl	$\frac{1}{2} \text{ BaCl}_2$	$\text{CH}_3\text{COOH}$
0.1 (N)	391.32	128.96	109.14	106.74	105.19	5.21
0.01 (N)	412.00	141.27	124.76	118.51	123.94	16.20
0.001 (N)	421.36	146.95	130.51	123.74	134.34	48.63
0.0005 (N)	422.74	147.81	131.36	124.50	135.96	135.00
অসীম লঘুতায়	426.16	149.90	133.30	126.45	139.98	391.00

**সমাধানকৃত সমস্যা-৪.১ :** তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতাভিত্তিক :

\* **তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য** (যেমন— $\text{NaCl}$  এর দ্রবণ) এর ঘনমাত্রা হ্রাসের সাথে আপেক্ষিক পরিবাহিতা হ্রাস পায়; এর ব্যাখ্যা করো।

**সমাধান :** তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা প্রধানত নির্ভর করে দ্রবণে থাকা তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের সংখ্যা ও আয়নগুলোর গতিবেগের ওপর। তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের গাঢ় ও লঘু দ্রবণ প্রতি ক্ষেত্রে অণুগুলো শতভাগ আয়নিত থাকে। তাই দ্রবণে পানি মিশিয়ে লঘুকরণ বা ঘনমাত্রা হ্রাসের ফলে আয়নীকরণে কোনো প্রভাব পড়ে না।

এখন আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও সাধারণ পরিবাহিতার মধ্যে তফাত জানা যাক। গাঢ় দ্রবণে কম আয়তনে আয়নগুলো কাছাকাছি থাকে, কিন্তু দ্রবণের ঘনমাত্রা হ্রাস বা লঘুকরণের ফলে আয়নগুলো দূরে অবস্থান করে। তখন লঘুকৃত এক সিসি আয়তনে কম সংখ্যক আয়ন থাকে।

আপেক্ষিক পরিবাহিতার বেলায় উভয় তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী এক সেন্টিমিটার দ্রবণে থাকা আয়নগুলো দ্বারা তড়িৎ পরিবহণকে বোঝায়। লঘু দ্রবণে এক সি.সি. আয়তনে আয়নের সংখ্যা পূর্বাপেক্ষা কম হওয়ায় আপেক্ষিক পরিবাহিতা পূর্বাপেক্ষা বা গাঢ় দ্রবণ অপেক্ষা হ্রাস পায়।

অপরদিকে সাধারণ পরিবাহিতার ক্ষেত্রে দুই তড়িৎদ্বারের মধ্যে নিমজ্জিত দ্রবণের আয়তনে আয়নের সংখ্যা প্রায় একই থাকে। কিন্তু আয়নগুলো দূরে থাকার ফলে কোনো আয়নের ওপর বিপরীতধর্মী আয়নের আকর্ষণ বল কম হয়, তাই তড়িৎ পরিবাহিতার বৃদ্ধি ঘটে। অতএব তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের যেমন-  $\text{NaCl}$  এর ঘনমাত্রা হ্রাসের সাথে আপেক্ষিক পরিবাহিতা হ্রাস পায়; কিন্তু সাধারণ পরিবাহিতা কিছুটা বৃদ্ধি পায়।

### সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.২ : মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক ও তুল্য পরিবাহিতাভিত্তিক :

\* মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের (যেমন  $\text{CH}_3\text{COOH}$  এর দ্রবণ) এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধিতে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়; কিন্তু তুল্য পরিবাহিতা হ্রাস পায়; ব্যাখ্যা করো।

সমাধান : মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন  $\text{CH}_3\text{COOH}$  এর অণুগুলো দ্রবণে কম সংখ্যায় আয়নিত হয়, বাকি অণুগুলো অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে। দ্রবণের আয়তন হ্রাসের ফলে আরো মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। এতে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা হ্রাস পায় বটে। কিন্তু প্রতি এক সি.সি. আয়তনে আয়নের সংখ্যা পূর্বাপেক্ষা বেশি হয়। এক সি.সি. আয়তনে আয়নের সংখ্যা বেশি হলে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতাও বেশি হয়। অর্থাৎ মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা বৃদ্ধিতে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

অপরদিকে তুল্য পরিবাহিতার বেলায়, আমরা জানি তুল্য পরিবাহিতা,  $\Lambda = k \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{C}$  | এক্ষেত্রে C এর মান বৃদ্ধি করলে অর্থাৎ প্রতি লিটারে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের গ্রাম তুল্যভর বৃদ্ধি করলে তুল্য পরিবাহিতা হ্রাস পায়। কারণ তুল্য পরিবাহিতার ক্ষেত্রে যেহেতু দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী দূরত্ব  $1 \text{ cm}$  থাকে, সেহেতু প্রতিটি তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফল  $\frac{1000}{C}$  বর্গ সে.মি হয়। এক্ষেত্রে  $1 \text{ cm} \times \frac{1000}{C} \text{ cm}^2 = \frac{1000}{C} \text{ cm}^3$ । তাই C এর মান বৃদ্ধি করলে তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফল হ্রাস পায়,

বা প্রতি গ্রাম তুল্যভর দ্রব দ্রবীভূত থাকায় আয়তন (V) হ্রাস পায়। আমরা জানি  $\Lambda = k \times V$ ; দ্রবণের আয়তন হ্রাস পেলে তুল্য পরিবাহিতা  $\Lambda$  হ্রাস পায়। অতএব মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য  $\text{CH}_3\text{COOH}$  এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধিতে তুল্য পরিবাহিতা হ্রাস পায়।

### ৪.২.৩ পরিবাহিতা নির্ণয়ে ব্যবহৃত পরিবাহিতা কোষ ও কোষ ফ্র্যুবক

#### Conductivity Cell and Cell Constant

পরিবাহিতা কোষ : একটি নির্দিষ্ট আয়তনের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের রোধ মাপার জন্য নির্দিষ্ট ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট দুটি তড়িৎদ্বারকে নির্দিষ্ট ব্যবধানে কাচের পাত্রে রেখে যে কোষ ব্যবহার করা হয়, তাকে পরিবাহিতা কোষ বলে।

পরিবাহিতা কোষ ফ্র্যুবক : কোনো পরিবাহিতা কোষের তড়িৎদ্বার দুটির ক্ষেত্রফল সমান ও নির্দিষ্ট এবং উভয় তড়িৎদ্বারের মধ্যে ব্যবধানও নির্দিষ্ট থাকে। মনে করি, কোনো পরিবাহিতা কোষের প্রতিটি তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফল হলো A এবং উভয় তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী দূরত্ব হলো l। এক্ষেত্রে A ও l নির্দিষ্ট থাকে। এ নির্দিষ্ট মানের  $\frac{l}{A}$  এর অনুপাতকে ঐ পরিবাহিতা কোষের কোষ-ফ্র্যুবক (Cell constant) বলা হয়।

সংজ্ঞা : কোনো পরিবাহিতা কোষের দুই তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী দূরত্ব (l) এবং তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফল (A) এর অনুপাতকে কোষ ফ্র্যুবক বলে।

কোষ ধ্রুবকের একক : পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক হলো  $\frac{l}{A}$ ।

CGS এককে কোষ ধ্রুবকের একক  $= \frac{\text{cm}}{\text{cm}^2} = \text{cm}^{-1}$

SI এককে কোষ ধ্রুবকের একক  $= \frac{\text{m}}{\text{m}^2} = \text{m}^{-1}$

**MCQ-4.4 :** মোলার পরিবাহিতার সূত্র কোনটি?

$$(ক) \Lambda = \frac{\kappa \times 1000 \text{ cm}}{C} \quad (খ) \Lambda = \frac{\kappa \times 1000 \text{ cm}^2}{C}$$

$$(গ) \Lambda = \frac{\kappa \times 1000 \text{ cm}^3}{C} \quad (ঘ) \Lambda_m = \frac{\kappa \times 1000 \text{ cm}^3}{C}$$

### তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতাভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান :

সমাধানকৃত সমস্যা-8. ৩ :  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় একটি পরিবাহিতা কোষের তড়িৎবার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব হলো 1 cm এবং প্রতিটির প্রস্থচ্ছেদ হলো 2  $\text{cm}^2$ । প্রতি লিটার দ্রবণে 50 g KCl দ্রবীভূত আছে এবং দ্রবণ দ্বারা ঐ কোষকে পূর্ণ করা হলে কোষটির রোধ হয় 7.25 ohm। ঐ দ্রবণের তুল্য পরিবাহিতা কত?

দক্ষতা : আপেক্ষিক পরিবাহিতা,  $(\kappa) = \left(\frac{1}{R}\right) \times \frac{l}{A}$  এবং তুল্য পরিবাহিতা,  $\Lambda = \kappa \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{C}$  সমীকরণ দুটি

ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : আমরা জানি, আপেক্ষিক পরিবাহিতা,  $\kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A}$

$$\therefore \kappa = \frac{1}{7.25 \text{ ohm}} \times \frac{1 \text{ cm}}{2 \text{ cm}^2} = 0.0689 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

প্রশ্নমতে,  $R = 7.25 \text{ ohm}$

$$l = 1 \text{ cm}$$

$$A = 2 \text{ cm}^2$$

$$\Lambda = ?$$

আবার তুল্য পরিবাহিতা,  $\Lambda = \kappa \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{C}$ ;

প্রশ্নমতে, KCl এর গ্রামতুল্য ভর = 74.5 g

$$\therefore \Lambda = 0.0689 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{0.6711 \text{ g.eqv.}}$$

$$= 102.67 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 (\text{g.eqv})^{-1}$$

$$\therefore \text{KCl এর ঘনমাত্রা, } C = \frac{50 \text{ g eqv}}{74.5}$$

$$= 0.6711 \text{ g eqv.}$$

$$\kappa = 0.0689 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

$$\therefore \text{KCl দ্রবণের তুল্য পরিবাহিতা} = 102.67 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot (\text{g.eqv})^{-1}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-8.8 :  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় একটি পরিবাহিতা কোষে 0.05 M NaOH দ্রবণের রোধ হয় 30.5 ohm। পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক  $0.367 \text{ cm}^{-1}$  হলে ঐ NaOH দ্রবণের মোলার পরিবাহিতা নির্ণয় করো।

দক্ষতা :  $\kappa = \left(\frac{1}{R}\right) \times \frac{l}{A}$  এবং মোলার পরিবাহিতা,  $\Lambda_m = \frac{\kappa \times 1000 \text{ cm}^3}{M}$  সমীকরণ ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : আপেক্ষিক পরিবাহিতা,  $\kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A}$ ;

$$\therefore \kappa = \frac{1 \times 0.367 \text{ cm}^{-1}}{30.5 \text{ ohm}} = 0.012 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

প্রশ্নমতে, কোষ ধ্রুবক,  $\frac{l}{A} = 0.367 \text{ cm}^{-1}$

দ্রবণের রোধ,  $R = 30.5 \text{ ohm}$

দ্রবণের ঘনমাত্রা,  $M = 0.05 \text{ mol}$

মোলার পরিবাহিতা,  $\Lambda_m = ?$

$$\text{আবার মোলার পরিবাহিতা, } \Lambda_m = \kappa \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{M}$$

$$\text{বা, } \Lambda_m = \frac{0.012 \times 1000}{0.05} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\text{বা, } \Lambda_m = 240 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\therefore \text{NaOH দ্রবণের মোলার পরিবাহিতা} = 240 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

**MCQ-4.5 :** CGS এককে তুল্য

পরিবাহিতার একক কোনটি?

$$(ক) \text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 (\text{g.eqv})^{-1}$$

$$(খ) \text{sm}^{-1} (\text{g.eqv})^{-1}$$

$$(গ) \text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$(ঘ) \text{ohm}^{-1} (\text{g.eqv})^{-1}$$

সমাধানকৃত সমস্যা—৮.৫:  $25^{\circ} \text{C}$  তাপমাত্রায় একটি পরিবাহিতা কোষে  $0.005 \text{ (N)} \text{ K}_2\text{SO}_4$  দ্রবণের রোধ হয়  $326 \text{ ohm}$ । ঐ পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক  $= 0.228 \text{ cm}^{-1}$ । ঐ দ্রবণটির (a) আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও (b) তুল্য পরিবাহিতা কত হবে?

$$\text{দক্ষতা : } \kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A} \text{ এবং } \Lambda = \kappa \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{C} \text{ সমীকরণ দুটি ব্যবহৃত হবে।}$$

সমাধান : আপেক্ষিক পরিবাহিতা :

$$\kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A} \text{ বা, } \kappa = \frac{1 \times 0.228 \text{ cm}^{-1}}{326 \text{ ohm}}$$

$$\text{বা, } \kappa = 6.994 \times 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

$$\text{আবার তুল্য পরিবাহিতা, } \Lambda = \kappa \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{C}$$

$$\text{বা, } \Lambda = \frac{6.994 \times 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 1000 \text{ cm}^3}{0.005 \text{ g. eqv.}} = 139.88 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{g.eqv}^{-1}$$

$$\therefore \text{K}_2\text{SO}_4 \text{ দ্রবণের (a) আপেক্ষিক পরিবাহিতা, } \kappa = 6.994 \times 10^{-4} \text{ ohm}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{K}_2\text{SO}_4 \text{ দ্রবণের (b) তুল্য পরিবাহিতা, } \Lambda = 139.88 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{g.eqv}^{-1}$$

সমাধানকৃত সমস্যা—৮.৬ : কোনো পরিবাহিতা কোষের তড়িৎবারের মাত্রা (dimension)গুলো হলো  $0.90 \text{ cm}$  ও  $1.005 \text{ cm}$  এবং তড়িৎবার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব  $4.5 \text{ cm}$  হলে ঐ পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক কত?

$$\text{দক্ষতা : কোষ ধ্রুবকের সমীকরণ } \frac{l}{A} \text{ ব্যবহৃত হবে।}$$

$$\text{সমাধান : কোষ ধ্রুবকের সমীকরণ } = \frac{l}{A}$$

$$\therefore \text{কোষ ধ্রুবক} = \frac{4.5 \text{ cm}}{0.9045 \text{ cm}^2} = 4.975 \text{ cm}^{-1}$$

$$\therefore \text{কোষ ধ্রুবক} = 4.975 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{প্রশ্নমতে, } l = 4.5 \text{ cm}$$

$$\text{তড়িৎবারের ক্ষেত্রফল, } A$$

$$= (0.90 \times 1.005) \text{ cm}^2$$

$$= 0.9045 \text{ cm}^2$$

সমাধানকৃত সমস্যা—৮.৭ : একটি পরিবাহিতা কোষের প্রত্যেক তড়িৎবারের ক্ষেত্রফল  $1.25 \text{ cm}^2$ ।  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় কোষটিতে একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণ দিয়ে পূর্ণ করে রোধের মান পাওয়া গেল  $160 \text{ ohm}$ । দ্রবণটির আপেক্ষিক পরিবাহিতা  $0.016 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  হলে ঐ কোষের তড়িৎবার দুটির মধ্যে দূরত্ব ও কোষ ধ্রুবক নির্ণয় করো।

$$\text{সমাধান : আপেক্ষিক পরিবাহিতা, } \kappa = \left( \frac{l}{R} \right) \times \frac{l}{A}$$

$$\text{বা, } l = \kappa \times R \times A$$

$$\text{প্রশ্নমতে, তড়িৎবারের ক্ষেত্রফল, } A = 1.25 \text{ cm}^2$$

$$\text{বা, } l = 0.016 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \times 160 \text{ ohm} \times 1.25 \text{ cm}^2 \text{ তড়িৎবিশ্লেষ্যের রোধ, } R = 160 \text{ ohm}$$

$$\text{বা, } l = 0.016 \times 160 \times 1.25 \text{ cm}$$

$$\text{আপেক্ষিক পরিবাহিতা, } \kappa = 0.016 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

$$\text{তড়িৎবারের দূরত্ব, } l = ? \text{ কোষ ধ্রুবক} = ?$$

$$\therefore l = 3.2 \text{ cm}$$

$$\text{কোষ ধ্রুবক} = \frac{l}{A} = \frac{3.2 \text{ cm}}{1.25 \text{ cm}^2}$$

$$\therefore \text{কোষ ধ্রুবক} = 2.56 \text{ cm}^{-1}$$

$$\therefore \text{কোষে তড়িৎবার দুটির দূরত্ব} = 3.2 \text{ cm}, \text{কোষ ধ্রুবক} = 2.56 \text{ cm}^{-1}$$



(২) মিটার ব্রিজের ওপরের বাম দিকের অংশে রোধ বাত্র (R)-কে কপার তার দিয়ে যুক্ত করো।

(৩) চিত্র-৪.৪ মতে, ব্যাটারি ও ইনডাকশন কয়েল (বা আবেশ কুঙ্গলী) এর সংযোগ করো।

(৪) টেলিফোন (বা বাজ্জার) টি মিটার ব্রিজের ওপরের অংশে মাঝখানে কপার তার দিয়ে যুক্ত করে জকির সাথে সংযোগ করো।

(৫) রোধ বাত্র থেকে একটি উপর্যুক্ত রোধ সংযোগ করার জন্য একটি প্রাগ তুলে নাও। জকিটি (J)-কে মিটার ব্রিজের AB তারের বিভিন্ন স্থানে স্পর্শ করো এবং টেলিফোন বা বাজ্জারটিকে কানের কাছে নিয়ে গুঞ্জন শব্দ শোনা যায় কীনা দেখো। গুঞ্জন শব্দ শোনা গেলে মিটার ব্রিজে তড়িৎ প্রবাহের বর্তনী সংযোগ সঠিক হয়েছে বোঝা যায়।

(৬) এবার জকি (J)টিকে মিটার ব্রিজের এক মিটার দীর্ঘ AB তারের ওপর দিয়ে খুব ধীরে ধীরে ডান দিকে এবং বাম দিকে চালনা করে প্রথম বিন্দু বা নাল-পয়েন্ট (null point) ঠিক করতে হবে। AB তারের ওপর জকির যে অবস্থানে বাজ্জার থেকে কোনো গুঞ্জন শব্দ ক্ষীণ থেকে ক্ষীণতর হয়ে আর শোনা যাবে না; সে অবস্থান সূচক বিন্দুই হলো নাল-পয়েন্ট।

AB তারের দৈর্ঘ্য 100 cm। A প্রান্ত থেকে নাল-পয়েন্টের দূরত্ব  $l$  cm হলে ডান দিক থেকে দূরত্ব  $(100 - l)$  cm হবে। এ দূরত্ব দুটি রেকর্ড করতে হবে।

গণনা : হাইটস্টোন সেতুর নিয়ম অনুসারে,

$$\frac{\text{কোষের রোধ}}{R} = \frac{100 - l}{l} \quad \text{বা, কোষের রোধ} = R \times \left( \frac{100 - l}{l} \right)$$

$$\text{বা, কোষের পরিবাহিতা} = \frac{1}{\text{কোষের রোধ}} = \frac{l}{R(100 - l)} \quad \dots \dots (1)$$

যেহেতু  $l$  এবং  $R$ -এর মান জ্ঞাত, অতএব সমীকরণ (1) হতে কোষের দ্রবণের পরিবাহিতা হিসাব করা যায়। এ পদ্ধতি শুন্দ ফল প্রদান করে। ফলাফলের শুন্দতা বৃদ্ধির জন্য উন্নত মানের বহু বাণিজ্যিক হাইটস্টোন সেতু তৈরি করা হয়েছে। প্রতিটি হাইটস্টোন সেতু একই নীতির ভিত্তিতে কাজ করে।

জেনে নাও : (১) একযোজী ধনাত্মক আয়ন ও একযোজী ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা সৃষ্টি লবণ বা তড়িৎ বিশ্রেষ্য যৌগের দ্রবণের তুল্য পরিবাহিতা ( $\Lambda$ ) ও মোলার পরিবাহিতা ( $\Lambda_m$ ) সমান হয়। যেমন— HCl, NaCl, KNO<sub>3</sub> ইত্যাদি। কারণ এ সবের তুল্য ভর = আণবিক ভর হয়। 1 (M) দ্রবণ = 1 (N) দ্রবণ

(২) যৌগের তুল্যভর = যৌগের আণবিক ভর  $\div$  মোট ধনাত্মক আয়ন সংখ্যার মোট চার্জ সংখ্যা।

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ এর তুল্যভর} = (106 \div 2) = 53.$$

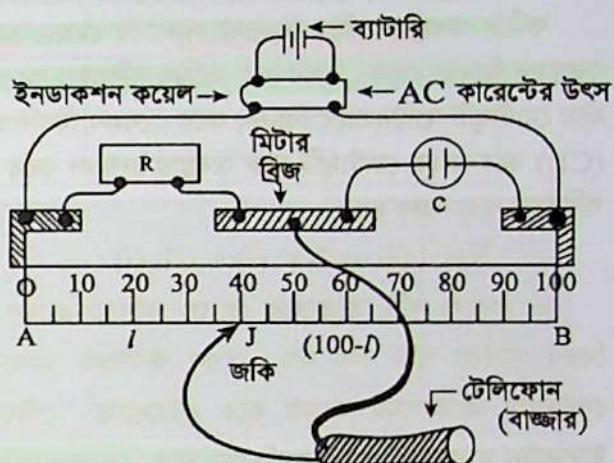
$$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \text{ এর তুল্য ভর} = \text{আঃ ভর} \div \text{ক্যাটায়নের মোট চার্জ সংখ্যা} = (332 \div 6) = 55.33$$

(৩) জারক ও বিজারকের তুল্যভর = আঃ ভর  $\div$  গ্রহণ বা ত্যাগ করা মোট ইলেক্ট্রন সংখ্যা

$$\text{KMnO}_4 \text{ এর তুল্যভর} = \text{আঃ ভর} \div 5 \text{ (কারণ } \text{MnO}_4^- \text{ আয়ন } 5 \text{টি ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে।)}$$

$$\therefore \text{KMnO}_4 \text{ এর তুল্যভর} = (158 \div 5) = 31.6$$

$$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \text{ এর তুল্যভর} = (294 \div 6) = 49$$



চিত্র-৪.৪ : দ্রবণের পরিবাহিতা মাপন

**MCQ-4.6 :** CGS পদ্ধতিতে মোলার

পরিবাহিতার একক কী?

(ক)  $\text{Ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 (\text{g.eqv})^{-1}$

(খ)  $\text{Ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}$

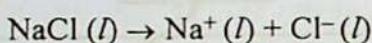
(গ)  $\text{Ohm}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

(ঘ)  $\text{Ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}$

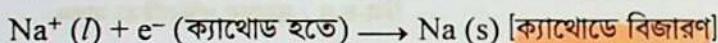
### ৪.২.৫ তড়িৎ-বিশেষ্যের পরিবাহিতার ব্যাখ্যা

#### Explanation of Electrolytic Conduction

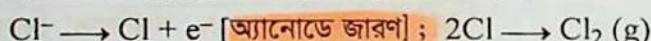
কঠিন অবস্থায় তড়িৎ বিশেষ্য পদার্থের যেমন  $\text{NaCl}$  এর আয়নসমূহ কেলাসের মধ্যে কেলাস জালিতে নির্দিষ্ট হানে দৃঢ়ভাবে আবক্ষ থাকে, তখন এরা তড়িৎ পরিবহণ করে না। বিগলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় আয়নসমূহ কেলাসজালি থেকে মুক্ত হয়ে মোটামুটি স্বাধীনভাবে বিচরণ করে। যেমন বিগলিত অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইডের সোডিয়াম আয়ন ( $\text{Na}^+$ ) ও ক্লোরাইড ( $\text{Cl}^-$ ) আয়নসমূহ মোটামুটি মুক্ত অবস্থায় চলাচল করে। তখন ধনাত্মক আয়ন ( $\text{Na}^+$ ) ও ঋণাত্মক আয়ন ( $\text{Cl}^-$ ) দ্বারা তড়িৎ পরিবহণ করা সম্ভব হয়।



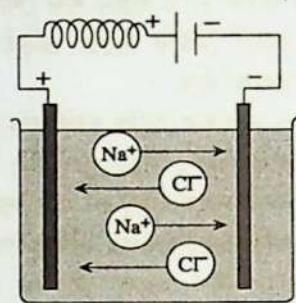
এ তরলে দৃটি তড়িৎদ্বারা প্রবেশ করিয়ে এদের মধ্যে ব্যাটারির সাহায্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করা হয়। তখন ঋণাত্মক ক্যাথোডে ধনাত্মক আধানযুক্ত সোডিয়াম আয়নসমূহ আকৃষ্ট হয়ে ক্যাথোডে পৌছামাত্র ক্যাথোড এদেরকে ইলেক্ট্রন দান করে; ফলে সোডিয়াম ধাতুরূপে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।



অন্যদিকে অ্যানোডে ঋণাত্মক ক্লোরাইড আয়নসমূহ আকৃষ্ট হয়ে ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে ক্লোরিন পরমাণু এবং শেষে ক্লোরিন গ্যাসের অণু সৃষ্টি করে। এ প্রক্রিয়াকে গলিত  $\text{NaCl}$  এর তড়িৎ বিশেষণ বলা হয়।



**ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন :** তড়িৎ বিশেষণকালে তড়িৎ বিশেষ্যের ধনাত্মক আয়নসমূহ ক্যাথোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয় বলে তাদেরকে ক্যাটায়ন বলে। যেমন,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{NH}_4^+$  ও  $\text{H}^+$  আয়ন ইত্যাদি এবং ঋণাত্মক আয়নসমূহ অ্যানোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয় বলে তাদেরকে অ্যানায়ন বলা হয়। যেমন,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  ইত্যাদি।



চিত্র-৪.৫: আয়নিক যৌগের গলিত অবস্থায়  
ও দ্রবণে তড়িৎ পরিবহণ কৌশল।

### ব্যবহারিক (Practical)

### ৪.৩ বিভিন্ন দ্রবণের পরিবাহিতার পার্থক্য

#### Conductivity Difference of Different Solutions

বিভিন্ন তড়িৎ বিশেষ্য পদার্থের দ্রবণের পরিবাহিতা ঐ সব যৌগের জলীয় দ্রবণে আয়নিত হওয়ার পরিমাণের ওপর নির্ভর করে।

যে তড়িৎ বিশেষ্য দ্রবণে যত বেশি আয়ন তৈরি করে সে পদার্থ তত বেশি বিদ্যুৎ পরিবহণ করতে পারে।

এ থেকে বোঝা যায়, (১) আয়নিক যৌগ  $\text{NaCl}$ , সবল এসিড ও সব ক্ষার জলীয় দ্রবণে অধিক আয়নিত হওয়ায় এরা বেশি তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে এবং এরা সবল পরিবাহী ও সবল তড়িৎ বিশেষ্য।

অপরদিকে (২) দুর্বল এসিড যেমন অ্যাসিটিক এসিড ও অ্যামোনিয়া জলীয় দ্রবণে কম আয়নিত হয়, তাই এরা কম তড়িৎ পরিবহণ করে। তাই এরা দুর্বল পরিবাহী এবং এদেরকে দুর্বল তড়িৎ বিশেষ্য বলে।

(৩) অপোলার বা আংশিক পোলার সমযোজী যৌগ পানিতে দ্রবীভূত অবস্থায় আয়নিত হয় না; যেমন সুক্রোজ বা চিনি, গুকোজ, মিথানল, ইথানল ইত্যাদি। তাই এসব যৌগের জলীয় দ্রবণ বিদ্যুৎ পরিবহণ করতে পারে না; এদের দ্রবণকে তড়িৎ অবিশেষ্য বলা হয়।

## সারণি-৪.১ : সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য, দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও তড়িৎ অবিশ্লেষ্য

(ক) সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য	(খ) দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য	(গ) তড়িৎ অবিশ্লেষ্য
১. আয়নিক যৌগ, $\text{NaCl}$ , $\text{KCl}$ দ্রবণ	১. $\text{CH}_3\text{COOH}$ দ্রবণ	১. $\text{CH}_3\text{OH}$ , $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ দ্রবণ
২. $\text{HCl}$ , $\text{H}_2\text{SO}_4$ , $\text{HClO}_4$ এসিড	২. HF দ্রবণ	২. সুক্রোজ ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ) দ্রবণ
৩. $\text{NaOH}$ , $\text{KOH}$ ক্ষার দ্রবণ	৩. $\text{H}_3\text{PO}_4$ দ্রবণ	৩. $\text{H}_2\text{O}$ (বিত্তন্ত)

## ব্যবহারিক (Practical)

শিক্ষার্থীর কাজ :

সময় : ১ পরিয়াড

পরীক্ষা নং : ১৪

তারিখ : .....

পরীক্ষার নাম : বিভিন্ন দ্রবণের পরিবাহিতার পার্থক্য পরীক্ষা

**মূলনীতি :** সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে অধিক আয়নিত হয়। তাই অধিক সংখ্যক আয়ন দ্বারা অধিক পরিমাণ তড়িৎ পরিবহণ সম্ভব হয়। অর্থাৎ সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তড়িৎ পরিবাহিতার মান বেশি হয়। দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে কম আয়নিত হয়। তাই কম সংখ্যক আয়ন দ্বারা কম পরিমাণ তড়িৎ পরিবহণ সম্ভব অর্থাৎ দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তড়িৎ পরিবাহিতার মান কম হয়। অপরদিকে যেসব যৌগ জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয় না; এরা তড়িৎ পরিবহণ করতে পারে না বলে তড়িৎ অপরিবাহী হয়।

**প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ :** (১)  $0.1 \text{ M HCl}$  দ্রবণ, (২)  $0.1 \text{ M CH}_3\text{COOH}$ ,

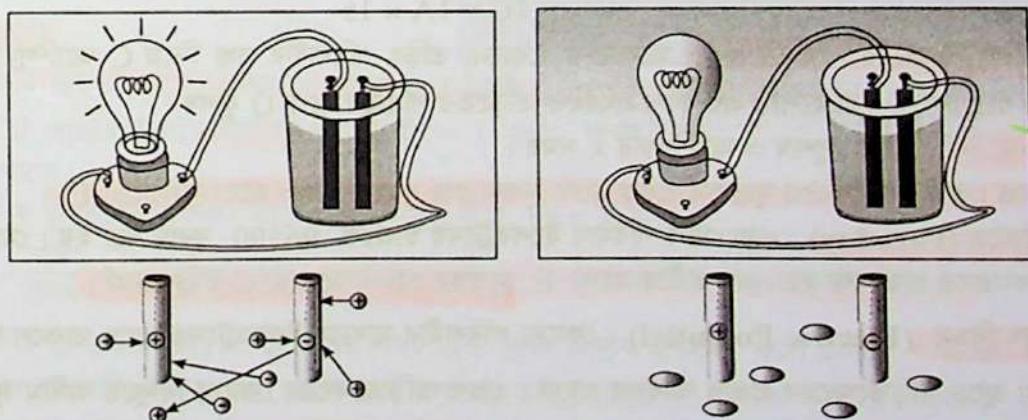
(৩)  $0.1 \text{ M C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  (সুক্রোজ) দ্রবণ

**প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :** (১) বিকার-টেটি, (২) ব্যাটারি সেট, (৩) বাল্ব, (৪) কপার তারের সংযোগ।

**কাজের ধারা :** (১) তিনটি বিকারে  $0.1 \text{ M HCl}$  দ্রবণ,  $0.1 \text{ M CH}_3\text{COOH}$  দ্রবণ ও  $0.1 \text{ M}$  সুক্রোজ দ্রবণ নাও।

(২) নিচের চিত্র মতে প্রথমে  $0.1 \text{ M HCl}$  দ্রবণে তড়িৎ সার্কিট সংযোগ করো। তখন তড়িৎ বাল্ব জুলে উঠবে। উজ্জ্বল আলো দেবে। এতে প্রমাণিত হয়  $0.1 \text{ M HCl}$  সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য।

(৩) এবার  $0.1 \text{ M HCl}$  এর বিকারটি সরিয়ে নাও এবং  $0.1 \text{ M CH}_3\text{COOH}$  এর বিকারের দ্রবণে ইলেক্ট্রোড দুটো ডুবাও। এখন বাল্ব কম আলো দেবে। বিদ্যুৎ কম প্রবাহিত হচ্ছে বলে কম আলো হয়। এতে প্রমাণিত হয়  $0.1 \text{ M CH}_3\text{COOH}$  দ্রবণ দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য।



তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা বিদ্যুৎ পরিবাহিত হওয়ায় তড়িৎ সার্কিট পূর্ণ হয়েছে। তড়িৎ বাল্ব জুলে উঠেছে।

সুক্রোজের দ্রবণে চার্জ যুক্ত আয়ন না ধাকায় বিদ্যুৎ পরিবহন ঘটেনি। তড়িৎ সার্কিট অপূর্ণ ধাকায় তড়িৎ বাল্ব জুলেনি।

চিত্র-৪.৬ : বিভিন্ন দ্রবণের তড়িৎ পরিবাহিতার পার্থক্য নির্ণয়।

(৪) এবার  $0.1 \text{ M CH}_3\text{COOH}$  দ্রবণের বিকারটি সরিয়ে  $0.1 \text{ M}$  সুক্রোজ দ্রবণের বিকারটিতে তড়িৎ সংযোগ করো। এবার দেখো, বাল্বটি কোনো আলো দিচ্ছে না। এতে প্রমাণিত হয় সুক্রোজ দ্রবণ দিয়ে তড়িৎ পরিবহণ সম্ভব না হওয়ায় তড়িৎ সার্কিট পূর্ণ হয় নি। অর্থাৎ সুক্রোজ দ্রবণ তড়িৎ অপরিবাহী।

### ৪.৩.১ তড়িৎ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত পদ ও তাদের একক

#### Terms used in Electrolysis and their Units

তড়িৎ বিশ্লেষণ সংক্রান্ত ফ্যারাডের সূত্র বোঝার জন্য নিম্নোক্ত পদসমূহ যেমন তড়িৎ বা বিদ্যুৎ, তড়িৎ প্রবাহ, তড়িৎ চার্জ, কুলম্ব, অ্যাম্পিয়ার, তড়িৎ বিভব ইত্যাদি সম্বন্ধে জানা দরকার।

১। **তড়িৎ (Electricity)** : কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 'ইলেকট্রনের প্রবাহকে' তড়িৎ বা বিদ্যুৎ বলে। **বিদ্যুৎ** পরিমাপের একক হলো **কুলম্ব (coulomb)**, এর প্রতীক হলো C।

২। **তড়িৎ প্রবাহ (Electric Current)** : কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 'ইলেকট্রন বা তড়িৎ চার্জের প্রবাহ হারকে' তড়িৎ প্রবাহ বলা হয়। **তড়িৎ প্রবাহের একক হলো অ্যাম্পিয়ার (ampere)**। এর এককের প্রতীক হলো A। অর্থাৎ প্রতি সেকেন্ডে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ চার্জের পরিমাণকে অ্যাম্পিয়ার বলে। এর মাত্রার প্রতীক হলো I।

সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে এক সেকেন্ডে 0.001118 গ্রাম ধাতব সিলভার ক্যাথোডে জমা হয়, সে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহকে এক অ্যাম্পিয়ার বলে।

৩। **তড়িৎ চার্জ (Electric charge)** : কোনো সুপরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1.0 অ্যাম্পিয়ার (IA) তড়িৎ প্রবাহ 1.0 সেকেন্ড সময় চললে যে পরিমাণ ইলেকট্রন চার্জ প্রবাহিত হয়, তাকে তড়িৎ চার্জ বলে। **তড়িৎ চার্জের SI একক হলো কুলম্ব (C)**। **তড়িৎ চার্জের প্রতীক হলো Q**। **তড়িৎ চার্জ (কুলম্ব C) = তড়িৎ প্রবাহ (অ্যাম্পিয়ারে) × সময় (সেকেন্ডে)**

$$\therefore Q(C) = I(A) \times t(s)$$

**কুলম্ব হলো তড়িৎ পরিমাণের ক্ষুদ্রতম একক।**

৪। **অ্যাম্পিয়ার (Ampere)** : কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1.0 সেকেন্ডে যত কুলম্ব তড়িৎ চার্জ প্রবাহিত হয় তাকে 1.0 অ্যাম্পিয়ার বলে। অ্যাম্পিয়ারকে I দ্বারা প্রকাশ করা হয়। **অ্যাম্পিয়ারের একক হলো  $C s^{-1}$**  যেহেতু  $A = \frac{C}{s}$ ।

৫। **কুলম্ব (Coulomb)** : কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1.0 সেকেন্ড যাবৎ 1.0 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহের ফলে প্রবাহিত মোট তড়িৎ চার্জের পরিমাণকে 1.0 কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহ বলে। এর প্রতীক হলো C।

$$\therefore 1C = 1A \times 1s$$

**কুলম্ব ও অ্যাম্পিয়ারের মধ্যে সম্পর্ক** : মনে করি, কোনো তড়িৎ পরিবাহীর মধ্য দিয়ে C অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ t সেকেন্ড সময় ধরে চালনা করা হলো। এর ফলে প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ হলো Q কুলম্ব।

$$\therefore Q = C \times t; \text{ অর্থাৎ, } \text{কুলম্ব} = \text{অ্যাম্পিয়ার} \times \text{সময়}।$$

**জেনে নাও** : তড়িৎ পরিমাণের ক্ষুদ্রতম একক হলো কুলম্ব এবং বৃহত্তম একক হলো ফ্যারাডে (F)।

৬। **ফ্যারাডে (Faraday)** : এক মোল পরিমাণ ইলেকট্রনের চার্জকে 96500 কুলম্ব ধরা হয়। মোল পরিমাণ তড়িৎ চার্জকে এক ফ্যারাডে চার্জ বলা হয়। এর প্রতীক হলো F। **সুতরাং 1F = 96500 C তড়িৎ চার্জ।**

৭। **তড়িৎ বিভব (Electric Potential)** : কোনো পরিবাহীর মাধ্যমে ইলেকট্রনের প্রবাহ থাকলে তখন ঐ মাধ্যমের নির্দিষ্ট এলাকা জুড়ে তড়িতক্ষেত্রের প্রভাব কার্যকর থাকে। এরূপ তড়িতক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে অসীম দূরত্ব থেকে একটি একক ধনাত্মক তড়িৎ চার্জকে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে। **তড়িৎ বিভবের SI**

$$\text{একক হলো ভোল্ট (volt) এবং এর প্রতীক হলো V। } \text{তড়িৎ বিভব (V)} = \frac{\text{সম্পাদিত কাজ (J)}}{\text{চার্জের পরিমাণ (C)}} = JC^{-1}$$





$\therefore \text{Cu}$  এর রাসায়নিক তুল্যভর =  $(63.5 \div 2) = 31.75$ ।

(8) যৌগের তুল্যভর : যৌগের আণবিক ভরকে ক্যাটায়ন বা অ্যানায়নের মোট যোজনী সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে প্রাপ্ত ভাগফলকে যৌগটির তুল্যভর বলে। যেমন,

$\text{CuSO}_4$  এর আণবিক ভর হলো 159.5।  $\text{CuSO}_4$  যৌগে  $\text{Cu}^{2+}$  আয়নের যোজনী 2;

$\therefore \text{CuSO}_4$  এর তুল্যভর =  $(159.5 \div 2) = 79.75$ । অদ্রপ,

$\text{H}_2\text{SO}_4$  এর তুল্যভর =  $(98 \div 2) = 49$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  এর তুল্যভর =  $(106 \div 2) = 53$ ।

(৫) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও গ্রাম রাসায়নিক তুল্যভরের মধ্যে সম্পর্ক :

মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক  $\times 96500 \text{ C}$  (প্রায়) = মৌলটির গ্রাম রাসায়নিক তুল্যভর। যেমন,

$\text{Ag}$  এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক  $1.1181 \times 10^{-3} \text{ g C}^{-1} \times 96500 \text{ C} = 107.896 \text{ g}$  ( $\text{Ag}$  এর গ্রাম রাসায়নিক তুল্যভর)।

### 8.8.1 ফ্যারাডের সূত্রের প্রযোজ্যতা ও সীমাবদ্ধতা

#### Applicability and Limitation of Faraday's Law

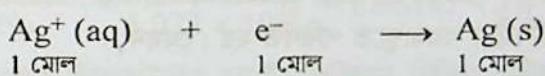
(ক) প্রযোজ্যতা : (i) ফ্যারাডের সূত্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য-দ্রবণে ও গলিত তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে সমভাবে প্রযোজ্য। (ii) ফ্যারাডের সূত্রের উপর চাপ ও দ্রবণের ঘনমাত্রার বিশেষ কোনো প্রভাব নেই। তবে তাপের প্রভাব আছে, উত্তপ্ত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবহণ সহজ হয়।

(খ) সীমাবদ্ধতা : (i) ফ্যারাডের সূত্র কেবলমাত্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর বেলায় প্রযোজ্য। ইলেকট্রনীয় পরিবাহীর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য নয়; কারণ এক্ষেত্রে জারণ-বিজারণ ঘটে না। (ii) যেসব ক্ষেত্রে শতভাগ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদ্ধতিতে তড়িৎ প্রবাহিত হয়, শুধুমাত্র সেসব ক্ষেত্রে ফ্যারাডের সূত্র শতভাগ প্রযোজ্য। (iii) কোনো তড়িৎ-বিশ্লেষ্যে এক সাথে একাধিক জারণ-বিজারণ ঘটলে ফ্যারাডের সূত্রের গণনার ক্ষেত্রে ত্রুটি ঘটবে।

### 8.8.2 ফ্যারাডের সূত্র প্রয়োগে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমাণ নির্ণয়

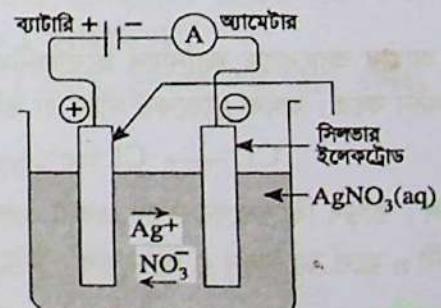
#### To Determine Amount of Electrolytic Substance From Faraday's Law

চিত্র-৪.৭ এর তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষটিতে অ্যানোড ও ক্যাথোডরূপে দুটি সিলভার ইলেকট্রোড এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে সিলভার নাইট্রেট ( $\text{AgNO}_3$ ) দ্রবণ ব্যবহৃত হয়েছে। প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাপের জন্য অ্যামেটার ব্যবহৃত হয়েছে। এখন সিলভার নাইট্রেট ( $\text{AgNO}_3$ ) এর জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ চালনা করলে তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ক্যাথোডে সিলভার ধাতু জমা হয়। নিম্নরূপে ক্যাথোডে সিলভার আয়ন ( $\text{Ag}^+$ ) বিজারিত হয়।



এ সমীকরণ মতে বোঝা যায় যে, 1 মোল সিলভার আয়ন 1 মোল ইলেকট্রন দ্বারা বিজারিত হয়ে 1 মোল সিলভার পরমাণু উৎপন্ন করে। আবার উৎপন্ন সিলভারের পরিমাণ সার্কিট বা বর্তনীতে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যার সমানুপাতিক অর্থাৎ বর্তনীতে প্রবাহিত মোট বিদ্যুৎ বা বিদ্যুৎ চার্জের সমানুপাতিক। আবার 1 মোল সিলভার পরমাণুর ভর 108 g এবং এর মধ্যে  $N_A$  সংখ্যক (অ্যাভোগ্যাড্রো সংখ্যা  $6.022 \times 10^{23}$ টি) সিলভার পরমাণু আছে। কিন্তু 1 মোল ইলেকট্রনেও সমসংখ্যক ইলেকট্রন থাকে। একটি ইলেকট্রনের চার্জ হলো  $= 1.602 \times 10^{-19}$  কুলুম। অতএব 1 মোল ইলেকট্রনের মোট চার্জ  $= 1.602 \times 10^{-19} \times 6.022 \times 10^{23}$  C

$$= 96473 \text{ C} \approx 96500 \text{ C} \text{ (প্রায়)}.$$

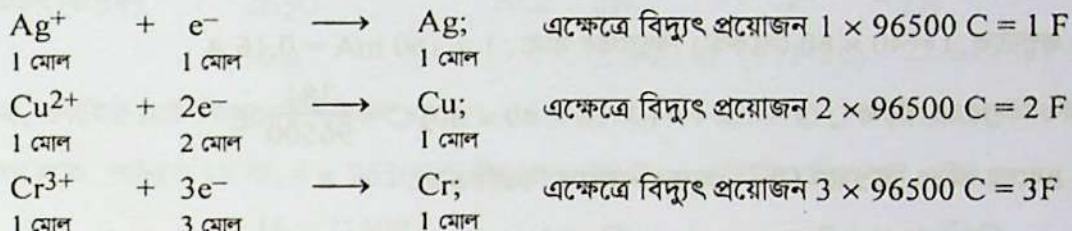


চিত্র-৪.৭ : ফ্যারাডের ১ম সূত্রের সাহায্যে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমাণ নির্ণয়।



১। বিদ্যুৎ বিশ্লেষণকালে কোনো পদার্থের আয়ন থেকে 1 মোল পদার্থকে সঞ্চিত করতে প্রয়োজনীয় বিদ্যুতের পরিমাণ সে পদার্থের ধনাত্মক আয়নের চার্জের সমান মোল ইলেকট্রন (যেমন ১, ২, ৩ মোল ইত্যাদি) এর সমান।

তড়িৎ বিশ্লেষণ থেকে জানা যায়, ক্যাথোডে 1 মোল Ag, 1 মোল Cu এবং 1 মোল Cr এর সঞ্চিত হওয়ার কালে যথাক্রমে  $96500\text{ C}$ ,  $2 \times 96500\text{ C}$  এবং  $3 \times 96500\text{ C}$  বিদ্যুৎ প্রয়োজন হয়। এসব তথ্য নিম্নোক্ত সমীকরণের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ। যেমন,



সুতরাং 1 মোল এক-ধনাত্মক আয়নকে বিজারিত করতে 1 F বিদ্যুৎ প্রয়োজন।

1 মোল দ্বি-ধনাত্মক আয়নকে বিজারিত করতে 2 F বিদ্যুৎ প্রয়োজন।

1 মোল ত্রি-ধনাত্মক আয়নকে বিজারিত করতে 3 F বিদ্যুৎ প্রয়োজন।

অপর কথায়,  $96.5 \times 10^3\text{ C}$  বিদ্যুৎ তিনটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে প্রবাহিত হওয়ার ফলে সঞ্চিত ধাতুসমূহের পরিমাণ হয় যথাক্রমে 1 মোল Ag,  $\frac{1}{2}$  মোল Cu,  $\frac{1}{3}$  মোল Cr অর্থাৎ 1 মোল/(ধনাত্মক আয়নের চার্জ)। মৌলের একপ সম্পর্কযুক্ত পরিমাণকে বিজ্ঞানী ফ্যারাডে তাঁর সূত্রে ধাতুসমূহের তুল্যভর বা তুল্যাঙ্ক (equivalents) বলেছেন।

**ধাতুর তুল্যভরের সংজ্ঞা :** কোনো ধাতুর লবণের দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে এক ফ্যারাডে তড়িৎ দ্বারা ক্যাথোডে যত গ্রাম ধাতু সঞ্চিত হয়, ঐ পরিমাণকে ধাতুটির তুল্যভর বা তুল্যাঙ্ক বলে। ধাতুর এক মোল ও ধাতুর ধনাত্মক চার্জের অনুপাত হলো ধাতুটির তুল্যভর। যেমন, Cu এর তুল্যভর বা রাসায়নিক তুল্যভর  $= (63.55\text{ g} \div 2) = 31.775\text{ g}$ ।

১০। ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে ইলেকট্রনের চার্জ গণনা করা সম্ভব।

তড়িৎ বিশ্লেষণের সমীকরণ মতে, একযোগী এক মোল ক্যাটায়নকে চার্জ মুক্ত করতে 1 F বিদ্যুতের প্রয়োজন হয়।

এক মোল ক্যাটায়নের সংখ্যা হলো অ্যাভোগাঞ্চো সংখ্যা,  $N_A$

একটি ইলেকট্রনের চার্জ  $= e^-$

$$\therefore N_A \times e^- = 1 \text{ ফ্যারাডে} = 96500 \text{ কুলম্ব (C)}.$$

$$\therefore e^- = \frac{96500 \text{ C}}{N_A} = \frac{96500 \text{ C}}{6.022 \times 10^{23}} = 1.60245 \times 10^{-19} \text{ C}$$

এভাবে হিসাবকৃত ইলেকট্রনের চার্জের পরিমাণ বিভিন্ন পরীক্ষা থেকে প্রাপ্ত ইলেকট্রনের চার্জের সমান। এ থেকে ফ্যারাডের সূত্রের তাৎপর্য বোঝা যায় এবং প্রমাণিত হয় যে, 1 মোল ইলেকট্রন  $= 1$  ফ্যারাডে (F)

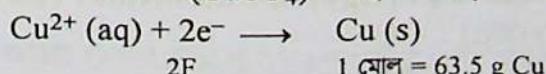
**সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৮ :** 5 অ্যাস্পিয়ার মাত্রার তড়িৎ 60 মিনিট ধরে  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করলে তড়িৎধারে কী পরিমাণ কপার সঞ্চিত হবে? [ $\text{Cu} = 63.5$ ]

**দক্ষতা :** সংশ্লিষ্ট বিজ্ঞারণ সমীকরণ ও ফ্যারাডের ১ম সূত্র প্রয়োগ করতে হবে।

**সমাধান :** প্রশ্নমতে মোট সময়,  $t = 60 \times 60$  সেকেন্ড।

$$\therefore \text{প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ}, Q = I \times t = 5 \times 60 \times 60 \text{ C} \text{ বা}, Q = \frac{5 \times 60 \times 60}{96500} \text{ F} = \frac{36 \times 5}{965} \text{ F}$$

কপার সালফেট ( $\text{CuSO}_4$ ) এর দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণে  $\text{Cu}^{2+}$  আয়ন নিম্নরূপে বিজারিত হয়।



সমীকরণ মতে, 2 F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল কপার = 63.5 g Cu

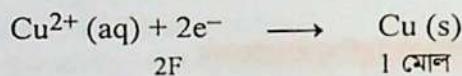
$$\therefore \frac{36 \times 5}{965} F \text{ বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয়} = \frac{63.5 \times 36 \times 5}{2 \times 965} g \text{ Cu} = 5.922 \text{ g Cu (প্রায়)} \text{ (উত্তর)}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৯ :  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণের মধ্য দিয়ে 160 mA বিদ্যুৎ 40 min. যাবৎ চালনা করা হলো। তড়িৎধারে সঞ্চিত কপার পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় করো।

সমাধান : প্রশ্নমতে,  $t = 40 \times 60$  সেকেন্ড। বিদ্যুতের মাত্রা,  $I = 160 \text{ mA} = 0.16 \text{ A}$

$$\therefore \text{প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ}, Q = I \times t = (0.16 \times 40 \times 60) C = \frac{384}{96500} F$$

$\text{CuSO}_4$  দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে  $\text{Cu}^{2+}$  আয়ন নিম্নরূপে বিজ্ঞারিত হয় :



সমীকরণ মতে, 2 F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল Cu বা,  $6.022 \times 10^{23}$  টি Cu পরমাণু

$$\therefore \frac{384}{96500} F \text{ বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয়} = \frac{6.022 \times 10^{23} \times 384}{2 \times 96500} \text{ টি Cu পরমাণু} \\ = 1.198159585 \times 10^{21} \text{ টি Cu পরমাণু (উত্তর)}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১০ : সালফিউরিক এসিডের লঘু জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্রাচিনাম তারের মাধ্যমে 1 ঘন্টা বিদ্যুৎ প্রবাহিত করায় আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে 250 mL হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিদ্যুতের মাত্রা কত ছিল?

সমাধান : প্রশ্নমতে, উৎপন্ন  $\text{H}_2$  গ্যাসের আয়তন (আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে) 250 mL = 0.250 L

$$\text{আবার } 1 \text{ মোল } \text{H}_2 = 1.008 \times 2 \text{ g H}_2$$

$$\text{অর্থাৎ } 22.4 \text{ L H}_2 = 1.008 \times 2 \text{ g H}_2$$

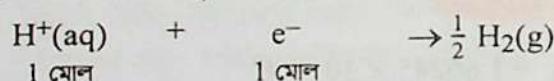
$$\therefore 0.250 \text{ L H}_2 = \frac{1.008 \times 2 \times 0.250}{22.4} \text{ g H}_2 = 0.0225 \text{ g H}_2$$

**MCQ-4.11:** 1 মোল ইলেকট্রন কোনটি ?

(ক) 1 ফ্যারাডে (খ) 1C

(গ) 1.62 C (ঘ)  $1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$

বিদ্যুৎ বিশ্লেষণকালে  $\text{H}^+$  এর বিজ্ঞারণ নিম্ন সমীকরণ মতে ঘটে :



$$1 \text{ মোল হাইড্রোজেন পরমাণু} = 1.008 \text{ g}$$

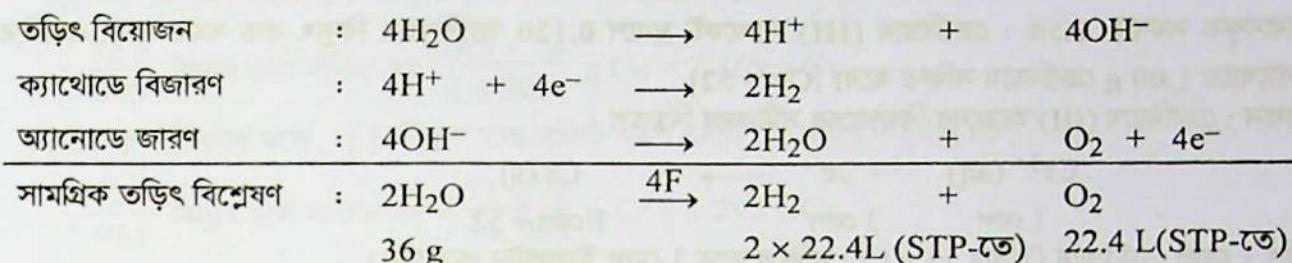
$$\therefore 1.008 \text{ g হাইড্রোজেন মুক্ত করতে প্রয়োজন হয় } 1F = 96500 \text{ C}$$

$$\therefore 0.0225 \text{ g হাইড্রোজেন মুক্ত করতে প্রয়োজন হয়} = \frac{96500 \times 0.0225}{1.008} \text{ C} = 2154.0178 \text{ C}$$

$$\text{আমরা জানি, } Q = I \times t; \therefore \text{বিদ্যুতের মাত্রা, } I = \frac{Q}{t} = \frac{2154.0178 \text{ C}}{60 \times 60 \text{ s}} = 0.5983 \text{ A (প্রায়)} \text{ (উত্তর)}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১১: লঘু  $\text{H}_2\text{SO}_4$  মিশ্রিত পানিতে Pt তড়িৎধারের মাধ্যমে 3.0 A বিদ্যুৎ 2 ঘন্টা যাবৎ প্রবাহিত করা হলো। এতে কত গ্রাম পানি তড়িৎ বিশ্লেষিত হবে এবং STP-তে কত আয়তনের  $\text{H}_2$  গ্যাস ও  $\text{O}_2$  গ্যাস উৎপন্ন হবে?

সমাধান : লঘু  $\text{H}_2\text{SO}_4$  মিশ্রিত পানিতে Pt তড়িৎধার ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণকালে জারণ-বিজ্ঞারণ বিক্রিয়ার সমীকরণটি হলো নিম্নরূপ :



প্রশ্নমতে, প্রবাহিত মোট বিদ্যুতের পরিমাণ,  $Q = I \times t = 3.0 \times 2 \times 60 \times 60 \text{ C} = 21600 \text{ C}$

সমীকরণ মতে, পানিতে  $4F$  বা,  $4 \times 96500 \text{ C}$  বিদ্যুৎ প্রবাহে 36 g পানি বিশ্লেষিত হয়

$$\therefore 21600 \text{ C বিদ্যুৎ প্রবাহে } \frac{36 \times 21600}{4 \times 96500} \text{ g} = 2.0145 \text{ g পানি।}$$

STP-তে উৎপন্ন  $\text{H}_2$  গ্যাস ও  $\text{O}_2$  গ্যাস-এর আয়তন গণনা :

সমীকরণ মতে,  $4F$  বা,  $4 \times 96500 \text{ C}$  বিদ্যুৎ প্রবাহে STP-তে  $2 \times 22.4 \text{ L H}_2$  উৎপন্ন হয়।

$$\therefore 21600 \text{ C বিদ্যুৎ প্রবাহে STP-তে } \frac{2 \times 22.4 \times 21600 \text{ L}}{4 \times 96500} = 2.5069 \text{ L H}_2।$$

আবার, সমীকরণ মতে, উৎপন্ন  $\text{O}_2$  গ্যাসের আয়তন  $\text{H}_2$  গ্যাসের অর্ধেক হয়।

$$\therefore \text{উৎপন্ন O}_2 \text{ গ্যাসের আয়তন} = (2.5069 \div 2) \text{ L} = 1.25345 \text{ L}$$

উত্তর: পানি = 2.0145 g,  $\text{H}_2$  = 2.5069 L,  $\text{O}_2$  = 1.25345 L

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.১২ : সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে 1.5 অ্যাস্পিয়ারের বিদ্যুৎ কতক্ষণ ধরে প্রবাহিত করলে 1.89 g সিলভার ক্যাথোড সঞ্চিত হবে?

সমাধান : মনে করি, সময় =  $t$  সেকেন্ড।

এখানে সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ = 1.89 g

প্রবাহিত মোট বিদ্যুৎ,  $Q = I \times t = 1.5 \times t \text{ (C)}$

**MCQ-4.12 : 1 mol Cr ক্যাথোডে**

সঞ্চিত হতে বিদ্যুৎ প্রয়োজন কত ফ্যারাডে?

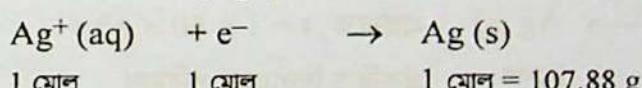
(ক) 1 F

(খ) 2 F

(গ) 3 F

(ঘ) 4 F

এখানে সিলভার আয়ন ( $\text{Ag}^+$ ) বিজারণের সমীকরণ নিম্নরূপ :



আবার 1 মোল  $\text{Ag}$  (অর্থাৎ 107.88 g) সঞ্চিত হতে 1.0 মোল ইলেক্ট্রন প্রয়োজন।

$$\therefore 1.89 \text{ g সিলভার সঞ্চিত হতে } \frac{1.0 \times 1.89}{107.88} \text{ মোল ইলেক্ট্রন প্রয়োজন।}$$

$$\therefore \text{মোট বিদ্যুতের পরিমাণ, } Q = \frac{96500 \times 1.0 \times 1.89 \text{ C}}{107.88} = 1690.63 \text{ C (প্রায়)}$$

$$\text{আবার } Q = 1.5 \times t; \therefore t = \frac{Q}{1.5A} = \frac{1690.63 \text{ C}}{1.5A} = 1127.08 \text{ sec} = 18 \text{ min } 47.08 \text{ sec (উত্তর)}$$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৮.১৩ : ক্রোমিয়াম (III) সালফেট দ্রবণে 0.120 অ্যাস্পিয়ার বিদ্যুৎ কত সময় যাবৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে 1.00 g ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হবে? [Cr = 52]

সমাধান : ক্রোমিয়াম (III) আয়নের বিজ্ঞারণের সমীকরণ নিম্নরূপ :



$$1 \text{ মোল} \quad 3 \text{ মোল} \quad 1 \text{ মোল} = 52$$

অর্থাৎ 1 মোল ক্রোমিয়াম (অর্থাৎ 52 g Cr) সঞ্চিত হতে 3 মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন।

সুতরাং 1 g ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হতে  $\frac{3}{52}$  মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন হবে।

$$\therefore \text{মোট বিদ্যুতের পরিমাণ}, Q = \frac{96500 \times 3}{52} \text{ C} = 5567.3 \text{ C}$$

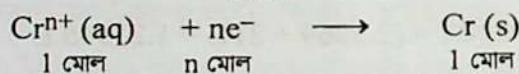
$$\text{আবার } Q = 1 \times t, \therefore t = \frac{Q}{I} = \frac{5567.3 \text{ C}}{0.120 \text{ A}} = 46394 \text{ s} = 12 \text{ hr } 53 \text{ min} \text{ (উত্তর)}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১৪ : ক্রোমিয়াম (III) সালফেট দ্রবণে 0.0422 A বিদ্যুৎ 1 hr যাবৎ প্রবাহিত করার ফলে ক্যাথোডে 0.0275 g ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হয়। ক্রোমিয়াম আয়নের চার্জ কত? [Cr = 52.0]

সমাধান : মোট সময়, t = 1 hr =  $60 \times 60$  s.

$$\text{প্রবাহিত মোট বিদ্যুতের পরিমাণ}, Q = I \times t = 0.0422 \times 60 \times 60 \text{ C} = 151.92 \text{ C} = \frac{151.92}{96500} \text{ F}$$

$$\text{সঞ্চিত ক্রোমিয়ামের মোল সংখ্যা} = \frac{0.0275}{52.0} = 0.00053 \text{ (প্রায়)}$$



$$1 \text{ মোল} \quad n \text{ মোল} \quad 1 \text{ মোল}$$

$$0.00053 \text{ মোল ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হতে দরকার হয়} \frac{151.92}{96500} \text{ F বিদ্যুৎ।}$$

$$\therefore 1.0 \text{ মোল ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হতে দরকার} = \frac{151.92 \text{ F}}{96500 \times 0.00053} = \frac{151.92}{51.145} \text{ F} = 2.97 \text{ F} \approx 3 \text{ F}$$

∴ ক্রোমিয়াম আয়নের চার্জ +3 অর্থাৎ ক্রোমিয়াম আয়ন হলো  $\text{Cr}^{3+}$  (উত্তর)

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১৫ : 2 অ্যাস্পিয়ার বিদ্যুৎ 1 ঘন্টা যাবৎ সিরিজ সংযোগে  $\text{AgNO}_3$  দ্রবণ,  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণ ও  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$  দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে চালনা করা হয়। প্রতিটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে সঞ্চিত ধাতুর পরিমাণ নির্ণয় কর। [Ag = 108, Cu = 63.5, Cr = 52]

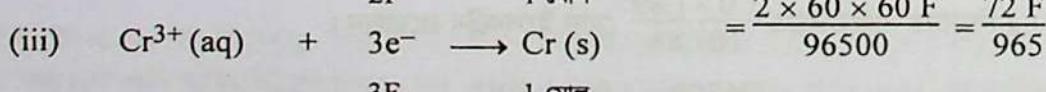
সমাধান : সংশ্লিষ্ট বিজ্ঞারণ বিক্রিয়া নিম্নরূপে ক্যাথোডে ঘটে;



$$1\text{F} \quad 1 \text{ মোল} \quad \text{প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ,}$$



$$2\text{F} \quad 1 \text{ মোল} \quad = \frac{2 \times 60 \times 60 \text{ F}}{96500} = \frac{72 \text{ F}}{965}$$



(i) নং সমীকরণ মতে, 1 F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল Ag অর্থাৎ = 108 g Ag

$$\therefore \frac{72 \text{ F}}{965} \text{ বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয়} = \frac{108 \times 72}{965} \text{ g Ag} = 8.058 \text{ g Ag}$$

(ii) নৎ সমীকরণ মতে, 2 F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল Cu অর্থাৎ = 63.5 g Cu

$$\therefore \frac{72 F}{965} \text{ বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় } \frac{63.5 \times 72}{2 \times 965} \text{ g Cu} = 2.369 \text{ g Cu}$$

(iii) নৎ সমীকরণ মতে, 3 F বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় 1 মোল Cr অর্থাৎ = 52 g Cr

$$\therefore \frac{72 F}{965} \text{ বিদ্যুৎ দ্বারা সঞ্চিত হয় } \frac{52 \times 72}{3 \times 965} \text{ g Cr} = 1.293 \text{ g Cr}$$

উত্তর : Ag = 8.058 g; Cu = 2.369 g; Cr = 1.293 g.

#### শিক্ষার্থীর কাজ-৮.৮ : ফ্যারাডের সূত্রভিত্তিক গণনা :

সমস্যা-৮.৯ : Ni (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> দ্রবণে প্রাটিনাম তড়িৎদ্বারা ব্যবহার করে 5 অ্যাম্পিয়ার শক্তির বিদ্যুৎ 30 মিনিট যাবৎ চালনা করা হলো। ক্যাথোডে কী পরিমাণ নিকেল জমা হবে? [Ni = 58.7] [উ: 2.737 g]

সমস্যা-৮.১০ : অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও ক্রায়োলাইটের গলিত মিশ্রণে  $1.0 \times 10^5$  A বিদ্যুৎ 8.0 h যাবৎ চালনা করলে কত কিলোগ্রাম অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদিত হবে? [উ: 268.6 kg]

সমস্যা-৮.১১ : চট্টগ্রামের দন্ত জুয়েলার্স মেয়েদের জন্য ইমিটেশন চেইন তৈরি করে। কম দামের ধাতুর তৈরি 10 টি চেইনের ওপর গোল্ডের প্রলেপ দিতে গোল্ড লবণের (Au<sup>3+</sup>) দ্রবণে গোল্ড অ্যানোড ব্যবহার করে 5.0 A বিদ্যুৎ 10 মিনিট যাবৎ চালনা করা হয়। প্রতি 10 g গোল্ডের দাম 40,000 টাকা হলে প্রতি চেইনে কত টাকার গোল্ড ব্যবহৃত হয়েছে। [Au = 196.97] [উ: 816.40 টাকা]

সমস্যা-৮.১২(ক) : FeSO<sub>4</sub> এর দ্রবণে 250 A বিদ্যুৎ 40 মিনিট চালনা করলে ক্যাথোডে কত গ্রাম ধাতু জমা হবে? [উ: 173.61 g] [দি. বো. ২০১৫]

সমস্যা- ৮.১২(খ) : FeSO<sub>4</sub> এর দ্রবণে 5 A বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করলে কী পরিমাণ ধাতু ক্যাথোডে জমা হবে? [উ: 0.868 g] [কু. বো. ২০১৬]

সমস্যা-৮.১২(গ) : CaCl<sub>2</sub> এর দ্রবণে 5 A বিদ্যুৎ 10 min চালনা করলে ক্যাথোডে কত গ্রাম ধাতু জমা হবে? [উ: 0.622 g] [কু. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৮.১২(ঘ): AgNO<sub>3</sub> এর দ্রবণে 6 A বিদ্যুৎ 40 min চালনা করলে ক্যাথোডে কত গ্রাম ধাতু জমা হবে? [উ: 16.096 g] [মাদ্রাসা. বো. ২০১৭]

সমস্যা-৮.১৩(ক) : এক ধাতব সালফেট দ্রবণে 0.5 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ 1 ঘণ্টা চালনা করলে ক্যাথোডে 0.59 গ্রাম ধাতু জমা হয়। ধাতুটির তুল্যভর কত হবে? [উ: 31.63 g]

সমস্যা-৮.১৩(খ) : AgNO<sub>3</sub> এর দ্রবণে 3 A বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করলে ক্যাথোডে 2.015 g সিলভার সঞ্চিত হয়। সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করো। [উ:  $1.11944 \times 10^{-3} \text{ g C}^{-1}$ , 108.02 g]

সমস্যা-৮.১৩(গ) : CuSO<sub>4</sub> এর দ্রবণে 30 মিনিট যাবৎ 0.5 A বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোডে 0.2964 গ্রাম কপার জমা হয়। কপারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত? [উ: 0.000329 g C<sup>-1</sup>]

সমস্যা-৮.১৩(ঘ) : CuSO<sub>4</sub> এর দ্রবণে 0.25 A বিদ্যুৎ 1 ঘণ্টা চালনা করলে 0.295 g কপার ক্যাথোডে জমা হয়। কপারের তুল্যাঙ্ক ভর কত? [উ: 31.63 g]

সমস্যা-৮.১৪(ক) : একটি একযোজী ধাতব আয়ন  $1.60245 \times 10^{-19}$  C বিদ্যুৎ পরিবহণ করলে তবে ঐ ধাতুর 1 g মোল আয়ন কী পরিমাণ বিদ্যুৎ পরিবহণ করবে? [উ: 96499.5 C]

**সমস্যা-৮.১৪(খ) :** গলিত  $\text{CaCl}_2$  থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে  $20.0 \text{ g}$  ক্যালসিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রয়োজন হবে? [উ:  $96500 \text{ C}$ ]

**সমস্যা-৮.১৫(ক) :** একটি  $\text{AgNO}_3$  দ্রবণে  $50 \text{ min}$  যাবৎ  $0.20$  অ্যাস্পিয়ার শক্তিসম্পন্ন বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে কত পরিমাণ সিলভার সঞ্চিত হবে? [ $\text{Ag} = 108$ ] [উ:  $0.6715 \text{ g}$ ]

**সমস্যা-৮.১৫(খ) :**  $\text{AgNO}_3$  দ্রবণের মধ্য দিয়ে  $5$  অ্যাস্পিয়ার শক্তির বিদ্যুৎ  $10$  মিনিট চালনা করা হলো। এতে কত পরিমাণ সিলভার ও কয়টি সিলভার পরমাণু ক্যাথোডে সঞ্চিত হবে? [উ:  $3.3575 \text{ g}$ ,  $187.211713 \times 10^{20}$ ]

**সমস্যা-৮.১৬(ক) :**  $\text{CuSO}_4$  এর দ্রবণে  $15 \text{ min}$ . সময় যাবৎ  $5 \text{ A}$  বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ কপার জমা হবে? [ $\text{Cu} = 63.5$ ] [উ:  $1.48 \text{ g Cu}$  (প্রায়)]

**সমস্যা-৮.১৬(খ) :** তুঁতের জলীয় দ্রবণে  $0.5 \text{ A}$  মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ  $10 \text{ min}$  ধরে চালনা করলে কী পরিমাণ কপার ও কয়টি কপার পরমাণু ক্যাথোডে জমা হবে? [উ:  $0.0987 \text{ g}$ ,  $936.0179528 \times 10^{18}$ ]

**সমস্যা-৮.১৭(ক) :**  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণে  $2$  অ্যাস্পিয়ার মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ কতক্ষণ চালনা করলে ক্যাথোডে  $2.368 \text{ g}$  কপার সঞ্চিত করে? [ $\text{Cu} = 63.54$ ] [উ:  $59.94 \text{ min}$  বা,  $60 \text{ min}$ ]

**সমস্যা-৮.১৭(খ) :** গলিত  $\text{AlCl}_3$  তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে  $1.5 \text{ A}$  শক্তির বিদ্যুৎ কত সময় যাবৎ চালনা করলে ক্যাথোডে  $1.6 \text{ g Al}$  ধাতু জমা হবে? ( $\text{Al}$  এর পাঃ ভর =  $27$ ) [উ:  $3.177 \text{ hrs}$ ]

**সমস্যা-৮.১৮(ক) :**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর লঘু দ্রবণের মধ্য দিয়ে  $2.5$  অ্যাস্পিয়ার শক্তির বিদ্যুৎ কতক্ষণ চালনা করলে আদর্শ তাপমাত্রায় ও চাপে  $600 \text{ mL}$  হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হবে? [উ:  $34.46 \text{ min}$ ]

**সমস্যা-৮.১৮(খ) :**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  মিশ্রিত পানির মধ্য দিয়ে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে  $1.5$  ঘন্টা বিদ্যুৎ প্রবাহিত করায় আদর্শ তাপমাত্রায় ও চাপে  $500 \text{ mL}$  হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিদ্যুতের শক্তিমাত্রা কত ছিল? [উ:  $0.7978 \text{ A}$ ]

**সমস্যা-৮.১৮(গ) :**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  মিশ্রিত পানির মধ্য দিয়ে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে STP-তে  $500 \text{ mL H}_2$  গ্যাস পাওয়া গেল। এতে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ চালনা করা হয়? [উ:  $4308.036 \text{ C}$ ]

**সমস্যা-৮.১৮(ঘ) :** এসিড মিশ্রিত পানির মধ্য দিয়ে  $10 \text{ A}$  বিদ্যুৎ  $3$  মিনিট  $13$  সেকেন্ড ধরে চালনা করলে কত পরিমাণ পানি বিয়োজিত হবে? STP-তে কত আয়তনের  $\text{H}_2$  গ্যাস ও  $\text{O}_2$  গ্যাস উৎপন্ন হবে?

[উ: পানি =  $0.36 \text{ g}$ ,  $\text{H}_2 = 0.224 \text{ L}$ ,  $\text{O}_2 = 0.112 \text{ L}$ ]

**সমস্যা-৮.১৮(ঙ) :**  $100$  সেকেন্ড ধরে  $10 \text{ A}$  বিদ্যুৎ এসিড মিশ্রিত পানিতে চালনা করলে STP-তে কত আয়তন  $\text{H}_2$  ও  $\text{O}_2$  উৎপন্ন হবে? [উ:  $\text{H}_2 = 116 \text{ mL}$ ,  $\text{O}_2 = 58 \text{ mL}$ ]

**সমস্যা-৮.১৯(ক) :** একটি গোল্ড লবণের দ্রবণ থেকে  $2.6267$  গ্রাম গোল্ড মুক্ত করতে যে পরিমাণ তড়িৎ ব্যবহৃত হয়, এই একই পরিমাণ তড়িৎ দ্বারা  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণে কপার অ্যানোড ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে  $1.26 \text{ g}$  কপার দ্রবীভূত হয়। গোল্ড লবণটিতে গোল্ডের জারণ সংখ্যা নির্ণয় করো। [ $\text{Cu} = 63$ ,  $\text{Au} = 197$ ] [উ:  $\text{Au}$  এর জারণ সংখ্যা =  $+3$ ]

**সমস্যা-৮.১৯(খ) :**  $\text{AgNO}_3$  এর জলীয় দ্রবণে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ চালনা করলে  $10$  গ্রাম  $\text{Ag}$  তড়িৎদ্বারে জমা হয়, একই পরিমাণ বিদ্যুৎ গোল্ড লবণের দ্রবণে চালনা করলে  $6.08$  গ্রাম  $\text{Au}$  তড়িৎদ্বারে জমা হয়। ঐ গোল্ড লবণে গোল্ডের আধান কত? [ $\text{Ag} = 108$ ,  $\text{Au} = 197$ ] [উ:  $+3$ ]

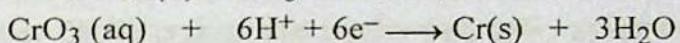
**সমস্যা-৮.২০(ক) :**  $1$  ফ্যারাডে তড়িৎ প্রবাহে কত গ্রাম ফেরাস আয়ন ও ফেরিক আয়ন চার্জ মুক্ত হবে?

[ $\text{Fe} = 56$ ]

[উ: ফেরাস =  $2.8 \text{ g}$ ; ফেরিক =  $18.66 \text{ g}$ ]

**সমস্যা-৮.২০.(খ) :**  $1$  মোল  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  আয়নকে  $\text{Cr}^{3+}$  আয়নে বিজ্ঞারিত করতে কত কুলম্ব বিদ্যুতের প্রয়োজন হবে? [উ:  $5.79 \times 10^5$  কুলম্ব]

সমস্যা-8.২০(গ) :  $\text{CrO}_3$  এর অস্থীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে নিম্ন সমীকরণ মতে  $\text{Cr}$  উৎপন্ন করা যায় :



এক্ষেত্রে 12.5 A তড়িৎ প্রবাহ কর সেকেন্ড যাবৎ চালনা করলে 15 g  $\text{Cr}$  উৎপন্ন হবে? [ $\text{Cr} = 52$ ]

[উ: 13361.5 s]

সমস্যা- 8.২১(ক) : 0.5 L আয়তনের 2 M  $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$  দ্রবণের মধ্য দিয়ে 3.7 A শক্তির বিদ্যুৎ 6.0 ঘণ্টা যাবৎ চালনা করা হলে তড়িৎ বিশ্লেষণের পর ঐ দ্রবণের ঘনমাত্রা কত হবে? [ $\text{Ni} = 58.7$ ] [উ: 1.172 M]

সমস্যা- 8.২১(খ) : একটি অ্যালুমিনিয়াম শিল্পে দৈনিক 20 টন Al ধাতু উৎপাদন করে। যদি দৈনিক সময় 30000 সেকেন্ড কার্যকাল হয়, তবে এতে দৈনিক কত ফ্যারাডে বিদ্যুৎ ও কত শক্তির বিদ্যুৎ প্রয়োজন হবে?

[1 টন = 1000 kg এবং Al = 26.98]

[উ:  $2.22387 \times 10^6 \text{ F}$ ;  $7.15 \times 10^6 \text{ A}$ ]

সমস্যা-8.২২(ক) : নিকেল আয়নের দ্রবণে 160 মিনিট যাবৎ 0.1 A শক্তির বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে 0.295 g নিকেল জমা হয়। ঐ নিকেল আয়নের চার্জ কত? [ $\text{Ni} = 58.7$ ] [উ:  $\text{Ni}^{2+}$ ]

সমস্যা-8.২২(খ) :  $\text{AgNO}_3$  ও  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  এর দুটি পৃথক দ্রবণকে সিরিজে সংযুক্ত করে তাদের মধ্য দিয়ে কিছুক্ষণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয়। এ সময় দ্বিতীয় দ্রবণ থেকে 0.705 g কপার ক্যাথোডে সঞ্চিত হলে প্রথম দ্রবণ থেকে কী পরিমাণ সিলভার সঞ্চিত হবে? [ $\text{Ag} = 108$ ,  $\text{Cu} = 63.5$ ] [উ: 2.398 g]

সমস্যা-8.২৩ : M'SO<sub>4</sub> দ্রবণ ও M"SO<sub>4</sub> দ্রবণে 50 কুলম্ব বিদ্যুৎ চালনা করলে ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎদ্বারে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ পদার্থ সঞ্চিত হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা করো। [ব. বো. ২০১৬]

[ $M' = 108$ ,  $M'' = 52$ ] [উ: তুল্যভরের ভিন্নতার কারণে]

সমস্যা-8.২৪(ক) : কোনো  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের সাহায্যে । ঘণ্টা যাবৎ 1.25 A বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে কতগুলো Cu পরমাণু জমা পড়বে? [উ:  $14.04 \times 10^{21}$  টি]

সমস্যা-8.২৪(খ) : একটি ধাতব তারে 1A বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে। এক সেকেন্ডে এ তারের কোনো একটি বিন্দুর মধ্য দিয়ে কত সংখ্যক ইলেকট্রন প্রবাহিত হবে? [উ:  $6.2404 \times 10^{18}$  টি]

সমস্যা-8.২৪(গ) : Al লবণের দ্রবণে 2 কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে ক্যাথোডে কত সংখ্যক Al পরমাণু জমা পড়বে? [উ:  $4.16 \times 10^{18}$ ]

সমস্যা-8.২৫(ক) : 30 মিনিট যাবৎ 1.5 A বিদ্যুৎ কোনো লবণের জলীয় দ্রবণে চালনা করলে ক্যাথোডে 0.8898 g ধাতু সঞ্চিত হয়। ধাতুটির যোজ্যতা 2 হলে এর পারমাণবিক ভর কত হবে? [উ: 63.592]

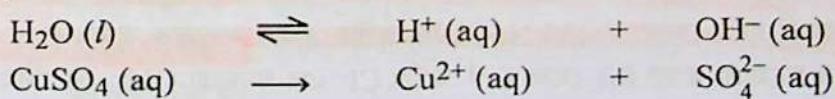
সমস্যা-8.২৫(খ) : একটি ধাতুর পারমাণবিক ভর 112। ধাতুটির লবণের জলীয় দ্রবণে 1.5 A বিদ্যুৎ 15 মিনিট চালনা করলে ক্যাথোডে 0.788 g ধাতু জমা হয়। ঐ লবণটিতে ধাতুটির যোজ্যতা কত? [উ: 2]

### 8.8.8 দ্রবণে আয়নিক যৌগের তড়িৎ বিশ্লেষণ, ইলেক্ট্রোলিসিস বিক্রিয়া

#### Electrolysis of Aqueous Electrolytes and Electrode Reaction

যখন কোনো গলিত তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে একটি মাত্র ক্যাটায়ন ও একটি মাত্র অ্যানায়ন থাকে যেমন, গলিত  $\text{NaCl}$ , তখন ইলেক্ট্রোলিসিস বিক্রিয়া লেখা সহজ। তখন তড়িৎ বিশ্লেষণকালে ক্যাটায়নটি ক্যাথোড থেকে ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে ধাতুতে পরিণত হয় এবং অ্যানায়নটি অ্যানোডে ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণুতে রূপান্তরিত হয়।

কিন্তু আয়নিক যৌগের জলীয় দ্রবণে একাধিক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন থাকে। যেমন,  $\text{CuSO}_4$  এর জলীয় দ্রবণে নিম্নোক্ত সমীকরণ মতে দুটি ক্যাটায়ন বা ধনাত্মক আয়ন যেমন  $\text{H}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$  এবং দুটি অ্যানায়ন বা ঋণাত্মক আয়ন যেমন  $\text{OH}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  থাকে।



সুতরাং তড়িৎ-বিশেষ্য কোষে বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডের দিকে  $H^+$  আয়ন ও  $Cu^{2+}$  আয়ন এবং অ্যানোডের দিকে  $OH^-$  আয়ন ও  $SO_4^{2-}$  আয়ন ধাবিত হবে। এখন ক্যাথোডে পৌছে উভয় ধনাত্মক আয়নের মধ্যে কোনটি অগ্রাধিকার ভিত্তিতে বিজারিত হবে এবং অ্যানোডে পৌছে উভয় ঋণাত্মক আয়নের মধ্যে কোনটি অগ্রাধিকার ভিত্তিতে জারিত হবে তা নির্ভর করে নিম্নোক্ত তিনি শর্তের উপর। যেমন,

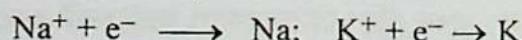
- (১) তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে সংশ্লিষ্ট আয়নের অবস্থান;
- (২) তড়িৎ বিশেষ্য দ্রবণে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ঘনমাত্রার প্রভাব;
- (৩) তড়িৎ কোষে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি ও তড়িৎদ্বারের প্রভাব।

১। **তড়িৎ রাসায়নিক সারি (Electrochemical series) :** তড়িৎ বিশেষণের সময় বিভিন্ন আয়নের চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতার উপর ভিত্তি করে আয়নসমূহকে একটি সারিতে সাজানো হয়েছে, তাকে তড়িৎ রাসায়নিক সারি বলা হয়। এ সারিটি বিজারণ বিভবের উচ্চক্রম অনুসারে সজ্জিত। সহজে বিজারণযোগ্য ক্যাটায়নটি এ সারিতে সবচেয়ে নিচে স্থান পেয়েছে। [এক্ষেত্রে নিচের ২নং ও ৩নং শর্ত অপরিবর্তিত থাকতে হবে।] উল্লেখ্য ধনাত্মক আয়ন বা ক্যাটায়নের সারিতে সবচেয়ে অধিক সক্রিয় ধাতুটি সারির প্রথমে রয়েছে এবং নিচের দিকে  $M \rightarrow M^{n+} + ne^-$ । অর্থাৎ দ্রবণ থেকে কোনো আয়ন চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা হলো তার ধাতুর সক্রিয়তার বিপরীত।

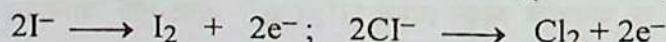
সারণি-৪.২ : তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজের একাংশ

ক্যাটায়ন	সক্রিয়তা	ক্যাথোডে অর্ধবিক্রিয়া	অ্যানায়ন	সক্রিয়তা	অ্যানোডে অর্ধবিক্রিয়া
$K^+$					
$Ca^{2+}$					
$Na^+$	$M^{n+} + ne^- \rightarrow M$	ক্যাথোডে চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা	$NO_3^-$	চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা	$NO_3^- \rightarrow NO_2 + \frac{1}{2} O_2 + e^-$
$Mg^{2+}$	ক্যাথোডে চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা	ধাতুর রাসায়নিক সক্রিয়তা ক্রমান্বয়ে কমছে।	$SO_4^{2-}$	নিচের দিকের আয়নের ক্রমান্বয়ে বাড়ছে।	$SO_4^{2-} \rightarrow SO_2 + O_2 + 2e^-$
$Al^{3+}$	নিচের দিকের আয়নের ক্রমান্বয়ে বাড়ছে।	$M \rightarrow M^{n+} + ne^-$	$Cl^-$	নিচের দিকের আয়নের ক্রমান্বয়ে বাড়ছে।	$Cl^- \rightarrow \frac{1}{2} Cl_2 + e^-$
$Zn^{2+}$			$Br^-$		$Br^- \rightarrow \frac{1}{2} Br_2 + e^-$
$Fe^{2+}$			$I^-$		$I^- \rightarrow \frac{1}{2} I_2 + e^-$
$Sn^{2+}$			$OH^-$		$2OH^- \rightarrow H_2O + \frac{1}{2} O_2 + 2e^-$
$Pb^{2+}$					
$H^+$ (বা, $H_3O^+$ )					
$Cu^{2+}$					
$Ag^+$					
$Au^{3+}$					

ব্যাখ্যা : কোনো তড়িৎ বিশেষ্য দ্রবণে  $Na^+$  ও  $K^+$  আয়ন উপস্থিত থাকলে তড়িৎ বিশেষণের সময় প্রথমে  $Na^+$  ক্যাথোড থেকে ইলেক্ট্রন এহণ করে চার্জমুক্ত হবে। দ্রবণের সমস্ত  $Na^+$  চার্জমুক্ত হওয়ার পর  $K^+$  আয়নের চার্জমুক্ত হওয়ার সুযোগ হবে। কারণ তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে  $Na^+$  এর স্থান  $K^+$  এর নিচে।



অনুরূপভাবে দ্রবণে  $Cl^-$  আয়ন ও  $I^-$  আয়ন থাকলে তড়িৎ বিশেষণের সময় প্রথমে  $I^-$  আয়ন অ্যানোডে ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে চার্জমুক্ত হবে। এরপে সব  $I^-$  আয়ন চার্জমুক্ত হওয়ার পর  $Cl^-$  আয়নের চার্জমুক্ত হওয়ার সুযোগ হবে।



২। **সমর্থনী আয়নের ঘনমাত্রার প্রভাব :** আবার তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে কোনো আয়নের অবস্থানের অগ্রাধিকারের চেয়ে এই আয়নের ঘনমাত্রার প্রভাব বেশি কার্যকরী হয়। যেমন,  $0.1M$   $NaCl$  এর জলীয় দ্রবণে ঋণাত্মক আয়ন  $OH^-$  এর ঘনমাত্রা থাকে  $10^{-7}$  মোল  $L^{-1}$  এবং  $Cl^-$ -এর ঘনমাত্রা থাকে  $0.1$  মোল  $L^{-1}$  অর্থাৎ  $Cl^-$  এর ঘনমাত্রা  $OH^-$  এর ঘনমাত্রার

চেয়ে  $10^6$  গুণ বেশি। তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে  $\text{OH}^-$  আয়নের অবস্থান  $\text{Cl}^-$  আয়নের নিচে হওয়ায়  $\text{OH}^-$  আয়ন আগে চার্জমুক্ত হওয়া উচিত; কিন্তু ঘনমাত্রা বেশি থাকায়  $\text{Cl}^-$  আয়ন আগে চার্জমুক্ত হয়ে থাকে। একই নিয়মে  $\text{PbCl}_2$  এর জলীয় দ্রবণে  $\text{Pb}^{2+}$  আয়নের ঘনমাত্রা  $\text{H}_3\text{O}^+$  আয়নের ঘনমাত্রার চেয়ে অনেক বেশি থাকায় তড়িৎ বিশ্লেষণের সময়  $\text{H}_3\text{O}^+$  এর পরিবর্তে  $\text{Pb}^{2+}$  আয়ন ক্যাথোডে চার্জমুক্ত হয়।

৩। তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি : তড়িৎকোষে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি অনেক সময় তড়িৎ রাসায়নিক সারির অঞ্চাধিকার নিয়মের ব্যতিক্রম ঘটায়। যেমন,  $\text{NaCl}$  এর জলীয় দ্রবণে (দুটি ধনাত্মক আয়ন  $\text{H}^+$  ও  $\text{Na}^+$  থাকে) প্রাচীনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটালে ক্যাথোডে তড়িৎ রাসায়নিক সারির অঞ্চাধিকার মতে  $\text{H}^+$  আয়ন, চার্জমুক্ত হয়ে  $\text{H}_2$  গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু ক্যাথোডরূপে পারদ ব্যবহৃত হলে তখন  $\text{H}^+$  এর পরিবর্তে  $\text{Na}^+$  আয়ন আগে চার্জমুক্ত হয়। কারণ এক্ষেত্রে  $\text{Na}^+$  আয়ন পারদের সাথে মিশে গিয়ে পারদ সংকর  $\text{Hg.Na}$  তৈরি করে; ফলে  $\text{Na}^+$  আয়নের বিজ্ঞারিত হওয়ার প্রবণতা বেড়ে যায়।

#### শিক্ষার্থীর কাজ-৪.৫: তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজভিত্তিক সমস্যা :

- প্রশ্ন-৪.৭ : নিচের প্রশ্নগুলো অনুধাবন করে উত্তর দাও।
- কোনো দ্রবণে  $\text{Fe}^{2+}$  ও  $\text{Al}^{3+}$  আয়ন আছে। এ দ্রবণে বিদ্যুৎ চালনা করলে কোন আয়নটি প্রথমে ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করে চার্জ মুক্ত হবে? ব্যাখ্যা করো।
  - কোনো দ্রবণে  $\text{Zn}^{2+}$  ও  $\text{Cu}^{2+}$  আয়ন আছে। এ দ্রবণে বিদ্যুৎ চালনা করলে কোন আয়নটি আগে চার্জমুক্ত হবে —ব্যাখ্যা করো।
  - কোনো জলীয় দ্রবণে  $\text{Cl}^-$  ও  $\text{I}^-$  আয়ন আছে। বিদ্যুৎ চালনা করলে কোন আয়নটি অ্যানোডে আগে চার্জমুক্ত হবে?
  - ০.১ M  $\text{NaCl}$  এর জলীয় দ্রবণে  $\text{Cl}^-$  ও  $\text{OH}^-$  আয়ন দুটিই থাকে। বিদ্যুৎ বিশ্লেষণকালে কোন আয়নটি আগে চার্জমুক্ত হবে তা ব্যাখ্যা করো।
  - $\text{PbCl}_2$  এর লঘু দ্রবণে  $\text{Pb}^{2+}$  আয়ন ও  $\text{H}^+$  আয়ন উভয়ই থাকে। বিদ্যুৎ বিশ্লেষণের ফলে কোন আয়নটি আগে চার্জমুক্ত হবে তা ব্যাখ্যা করো।
  - গাঢ়  $\text{NaCl}$  এর দ্রবণ বা ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণের বিক্রিয়াগুলো লেখ। এক্ষেত্রে ক্যাথোডটি মারকারি ( $\text{Hg}$ ) ও অ্যানোডটি লোহার তৈরি।

#### ৪.৪.৫ শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহার

##### Uses of Electrolysis in Industry

শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যাপক ব্যবহার আছে; বিশেষ করে তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে বিভিন্ন ধাতুর নিষ্কাশন, ধাতুর বিশুদ্ধকরণ, বিভিন্ন যৌগ উৎপাদন এবং ইলেকট্রোপ্রেটিং ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। নিম্নে শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের কিছু ব্যবহার উল্লেখ করা হলো :

- ডাউন পদ্ধতিতে গলিত  $\text{NaCl}$  এর তড়িৎ বিশ্লেষণে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন।
- মারকারি ক্যাথোড সেলে  $\text{NaCl}$  এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে কস্টিক সোড  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2$ , ক্রোরিন উৎপাদন।
- $\text{NaCl}$  এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে সোডিয়াম ক্লোরেট (I),  $\text{NaClO}$  উৎপাদন।
- গলিত  $\text{CaCl}_2$  ও গলিত  $\text{MgCl}_2$  এর তড়িৎ বিশ্লেষণে যথাক্রমে  $\text{Ca}$  ধাতু ও  $\text{Mg}$  ধাতু নিষ্কাশন।
- বিশুদ্ধ বক্সাইট বা অ্যালুমিনা ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) এর তড়িৎ বিশ্লেষণে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন।
- তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ইলেকট্রোপ্রেটিং বা তড়িৎ প্রলেপন পদ্ধতিতে বিভিন্ন ধাতুর উপর নিকেল ও ক্রেমিয়ামের প্রলেপ দেয়া হয়।

MAT-৪-১৭

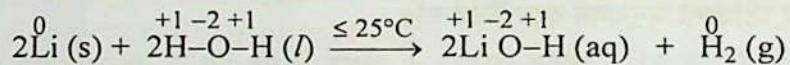
## ৪.৫ ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ

### Reactivity Series of Metals

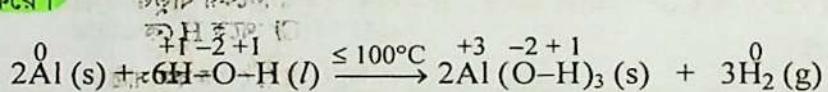
আমরা জানি, ধাতুসমূহ বিক্রিয়াকালে ইলেকট্রন ত্যাগ করে ধনাত্মক আয়নে জারিত হয়। আবার ধনাত্মক আয়ন অবস্থাভোগে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে ধাতুর পরমাণুতে পরিণত হতে পারে। এ ধাতব আয়নের বিজারিত হওয়ার প্রবণতা ধাতুর সক্রিয়তার ওপর নির্ভর করে।

\* একক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া : জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া বা রিডক্ষন বিক্রিয়াসমূহ হলো একক-প্রতিস্থাপন (Single-displacement) বিক্রিয়া। ধাতুর সক্রিয়তা একক-প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দ্বারা পানি ও এসিড থেকে  $H^-$ -প্রতিস্থাপন সহযোগে প্রমাণিত হয়। এছাড়া অধিক সক্রিয় ধাতু লবণের দ্রবণে আয়নকে প্রতিস্থাপন করে।

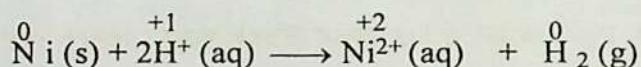
ধাতু দ্বারা পানি অথবা এসিডের  $H^-$  এর একক প্রতিস্থাপন : অত্যধিক সক্রিয় গ্রুপ IA (1) ধাতুসমূহ এবং গ্রুপ 2A (2) এর Ca, Sr ও Ba ধাতু প্রবল বিক্রিয়াসহকারে পানি থেকে  $H_2$  প্রতিস্থাপন করতে পারে। যেমন,



কম সক্রিয় ধাতু Al ও Zn এর বেলায় বিক্রিয়ার গতি বৃদ্ধির জন্য তাপ শক্তি দরকার হয়; তাই এরা স্টিমের সাথে বিক্রিয়ায়  $H_2$  প্রতিস্থাপন করে।



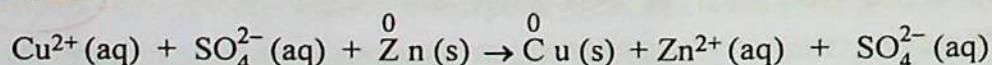
এদের চেয়ে কম সক্রিয় ধাতু যেমন নিকেল ও টিন (Sn) স্টিমের সাথেও বিক্রিয়া করে না; লব্দ এসিড দ্রবণের সাথে এরা বিক্রিয়া করে। কারণ পানির চেয়ে এসিডের দ্রবণে  $H^+$  আয়নের ঘনমাত্রা বেশি থাকে।



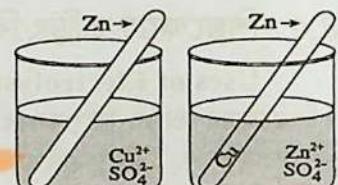
সবচেয়ে কম সক্রিয় ধাতু সিলভার ও গোল্ড কোনো অবস্থায় পানি ও এসিড থেকে  $H_2$  প্রতিস্থাপন করতে পারে না। লক্ষ্যণীয় এসব বিক্রিয়ায় ধাতু হলো বিজারক (ধাতুর O.N. বিক্রিয়া শেষে বেড়েছে) এবং পানি ও এসিডের  $H^+$  আয়ন হলো জারক (বিক্রিয়া শেষে এদের O.N. কমেছে)।

\* অধিক সক্রিয় ধাতু দ্বারা দ্রবণে অন্য ধাতব আয়নকে প্রতিস্থাপন :

এক্ষেত্রে সরাসরি পরীক্ষার মাধ্যমে ধাতুর সক্রিয়তা তুলনা করা যায়। যেমন হালকা নীল বর্ণের কপার (II) সলফেটের দ্রবণে জিঙ্ক ধাতুর দণ্ড রেখে দাও। কিছু সময় পর দেখা যাবে নীল দ্রবণটির বর্ণ আরো হালকা হয়ে যাচ্ছে এবং জিঙ্ক দণ্ডের ওপর লালচে কপার গুঁড়া জমা হচ্ছে।



সংজ্ঞা : একক প্রতিস্থাপন বিক্রিয়ার মাধ্যমে ধাতুসমূহের সক্রিয়তার তুলনামূলক সারি রসায়নবিদেরা তৈরি করেছেন; ধাতুসমূহের এ সারিকে ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ বলা হয়। এ সারিতে সবচেয়ে অধিক সক্রিয় ধাতুটিকে ওপরে এবং সবচেয়ে কম সক্রিয় ধাতুকে সারির নিচে স্থান দেয়া হয়েছে। যেমন,



চিত্র-৪.৮ : ধাতুর সক্রিয়তা পরীক্ষা

## সারণি-৮.৩ : ধাতুসমূহের সক্রিয়তা সিরিজ

Li		
K		
Ba		
Ca		
Na		
Mg		
Al		
Mn.		
Zn		
Cr		
Fe		
Cd		
Co		
Ni		
Sn		
Pb		
<b>H<sub>2</sub></b>		
Cu	ওপরের কোনো	
Hg	উৎস থেকে এ	১৮
Ag	সব ধাতু H <sub>2</sub> কে	
Au	অপসারণ করতে পারে না	

**MAT: ২০-২১**

ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজের অন্তর্ভুক্ত ধাতুর বিজ্ঞান ক্ষয়ক্ষতির পথ

পানি H<sub>2</sub>O (l)    2Li (s) + 2H<sub>2</sub>O (l) → 2LiOH (aq) + H<sub>2</sub> (g)

থেকে H<sub>2</sub>কে  
প্রতিস্থাপন  
করতে পারে

Ba (s) + 2 H<sub>2</sub>O (l) → Ba(OH)<sub>2</sub> (aq) + H<sub>2</sub> (g)

স্টিম H<sub>2</sub>O (g)  
থেকে H<sub>2</sub>কে  
প্রতিস্থাপন  
করতে পারে

Zn (s) + 2H<sub>2</sub>O (g)  $\xrightarrow{\Delta}$  Zn(OH)<sub>2</sub> (s) + H<sub>2</sub> (g)

এসিড (HCl) থেকে  
H<sub>2</sub> কে প্রতিস্থাপন  
করতে পারে

Sn (s) + 2HCl (aq) → SnCl<sub>2</sub> (aq) + H<sub>2</sub> (g)

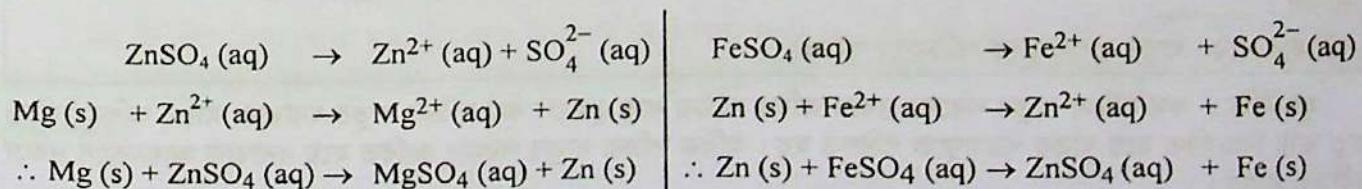
⊗ লেড (Pb) থেকে ওপর দিকের ধাতুগুলো H থেকে অধিক সক্রিয়।  
তাই এরা H<sub>2</sub>O ও HCl থেকে H কে প্রতিস্থাপন করতে সক্ষম।

⊗ 'H' এর নিচের ধাতুগুলো H থেকে কম সক্রিয়। তাই এরা H<sub>2</sub>O ও HCl  
থেকে H কে প্রতিস্থাপন করতে পারেনি।

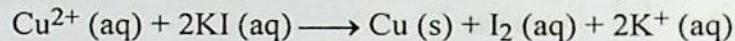
## ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজের গুরুত্ব :

(১) ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজে বিভিন্ন ধাতুর রাসায়নিক সক্রিয়তার একটি ক্রম দেখানো হয়েছে। এ সিরিজে কোনো ধাতুর অবস্থান যত ওপরে তার সক্রিয়তা নিচের ধাতুগুলোর চেয়ে তত বেশি। যেমন, প্রদত্ত সক্রিয়তা সিরিজে Li হলো সবচেয়ে বেশি সক্রিয় ধাতু।

(২) এ সক্রিয়তা সিরিজ থেকে জানা যায়, ওপরে স্থান প্রাণ্ট অধিক সক্রিয় ধাতুটি সিরিজে এর নিচে অবস্থিত কম সক্রিয় ধাতুর লবণের দ্রবণে ঐ কম সক্রিয় ধাতুর আয়নকে একক প্রতিস্থাপিত করতে পারে। অর্থাৎ ঐ আয়নকে বেশি সক্রিয় ধাতু বিজারিত করতে পারে। যেমন, Mg ধাতু দ্বারা ZnSO<sub>4</sub> লবণের Zn<sup>2+</sup> আয়নকে, Zn ধাতু দ্বারা FeSO<sub>4</sub> এর Fe<sup>2+</sup> আয়নকে এবং Fe দ্বারা CuSO<sub>4</sub> এর Cu<sup>2+</sup> আয়নকে বিজারিত করতে পারে।



(৩) ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ থেকে সবল বিজারক ও দুর্বল বিজারক চিহ্নিত করা যায়। সিরিজের ওপরে অবস্থিত ধাতু সবল বিজারক এবং এদের ক্যাটায়ন সুষ্ঠিত এবং দুর্বল জারক হয়। সিরিজের নিচে অবস্থিত ধাতু দুর্বল বিজারক এবং এদের ক্যাটায়ন অপেক্ষাকৃত কম স্থায়ী এবং সবল জারক হয়। এরা ইলেকট্রন গ্রহণ করে সহজে ধাতুতে পরিণত হয়। যেমন, Cu ধাতু কম সক্রিয় ধাতু, কিন্তু  $Cu^{2+}$  আয়ন সবল জারকরূপে KI দ্রবণ থেকে আয়োডিন মুক্ত করে।

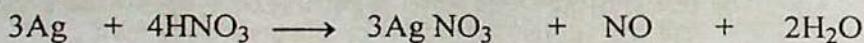
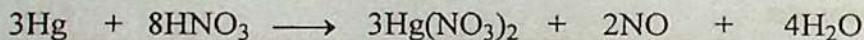
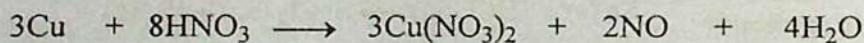


(৪) সক্রিয়তা সিরিজ তড়িৎ কোষে ক্যাথোড ও অ্যানোড নির্ধারণে ভূমিকা রাখে। অধিক সক্রিয় ধাতুটি অ্যানোড ও কম সক্রিয় ধাতুটি ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হয়।

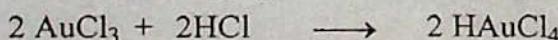
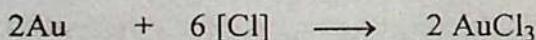
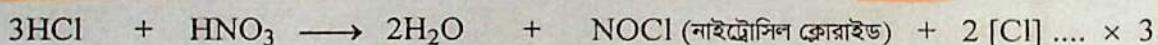
(৫) ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজে H এর ওপরে অবস্থিত ধাতুগুলো সাধারণ এসিড যেমন লঘু HCl এসিডের H পরমাণুকে একক প্রতিস্থাপিত বা  $H^+$  আয়নকে বিজারিত করতে পারে। কিন্তু সিরিজে H এর নিচে অবস্থিত ধাতুগুলোর সাথে HCl কোনো বিক্রিয়া করে না অর্থাৎ  $H^+$  আয়নকে বিজারিত করে না।

(৬) সক্রিয়তা সিরিজে H এর নিচে অবস্থিত ধাতুগুলো যেমন, Cu, Ag, Au ইত্যাদি HCl এসিডের সাথে বিক্রিয়া না করলেও এরা জারণধর্মী এসিড যেমন,  $HNO_3$  এর সাথে রিডক্ষু বিক্রিয়া দ্বারা আক্রান্ত হয়। নিচে তা দেখানো হলো :

**জেনে নাও :** (১) Cu, Hg, Ag ধাতু জারণধর্মী লঘু নাইট্রিক এসিডে দ্রবীভূত হয়ে নাইট্রেট লবণ, NO গ্যাস ও পানি উৎপন্ন করে।



(২) রাজঅস্ত্র বা 1 mol গাঢ়  $HNO_3$  এসিড ও 3 mol গাঢ় HCl এসিডের মিশ্রণে স্বর্ণ (Au) দ্রবীভূত হয়ে ক্লোরো অরিক এসিড ( $HAuCl_4$ ) উৎপন্ন করে। বর্ণের সাথে জায়মান Cl-পরমাণু মুক্ত হয়ে প্রথমে অরিক ক্লোরাইড ( $AuCl_3$ ) উৎপন্ন করে এবং পরে HCl এর সাথে মুক্ত হয়ে ক্লোরো অরিক এসিড ( $HAuCl_4$ ) তৈরি করে।



## ৮.৬ | ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষা

### Comparative Reactivity Tests of Metals

অনুচ্ছেদ-৪.৫ এর আলোচনা থেকে আমরা জেনেছি, ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা জানার জন্য ধাতুসমূহের সাথে বিভিন্ন তাপীয় অবস্থায় পানির বিক্রিয়া এবং HCl এসিডের সাথে ধাতুসমূহের বিক্রিয়া ব্যবহার করা যায়। এক্ষেত্রে পানি ও HCl এসিডের  $H^+$  আয়ন ধাতু দ্বারা বিজারিত হয়। এছাড়া অধিক সক্রিয় ধাতু দ্বারা দ্রবণে কম সক্রিয় ধাতুর আয়ন বিজারিত হওয়ার প্রবণতা থেকে সক্রিয়তার তুলনা করা যায়।

### ব্যবহারিক (Practical)

শিক্ষার্থীর কাজ :

পরীক্ষা নং : ১৫

তারিখ : .....

পরীক্ষার নাম : ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষা

সময় : ১ পিরিয়ড

**মূলনীতি :** কম সক্রিয় ধাতুর লবণের দ্রবণে অধিক সক্রিয় ধাতু ডুবালে কম সক্রিয় ধাতুর ধনাত্মক আয়ন অধিক সক্রিয় ধাতু দ্বারা বিজারিত হয়ে ধাতুর পরমাণুতে পরিণত হয়। অধিক সক্রিয় ধাতুর পরমাণু জারিত হয়ে ধনাত্মক আয়নরূপে দ্রবণে দ্রবীভূত থাকে।

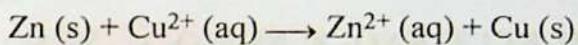
- প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ : (১) Zn ধাতুর পাত, (২)  $ZnSO_4$  দ্রবণ, (৩) Cu ধাতুর পাত, (৪)  $CuSO_4$  দ্রবণ।

প্রয়োজনীয় যত্রিপাতি : (১) বিকার-২টি।

কাজের ধারা : (১) নিচের চিত্র-৪.৯(ক) মতে ১টি বিকারে  $CuSO_4$  দ্রবণ নিয়ে এতে Zn ধাতুর পাত ডুবাও এবং কিছুক্ষণ রেখে দাও।

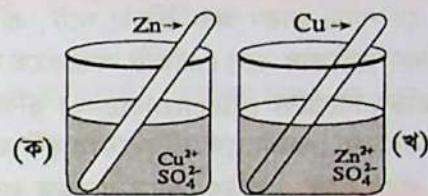
(২) দ্বিতীয় বিকারটিতে  $ZnSO_4$  দ্রবণ নিয়ে Cu ধাতুর পাত ডুবাও এবং কিছুক্ষণ রেখে দাও (চিত্র-৪.৯(খ))।

(৩) দশ মিনিট পর প্রথম বিকারে (ক) দেখতে পাবে  $CuSO_4$  দ্রবণের নীল বর্ণ হালকা নীল হয়েছে এবং জিঙ্ক পাতটি কালো হয়েছে। এর কারণ জিঙ্ক পাতের ওপর সূক্ষ্ম কপার কণা জমা হয়েছে। বিক্রিয়াটি হলো : Zn পরমাণু দ্বারা  $Cu^{2+}$  আয়নের বিজারণ।



(৪) অপরদিকে দ্বিতীয় বিকারে (খ) কপার পাতটি অপরিবর্তিত রয়েছে চিত্র-৪.৯ : ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষা অর্থাৎ Cu পরমাণু  $Zn^{2+}$  আয়নকে বিজারিত করতে পারে নি।

সিদ্ধান্ত : Zn ধাতু কপার ধাতু অপেক্ষা অধিক সক্রিয় প্রমাণিত।



চিত্র-৪.৯ : ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষা

শিক্ষার্থীর কাজ-৪.৬ : ধাতুর সক্রিয়তা পরীক্ষাভিত্তিক :

প্রশ্ন-৪.৮ : কপার সালফেটের নীল দ্রবণে জিঙ্ক দণ্ড ডুবলে কিছু সময় পরে দ্রবণের নীল বর্ণ ক্রমশ হালকা হতে থাকে এর কারণ ব্যাখ্যা করো।

উত্তর : উপরোক্ত কাজের ধারায় (৩) ও (৪) নং দেখো।

## ৪.৭ জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া

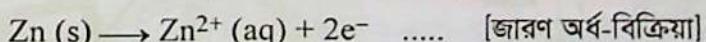
### Oxidation Half reaction and Reduction Half reaction

প্রতিটি জারণ-বিজারণ বা রিডক্স বিক্রিয়া দুটি অংশে বিভক্ত। একটি অংশে বিজারকের ইলেক্ট্রন ত্যাগ ও অপর অংশে জারকের ইলেক্ট্রন গ্রহণ হয়ে থাকে। তাই প্রতিটি অংশকে রিডক্স বিক্রিয়ার অর্ধ-বিক্রিয়া বলে। যেমন-জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া।

জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : রিডক্স বিক্রিয়ায় বিজারক যে ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে জারক পদার্থ তা গ্রহণ করে থাকে। বিজারক ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়। এতে বিজারকের সংশ্লিষ্ট পরমাণুর O.N বৃদ্ধি পায়। একে জারণ অর্ধবিক্রিয়া বলে।

বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া : রিডক্স বিক্রিয়ায় জারক কর্তৃক ইলেক্ট্রন গ্রহণের ফলে এর সংশ্লিষ্ট মৌলের পরমাণুটি বিজারিত হয়। এতে জারকের সংশ্লিষ্ট পরমাণুর O.N হ্রাস পায়, একে বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া বলে। যেমন-

বিকারে নেয়া  $CuSO_4$  দ্রবণে জিঙ্ক ধাতুর পাত ডুবালে তখন জিঙ্ক (Zn) ধাতু ও  $Cu^{2+}(aq)$  আয়ন এর মধ্যে ইলেক্ট্রন আদান-প্রদানের মাধ্যমে বিক্রিয়া ঘটে এবং প্রমাণিত হয় Zn ধাতুর সক্রিয়তা Cu ধাতুর সক্রিয়তার চেয়ে বেশি। এটি একটি রিডক্স বিক্রিয়া। অর্ধ-বিক্রিয়ার সাহায্যে বিক্রিয়াটি নিম্নরূপে লেখা যায় :



উভয় বিক্রিয়া থেকে বোঝা যায়, এক্ষেত্রে ইলেক্ট্রনের আদান প্রদান ঘটেছে। এটি একটি স্বতঃস্ফূর্ত রিডক্স বিক্রিয়া। এই স্বতঃস্ফূর্ত রিডক্স বিক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে গ্যালভানিক কোষ (Galvanic Cell) বা ভোল্টার কোষ (Voltaic cell) তৈরি করা সম্ভব।

রিডক্স বিক্রিয়া ও গ্যালভানিক কোষ : লক্ষ্য কর, পূর্বের চিত্র-৮.৯-এ জারক ও বিজারকের মধ্যে সংশ্লিষ্ট রিডক্স বিক্রিয়াটি ( $Zn/Cu^{2+}$ ) ঘটেছে একই বিকারে এবং দ্রবণের মাধ্যমে। তাই এই ক্ষেত্রে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা সম্ভব নয়। কিন্তু রিডক্স বিক্রিয়ার দুটি অর্ধ-বিক্রিয়াকে পৃথক পাত্রে সংঘটিত করে বাহ্যিক পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে, তখনই পরিবাহীর মাধ্যমে ইলেক্ট্রনের প্রবাহ (Zn) থেকে জারক ( $Cu^{2+}$ ) এর দিকে ঘটবে। এরপে ইলেক্ট্রন প্রবাহই গ্যালভানিক কোষে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর করা হয়। তখন উপরোক্ত দুটি অর্ধ-বিক্রিয়া দুটি পৃথক পাত্রে সংঘটিত করা হয় এবং এদেরকে জারণ অর্ধকোষ ও বিজারণ অর্ধকোষ বলা হয়।

#### জারণ-অর্ধকোষ ও বিজারণ-অর্ধকোষ :

যে পাত্রে জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঘটে, এটিকে জারণ অর্ধ-কোষ বলে এবং যে পাত্রে বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঘটে, সেটিকে বিজারণ অর্ধকোষ বলে। প্রতিটি অর্ধকোষে তড়িৎধার (electrode) রূপে ধাতব দণ্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণ (1M দ্রবণ) বা তড়িৎ বিশ্লেষ্যে (electrolyte-এ) ডুবিয়ে রাখা হয়। দুই অর্ধকোষ (half-cell)-কে লবণ সেতু (salt-bridge) দ্বারা যুক্ত করা হয়। তখন পূর্ণ তড়িৎ কোষ সৃষ্টি হয়।

**লবণ সেতু :** তড়িৎ কোষে ব্যবহৃত লবণ সেতু হলো  $KCl$  বা  $KNO_3$  বা  $NH_4NO_3$  বা  $Na_2SO_4$  এর 0.1M ঘনমাত্রার দ্রবণ ভর্তি উল্টানো U-আকৃতির কাচনল। এটির দু'মুখে তুলা ভর্তি থাকে। লবণ সেতুর দু'বাহু বা দু'প্রান্ত দুটি অর্ধকোষে ডুবানো থাকে। (চিত্র-৮.১০)

**লবণ সেতুর বৈশিষ্ট্য :** (১) লবণ সেতুতে ব্যবহৃত তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের গতিবেগ সমান বা প্রায় সমান হয়ে থাকে।

(২) তড়িৎ বিশ্লেষ্যটি তড়িৎ কোষের দ্রবণ দুটির সাথে কোনো বিক্রিয়া করবে না।

(৩) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়ন দুটি অ্যানোডে ও ক্যাথোডে জারিত বা বিজারিত হবে না।

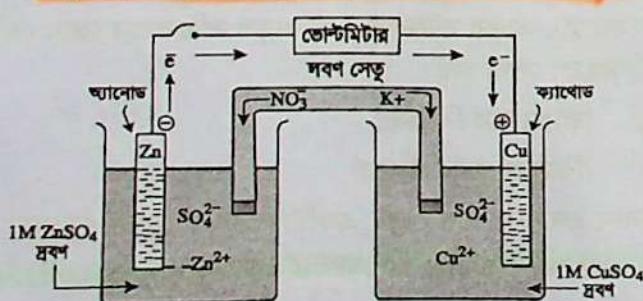
**লবণ সেতুর ভূমিকা :** লবণ সেতুর নিম্নোক্ত ভূমিকা রয়েছে—

(১) দুটি অর্ধকোষের পরোক্ষ সংযোগকারীরূপে লবণ সেতু ভূমিকা রাখে।

(২) লবণ সেতু কোষের বর্তনী পূর্ণ করে এবং (৩) উভয় অর্ধকোষে বৈদ্যুতিক চার্জের নিরপেক্ষতা বজায় রাখে।

**লবণ সেতু প্রস্তুত পদ্ধতি :** ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের গতিবেগ প্রায় সমান এবং কোনো উপযুক্ত তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন  $KCl$ ,  $KNO_3$ ,  $NH_4NO_3$  বা  $Na_2SO_4$  এর 0.1M জলীয় দ্রবণে সামান্য জিলেটিন অথবা সামুদ্রিক শৈবাল থেকে তৈরি আঠালো অ্যাগার-অ্যাগার (agar-agar) মিশিয়ে উত্তপ্ত করা হয়। পরে দ্রবণটিকে U আকৃতির কাচের নলের মধ্যে নিয়ে শীতল করলে দ্রবণটি জেলির মতো জমে যায়। U নলের মুখ দুটিকে তুলো বা গ্লাসউল দ্বারা বন্ধ করে রাখা হয়। এটিই হলো লবণ সেতু।

**কোষ বিভব বা তড়িৎ কোষে বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি :** জারণ অর্ধকোষ বা অ্যানোডকে বাহ্যিক বর্তনীরূপে কপার তার ও ভোল্টমিটারসহ বিজারণ অর্ধকোষ বা ক্যাথোডের সাথে সুইচের মাধ্যমে যুক্ত করলে উভয় তড়িৎধারের বিভব পার্থক্যের কারণে বিদ্যুৎ প্রবাহ ভোল্টমিটারে ১.১V রেকর্ড হয়। এটিই হলো বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টিকারী গ্যালভানিক কোষ।



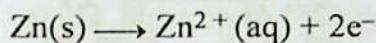
চিত্র-৮.১০ : গ্যালভানিক কোষ (ডেনিয়েল কোষ)।



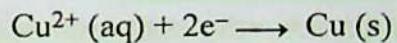
চিত্র-৮.১১ : জিন্স-কপার কোষ।

গ্যালভানিক তড়িৎ কোষে নিম্নরূপ অর্ধবিক্রিয়া দুটি ঘটে :

অ্যানোডে জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া :



ক্যাথোডে বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া :



কোষ বিক্রিয়া :  $\text{Zn(s)} + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu(s)}$   $E^\circ = 1.1\text{V}$

কোষ বিভব : কোষের অ্যানোডের জারণ বিভব ও ক্যাথোডের বিজারণ বিভবের সমষ্টি হলো কোষ বিভব বা কোষটির emf = 1.10V. তড়িৎ কোষের emf-কে অর্থাৎ  $E_{\text{cell}}^0$ -কে নিম্নরূপে লেখা হয়।

$$\begin{aligned} \therefore E_{\text{cell}}^0 &= E_{\text{cathode(red)}}^0 - E_{\text{anode(red)}}^0 & \text{এফেক্টে, } E_{\text{anode(red)}}^0 &= \text{অ্যানোডের বিজারণ বিভব} \\ &= E_{\text{anode(ox)}}^0 - E_{\text{cathode(ox)}}^0 & E_{\text{cathode(red)}}^0 &= \text{ক্যাথোডের বিজারণ বিভব} \\ &= E_{\text{anode(ox)}}^0 + E_{\text{cathode(red)}}^0 & E_{\text{anode(ox)}}^0 &= \text{অ্যানোডের জারণ বিভব} \\ & & E_{\text{cathode(ox)}}^0 &= \text{ক্যাথোডের জারণ বিভব} \end{aligned}$$

যেমন সারণি-8.৩ এ দেয়া প্রমাণ তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব মতে, জিঙ্ক-কপার কোষটির emf হবে :

$$E_{\text{cell}}^0 = E_{\text{cathode}}^0 - E_{\text{anode}}^0 = [0.34 - (-0.76)] \text{ V} = (0.34 + 0.76) \text{ V} = 1.10 \text{ V}$$

**MCQ-4.13 :** নিচের বক্তব্য মনোযোগসহকারে পড়। লবণ সেতুর তিনটি ভূমিকা হলো নিম্নরূপ :

- (i) গ্যালভানিক কোষের বর্তনী পূর্ণ করা, (ii) উভয় অর্ধকোষে ধনাত্মক আয়ন সংখ্যা সমান রাখা,
- (iii) উভয় অর্ধকোষে বৈদ্যুতিক চার্জের নিরপেক্ষতা বজায় রাখা।

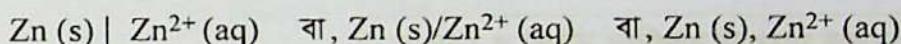
নিচের কোনটি সঠিক?

- (ক) i ও ii      (খ) ii ও iii      (গ) i ও iii      (ঘ) i, ii ও iii

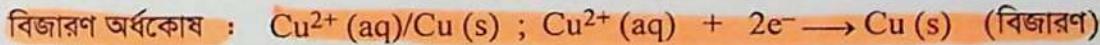
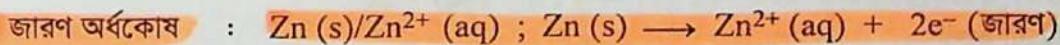
### ৪.৭.১ তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ কোষ লেখার সাংকেতিক চিহ্ন ও রীতি

#### Notations and Conventions of Writing Electrodes and Cells

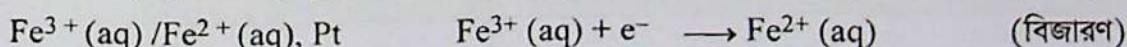
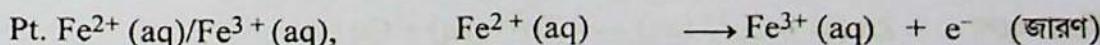
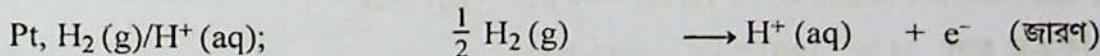
(১) তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের সংস্পর্শ তলের স্থানটিকে একটি খাড়া রেখা বা তির্যক রেখা দ্বারা বা কমা দ্বারা প্রকাশ করে তড়িৎদ্বারের সংকেত লেখা হয়। যেমন :



(২) অর্ধকোষকে প্রথমে তড়িৎদ্বার (অ্যানোড)রূপে ও পরে তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে লিখলে এফেক্টে জারণ ক্রিয়া ঘটে বোঝায় এবং এটিকে জারণ অর্ধকোষ বলে। কিন্তু প্রথমে তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও পরে তড়িৎদ্বার (ক্যাথোড)রূপে লিখলে তখন বিজারণ ক্রিয়া ঘটে বোঝায় এটিকে বিজারণ অর্ধকোষ বলে। যেমন,

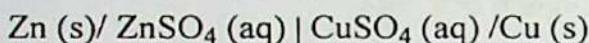


(৩) জারণ-বিজারণ তড়িৎদ্বারে অথবা গ্যাসবিশিষ্ট তড়িৎদ্বারে যেখানে নিক্রিয় ধাতুকে যেমন, Pt, Au ইত্যাদিকে নিক্রিয় তড়িৎদ্বাররূপে বৈদ্যুতিক সংযোগের জন্য ব্যবহার করা হয়, সে ক্ষেত্রেও বিধি (১) ও (২) ব্যবহৃত হয়। এছাড়া নিক্রিয় তড়িৎদ্বারের আগে একটি কমা চিহ্নসহ লেখা হয়। যেমন,



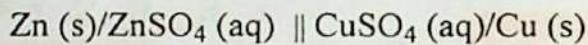
(৪) কোষ সংকেত : দুটি অর্ধকোষ বা তড়িৎদ্বার দ্বারা গঠিত একটি পূর্ণাঙ্গ কোষ লেখার সময় যে তড়িৎদ্বারটিতে জারণ ঘটে, তাকে বাম পাশে (অ্যানোড) এবং যে তড়িৎদ্বারটিতে বিজ্ঞারণ ঘটে, তাকে ডান পাশে (ক্যাথোড) লেখা হয়। উভয় অর্ধকোষের দুটি তড়িৎ বিশ্বেষ্যকে সচিদ্ব দেয়াল দ্বারা সরাসরি সংযোগ করা হলে তখন উভয়ের মধ্যবর্তী স্থানে একটি খাড়া রেখা স্থাপন করা হয়। যেমন ডেনিয়েল কোষের :

কোষ সংকেত বা কোষ ডায়াগ্রাম হলো নিম্নরূপ :

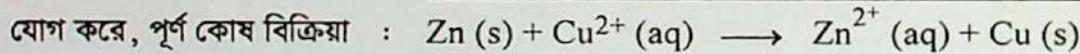
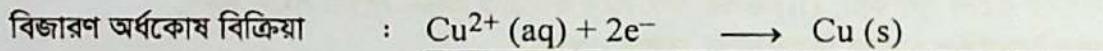
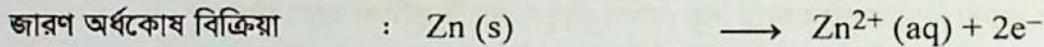


এক্ষেত্রে অর্ধকোষের মধ্যবর্তী রেখাটি দ্বারা অর্ধকোষে তড়িৎ বিশ্বেষ্য দুটি সরাসরি সংস্পর্শে আছে, তা প্রকাশ পায়।

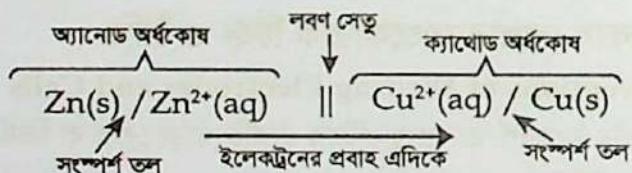
(৫) তবে উভয় অর্ধকোষের সংযোগ সাধন যদি একটি লবণ সেতু (salt bridge) দ্বারা করা হয়, তাহলে অর্ধকোষ দুটির মাঝখানে একটি খাড়া দ্বিরেখা দিতে হয়। তখন কোষ সংকেত বা কোষ ডায়াগ্রামটি নিম্নরূপ হয়। যেমন,



(৬) পূর্ণকোষ বিক্রিয়া : দুটি অর্ধকোষের জারণ ও বিজ্ঞারণ বিক্রিয়াকে যোগ করলে পূর্ণ কোষ বিক্রিয়া হয়। যেমন, ডেনিয়েল কোষের জারণ অর্ধকোষ ও বিজ্ঞারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া দুটি যোগ করলে পূর্ণ কোষ বিক্রিয়ার সমীকরণ পাওয়া যায় :

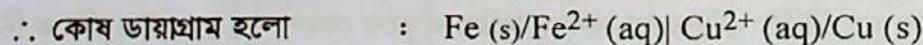
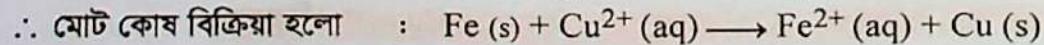
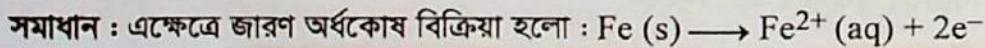


৭। কোষ সংকেত বা কোষ ডায়াগ্রাম এর বিভিন্ন প্রতীক ও সাংকেতিক চিহ্ন নিম্নোক্ত বিষয় প্রকাশ করে :

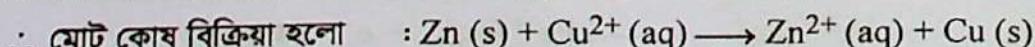
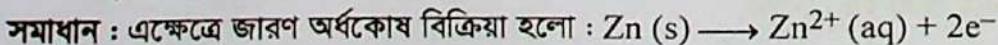


### কোষ বিক্রিয়া ও কোষ ডায়াগ্রাম সম্পর্কিত সমস্যা ও সমাধান

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১৬ :  $\text{Fe(s)}/\text{Fe}^{2+} \text{ (aq)}$  ও  $\text{Cu (s)}/\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)}$  ইলেক্ট্রোল সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎ কোষ ডায়াগ্রাম ও কোষ বিক্রিয়া লেখ।



সমাধানকৃত সমস্যা- ৮.১৭ :  $\text{Zn(s) / ZnSO}_4 \text{ (aq)} | \text{CuSO}_4 \text{ (aq) / Cu (s)}$  এ কোষটির কোষ বিক্রিয়া লেখ।



সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১৮ :  $\text{Fe(s)}/\text{FeSO}_4 \text{ (aq)}$  এবং  $\text{Pt}, \text{H}_2/\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (aq)}$  ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎ কোষের ডায়াগ্রাম ও কোষ বিক্রিয়া লেখ ।

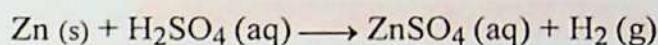
সমাধান : এক্ষেত্রে জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো :  $\text{Fe (s)} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} \text{ (aq)} + 2e^-$

বিজ্ঞারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো :  $2\text{H}^+ \text{ (aq)} + 2e^- \longrightarrow \text{H}_2 \text{ (g)}$

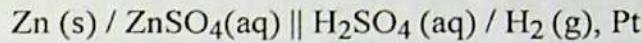
$\therefore$  মোট কোষ বিক্রিয়া হলো :  $\text{Fe (s)} + 2\text{H}^+ \text{ (aq)} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} \text{ (aq)} + \text{H}_2 \text{ (g)}$

কোষ ডায়াগ্রাম হলো :  $\text{Fe (s)}/\text{FeSO}_4 \text{ (aq)} \parallel \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ (aq)}/\text{H}_2 \text{ Pt.}$

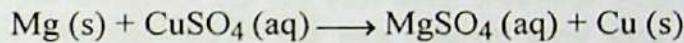
সমাধানকৃত সমস্যা-৮.১৯ : নিম্নোক্ত কোষ বিক্রিয়া থেকে কোষ ডায়াগ্রাম লেখ ।



সমাধান : এক্ষেত্রে অ্যানোডরুপে জিঙ্ক ইলেকট্রোড  $\text{Zn (s)}/\text{ZnSO}_4 \text{ (aq)}$  এবং ক্যাথোডরুপে হাইড্রোজেন তড়িৎধার সমন্বয়ে লবণ সেতুসহকারে কোষ ডায়াগ্রাম হলো :



সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২০ : নিম্নোক্ত কোষ বিক্রিয়া থেকে কোষ ডায়াগ্রাম বা কোষ সংকেত লেখ ।



সমাধান : এক্ষেত্রে অ্যানোডরুপে  $\text{Mg}$ -ইলেকট্রোড  $\text{Mg (s)}/\text{MgSO}_4 \text{ (aq)}$  এবং ক্যাথোডরুপে  $\text{Cu}$ -ইলেকট্রোড  $\text{Cu (s)}/\text{CuSO}_4 \text{ (aq)}$  সমন্বয়ে কোষ ডায়াগ্রামটি হলো :  $\text{Mg (s)}/\text{MgSO}_4 \text{ (aq)} \parallel \text{CuSO}_4 \text{ (aq)}/\text{Cu (s)}$ .

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২১ :  $\text{Zn (s)}/\text{Zn}^{2+} \text{ (aq)}$  এবং  $\text{Ag (s)}/\text{Ag}^+ \text{ (aq)}$  ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎকোষ ডায়াগ্রাম ও কোষ বিক্রিয়া লেখ ।

সমাধান : এক্ষেত্রে  $\text{Ag}$  ধাতু অপেক্ষা  $\text{Zn}$  ধাতু অধিক সক্রিয় হওয়ায়  $\text{Zn}$ -ইলেকট্রোডে অ্যানোড এবং  $\text{Ag}$ -ইলেকট্রোডকে ক্যাথোডরুপে ব্যবহার করে তড়িৎ কোষটি তৈরি করতে হবে ।

এক্ষেত্রে জারণ-অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো :  $\text{Zn (s)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} + 2e^-$

বিজ্ঞারণ-অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো :  $2\text{Ag}^+ \text{ (aq)} + 2e^- \longrightarrow 2\text{Ag (s)}$

$\therefore$  মোট কোষ বিক্রিয়া হলো :  $\text{Zn (s)} + 2\text{Ag}^+ \text{ (aq)} \longrightarrow \text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} + 2\text{Ag (s)}$

কোষ ডায়াগ্রাম হলো :  $\text{Zn (s)}/\text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} \parallel \text{Ag}^+ \text{ (aq)}/\text{Ag (s)}$

শিক্ষার্থীর কাজ-৮.৭ : তড়িৎ কোষের অর্ধ-বিক্রিয়াভিত্তিক গণনা :

সমস্যা-৮.২৬ : নিচের তড়িৎ কোষের অর্ধকোষ বিক্রিয়াসহ কোষ বিক্রিয়া লেখ ।

(ক)  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}$  এবং  $\text{Ag}/\text{Ag}^+$  দ্বারা গঠিত তড়িৎ কোষ ।

(খ)  $\text{Zn (s)}/\text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} \parallel \text{H}^+ \text{ (aq)}/\text{H}_2 \text{ (g)}, \text{Pt}$

সমস্যা- ৮.২৭ : নিচের গ্যালভানিক কোষগুলোর অর্ধকোষ বিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া লেখ :

(ক)  $\text{Cu (s)}/\text{Cu}^{2+} \text{ (aq)} \parallel \text{Ag}^+ \text{ (aq)}/\text{Ag (s)}$

(খ)  $\text{Zn (s)}/\text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} \parallel \text{Ag}^+ \text{ (aq)}/\text{Ag (s)}$

(গ)  $\text{Cr (s)}/\text{Cr}^{3+} \text{ (aq)} \parallel \text{Pb}^{2+} \text{ (aq)}/\text{Pb (s)}$

সমস্যা- ৮.২৮ : নিচের রিডক্স বিক্রিয়গুলো থেকে গ্যালভানিক কোষগুলোর কোষ সংকেত বা কোষ ডায়াগ্রাম লেখ :

(ক)  $\text{Al (s)} + \text{Zn}^{2+} \text{ (aq)} \longrightarrow \text{Al}^{3+} \text{ (aq)} + \text{Zn (s)}$

(খ)  $\text{Ag}^+ \text{ (aq)} + \text{Ni (s)} \longrightarrow \text{Ni}^{2+} \text{ (aq)} + \text{Ag (s)}$

(গ)  $\text{Cd (s)} + \text{Ni}^{2+} \text{ (aq)} \longrightarrow \text{Cd}^{2+} \text{ (aq)} + \text{Ni (s)}$

## ৪.৭.২ তড়িৎধার বিভব

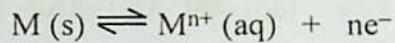
### Electrode Potential

যেকোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোমের দুটি অর্ধকোমের প্রত্যেকটিতে একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও একটি ধাতব দণ্ড থাকে। প্রতিটি অর্ধকোমের ধাতব দণ্ডকে একক তড়িৎধার বলে। প্রতিটি একক তড়িৎধারের বৈদ্যুতিক বিভব থাকে, একে তড়িৎধার বিভব বলে।

একক তড়িৎধার বিভবের সংজ্ঞা : যখন কোনো ধাতব দণ্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণে ডোবানো হয় তখন ধাতব দণ্ডটি দ্রবণের সাপেক্ষে ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধান প্রাপ্ত হয়। ফলে ধাতব দণ্ড ও দ্রবণের সাপেক্ষে একটি নির্দিষ্ট বৈদ্যুতিক বিভব পার্থক্যের সৃষ্টি হয়, এ বিভব পার্থক্যকে ধাতব দণ্ডের একক তড়িৎধার বিভব বলে।

তড়িৎধার বিভবের একক : **তড়িৎধার বিভবের একক হলো ভোল্ট (V)।**

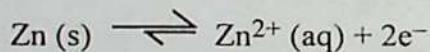
**ব্যাখ্যা :** **তড়িৎধার বিভবের উৎসরূপে বিজ্ঞানী নার্নস্ট নিম্নরূপ তত্ত্ব উপস্থাপন করেন।** ধাতব দণ্ডের কেলাসে ধাতুর আয়নসমূহ ল্যাটিসে নির্দিষ্ট স্থানে থাকে এবং এর যোজনী ইলেক্ট্রনসমূহ ল্যাটিসের ফাঁকা স্থানে চলাচল করে। কোনো ধাতুর দণ্ডকে এর কোনো লবণের দ্রবণে ডুবালে তখন ধাতুর আয়ন ল্যাটিস ত্যাগ করে দ্রবণে প্রবেশের প্রবণতা দেখায়। একে 'দ্রবণ চাপ' বলা হয়। এ অবস্থায় ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়নের চার্জের সমসংখ্যক ইলেক্ট্রন ধাতব দণ্ডে অতিরিক্ত থাকে, এই ধাতব দণ্ডটি ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়। ধাতব আয়নগুলো পানির সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রোটেড আয়নরূপে থাকে। আবার হাইড্রোটেড ধাতব ধনাত্মক আয়নের অসমূচ্ছিক চাপ বলে। এরূপে ধাতুটির ইলেক্ট্রন ত্যাগের বেশি বা কম প্রবণতার ফলে ধাতব দণ্ড ঋণাত্মক বা ধনাত্মক চার্জযুক্ত হতে পারে।



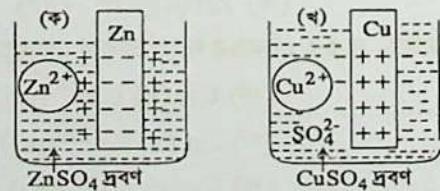
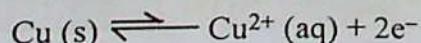
প্রত্যেকটি তড়িৎধারের পৃষ্ঠাতলে ইলেক্ট্রন ত্যাগ বা ইলেক্ট্রন গ্রহণ—এ দুটি বিপরীতমুখী প্রবণতার পরিমাণ কখনো সমান হয় না; তাই ধাতব দণ্ড ও এর দ্রবণের আয়নের মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক বিভব সৃষ্টি হয়। এ বিভবকে তড়িৎধার বিভব বলা হয়।

**ধাতব পরমাণুর সক্রিয়তা বা ইলেক্ট্রন ত্যাগের প্রবণতা বেশি হলে এর 'দ্রবণ-চাপ' বেশি হয় এবং এর আয়নের 'অসমূচ্ছিক-চাপ' কম হয়।** তখন ঐ তড়িৎধারটি ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়ে অ্যানোডরূপে কাজ করে। যেমন,

**জিঙ্ক ইলেক্ট্রোড**-এর বেলায় জিঙ্ক পরমাণুর ইলেক্ট্রন ত্যাগের প্রবণতা বেশি। তাই Zn-দণ্ডের বহিঃস্তরে জমা হওয়া ইলেক্ট্রনের ঋণাত্মক চার্জের এবং এর খুব নিকটে সংযোগস্থলের দ্রবণে জিঙ্ক ক্যাটায়ন ( $\text{Zn}^{2+}$ ) এর ধনাত্মক চার্জের একটি বৈদ্যুতিক দ্বি-স্তর (electrical double layer) সাম্যাবস্থায় থাকে। ফলে জিঙ্ক দণ্ড ও জিঙ্ক আয়নের সংযোগস্থলে নির্দিষ্ট মানের ইলেক্ট্রনীয় চাপ বা ঋণাত্মক তড়িৎ শক্তি সৃষ্টি হয়। একে জিঙ্ক ইলেক্ট্রোডের বিভব বা জারণ বিভব বলে। চিত্র-8.13(ক)



অপরদিকে ধাতব পরমাণুর সক্রিয়তা বা ইলেক্ট্রন ত্যাগের প্রবণতা কম হলে এর 'দ্রবণ-চাপ' কম হয় এবং এর আয়নের 'অসমূচ্ছিক-চাপ' বেশি হয়। তখন ঐ তড়িৎধারটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত হয়ে ক্যাথোডরূপে কাজ করে। যেমন, কপার ইলেক্ট্রোড এর বেলায়  $\text{Cu}^{2+}$ -পরমাণুর ইলেক্ট্রন ত্যাগের প্রবণতার চেয়ে  $\text{Cu}^{2+}$  আয়নের ইলেক্ট্রন গ্রহণের প্রবণতা বেশি। তাই Cu দণ্ডের বহিঃস্তরে জমা হওয়ায়  $\text{Cu}^{2+}$  আয়নের ধনাত্মক চার্জের এবং এর সংযোগস্থলের দ্রবণে ঋণাত্মক সালফেট ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) আয়নের চার্জের একটি বৈদ্যুতিক দ্বি-স্তর সাম্যাবস্থা তৈরি করে ধনাত্মক তড়িৎ শক্তি সৃষ্টি হয়। একে কপার ইলেক্ট্রোডের বিভব বা বিজ্ঞারণ বিভব বলে [চিত্র-8.13(খ)]



চিত্র-8.13 : ইলেক্ট্রোড বিভব

ধাতুর মতো হাইড্রোজেন পরমাণু এর আয়নের দ্রবণে তড়িৎদ্বার বিভব সৃষ্টি করে।

তড়িৎদ্বারের ধাতব প্রকৃতি, দ্রবণে আয়নের ঘনমাত্রা ও দ্রবণের তাপমাত্রার ওপর তড়িৎদ্বার বিভব নির্ভর করে। যেমন, ডেনিয়েল কোষে ব্যবহৃত দুটি অর্ধকোষের সংযোগের ফলে জিঙ্ক তড়িৎদ্বার থেকে ইলেকট্রন কপার তড়িৎদ্বারে প্রবাহিত হয়। অর্থাৎ কপারের তুলনায় জিঙ্ক পরমাণু সহজে  $Zn^{2+}$  আয়নরূপে জারিত হয়ে দ্রবণে প্রবেশের অধিক প্রবণতা দেখায়। তড়িৎদ্বারসমূহের জারিত বা বিজ্ঞারিত হওয়ার তুলনামূলক পরিমাপ হচ্ছে তড়িৎদ্বার বিভব।

**MCQ-4.14:** তড়িৎদ্বার বিভব নির্ভর করে নিম্নোক্ত বিষয়ের

- ওপর—  
 (i) ধাতব দণ্ডের প্রকৃতি; (ii) তাপমাত্রা  
 (iii) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা  
 নিচের কোনটি সঠিক?  
 (ক) i ও ii, (খ) ii ও iii (গ) i ও iii, (ঘ) i, ii ও iii

**MCQ-4.15:** নিচের কোনু তড়িৎদ্বার জারণ

- অর্ধকোষ বোঝায়?  
 (ক)  $Zn^{2+}/Zn$  (খ)  $Zn/Zn^{2+}$   
 (গ)  $Cu^{2+}/Cu$  (ঘ)  $H^{+}/H_2, Pt$

## 8.8 তড়িৎদ্বার বিভব ও ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ

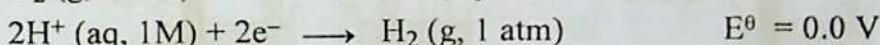
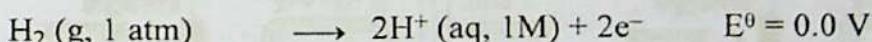
### Electrode Potential and Reactivity Series of Metals

একক অবস্থায় যেকোনো তড়িৎদ্বারই তড়িৎ উৎপাদনে সক্ষম নয়। অতএব, এর বিভবের সুনির্দিষ্ট মান থাকলেও e.m.f থাকে না; কিন্তু সম্পূর্ণ কোষের e. m. f থাকে। অর্থাৎ দুটি ভিন্ন তড়িৎদ্বারের বিভব পার্থক্য অথবা দুটি তড়িৎদ্বারের সংযোজনের ফলে উৎপন্ন কোষের e. m. f-ই কেবল মাপা যায়।

প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার : কোনো তড়িৎদ্বার বিভবের মান সর্বসমতিক্রমে শূন্য ধরে এর সাথে পরীক্ষণীয় তড়িৎদ্বার সংযোগে সৃষ্টি কোষের উৎপন্ন e.m.f-কে তড়িৎদ্বার বিভব ধরা হয়। সর্বজনীন রীতি অনুযায়ী প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবের মান শূন্য ধরা হয়। যেকোনো তড়িৎদ্বারের বিভব প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের আপেক্ষিকে মাপা হয়।

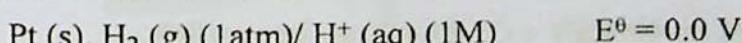
প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব : বিভিন্ন তড়িৎদ্বারের বিভবের তুলনামূলক মান প্রকাশের জন্য প্রতিটি তড়িৎদ্বারের তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ঘনমাত্রা 1M এবং তাপমাত্রা 25°C বা, 298 K রাখা হয়। এ অবস্থায় প্রতিটি তড়িৎদ্বারের বিভবকে প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বলা হয়। যেকোনো তড়িৎদ্বারের বিভব মানকে 0.0 V ধরা হয়।

প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের গঠন : প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বেলায় বিশেষ  $H_2$  গ্যাসকে প্রমাণ অবস্থায় যেমন 1.0 atm চাপে 25°C তাপমাত্রায় 1.0 M  $H^+$  আয়নের দ্রবণে ডুবানো নিম্নিয় ধাতু প্রাটিনাম পাতের সংস্পর্শে চালনা করা হয় ; [চিত্র-8.18]। প্রাটিনাম ধাতু  $H_2$  গ্যাস শোষণ করে। শোষিত অবস্থায়  $H_2$  তড়িৎদ্বারে নিম্নরূপ অর্ধকোষ বিক্রিয়া চলতে থাকে এবং এর তড়িৎদ্বার বিভবকে 0.0V ধরা হয়।

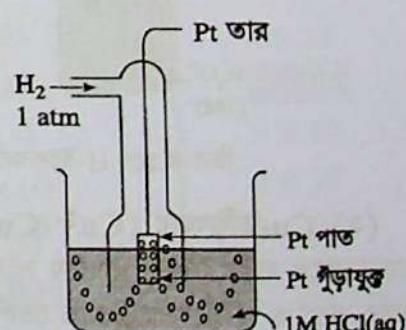


**H-তড়িৎদ্বার ডায়াফাম :** নিম্নিয় তড়িৎদ্বার প্রাটিনাম সহযোগে হাইড্রোজেন

তড়িৎদ্বারকে নিম্নরূপে লেখা হয়।



**প্রাইমারি বা মুখ্য নির্দেশক তড়িৎদ্বার (Primary Reference Electrode) :** প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারকে (Standard Hydrogen Electrode, S.H.E) প্রাইমারি বা মুখ্য নির্দেশক তড়িৎদ্বার বলা হয়। কারণ প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার (S.H.E) দ্বারা অন্যান্য তড়িৎদ্বারের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব নির্ণয় করা হয়।



চিত্র-8.18 :  $H_2$  তড়িৎদ্বার

সেকেন্ডারি বা গৌণ নির্দেশক তড়িৎধার (Secondary Reference Electrode) : দৈনন্দিন বিভিন্ন ইলেকট্রোডের বিভব মাপার জন্য প্রাইমারি নির্দেশক তড়িৎধারকে প্রমাণ H-তড়িৎধার (S.H.E) ব্যবহার করা সুবিধাজনক নয়। কারণ এর মধ্যে (1)  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় সব সময় HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা 1.0M রাখা যায় না; এবং (2) ঐ HCl দ্রবণে 1 atm চাপে বিশুল্ক  $\text{H}_2$  গ্যাস চালনা করা সম্ভব হয় না। তাই S.H.E. এর পরিবর্তে S.H.E. দ্বারা সঠিকভাবে নির্ধারিত তড়িৎ বিভব যুক্ত কিছু 'ধাতু ও ধাতুর অদ্রবণীয় লবণ তড়িৎধার' বা অর্ধকোষকে প্রয়োগ ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়। এরপ তড়িৎধার বা অর্ধকোষকে সেকেন্ডারি বা গৌণ নির্দেশক তড়িৎধার' বলে। যেমন—

(i) ~~ক্যালোমেল~~ ( $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$ ) তড়িৎধার, (ii) সিলভার-সিলভার ক্লোরাইড তড়িৎধার।

MAT  $17-18$

প্রমাণ H-তড়িৎধার সংযোগে বিভিন্ন তড়িৎধারের বিভব নির্ণয় :

(1) Zn-তড়িৎধার ( $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$ )-এর বিভব মান নির্ণয় : Zn-ইলেকট্রোডকে অ্যানোডরূপে ও H-ইলেকট্রোডকে ক্যাথোডরূপে লবণ সেতুর মাধ্যমে সংযোগ করা হয়। তখন Zn-ইলেকট্রোডটি ভোল্টমিটারের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে ও H-ইলেকট্রোডকে উচ্চরোধবিশিষ্ট ভোল্টমিটারের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হলোই তখন এক্ষেত্রে ভোল্টমিটারের নির্দেশ করে Zn-ইলেকট্রোড থেকে ইলেকট্রন H-ইলেকট্রোডে প্রবাহিত হচ্ছে অর্থাৎ Zn-ইলেকট্রোডে জারণ ক্রিয়া ঘটছে এবং ভোল্টমিটারের নির্দেশ করছে কোষটির emf 0.76 V; অর্থাৎ Zn-ইলেকট্রোডের জারণ বিভব + 0.76 V। প্রমাণ H-ইলেকট্রোডের জারণ বা বিজ্ঞারণ মান শূন্য অর্থাৎ

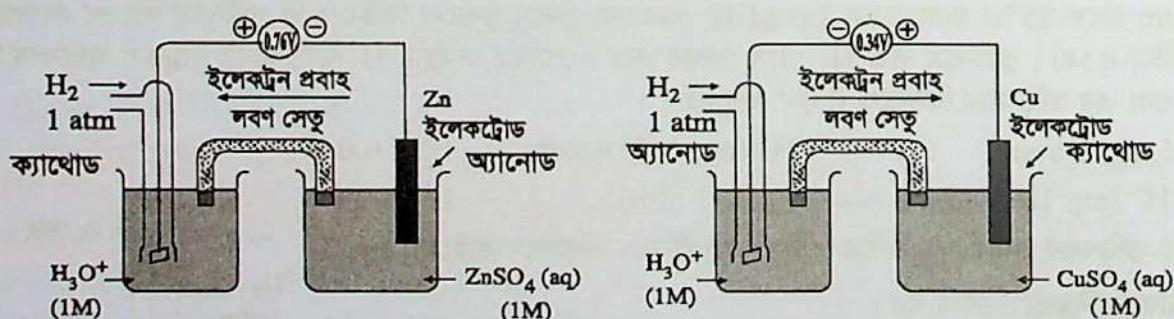
$$\therefore E_{\text{cell}}^{\theta} = E_{\text{Zn/Zn}^{2+}}^{\theta} + E_{\text{H}^{+}/\text{H}_2}^{\theta} = (E_{\text{Zn/Zn}^{2+}}^{\theta} + 0.0) \text{ V} = 0.76 \text{ V}$$

$$E_{\text{H}^{+}/\text{H}_2}^{\theta} = 0.00 \text{ V} = E_{\text{H}_2/\text{H}^{+}}^{\theta}$$

$\therefore$  Zn-ইলেকট্রোডের জারণ বিভব = + 0.76 V। সুতরাং Zn ইলেকট্রোডের বিজ্ঞারণ বিভব = - 0.76 V

$\therefore$  কোষ বিক্রিয়াটি হলো :  $\text{Zn} (\text{s}) + 2\text{H}^{+} (\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+} (\text{aq}) + \text{H}_2 (\text{g})$ .  $E_{\text{cell}}^{\theta} = 0.76 \text{ V}$

তড়িৎ কোষ সংকেত হলো :  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} (\text{aq}) \parallel \text{H}^{+} (\text{aq})/\text{H}_2 (1 \text{ atm}), \text{Pt}$   
 অ্যানোড    ক্যাথোড

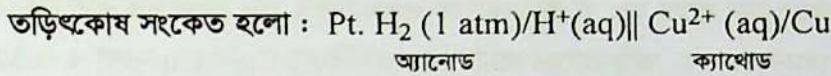
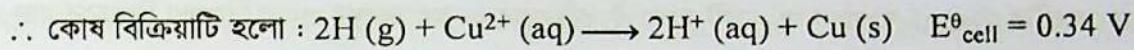


চিত্র-৪.১৫: H-ইলেকট্রোডের সাহায্যে Zn-ইলেকট্রোড ও Cu-ইলেকট্রোডের বিভব মান নির্ণয়।

(2) Cu-তড়িৎধার ( $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$ ) এর বিভব মান নির্ণয় : Cu-ইলেকট্রোডকে ক্যাথোডরূপে ও H-ইলেকট্রোডকে অ্যানোডরূপে লবণ সেতুর মাধ্যমে সংযোগ করা হয়। তখন Cu-ইলেকট্রোডটিকে উচ্চরোধবিশিষ্ট ভোল্টমিটারের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে ও H-ইলেকট্রোডকে ভোল্টমিটারের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হলো তবেই ভোল্টমিটারটি পাঠ দেয় এবং নির্দেশ করে H-ইলেকট্রোডে জারণ ঘটছে এবং ভোল্টমিটারের নির্দেশ করছে কোষটির e. m. f 0.34 V। যেহেতু H-ইলেকট্রোডে জারণ ঘটছে; কোষের e. m. f এর সম্পর্ক মতে,

$$\therefore E_{cell}^{\theta} = E_{H_2/H}^{\theta} + E_{Cu^{2+}/Cu}^{\theta} = (0.0 + E_{Cu^{2+}/Cu}^{\theta}) = 0.34 \text{ V}$$

$$\therefore \text{Cu-ইলেকট্রোডের বিজ্ঞারণ বিভব}, E_{Cu^{2+}/Cu}^{\theta} = 0.34 \text{ V} \text{ এবং জ্বারণ বিভব } E_{Cu/Cu^{2+}}^{\theta} = -0.34 \text{ V}$$



### (৩) ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ (Reactivity Series of Metals)

ধাতুসমূহের জ্বারণ-বিজ্ঞারণ প্রবণতার তুলনা বা আপেক্ষিক সক্রিয়তা সমূক্ষে ধারণা পাওয়ার জন্য এবং তড়িৎকোষের অ্যানোড ও ক্যাথোড নির্বাচনের সুবিধার্থে বিভিন্ন ধাতুর বিজ্ঞারণ বিভবের মানসমূহকে ক্রমবৃদ্ধি অনুসারে সারিবদ্ধ করা হয়েছে। **ধাতুর আয়নসমূহের বিজ্ঞারণ প্রবণতার এ সারিকে ধাতুসমূহের প্রমাণ বিজ্ঞারণ বিভব (25°C)** বা, **তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজ** বা **ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ** বলা হয়। (সারণি-8.8)।

**সারণি-8.8 :** ধাতুসমূহের প্রমাণ বিজ্ঞারণ বিভব ক্রমবৃদ্ধি (25°C) বা সক্রিয়তা সিরিজ (নিচের দিকে ক্রম হাস)

তড়িৎধার বা ইলেকট্রোড	তড়িৎধার অর্ধ-বিক্রিয়া		$E^{\circ}(\text{V}) \text{ (at } 25^{\circ}\text{C)}$
$\text{Li}^+/\text{Li}$	$\text{Li}^+ (\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Li (s)}$		-3.04
$\text{K}^+/\text{K}$	$\text{K}^+ (\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{K (s)}$		-2.92
$\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}$	$\text{Ca}^{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ca (s)}$		-2.87
$\text{Na}^+/\text{Na}$	$\text{Na}^+ (\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Na (s)}$		-2.71
$\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}$	$\text{Mg}^{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Mg (s)}$		-2.36
$\text{Al}^{3+}/\text{Al}$	$\text{Al}^{3+} (\text{aq}) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Al (s)}$		-1.66
$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$	$\text{Zn}^{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Zn (s)}$		-0.76
$\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}$	$\text{Cr}^{3+} (\text{aq}) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Cr (s)}$		-0.74
$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$	$\text{Fe}^{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Fe (s)}$		-0.44
$\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}$	$\text{Cd}^{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Cd (s)}$		-0.40
$\text{Co}^{2+}/\text{Co}$	$\text{Co}^{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Co (s)}$		-0.28
$\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$	$\text{Ni}^{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Ni (s)}$		-0.25
$\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$	$\text{Sn}^{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Sn (s)}$		-0.14
$\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$	$\text{Pb}^{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{Pb (s)}$		-0.13
$\text{H}^+/\text{H}_2, \text{Pt}$	$2\text{H}^+ (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons \text{H}_2 (\text{g})$		0.00
$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$	$\text{Cu}^{2+} (\text{aq}) - 2e^- \rightleftharpoons \text{Cu (s)}$		+0.34
$\text{Hg}_{2+}/\text{Hg}$	$\text{Hg}_{2+} (\text{aq}) + 2e^- \rightleftharpoons 2\text{Hg (l)}$		+0.79
$\text{Ag}^+/\text{Ag}$	$\text{Ag}^+ (\text{aq}) + e^- \rightleftharpoons \text{Ag (s)}$		+0.80
$\text{Au}^{3+}/\text{Au}$	$\text{Au}^{3+} (\text{aq}) + 3e^- \rightleftharpoons \text{Au (s)}$		+1.42

**জেনে রাখো :**

(১) প্রতিটি তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজ্ঞান বিভবের মান হলো প্রমাণ H তড়িৎদ্বারের সাপেক্ষে নির্ণীত মান। প্রতিটি তড়িৎদ্বারকে H তড়িৎদ্বারের সাথে যুক্ত করে একটি পূর্ণ তড়িৎ কোষ গঠন করা হয়। ঐ পূর্ণ কোষে প্রমাণ H তড়িৎদ্বারের বিভব শূন্য ধরে কোষটির যে emf পাওয়া যায়, সেটি হলো ঐ তড়িৎদ্বার বা অর্ধকোষের প্রমাণ বিজ্ঞান বিভবের মান।

(২) কোনো তড়িৎদ্বারের বিজ্ঞান বিভব মান যতো হয়; ঐ তড়িৎদ্বারের জারণ বিভব মান সংখ্যাগত তত হয়। তবে ধনাত্মক বা ঋণাত্মক চিহ্ন বিপরীত হয়। যেমন, কপার তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজ্ঞান বিভব  $Cu^{2+}/Cu$  হলো + 0.34 V; তাই এর প্রমাণ জারণ বিভব ( $Cu/Cu^{2+}$ ) হলো - 0.34 V।

(৩) যে তড়িৎদ্বারের বিজ্ঞান বিভবের মান যত বেশি ঋণাত্মক তার প্রমাণ জারণ বিভবের মান তত বেশি ধনাত্মক। অর্থাৎ ঐ তড়িৎদ্বারে তত বেশি জারণ ক্রিয়া সম্পন্ন হয় এবং সে ধাতুর বিজ্ঞান ক্ষমতাও তত বেশি।

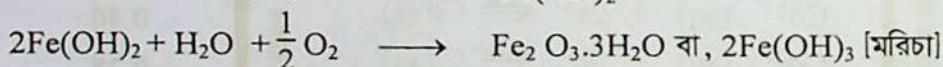
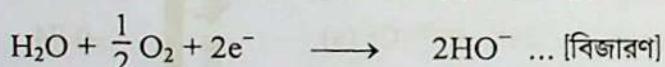
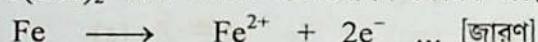
(৪) শ্রেণির ওপর থেকে নিচের দিকে তড়িৎদ্বারসমূহের প্রমাণ বিজ্ঞান বিভবের ঋণাত্মক মান ক্রমশ কমতে থাকে। অর্থাৎ এ সব তড়িৎদ্বারের ধাতুর জারিত হওয়ার প্রবণতা এবং তাদের বিজ্ঞান ক্ষমতাও তত কমতে থাকে।

(৫) শ্রেণিতে বিজ্ঞান বলতে ধাতুগুলোকে এবং জারক বলতে তাদের ধনাত্মক আয়নকে বোঝায়।

**(৮) ধাতুর ক্ষয় ও অ্যানোডিক জারণ (Metallic Corrosion & Anodic Oxidation)**

**ধাতুর ক্ষয় :** কোনো ধাতু পরিবেশ থেকে পানি ও অক্সিজেন সহযোগে বিক্রিয়া করে ক্ষয়প্রাপ্ত হলে, তাকে করোসান বা ধাতুর ক্ষয় বলে। লোহার মরিচা পড়া, কপার উজ্জ্বলতা হ্রাস, কপার ও ব্রোঞ্জ সংকর ধাতুর উপর সবুজ আস্তরণ সৃষ্টি ইত্যাদি ধাতুক্ষয়ের উদাহরণ।

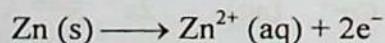
**ধাতুর ক্ষয়ের ব্যাখ্যা :** ধাতু ক্ষয়ের সাধারণ উদাহরণ হলো লোহার মরিচা পড়া। অবিশুক্ল লোহার Fe পরমাণু এবং এর অপদ্রব্য অক্সিজেন মিশ্রিত পানির উপস্থিতিতে অসংখ্য ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ভোল্টার কোষ গঠন করে। লোহার Fe পরমাণু তখন অ্যানোডিকলেপে ক্রিয়া করে। Fe পরমাণু জারিত হয় এবং অক্সিজেন মিশ্রিত পানি বিজ্ঞানিত হয়ে  $Fe(OH)_2$  গঠন করে। পরে বায়ুর অক্সিজেন ও পানি দ্বারা  $Fe(OH)_2$  অধিক জারিত হয়ে সোদক ফেরিক অক্সাইড বা মরিচা গঠন করে।



সুতরাং ধাতুর ক্ষয় প্রক্রিয়াটি হলো একটি তড়িৎ রাসায়নিক অ্যানোডিক জারণ প্রক্রিয়া।

**ধাতুক্ষয় রোধ প্রক্রিয়া :** (i) যেহেতু ধাতুর ক্ষয় একটি তড়িৎ রাসায়নিক অ্যানোডিক জারণ প্রক্রিয়া সেহেতু ধাতুকে ক্ষয় থেকে রক্ষা করতে হলে ধাতুটি কোনো অবস্থায় যেন অ্যানোডিকলেপে কাজ করতে না পারে সে ব্যবস্থা করতে হবে।

(ii) কোনো ধাতুর উপর প্রায় সমমানের তড়িৎদ্বার বিভবের অপর ধাতু সংযোগ করে ধাতুকে অ্যানোডিক জারণ থেকে ক্ষয়মুক্ত রাখা সম্ভব। ডেনিয়েল কোষে অ্যানোডিকলেপে ব্যবহৃত Zn ধাতু ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়।



তাই লোহার উপর মরিচা পড়া রোধ করতে অধিক সক্রিয় Zn ধাতুর প্রলেপ দেয়া বা গ্যালভানাইজিং করা হয়।

(iii) একক ধাতুর পরিবর্তে সম সক্রিয় d- ব্লকের ধাতু সংকর ব্যবহার করে অ্যানোডিকলেপে লোহার জারণ রোধ করা যায়। যেমন মরিচারোধী ইল্পাত লোহার সঙ্গে কার্বন, Cr ও Ni যুক্ত করে সংকর- ধাতুকলেপে লোহার জারণ বিভব হ্রাস ও মরিচা রোধ করা হয়।

**জেনে নাও** তড়িৎ রাসায়নিক কোষে অ্যানোড নির্বাচনভিত্তিক সমস্যা :

সমস্যা : ডেনিয়েল সেলে  $Zn$  দণ্ডটি বিজারকরূপে কাজ করে কেন?

[সি. বো. ২০১৯]

সমাধান : কোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষে ব্যবহৃত দুটি তড়িৎদ্বার বা, ইলেক্ট্রোডের মধ্যে যেটির প্রমাণ বিজারণ বিভব মান বেশি ঝণাত্মক সেটির ধাতব দণ্ডটি কার্যকর বিজারকরূপে ক্রিয়া করে। অর্থাৎ ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে এবং এটি ঐ কোষের ঝণাত্মক তড়িৎদ্বার বা, অ্যানোডরূপে ভূমিকা রাখে। অপর ইলেক্ট্রোডটি ক্যাথোডরূপে কাজ করে।

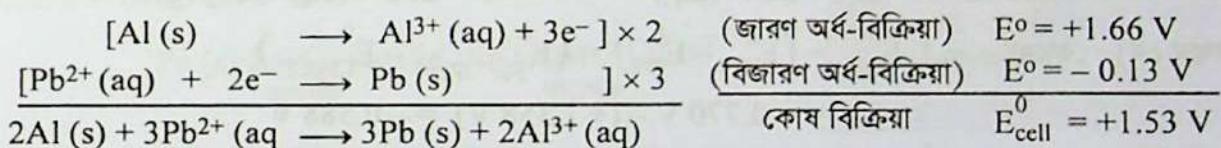
ডেনিয়েল সেলে ব্যবহৃত দুটি তড়িৎদ্বার হলো জিঙ্ক তড়িৎদ্বার ও কপার তড়িৎদ্বার। জিঙ্ক তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজারণ বিভব ( $Zn^{2+}/Zn$ ) এর মান =  $-0.75$  V এবং কপার তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজারণ বিভব ( $Cu^{2+}/Cu$ ) এর মান =  $+0.34$  V। উভয় তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজারণ বিভবের মান থেকে সুস্পষ্ট জিঙ্ক তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভবের মান অধিক ঝণাত্মক হওয়ায় জিঙ্ক তড়িৎদ্বারের  $Zn$  দণ্ডটি বিজারকরূপে ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে কোষটির অ্যানোডরূপে ভূমিকা রাখে। কপার ইলেক্ট্রোড ক্যাথোডরূপে কাজ করে।

সমাধানকৃত সমস্যা—৮.২২ : স্বতঃস্ফূর্ত কোষ বিক্রিয়াভিত্তিক :

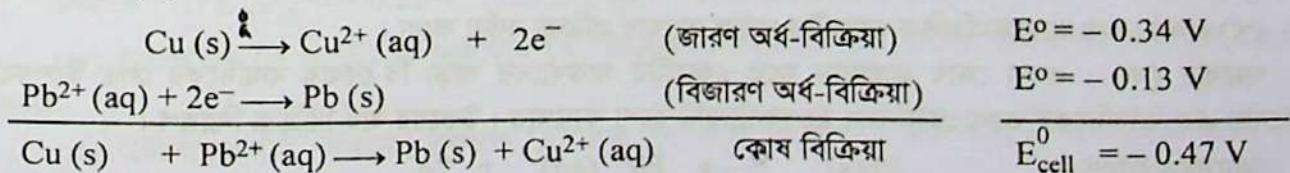
সারণি-৮.৪ অনুসরণ করে ব্যাখ্যা করো ; প্রমাণ অবস্থায়  $Pb^{2+}$  (aq) আয়ন,  $Al$  (s) অথবা  $Cu$  (s) দ্বারা বিজারিত হবে কিনা?  $25^{\circ}C$ -এ প্রতিটি কোষ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে emf ( $E_{cell}^0$ ) এর মান গণনা করো।

দক্ষতা : সক্রিয়তা সিরিজ মতে, কোনো বিজারক এর নিচে স্থান প্রাপ্ত যেকোনো ধাতব আয়ন জারককে বিজারিত করতে পারে; কিন্তু এর ওপরের স্থানের ধাতব আয়ন জারককে বিজারিত করতে পারে না। জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়ার বিভব মানের যোগফল হবে প্রতিটি কোষ বিক্রিয়ার emf ( $E_{cell}^0$ )।

সমাধান : (১) বিজারক  $Al$  (s) এর অবস্থান জারক  $Pb^{2+}$  (aq) এর ওপরে এবং বিজারক  $Cu$  (s) এর অবস্থান  $Pb^{2+}$  (aq) এর নিচে। তাই  $Al$  (s) দ্বারা  $Pb^{2+}$  (aq) আয়ন বিজারিত হবে; কিন্তু  $Cu$  (s) তা পারে না। রিডক্স বিক্রিয়ার কোষ বিভব ( $E_{cell}^0$ ) এর মান ধনাত্মক হলে তবে এসব বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা প্রমাণিত হবে।



লক্ষ্য কর  $Al/Al^{3+}$  জারণ অর্ধ-বিক্রিয়াকে 2 দ্বারা এবং  $Pb^{2+}/Pb$  বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়াকে 3 দ্বারা গুণ করে ইলেক্ট্রন ত্যাগ ও গ্রহণ সংখ্যার সমতা করা হয়েছে। কিন্তু  $E^\circ$  এর মানকে গুণ করা হয়নি: কারণ বিভব  $E^\circ$  হলো energy/ charge এর অনুপাত। শক্তি বা বন্ধুর পরিমাণের সাথে চার্জের পরিমাণও বাড়ে; অনুপাত ঠিক থাকে; এটি বন্ধুর ঘনত্বের অনুরূপ। এক্ষেত্রে কোষের emf ( $E_{cell}^0$ ) ধনাত্মক হওয়ায় কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে অর্থাৎ  $Al$  দ্বারা  $Pb^{2+}$  আয়ন বিজারিত হবে। (২) আবার  $Cu$  দ্বারা  $Pb^{2+}$  আয়নকে বিজারিত করার সমীকরণ হবে নিম্নরূপ :



এক্ষেত্রে কোষের emf ( $E_{cell}^0$ ) এর মান ঝণাত্মক হওয়ায় কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটেনি। অর্থাৎ  $Pb^{2+}$  আয়ন  $Cu$  (s) দ্বারা বিজারিত হবে না।

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৩ : নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে কীনা ব্যাখ্যা করো।



$$\text{যদি } E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0.76 \text{ V, এবং } E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0.34 \text{ V ;}$$

সমাধান : প্রদত্ত বিক্রিয়া :  $\text{Zn}(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$  হলো একটি গ্যালভানিক কোষের বিক্রিয়া। এ কোষটির ডায়াগ্রাম বা কোষ সংকেত হলো :  $\text{Zn}(\text{s})/\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Cu}^{2+}(\text{aq})/\text{Cu}(\text{s})$

$$\text{এক্ষেত্রে কোষটির emf হলো : } E_{\text{কোষ}}^0 = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 - E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0$$

প্রশ্নমতে,

$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0.76 \text{ V}$$

$$\therefore E_{\text{কোষ}}^0 = [0.34 - (-0.76)] \text{ V; } \therefore E_{\text{কোষ}}^0 = +1.1 \text{ V}$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0.34 \text{ V}$$

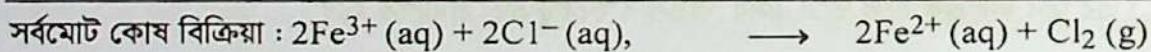
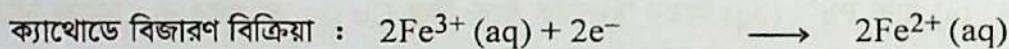
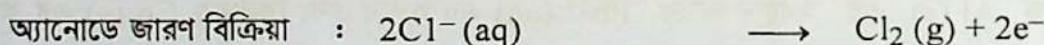
কোষের emf ধনাত্মক হওয়ায় প্রদত্ত বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে।

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৪ :  $\text{Pt}, \text{Cl}_2(\text{g}) / \text{Cl}^-(\text{aq}) \parallel \text{Fe}^{2+}(\text{aq}), \text{Fe}^{3+}(\text{aq}), \text{Pt}$

(ক) কোষটির জন্য অ্যানোডে বিক্রিয়া, ক্যাথোডে বিক্রিয়া ও সর্বমোট কোষ বিক্রিয়া লেখ।

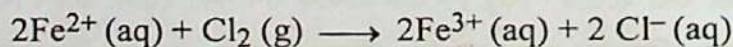
(খ) যদি  $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 = +0.770 \text{ V}; E_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}^0 = +1.358 \text{ V}$  হয়, তবে তুমি যেভাবে কোষটি লিখেছ, তা স্বতঃস্ফূর্ত হবে কীনা যুক্তি দাও এবং না হলে তা কীভাবে স্বতঃস্ফূর্ত হবে বোঝাও।

সমাধান (ক) : প্রদত্ত কোষটির মাঝখানের খাড়া দ্বি-রেখার বাম দিকের ইলেক্ট্রোডটি অ্যানোড এবং ডানদিকের ইলেক্ট্রোডটি ক্যাথোড বোঝায়।  $\text{Pt}, \text{Cl}_2(\text{g}) / \text{Cl}^-(\text{aq}), \parallel \text{Fe}^{2+}(\text{aq}), \text{Fe}^{3+}(\text{aq}), \text{Pt}$



$$\begin{aligned} \text{সমাধান (খ) : কোষের e.m.f., } E_{\text{cell}}^0 &= (E_{\text{জন}}^0 - E_{\text{বায়}}^0) = (E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 - E_{\text{Cl}_2/\text{Cl}^-}^0) \\ &= +0.770 \text{ V} - (+1.358 \text{ V}) = -0.588 \text{ V} \end{aligned}$$

যেহেতু কোষের e. m. f.,  $E_{\text{cell}}^0$  এর মান ঋণাত্মক হয়েছে; তাই কোষটি বা কোষ বিক্রিয়াটি যেভাবে লেখা হয়েছে তা স্বতঃস্ফূর্ত হবে না। এর বিপরীতমুখী বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্ত হবে। যেমন,

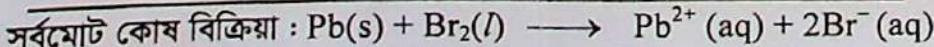
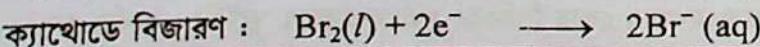
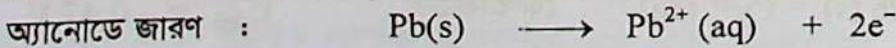


সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৫:  $\text{Pb}(\text{s}) \text{ Pb}^{2+}(\text{aq}) \parallel \text{Br}_2(\text{l}) \text{ Br}^-(\text{aq}) \mid \text{Pt}(\text{s})$ ; এ গ্যালভানিক কোষভিত্তিক নিচের প্রশ্নের সমাধান করো।

(ক) প্রদত্ত গ্যালভানিক কোষের অর্ধ-বিক্রিয়াসহ সমতাযুক্ত কোষ বিক্রিয়া লেখ।

(খ) প্রদত্ত কোষ ডায়াগ্রামভিত্তিক কোষটির পূর্ণাঙ্গ সংযোগ প্রক্রিয়া বর্ণনা করো।

সমাধান (ক) : প্রদত্ত কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষটির মাঝখানের খাড়া দ্বি-রেখার বামদিকের লেড ইলেক্ট্রোডটি অ্যানোড এবং ডানদিকের তরল ব্রোমিনসহ ইলেক্ট্রোডটি হলো ক্যাথোড। উভয়ের অর্ধ-বিক্রিয়া নিম্নরূপ :



সমাধান (খ) : প্রদত্ত গ্যালভানিক কোষটির পূর্ণাঙ্গ সংযোগভিত্তিক সংক্ষিপ্ত বর্ণনা নিম্নরূপ :

কোষটির অ্যানোড হলো Pb ধাতুর পাত যা  $Pb^{2+}$  আয়নের যেমন  $Pb(NO_3)_2$  এর জলীয় দ্রবণের পাত্রে আংশিকভাবে ডুবানো আছে। কোষটির ক্যাথোড হলো নিউন্টনো প্রতিক্রিয়া Pt ধাতুর তার যা আংশিকভাবে ডুবানো আছে  $Br_2$  এর সম্পৃক্ত জলীয় দ্রবণ ও তরল  $Br_2$  এর পাত্রে।

একটি লবণ সেতু ( $NaNO_3$  দ্রবণ ভর্তি) দ্বারা অ্যানোড অর্ধকোষ ও ক্যাথোড অর্ধকোষ যুক্ত আছে। অ্যানোড ও ক্যাথোড উভয় ইলেক্ট্রোডকে একটি কপার তার দ্বারা যুক্ত করে বহিঃবর্তনী পূর্ণ করা হয়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৬ : লঘু  $H_2SO_4$  এসিড দ্রবণকে জিঙ্ক (Zn) ও কপার (Cu) ধাতুর মধ্যে কোনু ধাতুর পাত্রে রাখা সম্ভব হবে ব্যাখ্যা করো। দেয়া আছে,  $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0.76$  V;  $E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = +0.34$  V

সমাধান : আমরা জানি,  $H_2SO_4$  দ্রবণে  $H^+$  আয়ন থাকে।  $H^+$  আয়নের প্রমাণ বিজ্ঞারণ বিভব,  $E_{H^+/H_2}^0 = 0.0$  V

সুতরাং তিনটি তড়িৎধারের বিজ্ঞারণ বিভবের ক্রম হলো নিম্নরূপ :  $E_{Zn^{2+}/Zn}^0 < E_{H^+/H_2}^0 < E_{Cu^{2+}/Cu}^0$

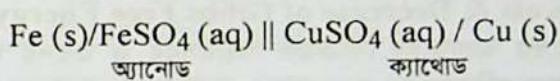
অতএব,  $H^+$  আয়ন দ্বারা Zn ধাতু জারিত হবে। অর্থাৎ Zn ধাতু দ্বারা  $H^+$  আয়ন বিজ্ঞারিত হয়ে  $H_2$  গ্যাসে পরিণত এবং Zn ধাতু  $Zn^{2+}$  আয়নে পরিণত হবে। তাই Zn ধাতুর পাত্রে লঘু  $H_2SO_4$  রাখা যাবে না।

অপরদিকে,  $E_{H^+/H_2}^0 < E_{Cu^{2+}/Cu}^0$  হওয়ায়  $H^+$  আয়নকে Cu ধাতু বিজ্ঞারিত করতে পারে না। অর্থাৎ  $H^+$  আয়ন দ্বারা Cu জারিত হয় না। তাই Cu ধাতু লঘু  $H_2SO_4$  দ্রবণে রিডক্স বিক্রিয়া মুক্ত থাকে। সুতরাং লঘু  $H_2SO_4$  দ্রবণকে Cu ধাতুর পাত্রে রাখা যায়।

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৭ : লোহার পাত্রে  $CuSO_4$  দ্রবণ রাখা যাবে কি?

অথবা,  $Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$ , এ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে কি? দেয়া আছে,  $E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = -0.44$  V,  $E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = +0.34$  V

সমাধান :  $Fe(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow FeSO_4(aq) + Cu(s)$  সমীকরণভিত্তিক গ্যালভানিক কোষের কোষ ডায়াগ্রাম বা কোষ সংকেত হলো :



**MCQ-4.16:** সক্রিয়তা সিরিজে কোনটির  
অবস্থান উপরে?  
[চ. বো. ২০১৭]  
(ক) Pb (খ) Cu (গ) Ag (ঘ) Ca

এ কোষটির emf হলো,  $E_{cell}^0 = E_{Cu^{2+}/Cu}^0 - E_{Fe^{2+}/Fe}^0 = 0.34$  V - (-0.44) V = +0.78 V

যেহেতু কোষটির emf মান ধনাত্মক হয়েছে, তাই প্রদত্ত বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে। এজন্য লোহার পাত্রে  $CuSO_4$  দ্রবণ সংরক্ষণ করা যাবে না।

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৮: কোষের emf গণনা ও কোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা নির্ণয় :

নিচের উদ্দীপকভিত্তিক সমস্যা সমাধান করো :

[অভিন্ন বোর্ড-২০১৮]

উদ্দীপক : (i)  $E_{A^{2+}/A}^0 = +0.20$  V, (ii)  $E_{B^{2+}/B}^0 = -0.62$  V, (iii)  $E_{X^{2+}/X}^0 = -0.80$  V

(ক) উদ্দীপকের (i) ও (ii) নং অর্ধকোষ (বা তড়িৎধার) সহকারে সৃষ্টি কোষের তড়িচালক বল (বা emf) গণনা করো।

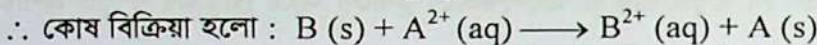
(খ) উদ্দীপকের  $B^{2+}$  আয়নের দ্রবণকে 'A' এবং 'X' ধাতু নির্মিত কোনো পাত্রে সংরক্ষণ করা যাবে কীনা; তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

সমাধান (ক) : কোষের emf গণনা :

প্রশ্নমতে, (i) নং তড়িৎধারের প্রমাণ বিজ্ঞারণ বিভব,  $E_{A^{2+}/A}^0 = +0.20$  V

এবং (ii) নং তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজ্ঞান বিভব,  $E_{B^{2+}/B}^0 = -0.62 \text{ V}$

এক্ষেত্রে কোষটির অ্যানোড হবে,  $E_{B^{2+}/B}^0 = -0.62 \text{ V}$  এবং ক্যাথোড হবে,  $E_{A^{2+}/A}^0 = +0.20 \text{ V}$



এবং কোষ ডায়াচাম বা কোষ সংকেত হলো :  $B(s)/B^{2+}(aq) \parallel A^{2+}(aq)/A(s)$

$\therefore$  কোষটির তড়িচালক বল বা, emf হলো,

$$E_{\text{cell}}^0 \equiv E_{A^{2+}/A}^0 - E_{B^{2+}/B}^0 = [0.20 - (-0.62)] \text{ V} = (0.20 + 0.62) \text{ V} = 0.82 \text{ V} \text{ (উত্তর)}$$

সমাধান (খ) : প্রশ্নমতে, তড়িৎদ্বার তিনটির বিজ্ঞান বিভবের ক্রম বৃদ্ধি হলো :

$$E_{X^{2+}/X}^0 = -0.80 \text{ V}, E_{B^{2+}/B}^0 = -0.62 \text{ V}, E_{A^{2+}/A}^0 = +0.20 \text{ V}$$

$\therefore$  ঐ ধাতুসমূহের সক্রিয়তা ক্রম হলো,  $X(s) > B(s) > A(s)$

উদ্দীপক মতে পাত্রটি হলো 'A' ও 'X' ধাতুর তৈরি অর্থাৎ A ও X এর সংকর ধাতুর পাত্র। সুতরাং প্রদত্ত তিনটি ধাতুর সক্রিয়তার ক্রম অনুসারে  $B^{2+}$  আয়নের দ্রবণে অধিক সক্রিয় ধাতু X পরমাণু ইলেক্ট্রন প্রদান করে নিজে জারিত হয়ে  $X^{2+}$  আয়নে পরিণত হবে এবং  $B^{2+}$  আয়ন বিজ্ঞান হয়ে B ধাতু উৎপন্ন হবে। সুতরাং X ধাতুটি ক্ষয় হয়ে যাবে।

$\therefore$  কোষ বিক্রিয়া :  $X(s) + B^{2+}(aq) \rightarrow X^{2+}(aq) + B(s)$

সুতরাং উপরোক্ত স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়াটি ঘটবে। এক্ষেত্রে সৃষ্টি কোষের তড়িচালক বল (বা, emf) হবে নিম্নরূপ :

$$E_{\text{cell}}^0 \equiv E_{B^{2+}/B}^0 - E_{X^{2+}/X}^0 = [-0.62 - (-0.80)] \text{ V} = (-0.62 + 0.80) \text{ V} = +0.18 \text{ V}$$

কোষের emf মান ধনাত্মক (+ 0.18 V) হওয়ায় উপরোক্ত কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে। তাই  $B^{2+}$  আয়নের দ্রবণকে X ও A ধাতু নির্মিত বা এদের সংকর ধাতুর পাত্রে সংরক্ষণ করা যাবে না। এ সত্যটি গাণিতিকভাবে কোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা দ্বারা নিরূপিত বা নির্ণয় করা হলো।

### ৪.৮.১ সিস্টেমের কোনো প্রক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততার সাথে গিবস-এর মুক্ত শক্তি হ্রাসের সম্পর্ক

#### Relation between Spontaneous Process & Decrease of Gibbs Free Energy

রাসায়নিক তাপগতিবিজ্ঞানে তড়িৎ রাসায়নিক কোষের অভ্যন্তরের বিক্রিয়ক পদার্থসমূহ ও তাদের দ্বারা দখল করা হ্রানটিকে বিক্রিয়া সিস্টেম (System) এবং অবশিষ্ট অংশকে পরিবেশ (surroundings) বলে।

$\therefore$  সিস্টেম + পরিবেশ = বিশ্ব (universe)

যেকোনো সিস্টেমের মোট শক্তির দুটি অংশ আছে। একটি অংশ সিস্টেমের মুক্ত-শক্তি (free energy), যাকে কার্যে পরিণত করা যায়।

অপর অংশটি হলো অলভ্য বা অপ্রাপ্য শক্তি (unavailable energy), যাকে কার্যে পরিণত করা যায় না। এ অপ্রাপ্য শক্তি এন্ট্রপি' (entropy) নামক অবস্থা নির্ভর অপেক্ষক (State function) দ্বারা পরিমাপ করা হয়।

**এন্ট্রপির সংজ্ঞা :** কোনো সিস্টেমের কণাঙ্গলোর (অণু, পরমাণু, আয়ন ইত্যাদির) বিশৃঙ্খলতার মাত্রা পরিমাপ করার জন্য যে 'তাপ গতীয় অপেক্ষক' বিবেচনা করা হয়, তাকে এ সিস্টেমের এন্ট্রপি বলে। **এন্ট্রপিকে S অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।**

**গিবসের মুক্ত-শক্তির সংজ্ঞা :** কোনো সিস্টেমে ছির চাপ ও তাপমাত্রায় সংঘটিত কোনো প্রক্রিয়ায় যে তাপ গতীয় অপেক্ষকের মান হ্রাসের দ্বারা সিস্টেমটি কী পরিমাণ ব্যবহারযোগ্য কাজ (usable work) বা নিট কাজ (net work) সম্পাদন করতে পারে তা নির্ণয় করা যায়, সেই তাপ গতীয় অপেক্ষকটিকে গিবসের মুক্ত-শক্তি বলে। **গিবস মুক্ত-শক্তিকে 'G' অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।**

**গিবসের মুক্ত-শক্তির ব্যবহার :** ছির চাপ ও তাপমাত্রায় সংঘটিত কোনো প্রক্রিয়ায় স্বতঃস্ফূর্ততা নির্ণয়ের জন্য গিবস মুক্ত-শক্তি ব্যবহৃত হয়। ছির চাপে, TK তাপমাত্রায় সিস্টেমের মোট শক্তি হলো এনথালপি (H) এর সমান। তখন এন্ট্রপির মান S হলে, সিস্টেমের অলভ্য শক্তির মান হয় T × S।

∴ সিস্টেমের মোট শক্তি  $H = G$  (মুক্ত-শক্তি) +  $TS$  (সিস্টেমের অলভ্য শক্তি)

∴  $H = G + TS$ ; বা,  $G = H - TS$ . বা,  $\Delta G = \Delta H - T \Delta S$

এ সমীকরণটি হলো রাসায়নিক তাপ গতিবিজ্ঞানে ব্যবহৃত কোনো সিস্টেমের কোনো প্রক্রিয়ায় মুক্ত-শক্তি পরিবর্তনের গণিতিক রূপ। এটিকে গিবস সমীকরণ বলে।

(ক) কোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততার সাথে গিবসের মুক্ত-শক্তি হ্রাসের সম্পর্ক :

কোনো গ্যালভানিক কোষ বা তড়িৎ-রাসায়নিক কোষে জারণ-বিজ্ঞান বিক্রিয়ার ফলে তড়িৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। কোষের উভয় তড়িৎধারকে পরিবাহীর মাধ্যমে যুক্ত করলে উচ্চ তড়িৎধার-বিভবযুক্ত ক্ষারোড় থেকে অ্যানোডের দিকে পরিবাহীর মাধ্যমে তড়িতের প্রবাহ ঘটে। তখন তড়িৎ কোষটি বৈদ্যুতিক কাজ সম্পাদন করে।

আবার কোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষের ফ্রেন্টে ঐ কোষটি থেকে তড়িৎ প্রবাহজনিত যে পরিমাণ বৈদ্যুতিক কাজ সম্পন্ন হয়, তা হলো ঐ তড়িৎ কোষ থেকে প্রাপ্ত সর্বাধিক কাজের পরিমাণ ( $W_{max}$ )।

ধরা যাক, কোষটির তড়িচালক বল =  $E_{cell}$  ভোল্ট এবং কোষের রিডক্স বিক্রিয়ায়  $n$  সংখ্যক ইলেক্ট্রন প্রয়োজন হয়। ফলে পরিবাহীতে  $n$  ফ্যারাডে ( $nF$ ) তড়িৎ প্রবাহিত হয়। সুতরাং

**তড়িৎ প্রবাহজনিত কোষের সর্বাধিক কাজ ( $W_{max}$ ) = প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ × কোষের তড়িচালক বল।**

$$\therefore W_{max} = nF \times E_{cell} \text{ ভোল্ট } - \text{কুলম্ব} = nF E_{cell} \text{ জুল } \quad [\because 1J = 1VC]$$

আবার তাপগতিবিদ্যা অনুসারে কোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষে বিক্রিয়ার ফলে যে মুক্ত-শক্তির হ্রাস ঘটে ( $-\Delta G$ ), তা উৎপন্ন তড়িৎ শক্তি তথা তড়িৎ প্রবাহজনিত কাজের সমান হয়। অর্থাৎ

মুক্ত-শক্তির হ্রাস ( $-\Delta G$ ) = বৈদ্যুতিক কাজ ( $W_{max}$ ); বা,  $-\Delta G = W_{max} = nF E_{cell} J$

$$\therefore \text{মুক্ত-শক্তির হ্রাস}, -\Delta G = nF E_{cell} J$$

যদি কোষ বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী উপাদানগুলো প্রমাণ অবস্থায় থাকে, তবে উপরোক্ত সমীকরণটি হবে,

$$-\Delta G^{\circ} = n F E_{cell}^0 J$$

$\Delta G^{\circ} = -n F E_{cell}^0$  সমীকরণের তাৎপর্য : (তাপগতিবিদ্যা অনুসারে) :

(১)  $\Delta G^{\circ} =$  ঋণাত্মক (-ve) হলে, তখন কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবে।

এ অবস্থায়  $E_{cell}$  এর মান ধনাত্মক (+ve) হতে হবে।

(২)  $\Delta G^{\circ} =$  ধনাত্মক (+v) হলে, তখন কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবে না।

এ অবস্থায়  $E_{cell}$  এর ঋণাত্মক (-ve) হতে হবে।

(৩)  $\Delta G^{\circ} = 0$  হলে,  $E_{cell}^0 = 0$  হয়, তখন কোষটির বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় আছে এবং কোষটি মৃত (dead)।

সমাধানকৃত-৪.২৯ : কোষের emf থেকে কোষ বিক্রিয়ায় 'মুক্ত-শক্তি হ্রাস' গণনাভিত্তিক :

নিম্নোক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াভিত্তিক গ্যালভানিক কোষের প্রমাণ কোষ বিভব (emf)  $25^{\circ}$ -এ  $1.10V$  হয়। এ কোষের রাসায়নিক বিক্রিয়ায় প্রমাণ মুক্ত-শক্তির পরিবর্তন গণনা করো :



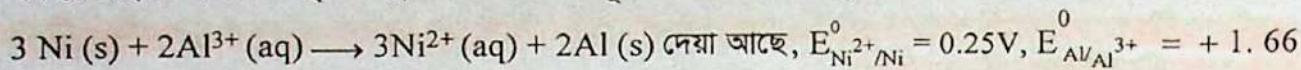
সমাধান : কোষের রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রমাণ মুক্ত-শক্তির পরিবর্তন,  $\Delta G^{\circ}$  গণনার জন্য ব্যবহৃত হয় :  $\Delta G^{\circ} = nFE^{\circ}$  সমীকরণ। এফ্রেন্টে  $n$  = কোষ বিক্রিয়ায় সমতাযুক্ত সমীকরণ মতে ছানান্তরিত ইলেক্ট্রনের মোট মোল সংখ্যা;  $F = 96,500C. (mol.e^{-})^{-1}$  এবং প্রদত্ত  $E^{\circ} = 1.10 V$ . প্রদত্ত কোষ বিক্রিয়ায় 2 mol. ইলেক্ট্রন  $Zn$  থেকে  $Cu^{2+}$  আয়নে ছানান্তরিত হয়েছে, তাই  $n = 2 mol.e^{-}$ .

$$\therefore \Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ} = -(2 mol.e^{-}).96500 C (mol. e^{-})^{-1} \times 1.10 V = 212,300 C.V$$

$$\therefore \Delta G^{\circ} = -212.3 kJ \quad [\text{Here } 1C.V = 1 J]$$

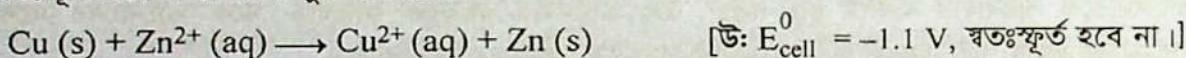
শিক্ষার্থীর কাজ-৮.৮ : স্বতঃকৃত কোষ বিক্রিয়াভিত্তিক গণনা :

সমস্যা-৮.২৯ : প্রমাণ অবস্থায় নিম্নোক্ত বিক্রিয়া স্বতঃকৃতভাবে ঘটবে কীনা, তা  $E^{\circ}$  এর মান দ্বারা প্রমাণ করো।



[উ:  $E_{\text{cell}}^{\circ} = -1.41 \text{ V}$ ; তাই বিক্রিয়াটি স্বতঃকৃত হবে না।]

সমস্যা-৮.৩০ :  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$  এবং  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  এর বিজ্ঞান বিভব যথাক্রমে  $-0.76 \text{ V}$  ও  $+0.34 \text{ V}$  হলে নিচের বিক্রিয়াটি স্বতঃকৃতভাবে ঘটবে কীনা যুক্তি দেখাও।



সমস্যা-৮.৩১(ক) : জিন্স ধাতুর পাত্রে  $\text{FeSO}_4$  দ্রবণ রাখা যাবে কীনা; তা ব্যাখ্যা কর।

এক্ষেত্রে  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} = +0.76 \text{ V}$  এবং  $\text{Fe}/\text{Fe}^{2+} = +0.44 \text{ V}$  [উ:  $E_{\text{cell}}^{\circ} = +0.32 \text{ V}$ , তাই রাখা যাবে না।]

সমস্যা- ৮.৩১(খ) : জিন্স ধাতুর পাত্রে  $\text{NiSO}_4$  এর দ্রবণকে দীর্ঘকাল সংরক্ষণ করা যাবে কীনা, তা গাণিতিকভাবে মূল্যায়ন করো।  $E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^{\circ} = -0.25 \text{ V}; E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^{\circ} = -0.76 \text{ V}$  [য. বো. ২০১৬; সি. বো. ২০১৬]

[উ:  $E_{\text{cell}}^{\circ} = +0.51 \text{ V}$ , তাই রাখা যাবে না।]

সমস্যা- ৮.৩১(গ) : তামা বা কপার ধাতুর পাত্রে  $\text{MgSO}_4$  দ্রবণ রাখা যাবে কি? যুক্তি দাও।

দেয়া আছে,  $E_{\text{red}}^{\circ}, \text{Cu}^{2+}/\text{Cu} = +0.34 \text{ V}; E_{\text{red}}^{\circ}, \text{Mg}^{2+}/\text{Mg} = -2.3 \text{ V}$

[উত্তর সংকেত : কপার ধাতুর বিজ্ঞান বিভব ম্যাগনেসিয়ামের চেয়ে বেশি অর্থাৎ কপার ধাতুর জারণ বিভব  $\text{Mg}$  ধাতুর চেয়ে কম; তাই  $\text{Cu}$  পরমাণু থেকে ইলেকট্রন  $\text{Mg}^{2+}$  আয়নে যাবে না। সুতরাং কোনো স্বতঃকৃত বিক্রিয়া ঘটবে না। তাই  $E_{\text{কোষ}}^{\circ} = -2.64 \text{ V}$ । তাই স্বতঃকৃত কোষ বিক্রিয়া ঘটবে না। তাই কপার ধাতুর পাত্রে  $\text{MgSO}_4$  দ্রবণ রাখা যাবে।]

সমস্যা- ৮.৩১(ঘ) : কপার ধাতুর পাত্রে  $\text{FeSO}_4$  দ্রবণ রাখা যাবে কি?

দেয়া আছে,  $E_{\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}}^{\circ} = -0.34 \text{ V}$  এবং  $E_{\text{Fe}/\text{Fe}^{2+}}^{\circ} = +0.44 \text{ V}$

[উত্তর সংকেত : ৮.৩১(গ) নং প্রশ্নের যুক্তির মতো।]

সমস্যা- ৮.৩১(ঙ) : কপার ধাতুর পাত্রে ফেরাস সালফেট দ্রবণ রাখা যাবে কীনা; তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।  
এক্ষেত্রে,  $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}}^{\circ} = -0.44 \text{ V}; E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} = +0.34 \text{ V}$  [মাদ্রাসা বোর্ড-২০১৮]

[উ: যাবে, কারণ,  $E_{\text{cell}}^{\circ} = -0.78 \text{ V}$ ]

সমস্যা- ৮.৩১(চ) : দেয়া আছে,  $E_{\text{A}^{2+}/\text{A}}^{\circ} = +0.20 \text{ V}; E_{\text{B}^{2+}/\text{B}}^{\circ} = -0.62 \text{ V}; E_{\text{x}^{2+}/\text{x}}^{\circ} = -80 \text{ V}$ । এক্ষেত্রে  $\text{B}^{2+}$  আয়নের দ্রবণকে 'A' ও 'X' ধাতুদ্বয়ের তৈরি কোনো পাত্রে সংরক্ষণ করা যাবে কীনা; তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ করো।

[সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৭ দেখো। [অভিন্ন বোর্ড-২০১৮]

[উ: যাবে না, কারণ, X ধাতু B ধাতুর চেয়ে অধিক সক্রিয়;  $E_{\text{cell}}^{\circ} = +0.18 \text{ V}$ ]

সমস্যা- ৮.৩১(ছ) :  $\text{Zn}(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$ ; এ বিক্রিয়াটি স্বতঃকৃতভাবে ঘটবে কি?

দেয়া আছে,  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$  এবং  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  তড়িৎদ্বারের বিজ্ঞান বিভব হলো যথাক্রমে  $-0.76 \text{ V}$  এবং  $+0.34 \text{ V}$

[উ:  $E_{\text{cell}}^{\circ} = +1.1 \text{ V}$ , বিক্রিয়া স্বতঃকৃত ঘটবে।]

সমস্যা- ৮.৩১ (জ) : নিম্নোক্ত রাসায়নিক বিক্রিয়াভিত্তিক কোষের প্রমাণ কোষ বিভব ( $\text{emf}$ )  $25^{\circ}\text{C}$ -এ  $0.92 \text{ V}$  হয়। এ কোষ বিক্রিয়াকালে প্রমাণ মুক্ত-শক্তির পরিবর্তন কত হবে?

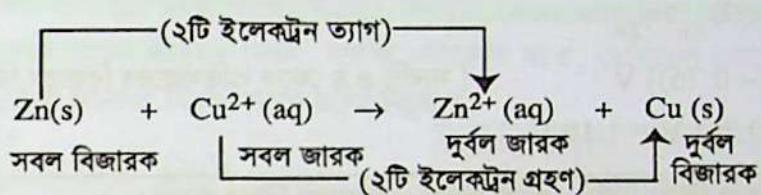


[Ans.  $-266.34 \text{ kJ}$ ]

## ৪.৯ Red-Ox বিক্রিয়া, কোষ বিভব ও প্রমাণ কোষ বিভব

### Red-Ox Reaction, Cell Potentials & Standard Cell Potentials

(১) রিডক্স (Red-Ox) বিক্রিয়া : প্রত্যেক রিডক্স বিক্রিয়া হলো দুটি অর্ধ-বিক্রিয়ার সমষ্টি। এর প্রত্যেক পার্শ্বে একটি বিজারক ও একটি জারক উপাদান থাকে। যেমন, জিন্ক-কপার বিক্রিয়ায় Zn ও Cu উভয়ই হলো বিজারক এবং Cu<sup>2+</sup> আয়ন ও Zn<sup>2+</sup> আয়ন হলো উভয় জারক। সবল বিজারক ও সবল জারক ঘৃতঃস্ফূর্তভাবে পরস্পর বিক্রিয়ায় যথাক্রমে দুর্বল জারক ও দুর্বল বিজারকে পরিণত হয়। যেমন—



জেনে নাও : এক্ষেত্রে এসিড-ফারক কেমিস্ট্রির মিল রয়েছে। সবল এসিড ও সবল ফারক ঘৃতঃস্ফূর্তভাবে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে দুর্বল ফারক ও দুর্বল এসিড তৈরি করে। তখন **কনজুগেট বা অনুবন্ধী অস্থিরকের মধ্যে একটি প্রোটনের পার্থক্য** থাকে। তখন এসিডে বেশি প্রোটন থাকে; কিন্তু ফারকে প্রোটন থাকে না। Red-Ox যুগলের বেলায় যেমন Zn ও Zn<sup>2+</sup> আয়নের ক্ষেত্রেও এক বা একাধিক ইলেক্ট্রনের পার্থক্য থাকে। তখন বিজারক উপাদানে (Zn) বেশি ইলেক্ট্রন থাকে; কিন্তু জারিত উপাদানে (Zn<sup>2+</sup>) তা থাকে না। এসিড-ফারক বিক্রিয়ায়, K<sub>a</sub> ও K<sub>b</sub> এর মান জেনে এসিড-ফারকের সবলতা তুলনা করা হয়। অনুরূপভাবে Red-Ox বিক্রিয়ায় বিজারণ বিভব E<sup>o</sup> এর মান জেনে জারক ও বিজারক তুলনা করা হয়।

সারণি-৪.৮-এ দেয়া তড়িৎধারসমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব (E<sup>o</sup>) এর মান থেকে জানা যায়, অধিক সবল জারক (সারণির বাম দিকের ক্যাটায়ন) এর অর্ধ-বিক্রিয়ার E<sup>o</sup> এর মান তুলনামূলক বেশি (বেশি ধনাত্মক অথবা কম ঋণাত্মক) থাকে। অপরদিকে, অধিক সবল বিজারক (সারণির ডান দিকের ধাতু) এর অর্ধ-বিক্রিয়ার E<sup>o</sup> এর মান তুলনামূলক কম (কম ধনাত্মক অথবা বেশি ঋণাত্মক) থাকে। সুতরাং 'প্রমাণ বিজারণ বিভব'-এর সারণি-৪.৮ অনুসারে, কোনো বিজারক (ডান দিকের) ও এর নিচে স্থান প্রাপ্ত জারক (বাম দিকে) এর মধ্যে ঘৃতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়া ঘটবে (E<sup>o</sup><sub>cell</sub> > 0)। অপর কথায়,

তড়িৎ কোষে ঘৃতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়ার জন্য অধিক সবল বিজারক (অ্যানোডরুপে) নিতে হবে সারণির ডানদিকে ওপর থেকে এবং জারক (ক্যাথোডরুপে) নিতে হবে সারণির বামদিকে নিচের থেকে। যেমন, Zn (ডান দিকে ওপরে) ও Cu<sup>2+</sup> আয়ন (বাম দিকে নিচে) এর মধ্যে ঘৃতঃস্ফূর্ত কোষ বিক্রিয়া ঘটবে।

(২) কোষ বিভব : কোষ বিভবের সংজ্ঞা : কোনো তড়িৎ কোষে অ্যানোড বা ঋণাত্মক ইলেক্ট্রোড থেকে যে বিকর্ষণ বল দ্বারা ঋণাত্মক ইলেক্ট্রনসমূহ বিকর্ষিত হয়ে ক্যাথোডে বা ধনাত্মক ইলেক্ট্রোডের দিকে ধাবিত হয়, তাকে ঐ কোষের বিভব বা emf বলে। গাণিতিকভাবে, কোষ বিভব বা কোষের emf (E<sub>cell</sub>) হলো অ্যানোডের জারণ বিভব ও ক্যাথোডের বিজারণ বিভব মানের সমষ্টির সমান।

$$\begin{aligned} \therefore E_{\text{cell}} &= E_{\text{anode (ox)}} + E_{\text{cathode (red)}} \\ &= E_{\text{cathode (red)}} - E_{\text{anode (red)}} \end{aligned}$$

কোষের emf তড়িৎধারের ধাতুর (i) প্রকৃতি, (ii) দ্রবণে আয়নের ঘনমাত্রা ও (iii) দ্রবণের তাপমাত্রার ওপর নির্ভর করে। তাই তড়িৎধারে 1.0 M দ্রবণ ও তাপমাত্রা 25°C ছির রেখে তড়িৎধারসমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব নির্ণয় করা হয়েছে (সারণি-৪.৮)।

(৩) প্রমাণ কোষ বিভব : প্রমাণ কোষ বিভবের সংজ্ঞা : প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভববিশিষ্ট দুটি অর্ধকোষ সমন্বয়ে তৈরি করা তড়িৎ কোষের ক্যাথোড ও অ্যানোডের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিজ্ঞারণ বিভবের পার্থক্যের মানকে তড়িৎ কোষটির প্রমাণ কোষ বিভব বলে। প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বলতে প্রতিটি অর্ধকোষে  $25^{\circ}\text{C}$  তাপমাত্রায় ও 1 M ঘনমাত্রার তড়িৎ বিশ্লেষ্যে থাকা তড়িৎদ্বারে সৃষ্টি তড়িৎ বিভবকে বোঝায়। প্রমাণ কোষ বিভব ( $E_{\text{cell}}^{\circ}$ )-কে গাণিতিকভাবে নিম্ন সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এক্ষেত্রে উভয় তড়িৎদ্বারের প্রমাণ বিজ্ঞারণ বিভব ব্যবহৃত হয়।

$$E_{\text{cell}}^{\circ} = E_{\text{cathode (red)}}^{\circ} - E_{\text{anode (red)}}^{\circ}$$

জিঙ্ক-কপার তড়িৎ কোষের বিভব হবে নিম্নরূপ :

$$E_{\text{cell}}^{\circ} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} - E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^{\circ}$$

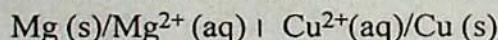
$$= [0.34 - (-0.76)] \text{ V} \quad [\text{সারণি-8.8 থেকে তড়িৎদ্বারের বিজ্ঞারণ বিভব মান নেয়া}] \\ = [0.34 + 0.76] \text{ V} = 1.10 \text{ V}$$

শিক্ষার্থীর কাজ-৮.৯ : কোষ বিভব নির্ণয় : প্রমাণ জারণ ও বিজ্ঞারণ বিভব থেকে :

সমস্যা-৮.৩২ :  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}$  এবং  $\text{Ag}/\text{Ag}^{+}$  তড়িৎদ্বারের প্রমাণ জারণ বিভব + 0.76 V এবং - 0.80 V। তড়িৎ কোষটির বিভব মান গণনা করো। [ডি: 1.56 V]

সমস্যা-৮.৩৩ : নিচের কোষটির প্রমাণ কোষ বিভব 0.92 V এবং  $\text{Al}^{3+}/\text{Al}$  এর প্রমাণ বিজ্ঞারণ বিভব - 1.66 V হলে  $\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}$  এর প্রমাণ বিজ্ঞারণ বিভব কত হবে?  $\text{Al}(\text{s})/\text{Al}^{3+}(\text{aq}) \parallel \text{Cr}^{3+}(\text{aq})/\text{Cr}(\text{s})$ । [ডি: - 0.74 V]

সমস্যা-৮.৩৪ : নিচের রাসায়নিক কোষটির কোষ বিভব গণনা করো।



এক্ষেত্রে  $E_{\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}} = -2.36 \text{ V}$  এবং  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0.34 \text{ V}$  [ডি: 2.7 V]

সমস্যা-৮.৩৫ : নিচে দেয়া কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষটির emf বের করো। [সি. বো. ২০১৫]

$\text{A}/\text{A}^{2+} \parallel \text{B}^{2+}/\text{B}; E_{\text{A}/\text{A}^{2+}}^{\circ} = +0.80 \text{ V}; E_{\text{B}/\text{B}^{2+}}^{\circ} = +0.40 \text{ V}$  [ডি: 0.40 V]

জেনে নাও : বিদ্যুৎ বা তড়িৎ শক্তি দ্বারা কাজ (work) সম্পাদিত হয়। কোষের এ বিদ্যুৎ শক্তি উভয় ইলেক্ট্রোডের তড়িৎ বিভব পার্থক্যের সমান। একে কোষের ভোল্টেজ বা emf বলা হয়।

নেগেটিভ ইলেক্ট্রোড থেকে ইলেক্ট্রন স্বতঃস্ফূর্তভাবে পজিটিভ ইলেক্ট্রোডে প্রবাহিত হয় অর্থাৎ ইলেক্ট্রন প্রবাহ অধিকতর পজিটিভ তড়িৎ বিভবের ইলেক্ট্রোডমুখী হয়। তাই কোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা হলো ধনাত্মক কোষ বিভব অর্থাৎ

$E_{\text{cell}} > 0$  বা ধনাত্মক হলে, তখন কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হয়।

$E_{\text{cell}} = 0$  হলে, কোষ বিক্রিয়া সাম্যাবস্থায় রয়েছে; তখন ঐ কোষটি নিষ্ঠিয় বা মৃত হয়েছে (The Cell is dead)।

$E_{\text{cell}} < 0$  বা ঋণাত্মক হলে, তখন কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত নয়।

SI এককে, তড়িৎ বিভব হলো ভোল্ট (V) এবং বৈদ্যুতিক চার্জের একক হলো কুলম্ব (C)। শক্তি বা কাজের সংজ্ঞা মতে, এক ভোল্ট বিভব পার্থক্যের দুটি ইলেক্ট্রোডের মধ্যে এক কুলম্ব বিদ্যুৎ চার্জ প্রবাহের ফলে এক জুল (J) শক্তি-মুক্ত হয় বা সমতুল্য কাজ সম্পাদিত হয়। তাই  $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ ,  $\therefore 1 \text{ J}$  (কাজ) =  $1 \text{ V}$  (তড়িৎ বিভব)  $\times 1 \text{ C}$  (তড়িৎ চার্জ)

কয়েকটি গ্যালভানিক বা ভোল্টায়িক কোষের কোষ বিভব হলো নিম্নরূপ :

(১) শুষ্ক কোষ বা ড্রাই ব্যাটারি (ফ্লাশ লাইট) : 1.50 V

(৪) ক্যালকুলেটর সিলভার বাটন ব্যাটারি : 1.60 V

(২) লেড-এসিড কার ব্যাটারি (৬ সেল = 12 V) : 2.00 V

(৫) লিথিয়াম-আয়ন ল্যাপটপ ব্যাটারি : 3.70 V

(৩) ক্যালকুলেটর ব্যাটারি (মার্কারি) : 1.30 V

(৬) হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল ব্যাটারি : 1.23 V

## ৪.১০ তড়িৎদ্বার ও কোষের বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট সমীকরণ

### Nernst Equation Related to EMF of Electrodes & Cell

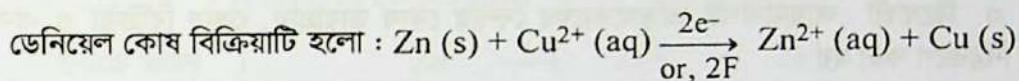
প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব মান থেকে প্রমাণ কোষ বিভব গণনা করা সহজ। কিন্তু অধিকাংশ কোষের বেলায় সব উপাদান (components) প্রমাণ অবস্থায় বা standard states-এ থাকে না। এছাড়া কোষ বিক্রিয়া শুরুর সাথে দ্রবণের ঘনমাত্রা ও তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে। আবার বিভিন্ন ব্যাটারিতে বিক্রিয়কসমূহের ঘনমাত্রা প্রমাণ অবস্থায় থাকে না। তাই জার্মান রসায়নবিদ নার্নস্ট প্রমাণ অবস্থায় অর্থাৎ তাপমাত্রা  $25^{\circ}\text{C}$  ও বিক্রিয়কের এক মোলার ঘনমাত্রায় ( $1\text{ M}$ ) (standard states-এ) নির্ণিত ইলেকট্রোডের বিভব মান ( $E^{\circ}$ )-এর সাথে অপ্রমাণ অবস্থায় (non-standard states-এ) ঐ ইলেকট্রোডের বিজ্ঞান বিভব ( $E$ ) মানের সম্পর্ক স্থাপন করেন। যেমন, নার্নস্ট সমীকরণ মতে, ডেনিয়েল কোষে অপ্রমাণ অবস্থায় জিক্ষ ইলেকট্রোড ও কপার ইলেকট্রোডের বিজ্ঞান বিভব সম্পর্ক হলো নিম্নরূপ :

$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^{\circ} + \frac{RT}{2F} \ln [\text{Zn}^{2+}(\text{aq})]$$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} + \frac{RT}{2F} \ln [\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]$$

**MCQ-4.17:** সক্রিয়তা সিরিজ মতে নিচের কোনটি সঠিক? [ব. বো. ২০১৫]

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| (ক) $\text{Al} > \text{Ni}$ | (খ) $\text{Zn} > \text{Mg}$ |
| (গ) $\text{Fe} > \text{Na}$ | (ঘ) $\text{Cu} > \text{Sn}$ |



কোষ বিভব,  $E_{\text{cell}} = E_{\text{cathode(red)}} - E_{\text{anode(red)}}$

$$\begin{aligned} \therefore E_{\text{cell}} &= \{ E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} + \frac{RT}{2F} \ln [\text{Cu}^{2+}(\text{aq})] \} - \{ E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^{\circ} + \frac{RT}{2F} \ln [\text{Zn}^{2+}(\text{aq})] \} \\ &= \left\{ E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} - E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^{\circ} \right\} + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Zn}^{2+}(\text{aq})]} \\ \therefore E_{\text{cell}} &= E_{\text{cell}}^{\circ} - \frac{2.303RT}{2F} \log \frac{[\text{Zn}^{2+}(\text{aq})]}{[\text{Cu}^{2+}(\text{aq})]} ; \end{aligned}$$

#### (ক) তড়িৎ কোষ বিভবের নার্নস্ট সমীকরণ

যেকোনো কেলভিন তাপমাত্রা ( $T$ ) এবং অর্ধকোষদ্বয়ের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের যেকোনো মোলার ঘনমাত্রাসহকারে তৈরি করা তড়িৎ কোষের বিভব ( $E$ ) এর সাথে প্রমাণ অবস্থায় ঐ অর্ধকোষ দ্বারা সৃষ্টি প্রমাণ কোষ বিভব ( $E^{\circ}$ ) এর সম্পর্কযুক্ত এক সমীকরণ রসায়নবিদ নার্নস্ট প্রতিষ্ঠা করেন। কোষ বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট সমীকরণটি নিম্নরূপ :

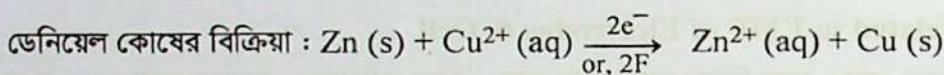
$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln Q = E_{\text{cell}}^{\circ} - \frac{2.303RT}{nF} \log Q, \text{ এক্ষেত্রে } Q = \frac{[\text{উৎপাদ আয়ন}]^x}{[\text{বিক্রিয়ক আয়ন}]^y}$$

x ও y হলো জারণ-বিজ্ঞান (REDOX) সমীকরণে উভয় আয়নের সহগ।

এখানে  $R = 8.314\text{JK}^{-1}(\text{mol r} \times \text{n})^{-1}$ ,  $[\text{r} \times \text{n} = \text{reaction}]$ ;  $T = 298\text{ K}$ , প্রতি মোল বিক্রিয়ার মোল ইলেকট্রন সংখ্যা,  $F = 96500\text{ C} = 96500\text{ J. (V. mol.e)}^{-1}$  ধরে  $2.303RT/F = 0.0592\text{ V}$  হয়। উপরোক্ত সমীকরণে মান বসিয়ে পাই,

$$\therefore E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^{\circ} - \frac{0.0592\text{V}}{n} \times \log Q$$

উদাহরণ-১। ডেনিয়েল কোষের বেলায়, কোষ ডায়াগ্রাম:  $Zn(s) / Zn^{2+}(aq) | Cu^{2+}(aq) / Cu(s)$



$$\therefore \text{নার্স্ট সমীকরণ মতে, } E_{cell} = E_{cell}^0 - \frac{0.0592 V}{2} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} ; \text{ এখানে, } Q = \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

প্রমাণ অবস্থায়, অর্থাৎ  $T = 298 K$  এবং  $[Zn^{2+}] = [Cu^{2+}] = 1 M$  হলে  $Q = 1$ ,

$$\text{তখন ডেনিয়েল কোষটির বিভব হবে, } E_{cell} = E_{cell}^0 - \frac{0.0592 V}{2} \log \frac{1M}{1M} ; \text{ বা, } E_{cell} = E_{cell}^0 + 0$$

প্রমাণ অবস্থায় ডেনিয়েল কোষের বিভব,  $E_{cell}^0 = 1.10 V$ ।

যদি  $[Zn^{2+}] < [Cu^{2+}]$  তখন  $Q < 1$  এবং কোষটির বিভব  $1.10V$  থেকে বেশি হবে। যেমন, যদি  $[Zn^{2+}] = 1.0 \times 10^{-4} M$  এবং  $[Cu^{2+}] = 2.0 M$  হয়, তখন ডেনিয়েল কোষটির কোষ বিভব হবে:

$$E_{cell} = E_{cell}^0 - \frac{0.0592 V}{2} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} = 1.10V - \frac{0.0592 V}{2} \times \log \frac{1.0 \times 10^{-4}}{2.0}$$

$$E_{cell} = 1.10V - 0.0296 \times (-4.30) V = 1.10V + 0.127 V = \boxed{1.23 V}$$

উদাহরণ-২। একযোজী ও দ্বিযোজী আয়নবিশিষ্ট তড়িৎকোষের বেলায় কোষ ডায়াগ্রাম, কোষ বিক্রিয়া ও নার্স্ট সমীকরণ মতে e. m. f প্রকাশ নিম্নরূপে করা হয়:

কোষ ডায়াগ্রাম:  $Ni(s) / Ni^{2+}(aq) | Ag^+(aq) / Ag(s)$

কোষ বিক্রিয়া:  $Ni(s) + 2Ag^+(aq) \xrightarrow{2e^-} Ni^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

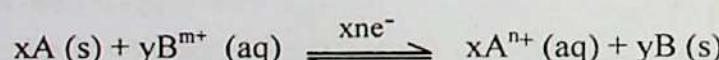
উপরিউক্ত তড়িৎকোষের বিভব (e. m. f) নিম্নরূপে লেখা হয়। যেমন,

$$E_{cell} = E_{cell}^0 - \frac{0.0592 V}{2} \log \frac{[Ni^{2+}(aq)]}{[Ag^+(aq)]^2}$$

\* তড়িৎ রাসায়নিক কোষের উভয়ুভু সাধারণ বিক্রিয়াকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় :

**MCQ-4.18 : কোষের emf নির্ভর করে—** [চ. বো. ২০১৫]

- (i) আয়নের ঘনমাত্রার ওপর
- (ii) গ্যাসের চাপের ওপর
- (iii) ইলেক্ট্রোডের বিভব মানের ওপর  
নিচের কোনটি সঠিক?
- (ক) i ও ii                        (খ) ii ও iii
- (গ) i ও iii                        (ঘ) i, ii ও iii

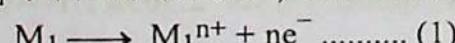


উপরিউক্ত বিক্রিয়ার রাসায়নিক কোষের ক্ষেত্রে নার্স্ট সমীকরণ মতে ঐ কোষের বিভব সমীকরণ নিম্নরূপ হয় :

$$E_{cell} = E_{cell}^0 - \frac{2.303 RT}{\chi n F} \log \frac{[A^{n+}]^x}{[B^{m+}]^y} ; \quad [\text{প্রমাণ অবস্থায় কঠিন পদার্থের সক্রিয়তা} = 1; \text{ তাই } \frac{R}{F} = 8.314 J K^{-1} mol^{-1}, T = \text{কেলভিন তাপমাত্রা}; \text{ এক্ষেত্রে } xn = my = \text{স্থানান্তরিত ইলেক্ট্রন।}$$

n = প্রতি মোল বিক্রিয়ায় স্থানান্তরিত ইলেক্ট্রনের মোলসংখ্যা; F = 96500 C, [ ] = মোলার ঘনমাত্রা।  
জেনে নাও : \*\* অপ্রমাণ অবস্থায় অর্ধকোষের তড়িৎদ্বার বিভব সম্পর্কিত নার্স্টের সমীকরণ :

(১) তড়িৎদ্বারে জারণ ক্রিয়া সংঘটিত হলে, তখন IUPAC নিয়ম মতে তড়িৎদ্বারের জারণ বিভবের মান থেকে অর্ধকোষের তড়িৎদ্বার বিজ্ঞান বিভব,  $E_{red}$  প্রকাশ করা হয়। যেমন, একটি অর্ধকোষের জারণ বিক্রিয়া :



$$\text{নার্স্টের সমীকরণ মতে অর্ধকোষটির } E_{ox}^0 = E_{ox}^0 - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[M_1^{n+}]}{M_1}$$

IUPAC নিয়ম মতে ধাতুর সক্রিয় ভর  $M_1 = 1$  ধরা হয়। তখন  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়—

$$E_{\text{ox}} = E_{\text{ox}}^0 - \frac{0.0592\text{V}}{n} \log [M_1^{n+}]$$

সুতরাং IUPAC নিয়ম মতে, অর্ধকোষটির তড়িৎদ্বার (বিজারণ) বিভব হবে,  $E_{\text{red}} = -E_{\text{ox}}^0$  হয়,

$$\therefore E_{\text{red}} = -E_{\text{ox}} = -E_{\text{ox}}^0 + \frac{0.0592\text{V}}{n} \log [M_1^{n+}]$$

$$\therefore E_{\text{red}} = E_{\text{red}}^0 + \frac{0.0592\text{V}}{n} \log [M_1^{n+}] \dots\dots\dots(2)$$

এখন সক্রিয়তা সিরিজ, সারণি-৮.৪ থেকে ধাতব তড়িৎদ্বারটির বিজারণ বিভব ( $E^\circ$ ) এর মান, (1) নং সমীকরণ থেকে ‘ $n$ ’ (ত্যাগ করা ইলেক্ট্রন সংখ্যা)-এর মান এবং  $M_1^{n+}$  আয়নের মোলার ঘনমাত্রার মান (2) নং সমীকরণে বসালে অপ্রমাণ অবস্থায় অর্ধকোষটির তড়িৎদ্বার (বিজারণ) বিভব ( $E_{\text{red}}$ ) এর মান পাওয়া যায়। [সমাধানকৃত সমস্যা-৮.২৮ দেখো।]

**MCQ-4.19 :** স্বপ্ন সেতুতে তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত হয় কোনটি?

[চ. বো. ২০১৭]

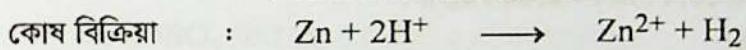
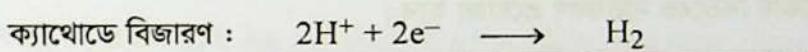
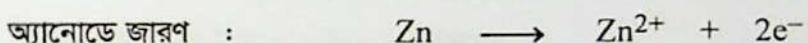
(ক)  $\text{KCl}, \text{KNO}_3, \text{NH}_4\text{Cl}$

(খ)  $\text{KCl}, \text{K}_2\text{SO}_4, \text{Na}_2\text{SO}_4$

(গ)  $\text{KCl}, \text{NH}_4\text{Cl}, \text{Na}_2\text{CO}_3$

(ঘ)  $\text{KCl}, \text{NH}_4\text{Cl}, \text{NaNO}_3$

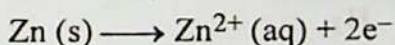
(২)  $\text{Zn}/\text{Zn}^{2+} \parallel \text{H}^+/\text{H}_2, \text{Pt}$  কোষের EMF গণনায় নার্নস্টের সমীকরণ :



$$\therefore E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^0 - \frac{0.0592\text{V}}{2} \log \frac{[\text{Zn}^{2+}] \times P_{\text{H}_2}}{[\text{H}^+]^2}; P_{\text{H}_2} = \text{atm} \text{ এককে } \text{H}_2 \text{ এর চাপ।}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৩০ :  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $0.5\text{ M}$   $\text{ZnSO}_4$  দ্রবণে  $\text{Zn}$  তড়িৎদ্বার ডুবালে তখন ঐ তড়িৎদ্বারের বিভব কত হবে নির্ণয় করো। [ $E_{\text{Zn/Zn}^{2+}}^0 = +0.76\text{ V}$ ]

সমাধান : নার্নস্টের তত্ত্ব মতে,  $\text{Zn}$  দণ্ডি  $\text{Zn}^{2+}$  আয়নের দ্রবণে ডুবালে জারণ ক্রিয়া ঘটবে।

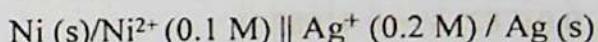


$$\therefore \text{নার্নস্টের সমীকরণ মতে, } E_{\text{ox}} = E_{\text{ox}}^0 - \frac{0.0592\text{V}}{n} \log [M^{n+}] \quad [25^\circ\text{C তাপমাত্রায়}]$$

$$\therefore E_{\text{Zn/Zn}^{2+}} = 0.76\text{ V} - \frac{0.0592\text{V}}{2} \times \log 0.5 \quad \text{প্রশ্নমতে, } [M^{n+}] = 0.5\text{ (M)}, n = 2$$

$$\therefore E_{\text{Zn/Zn}^{2+}} = 0.76\text{ V} - (-0.00891)\text{ V} = 0.7689\text{ V} \text{ (উত্তর)}$$

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৩১ :  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় নিচের কোষটির কোষ বিভব গণনা কর।



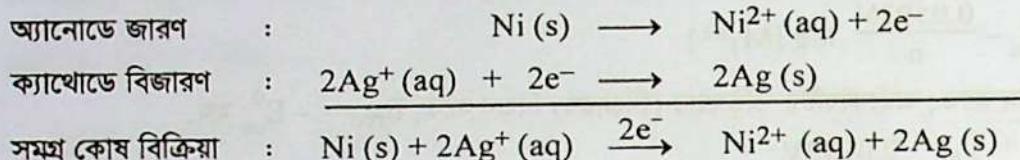
দেয়া আছে,  $E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 = -0.25\text{ V}$ ;  $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = +0.80\text{ V}$

দক্ষতা : উভয় আয়নের ঘনমাত্রা দেয়া থাকায় কোষের নার্নস্ট সমীকরণ প্রয়োগ করতে হবে।

সমাধান : নার্নস্টের সমীকরণ মতে তড়িৎ কোষের কোষ বিভব সমীকরণ :

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^0 - \frac{0.0592\text{V}}{n} \log Q, Q = \frac{\text{উৎপাদ আয়ন}}{\text{বিক্রিয়ক আয়ন}}^x, x \text{ ও } y \text{ হলো উভয় আয়নের সহগ।}$$

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ:



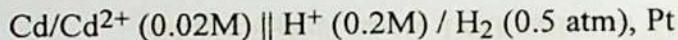
এক্ষেত্রে,  $n = 2$ ,  $[\text{উৎপাদ আয়ন}] = [\text{Ni}^{2+}] = 0.1\text{M}$  (প্রশ্নমতে), সমীকরণে সহগ  $x = 1$ ,  $y = 2$

$[\text{বিক্রিয়ক আয়ন}] = [\text{Ag}^+] = 0.2\text{M}$  (প্রশ্নমতে)

$$\therefore E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^0 - \frac{0.0592 \text{ V}}{2} \log \frac{[\text{Ni}^{2+}]}{[\text{Ag}^+]^2}; E_{\text{cell}} = E_{\text{cathode}}^0 - E_{\text{anode}}^0 - 0.0296 \text{ V} \log \frac{0.1}{(0.2)^2}$$

$$\begin{aligned} \therefore E_{\text{cell}} &= [0.80 - (-0.25)] \text{ V} - 0.0296 \text{ V} \times (-0.3979) \\ &= 1.05 \text{ V} + 0.011777 \text{ V} = 1.062 \text{ V}; \therefore \text{কোষটির বিভব হলো } 1.062 \text{ V (উত্তর)} \end{aligned}$$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৮.৩২ :  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় নিচের কোষটির কোষ বিভব (emf) গণনা করো।



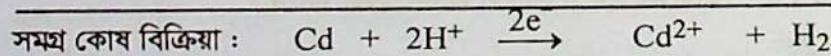
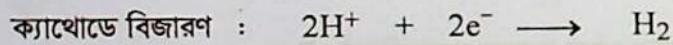
$$\text{দেয়া আছে, } E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 = -0.402 \text{ V}$$

দক্ষতা : H তড়িৎদ্বার সংবলিত নার্নস্টের কোষ বিভবের সমীকরণ প্রযোজ্য হবে।

সমাধান : নার্নস্টের সমীকরণ মতে তড়িৎ কোষের কোষ বিভব সমীকরণ হলো :

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^0 - \frac{0.0592 \text{ V}}{n} \log \frac{[\text{Cd}^{2+}] \times P_{\text{H}_2}}{[\text{H}^+]^2}; P_{\text{H}_2} = \text{atm} \text{ এককে H}_2 \text{ এর চাপ}$$

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ :



এক্ষেত্রে,  $n = 2$ ,  $[\text{Cd}^{2+}] = 0.02\text{M}$ ,  $[\text{H}^+] = 0.2\text{M}$ ,  $P_{\text{H}_2} = 0.5 \text{ atm}$

$$E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 = -0.402 \text{ V}, E_{\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0.0 \text{ V}$$

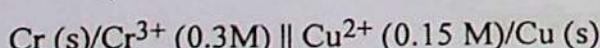
$$\therefore E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^0 - \frac{0.0592 \text{ V}}{2} \log \frac{0.02 \times 0.5}{(0.2)^2}$$

$$\text{বা, } E_{\text{cell}} = [0.0 - (-0.402)] \text{ V} - 0.0296 \text{ V} \times \log 0.25$$

$$\text{বা, } E_{\text{cell}} = 0.402 \text{ V} - (-0.01782) \text{ V} = 0.41982 \text{ V}$$

$$\therefore \text{কোষটির বিভব মান হলো } 0.41982 \text{ V (উত্তর)}$$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৮.৩৩ :  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় নিচের কোষটির কোষ বিভব গণনা করো।



$$\text{দেয়া আছে, } E_{\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}}^0 = -0.74 \text{ V}, E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0.34 \text{ V}$$

**MCQ-4.20 : Pt, H<sub>2</sub>/H<sup>+</sup> (E<sup>0</sup> = 0.0V)**

এর সাথে ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহৃত হয় কোনটি? [চ. বো. ২০১৭]

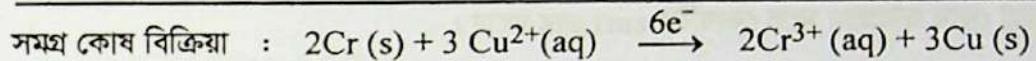
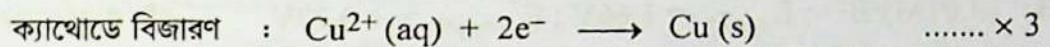
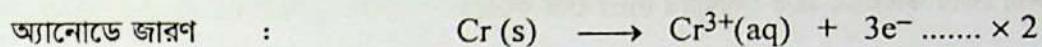
- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| (ক) Zn <sup>2+</sup> /Zn | (খ) Mg <sup>2+</sup> /Mg |
| (গ) Cu <sup>2+</sup> /Cu | (ঘ) Fe <sup>2+</sup> /Fe |

দক্ষতা : উভয় আয়নের ঘনমাত্রা দেয়া থাকায় কোষের নার্স্ট সমীকরণ প্রয়োগ হবে।

সমাধান : নার্স্টের সমীকরণ মতে তড়িৎ কোষের কোষ বিভব সমীকরণটি হলো :

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^0 - \frac{0.0592V}{n} \log Q, \text{ এখানে } Q = \frac{\text{উৎপাদ আয়ন}^x}{\text{বিক্রিয়ক আয়ন}^y}$$

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ :



এক্ষেত্রে,  $n = 6$ ,  $[\text{Cr}^{3+}] = 0.3 \text{ M}$ ,  $[\text{Cu}^{2+}] = 0.15 \text{ M}$ ; উৎপাদ আয়ন  $x = 2$ , বিক্রিয়ক আয়ন,  $y = 3$

$$\therefore E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^0 - \frac{0.0592 \text{ V}}{6} \log \frac{[\text{Cr}^{3+}]^2}{[\text{Cu}^{2+}]^3}; E_{\text{cell}} = E_{\text{cathode}}^0 - E_{\text{anode}}^0 - 0.00987 \text{ V} \times \log \frac{(0.3)^2}{(0.15)^3}$$

$$\therefore E_{\text{cell}} = [0.34 - (-0.74)] \text{ V} - 0.00987 \text{ V} \times 1.426 = (1.08 - 0.014) \text{ V} = 1.066 \text{ V}$$

$\therefore$  কোষটির বিভব মান = 1.066 V (উন্নত)

সমাধানকৃত সমস্যা-৮.৩৪ : নিচের ডেনিয়েল কোষটির কোষ বিভব গণনা করো।



$$25^\circ\text{C}-এ E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0.76 \text{ V} \text{ এবং } E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0.34 \text{ V}$$

দক্ষতা : উভয় আয়নের ঘনমাত্রা দেয়া থাকায় কোষের নার্স্ট সমীকরণটি প্রয়োগ করতে হবে।

সমাধান : নার্স্ট সমীকরণ মতে তড়িৎকোষের বিভব (EMF) সমীকরণ নিম্নরূপ :

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cell}}^0 - \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{\text{উৎপাদ আয়নের ঘনমাত্রা } [\text{Zn}^{2+}]}{\text{বিক্রিয়ক আয়নের ঘনমাত্রা } [\text{Cu}^{2+}]}$$

$$= E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 - E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 - \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{[\text{Zn}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]}$$

গ্যাস ধ্রুবক,  $R = 8.314 \text{ JK}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

তাপমাত্রা,  $T = (25 + 273) = 298 \text{ K}$

প্রশ্নমতে,  $[\text{Zn}^{2+}] = 0.10 \text{ mol L}^{-1}$ ;  $[\text{Cu}^{2+}] = 0.05 \text{ mol L}^{-1}$

ইলেক্ট্রনের মোলসংখ্যা,  $n = 2$

$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0.34 \text{ V} \text{ (প্রশ্নে দেয়া আছে)}$$

বিদ্যুৎ চার্জ,  $F = 96500 \text{ C}$

$$E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0.76 \text{ V} \text{ (প্রশ্নে দেয়া আছে);}$$

কোষের তড়িৎচালক বল,  $E_{\text{cell}} = ?$

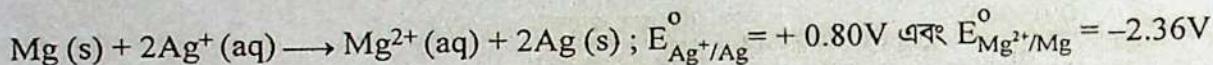
$\therefore$  মান বসিয়ে পাই;

$$\begin{aligned} E_{\text{cell}} &= 0.34 \text{ V} - (-0.76) \text{ V} - \frac{2.303 \times 8.314 \times 298 \text{ V}}{2 \times 96500} \log \frac{0.10}{0.05} \\ &= (1.10 - 0.02956 \times \log 2) \text{ V} = (1.10 - 0.02956 \times 0.301) \text{ V} \\ &= (1.10 - 0.008897) \text{ V} = 1.0911 \text{ V} \end{aligned}$$

$\therefore$  এ কোষটির বিভব (EMF) = 1.0911 V

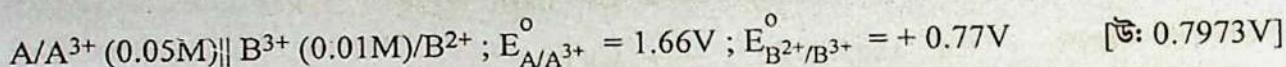
**শিক্ষার্থীর কাজ-৪.১০ :** কোষ বিভব নির্ণয় : নার্সট সমীকরণভিত্তিক গণনা :

সমস্যা-৪.৩৬ : নিচে রাসায়নিক বিক্রিয়ার তড়িৎ কোষটির কোষ বিভব গণনা করো।

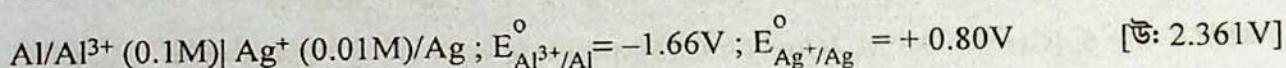


$$\text{এক্ষেত্রে } [\text{Mg}^{2+}] = 0.13\text{M} \text{ এবং } [\text{Ag}^+] = 1.0 \times 10^{-4}\text{M} \text{ } 25^\circ\text{C} \text{ এ } \quad [\text{উ}: 2.9495\text{V}]$$

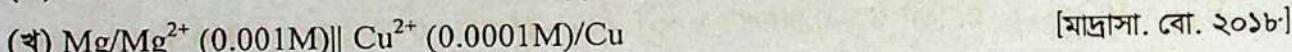
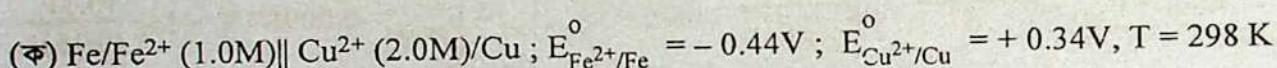
সমস্যা-৪.৩৭ : নিচে দেয়া কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষটির emf বের করো।



সমস্যা-৪.৩৮ : নিচে দেয়া কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষটির emf বের করো।

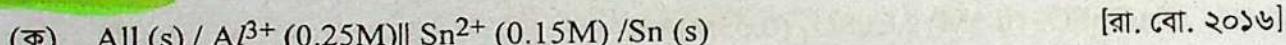


সমস্যা-৪.৩৯ : নিচে দেয়া কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষটির emf গণনা করো। [জ. বো. ২০১৫]

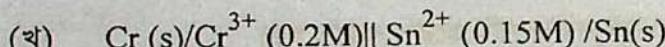


দেয়া আছে,  $E_{\text{Mg}/\text{Mg}^{2+}}^{\circ} = +2.37\text{V}$ ;  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} = +0.34\text{V}$ ; [উ: 2.71 V]

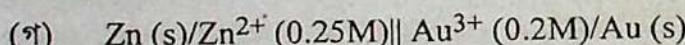
সমস্যা-৪.৪০ :  $25^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় নিম্নোক্ত কোষের emf গণনা করো।



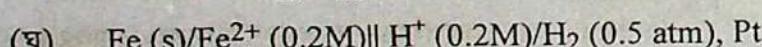
দেয়া আছে,  $E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^{\circ} = -1.66\text{V}$ ;  $E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^{\circ} = -0.14\text{V}$  [উ: 1.517 V]



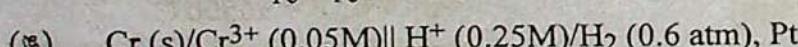
দেয়া আছে,  $E_{\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}}^{\circ} = -0.74\text{V}$ ;  $E_{\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}}^{\circ} = -0.14\text{V}$  [উ: 0.5894 V]



দেয়া আছে,  $E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^{\circ} = -0.76\text{V}$ ;  $E_{\text{Au}^{3+}/\text{Au}}^{\circ} = +1.42\text{V}$  [উ: 2.184 V]



দেয়া আছে,  $E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^{\circ} = -0.44\text{V}$  [উ: 0.428 V]



দেয়া আছে,  $E_{\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}}^{\circ} = -0.74\text{V}$  [উ: 0.7322 V]

## ৪.১১ তড়িৎধার ও এর প্রকারভেদ

### Electrodes & Their Types

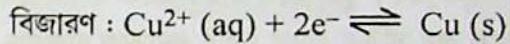
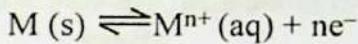
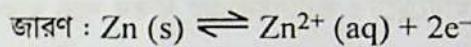
তড়িৎধার বা ইলেক্ট্রোড বলতে অর্ধকোষে নিমজ্জিত ধাতব পাত বা দণ্ডকে বোঝানো হয়। যেমন ডেনিয়েল কোষে ব্যবহৃত  $\text{Zn}$  দণ্ড ও  $\text{Cu}$  দণ্ড হলো ঐ কোষের দুটি তড়িৎধার। এদেরকে অ্যানোড ও ক্যাথোড বলা হয়। এরা সক্রিয়

তড়িৎদ্বার, কারণ কোষ বিক্রিয়ায় এরা ইলেকট্রন আদান প্রদান করে। এছাড়া H-তড়িৎদ্বারে নিম্নোক্ত তড়িৎদ্বাররূপে Pt তার ব্যবহৃত হয়। তবে এক্ষেত্রে তড়িৎদ্বার বলতে অর্ধকোষকে বোঝানো হয়েছে। অর্ধকোষসমূহ গঠন অনুসারে পাঁচ প্রকার।

(১) ধাতু ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ, (২) ধাতু ও ধাতুর অদ্বিতীয় লবণ অর্ধকোষ, (৩) ধাতু-অ্যামালগাম ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ, (৪) একই ধাতুর দুটি ভিন্ন আয়নের জারণ-বিজ্ঞান অর্ধকোষ, (৫) গ্যাস অর্ধকোষ।

১। ধাতু ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ : এরূপ অর্ধকোষে কোনো ধাতুর সংস্পর্শে ঐ ধাতুর আয়নের দ্রবণ থাকে। এ প্রকার অর্ধকোষকে  $M(s)/M^{2+}(aq)$  প্রতীক দ্বারা লেখা হয়। ডেনিয়েল কোমের অর্ধকোষ দুটি এ শ্রেণির উদাহরণ; যেমন—  $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$  :  $Cu(s)/Cu^{2+}(aq)$

এক্ষেত্রে অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো :



২। ধাতু ও ধাতুর অদ্বিতীয় লবণ অর্ধকোষ : এরূপ অর্ধকোষে কোনো ধাতুকে এর কোনো অদ্বিতীয় লবণের মধ্যে চুকিয়ে রেখে ঐ অদ্বিতীয় লবণের অ্যানায়ন সম্প্রসরণ একটি যৌগের দ্রবণ যোগ করা হয়। যেমন, Ag তারকে অদ্বিতীয়  $AgCl(s)$  এর মধ্যে চুকিয়ে রেখে এতে  $HCl$  বা,  $NaCl$  দ্রবণ যোগ করে সৃষ্টি অর্ধকোষটি হয় :

$Ag(s), AgCl(s)/Cl^-(aq)$ । এ শ্রেণির ক্যালোমেল অর্ধকোষটি হলো :  $Hg(l), Hg_2Cl_2(s)/Cl^-(aq)$

অ্যানোডরূপে ক্যালোমেল অর্ধকোষ বিক্রিয়া :  $2Hg(l) + 2Cl^-(aq) \rightleftharpoons Hg_2Cl_2(s) + 2e^-$

ক্যাথোডরূপে ক্যালোমেল অর্ধকোষ বিক্রিয়া :  $Hg_2Cl_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg(l) + 2Cl^-(aq)$

৩। ধাতু-অ্যামালগাম ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ : অধিক সক্রিয় ধাতু ও পারদের (Hg) মিশ্রণ দ্বারা তৈরি ধাতু-অ্যামালগাম দণ্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণে ডুবিয়ে এরূপ অর্ধকোষ তৈরি করা হয়। তবে অ্যামালগাম ব্যবহার করায় ধাতুটির জারণ দ্বারা ধাতব আয়নে রূপান্তর নিয়ন্ত্রিত হয়। যেমন-সোডিয়াম অ্যামালগাম অর্ধকোষ  $Na. Hg(s)/Na^+(aq)$

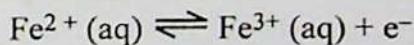
এক্ষেত্রে অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো :  $Na.Hg(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + e^- + Hg(l)$

৪। জারণ-বিজ্ঞান অর্ধকোষ : কোনো অবস্থান্তর ধাতুর দুটি ভিন্ন জারণ-সংখ্যা বিশিষ্ট দুটি লবণের দ্রবণে একটি নিম্নোক্ত ধাতুর (Pt বা, Au) তারকে বৈদ্যুতিক পরিবাহীরূপে ডুবিয়ে এরূপ অর্ধকোষ তৈরি করা হয়। যেমন,

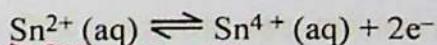
অর্ধকোষ :

$Pt, Fe^{2+}(aq)/Fe^{3+}(aq)$

জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া :



$Au, Sn^{2+}(aq)/Sn^{4+}(aq)$



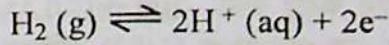
DOT: ১৭-১৮

৫। গ্যাস অর্ধকোষ : এরূপ অর্ধকোষে নিম্নোক্ত ধাতুর (Pt) তারকে  $H_2$  বা  $Cl_2$  গ্যাসের যৌগের দ্রবণে ডুবিয়ে রেখে  $25^\circ C$  ও  $1\text{ atm}$  চাপে ঐ গ্যাসটিকে ঐ দ্রবণে বুদবুদ আকারে চালনা করা হয়। যেমন হাইড্রোজেন অর্ধকোষ।

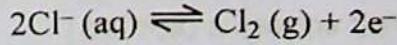
অর্ধকোষ :

$Pt, H_2(g)(1\text{ atm})/H^+(aq)(1M)$

জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া :



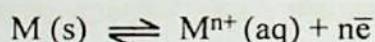
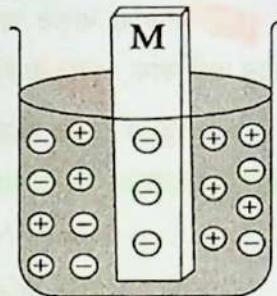
$Pt, Cl_2(g)(atm)/Cl^-(aq)(1M)$



## ৪.১২ ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠন

### Metal-Metal-ion Electrode Formation

কোনো ধাতুর পাত বা দণ্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণে ডুবালে তখন ধাতব দণ্ডের কেলাসে থাকা ধাতুর আয়ন ল্যাটিস বা কেলাস জলি ত্যাগ করে ক্যাটায়নরূপে দ্রবণে প্রবেশের প্রবণতা দেখায়। একে 'দ্রবণ চাপ' বলে। এ অবস্থায় ক্যাটায়নের চার্জের সমসংখ্যক ইলেকট্রন ধাতব দণ্ডে অতিরিক্ত থাকে। তাই ধাতব দণ্ডটি ঝণাত্মক চার্জযুক্ত হয়। ক্যাটায়নসমূহ পানি অণুর সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রোটেড আয়নরূপে থাকে। অপরদিকে লবণের দ্রবণে থাকা হাইড্রোটেড ক্যাটায়নসমূহ ধাতব দণ্ডে থাকা অতিরিক্ত ইলেকট্রন গ্রহণ করে ধাতব দণ্ডে পরমাণুরূপে যুক্ত হতে চায়। একে ক্যাটায়নের 'অসমোটিক চাপ' বলে। চিত্র-৪.১৬: ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার।



প্রতিটি তড়িৎদ্বারে ধনাত্মক আয়ন ও ধাতব পরমাণুর মধ্যে স্বতঃ জারণ-বিজারণ এ দুটি বিপরীতমুখী প্রবণতার পরিমাণ কখনো সমান হয় না। তাই ধাতব দণ্ড ও এর লবণের দ্রবণের ক্যাটায়নের মধ্যে একটি তড়িৎ বিভব সৃষ্টি হয়। এ বিভবকে তড়িৎদ্বার বিভব বলে। অধিক সক্রিয় ধাতুর বেলায় দ্রবণ চাপ বেশি ও অসমোটিক চাপ কম হয়। তখন তড়িৎদ্বারটি অ্যানোডরূপে কাজ করে; যেমন জিঙ্ক তড়িৎদ্বার। অপরদিকে, কম সক্রিয় ধাতুর বেলায় 'দ্রবণ চাপ' কম ও অসমোটিক চাপ বেশি হয়। ফলে তড়িৎদ্বারটি ক্যাথোডরূপে কাজ করে; যেমন কপার তড়িৎদ্বার।

### ব্যবহারিক (Practical)

শিক্ষার্থীর কাজ :

সময় : ১ পিরিয়ড

পরীক্ষা নং-১৬

তারিখ :

পরীক্ষার নাম : ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠন।

**মূলনীতি :** পরিষ্কার জিঙ্ক ধাতুর পাতকে জিঙ্ক সালফেট ( $ZnSO_4$ ) এর দ্রবণে ডুবালে জিঙ্ক ধাতুর পাত ও জিঙ্ক লবণের দ্রবণের সংযোগস্থলে  $Zn$  পরমাণু ও  $Zn^{2+}$  আয়নের মধ্যে রিডক্স বিক্রিয়ার ফলে তড়িৎ বিভব সৃষ্টি হয়। এরূপ  $Zn$  ধাতু ও  $Zn^{2+}$  আয়নের সমাবেশকে জিঙ্ক-জিঙ্ক আয়ন তড়িৎদ্বার বলা হয়। তদুপর  $Cu$  ধাতুর পাত ও  $CuSO_4$  দ্রবণের বেলায়  $Cu$  ধাতু ও  $Cu^{2+}$  আয়নের সমাবেশকে কপার-কপার আয়ন তড়িৎদ্বার বলে।

প্রয়োজনীয় উপকরণ :

(১) এক প্রান্তে ছিদ্র করা জিঙ্ক ধাতুর পাত বা দণ্ড, একটি (৪ ইঞ্চি), (২) জিঙ্ক সালফেট ( $ZnSO_4$ ), (৩) এক প্রান্তে ছিদ্র করা কপার ধাতুর পাত বা দণ্ড—একটি (৪ ইঞ্চি), (৪) কপার সালফেট ( $CuSO_4$ ), (৪) পানি।

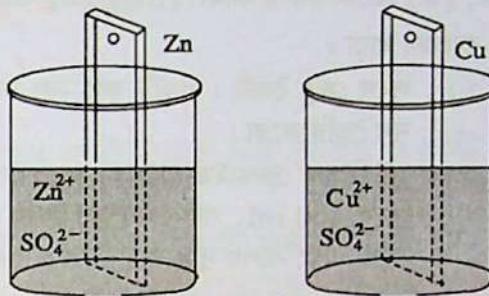
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

(১) বিকার-২টি (২৫০ mL), (২) ব্যালেন্স, (৩) মেজারিং সিলিভার ২০০–৫০০ mL (৪) গ্রাস রড।

কাজের ধারা :

১। জিঙ্ক-তড়িৎদ্বার তৈরি করার জন্য 200 mL 0.1M  $ZnSO_4$  দ্রবণ প্রস্তুত করো। এর জন্য 1 mol  $ZnSO_4$  ( $= 161.4$  g) এর এক-পঞ্চাশাংশ ( $1/50$ ) পরিমাণ অর্থাৎ  $(161.4 \div 50) = 3.23$  g  $ZnSO_4$  পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স (বা 2-ডিজিট ব্যালেন্স)-এ মেপে নাও।

- ২। অনুরূপভাবে কপার-তড়িৎদ্বার তৈরি করার জন্য 200 mL 0.1M  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণ প্রস্তুত করো। এর জন্য 1 mol  $\text{CuSO}_4$  (= 159.6 g) এর এক-পঞ্চাশাংশ (1/50) পরিমাণ অর্থাৎ  $(159.6 \div 50 = ) 3.20$  g  $\text{CuSO}_4$  পল-বুঙ্গ ব্যালেন্স (বা 2 ডিজিট ব্যালেন্স)-এ মেপে নাও।
- ৩। প্রথম 250 mL বিকারে 3.23 g  $\text{ZnSO}_4$  নাও এবং দ্বিতীয় 250 mL বিকারে 3.20 g  $\text{CuSO}_4$  নাও। এখন প্রতিটি বিকারে মেজারিং সিলিন্ডার দ্বারা 200 mL পানি যোগ করো এবং গ্রাস রড দিয়ে নেড়ে  $\text{ZnSO}_4$  লবণ দ্রবীভূত করো। এরপর গ্রাস রডটি ধুয়ে নাও এবং একইভাবে  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণটি তৈরি করো। লক্ষ্য করো  $\text{ZnSO}_4$  দ্রবণটি বর্ণহীন; কিন্তু  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণটি হালকা নীল।
- ৪। এখন হালকা নীল বর্ণের  $\text{CuSO}_4$  এর দ্রবণে কপার পাত বা কপার দণ্ডটি ডুবাও। বর্ণহীন  $\text{ZnSO}_4$  এর দ্রবণে জিক্কের পাত বা জিঙ্ক দণ্ডটি ডুবাও। এরপে জিঙ্ক ধাতু-জিঙ্ক আয়ন ( $\text{Zn/Zn}^{2+}$ ) তড়িৎদ্বার এবং কপার ধাতু-কপার আয়ন ( $\text{Cu/Cu}^{2+}$ ) তড়িৎদ্বার দুটি তৈরি হয়ে গেল।
- ৫। এ তড়িৎদ্বার দুটি সংরক্ষণ করো। পরবর্তী পরীক্ষার জন্য এ তড়িৎদ্বার দুটি ব্যবহার করা যাবে।



চিত্র-৪.১৭ : জিঙ্ক-জিঙ্ক আয়ন তড়িৎদ্বার ( $\text{Zn/Zn}^{2+}$ ) ও কপার-কপার আয়ন তড়িৎদ্বার

### ৪.১৩ রাসায়নিক কোষ গঠন করে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর

#### To Convert Chemical Energy into Electrical Energy by Forming a Cell

ভোল্টায়িক সেল বা গ্যালভানিক সেলে সংঘটিত ব্রতঃসূর্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া থেকে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। কোষ বিক্রিয়া মতে, উচ্চ শক্তির বিক্রিয়কসমূহ এবং নিম্নশক্তির উৎপাদসমূহের মধ্যে রাসায়নিক অভ্যন্তরীণ শক্তির পার্থক্য যত বেশি হয়, সে পরিমাণ রাসায়নিক অভ্যন্তরীণ শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। প্রতিটি ধাতু-ধাতু আয়ন অর্ধকোষের প্রমাণ বিজ্ঞান বিভব নির্ণীত আছে। উভয় অর্ধকোষের প্রমাণ বিজ্ঞান বিভব থেকে নিম্ন সমীকরণ মতে কোষ বিভব ( $E_{\text{cell}}^{\circ}$ ) গণনা করা যায়।  $E_{\text{cell}}^{\circ} = E_{\text{cathode (red)}}^{\circ} - E_{\text{anode (red)}}^{\circ}$

#### ব্যবহারিক (Practical)

শিক্ষার্থীর কাজ :

সময় : ১ পরিয়ড

পরীক্ষা নং-১৭

তারিখ : .....

পরীক্ষার নাম : কোষ গঠন করে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর।

**মূলনীতি :** জিঙ্ক-জিঙ্ক আয়ন তড়িৎদ্বারকে অ্যানোডরূপে ও কপার-কপার আয়ন তড়িৎদ্বারকে ক্যাথোডরূপে লবণ সেতুর মাধ্যমে সংযোগ দিয়ে পরে অ্যানোড প্রান্তকে কপার তার দিয়ে ভোল্টমিটারের ঝণাতুক প্রান্তে এবং ক্যাথোড প্রান্তকে ভোল্টমিটারের ধনাতুক প্রান্তে সংযোগ করলে উভয় তড়িৎদ্বারে ধাতু-ধাতু আয়নের মধ্যে সংঘটিত রিডক্স বিক্রিয়ার নির্গত রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ বিদ্যুৎ প্রবাহ ভোল্টমিটারে শক্তি প্রকাশ করে; বিদ্যুৎ বালবে আলো দেয়।

জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া :  $(\text{Zn/Zn}^{2+})$ :  $\text{Zn}(\text{s}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-}$

বিজ্ঞান অর্ধকোষ বিক্রিয়া :  $(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu})$ :  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^{-} \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$

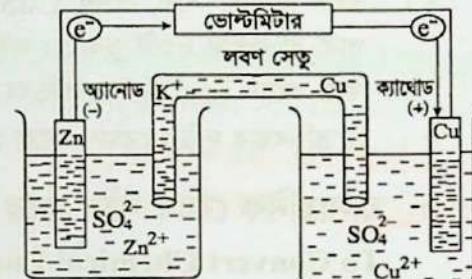
( $\text{Zn}, \text{Zn}^{2+} \parallel \text{Cu}^{2+}, \text{Cu}$ ) এর কোষ বিক্রিয়া :  $\text{Zn}(\text{s}) + \text{Cu}^{2+}(\text{aq}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + \text{Cu}(\text{s})$

## প্রয়োজনীয় উপকরণ :

- (১) জিঙ্ক তড়িৎদ্বার, (২) কপার তড়িৎদ্বার, (৩) লবণসেতু, (৪) কপার তার, (৫) ভোল্টমিটার, (৬) বিকার, (৭) তুলো, (৮) ড্রিকোণাকার ফাইল (file), (৯) কাচনল, (১০) বার্নার, (১১) KCl লবণ।

## কাজের ধারা :

- ১। লবণ সেতু তৈরি : একটি কাচ নল নাও। বুনসেন বার্নারে কাচ নলটিকে উত্তপ্ত করে চিত্রের মতো U আকৃতির নল তৈরি করো।
- ২। পটাশিয়াম ক্লোরাইড (KCl) এর 100 mL 0.1M দ্রবণ তৈরি করো। এজন্য 0.75 g KCl ওজন করে বিকারে নিয়ে 100 mL পানিতে দ্রবণ তৈরি করো। এখন U আকৃতির নলের মধ্যে ঐ 0.1M KCl দ্রবণ ঢেলে পূর্ণ করো এবং নলের দু'মুখে তুলোর প্যাড দিয়ে বক্ষ করো। লবণ সেতু তৈরি হয়ে গেল।
- ৩। তড়িৎ কোষ গঠন : আগের দিনের পরীক্ষায় (পরীক্ষা নং-১৬) তৈরি করা জিঙ্ক ধাতু-জিঙ্ক আয়ন তড়িৎদ্বার ও কপার ধাতু-কপার আয়ন তড়িৎদ্বার দুটির মধ্যে চিত্র মতে লবণ সেতু দিয়ে সংযোগ স্থাপন করো।
- ৪। চিত্র মতে জিঙ্ক তড়িৎদ্বারকে কপার তার দিয়ে ভোল্টমিটারের ঝণাঝক প্রান্তে সংযোগ দাও এবং কপার তড়িৎদ্বারকে কপার তার দিয়ে ভোল্টমিটারের ধনাঝক প্রান্তের সাথে সংযোগ দাও।
- ৫। এবার লক্ষ্য করো, ভোল্টমিটারে বিদ্যুৎ প্রবাহ ঘটেছে এবং 1.1V রেকর্ড হয়েছে। কিছুক্ষণ পর লক্ষ্য করো, জিঙ্ক তড়িৎদ্বারটিতে জারণ ক্রিয়ার ফলে এটি ক্ষয় হয়ে যাচ্ছে এবং কপার তড়িৎদ্বারটিতে কপার পরমাণু জমা হয়ে আকারে বেড়ে উঠেছে। এক্ষেত্রে  $Cu^{2+}$  আয়ন বিজ্ঞারিত হয়ে কপার তড়িৎদ্বারে জমা হয়েছে। সুতরাং তড়িৎ কোষে বিদ্যুৎ উৎপাদন Redox বিক্রিয়ার শক্তির পরিবর্তন বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়েছে।



চিত্র-৪.১৮ : জিঙ্ক-কপার তড়িৎকোষ।

## ৪.১৪ এক ও দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ

## Electrochemical Cells with Single &amp; Double Compartments

তড়িৎ কোষের প্রকারভেদ : তড়িৎ কোষ দুই প্রকারের হয়। যেমন,

(১) তড়িৎ রাসায়নিক কোষ (Electrochemical Cells) : এরা এক ও দ্বিপ্রকোষ্ঠবিশিষ্ট হতে পারে।

(২) তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ (Electrolytic Cells) : এরা এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট হয়ে থাকে।

তড়িৎ রাসায়নিক কোষের সংজ্ঞা : যে কোষে রাসায়নিক জারণ বিজ্ঞারণ বিক্রিয়ার ফলে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে পরিণত হয়, তাকে তড়িৎ রাসায়নিক কোষ বলে। এ ধরনের কোষকে গ্যালভানিক কোষ বা ভোল্টায়িক কোষও বলে। এ ধরনের কোষের উদাহরণ হলো—(১) ডেনিয়েল কোষ, (২) শুক কোষ বা ড্রাইসেল।

তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠনের দিক থেকে দুই শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন,

(১) এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ হলো শুক কোষ বা ড্রাইসেল।

(২) দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ হলো গ্যালভানিক কোষ।

আবার রাসায়নিক কোষকে স্বতঃস্ফূর্ততার দিক থেকে দুই শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যেমন,

(৩) প্রাইমারি কোষ বা প্রাথমিক কোষ; যেমন গ্যালভানিক কোষ, শুক কোষ।

(৪) গৌণ বা সেকেন্ডারি কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ ; যেমন লেড-এসিড স্টোরেজ ব্যাটারি, নিকেল অক্সাইড সঞ্চয়ী কোষ।

প্রাইমারি কোষ : যে তড়িৎ রাসায়নিক কোষ নিজের রাসায়নিক শক্তি থেকে সরাসরি তড়িৎ বা বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে তড়িৎ প্রবাহ বজায় রাখে, তাকে প্রাথমিক কোষ বা প্রাইমারি কোষ বলে। যেমন ডেনিয়েল কোষ, শুক কোষ।

**সেকেন্ডারি কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ :** যে তড়িৎ রাসায়নিক কোষে বাইর থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিরপে সঞ্চিত করা হয় এবং পরে ঐ রাসায়নিক শক্তিকে পুনরায় বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়, তাকে গৌণ বা সেকেন্ডারি কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ বলে। যেমন **লেড-এসিড স্টোরেজ ব্যাটারি**।

**(ক) দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ : গ্যালভানিক কোষ**

গ্যালভানিক কোষের সাধারণ গঠন ও কার্যপ্রণালি:

(১) গ্যালভানিক কোষে সাধারণত দুটি পাত্র ব্যবহৃত হয়। প্রতিটি পাত্রে একটি উপযুক্ত তড়িৎ বিশেষ্য ও একটি ধাতব তড়িৎদ্বার আংশিক নিমজ্জিত থাকে।

(২) প্রতিটি পাত্রে ব্যবহৃত তড়িৎ বিশেষ্য ও অর্ধ নিমজ্জিত তড়িৎদ্বার সমন্বয়ে একটি অর্ধকোষ সৃষ্টি হয়। যেমন ডেনিয়েল কোষে অর্ধকোষ দুটি হলো  $Zn(s)/ZnSO_4(aq)$  এবং  $Cu(s)/CuSO_4(aq)$ । জিন্ধ তড়িৎদ্বার অ্যানোড ও কপার তড়িৎদ্বার ক্যাথোডরূপে কাজ করে।

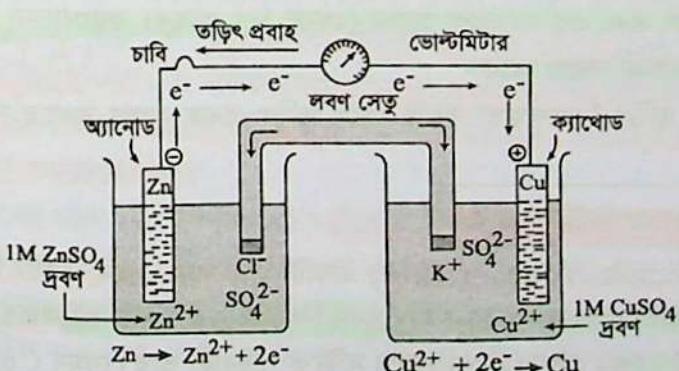
(৩) অর্ধকোষ দুটিকে একটি লবণ সেতু ( $KCl$  দ্রবণ ভর্তি U টিউব) দ্বারা এবং তড়িৎদ্বার দুটিকে একটি পরিবাহী (যেমন কপার তার) দ্বারা যুক্ত করলে পরিবাহী তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ (ইলেকট্রন প্রবাহ) শুরু হয়। ডেনিয়েল কোষে জিন্ধ তড়িৎদ্বার থেকে মুক্ত ইলেকট্রন পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কপার তড়িৎদ্বারের দিকে দেখানো হয়। **কিন্তু বাস্তবে এবং প্রচলিত নিয়ম মতে বহির্বর্তনী দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ ক্যাথোড ( $Cu$  তড়িৎদ্বার) থেকে অ্যানোড ( $Zn$  তড়িৎদ্বার) এর দিকে ঘটে।**

(৪) তড়িৎ প্রবাহ চলাকালীন দুই অর্ধকোষের যেটিতে জারণ ঘটে, তাকে জারণ অর্ধকোষ (যেমন  $Zn$  তড়িৎদ্বার) এবং যে অর্ধকোষে বিজারণ ঘটে, তাকে বিজারণ অর্ধকোষ (যেমন  $Cu$  তড়িৎদ্বার)। জারণ অর্ধকোষ থেকে নির্গত ইলেকট্রন বিজারণ অর্ধকোষে শোষিত হয়।

(৫) এরূপে তড়িৎ রাসায়নিক কোষে জারণ-বিজারণ দ্বারা রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। নিচে গ্যালভানিক কোষের উদাহরণস্বরূপ ডেনিয়েল কোষের গঠন ও কার্যপ্রণালি বর্ণনা করা হলো।

ডেনিয়েল কোষের গঠন ও কার্যপ্রণালি :

**কোষের গঠন :** ডেনিয়েল কোষে দুটি অর্ধকোষের জন্য দুটি বিকার ব্যবহার করা হয়। একটি বিকারে  $1.0\text{ M }ZnSO_4$  দ্রবণ নিয়ে এর মধ্যে একটি  $Zn$  দণ্ড আংশিকভাবে ডোবানো হয়। অপর বিকারে  $1.0\text{ M }CuSO_4$  দ্রবণ নিয়ে এর মধ্যে একটি  $Cu$  দণ্ড আংশিকভাবে ডোবানো হয়। উভয় বিকারের দ্রবণে একটি লবণ সেতু ( $KCl$  দ্রবণ ভর্তি) উত্তোভাবে ডুবিয়ে দ্রবণ দুটির মধ্যে সংযোগ করা হয়। এবার  $Cu$  ধাতু ও  $Zn$  ধাতুর দণ্ড দুটিকে কপার তার দ্বারা একটি ভোল্টমিটার ও চাবির মাধ্যমে যুক্ত করা হয়। এখন কোষটিতে রিডুক্স বিক্রিয়া চলতে থাকবে।



চিত্র-৪.১৯ : ডেনিয়েল কোষ

**MCQ-4.21: ক্যালোমেল কোনটি?**

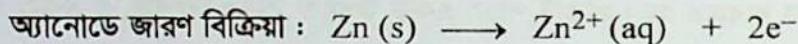
[চ. বো. ২০১৭]

- |              |                |
|--------------|----------------|
| (ক) $HgCl_2$ | (খ) $Hg_2Cl_2$ |
| (গ) $HgF_2$  | (ঘ) $Hg_2I_2$  |

### ডেনিয়েল কোষের কার্যপ্রণালি :

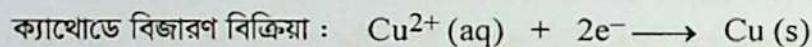
ডেনিয়েল কোষে  $Zn/ZnSO_4$  অর্ধকোষটি জারণ অর্ধকোষ এবং  $CuSO_4/Cu$  অর্ধকোষটি বিজ্ঞারণ অর্ধকোষ।

**জারণ অর্ধকোষে বিক্রিয়া :** জারণ অর্ধকোষে  $Zn$  দণ্ডের  $Zn$  পরমাণু দুটি করে ইলেক্ট্রন  $Zn$  দণ্ডে রেখে  $Zn^{2+}$  আয়নরূপে  $ZnSO_4$  দ্রবণে দ্রব্যভূত হতে থাকলে  $Zn$  দণ্ডটি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। তখন  $Zn$  পরমাণুর জারণ ঘটে।  $Zn$  দণ্ডটি তড়িৎ কোষের অ্যানোডরূপে কাজ করে।

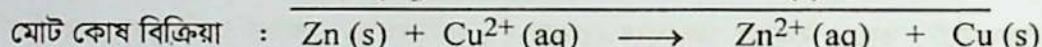
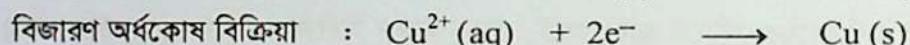


**অ্যানোডে জমাকৃত ইলেক্ট্রন পরিবাহী দিয়ে ক্যাথোড বা  $Cu$  দণ্ডের দিকে প্রবাহিত হবে।**

**বিজ্ঞারণ অর্ধকোষে বিক্রিয়া :** বিজ্ঞারণ অর্ধকোষে  $CuSO_4$  দ্রবণের  $Cu^{2+}$  আয়ন  $Cu$  দণ্ডে আগত ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে বিজ্ঞারিত হয়ে কপার দণ্ডে জমা হতে থাকে। তখন  $Cu$  দণ্ডটির ভর বৃদ্ধি পায়। কপার দণ্ডটি থেকে  $Cu^{2+}$  আয়ন ইলেক্ট্রন গ্রহণ করায়  $Cu$  দণ্ডটিতে ইলেক্ট্রন শোষিত হয়। তাই  $Cu$ -দণ্ডটি ক্যাথোডরূপে কাজ করে।



### ডেনিয়েল কোষে সংঘটিত কোষ বিক্রিয়া :



**ডেনিয়েল কোষের কোষ বিভব :** যেহেতু এক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা  $1M$  আছে, সেহেতু  $25^\circ C$  তাপমাত্রায় কোষটির ভোল্টেজিটারে  $1.1 V$  প্রদর্শিত হবে।

### ডেনিয়েল কোষে লবণ সেতুর তৃমিকা :

(১) লবণ সেতুটি দুটি অর্ধকোষের মধ্যে সংযোগ স্থাপন করে একটি পূর্ণ কোষ গঠন করেছে।

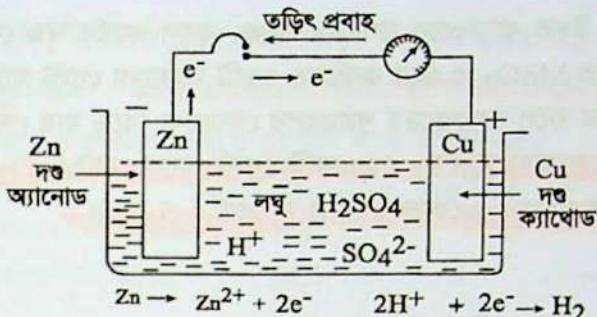
(২) কোষ বিক্রিয়া চলতে থাকলে, তখন অ্যানোডে  $ZnSO_4$  এর দ্রবণে  $Zn$  পরমাণু  $Zn^{2+}$  আয়নরূপে দ্রব্যভূত হওয়ার কারণে ধনাত্মক  $Zn^{2+}$  আয়নের ঘনমাত্রা ঝণাত্মক  $SO_4^{2-}$  আয়নের ঘনমাত্রার চেয়ে বেশি থাকে।

অপরদিকে ক্যাথোডে  $CuSO_4$  দ্রবণে  $Cu^{2+}$  আয়ন বিজ্ঞারিত হয়ে  $Cu$  পরমাণুরূপে  $Cu$  দণ্ডে জমা হওয়ায় ঐ দ্রবণে ধনাত্মক  $Cu^2$  আয়নের তুলনায় ঝণাত্মক  $SO_4^{2-}$  আয়নের ঘনমাত্রা বেশি থাকে। এর ফলে অ্যানোডে ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়নের এবং ক্যাথোডে ঝণাত্মক চার্জযুক্ত আয়নের ঘনমাত্রা বেশি হয়। তখন উভয় তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে তড়িৎ-নিরপেক্ষতা থাকে না। তাই তড়িৎ বিশ্লেষ্য দুটিতে তড়িৎ নিরপেক্ষতা ছির রাখাৰ জন্য লবণ সেতুর মধ্যে থাকা তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ঝণাত্মক আয়ন ( $\text{যেমন } Cl^-$  আয়ন) অ্যানোডের দ্রবণে এবং এর ধনাত্মক আয়ন ( $\text{যেমন } K^+$  আয়ন) ক্যাথোডের দ্রবণে প্রবেশ করে। ফলে উভয় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তড়িৎ নিরপেক্ষতা বজায় থাকে।

(৩) লবণ সেতু কোষের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে তড়িৎ নিরপেক্ষতা বজায় রেখে তড়িৎ প্রবাহ অক্ষুণ্ণ রাখতে সাহায্য করেছে।

### (খ) এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ : সরল ভোল্টায়িক কোষ

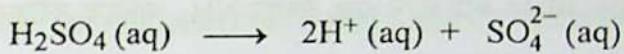
**কোষের গঠন :** (১) সরল ভোল্টায়িক কোষে (Simple Voltaic Cell-এ) একটি মাত্র পাত্র যেমন একটি বিকার ব্যবহার করা হয়। (২) বিকারের মধ্যে একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন লঘু  $H_2SO_4$  দ্রবণ নিয়ে ঐ দ্রবণে দুটি তড়িৎদ্বারা যেমন  $Zn$  দণ্ড ও  $Cu$  দণ্ডকে আংশিক নিয়মিত করে রাখা হয়। (৩) এরপর ঐ তড়িৎদ্বারা দুটিকে পরিবাহী তার (যেমন  $Cu$  তার) দ্বারা যুক্ত করলে এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠিত হয়। এখন রিডক্স বিক্রিয়ার ফলে তড়িৎ প্রবাহ ঘটে।



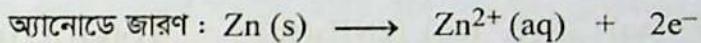
চিত্র-৪.২০ : সরল ভোল্টায়িক কোষ

কোষের কার্য-প্রণালি : সরল ভোল্টায়িক কোষে  $Zn(s)/H^+(aq)$  অর্ধকোষটি জারণ অর্ধকোষ এবং  $H^+(aq)/Cu(s)$  অর্ধকোষটি বিজারণ অর্ধকোষরূপে কাজ করে।

জারণ অর্ধকোষে বিক্রিয়া : লঘু  $H_2SO_4$  এসিড জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয়ে  $H^+$  আয়ন ও  $SO_4^{2-}$  আয়নরূপে থাকে

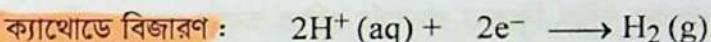


এসিড দ্রবণে  $H^+$  আয়নের সংস্পর্শে  $Zn$  দণ্ডের  $Zn$  পরমাণু দুটি করে ইলেকট্রন  $Zn$  দণ্ডে রেখে  $Zn^{2+}$  আয়নরূপে এসিড দ্রবণে দ্রবীভৃত হয়। তখন  $Zn$  পরমাণুর জারণ ঘটে এবং  $Zn$  দণ্ড অ্যানোডরূপে কাজ করে।

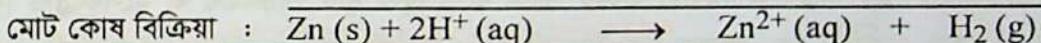
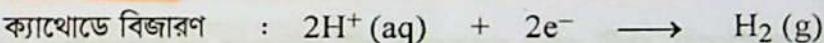


অ্যানোডে জমাকৃত ইলেকট্রন পরিবাহী দিয়ে ক্যাথোড বা  $Cu$  দণ্ডের দিকে প্রবাহিত হয়।

বিজারণ অর্ধকোষে বিক্রিয়া : বিজারণ অর্ধকোষে লঘু  $H_2SO_4$  এসিড দ্রবণের  $H^+$  আয়ন  $Cu$  দণ্ডে আগত ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে প্রথমে  $H$  পরমাণু এবং পরে  $H_2$  অণুরূপে মুক্ত হয়। যেহেতু  $Cu$  দণ্ডে ইলেকট্রন শোষিত হয়, সেহেতু  $Cu$  দণ্ড ক্যাথোডরূপে কাজ করে।



কোষের সামগ্রিক বিক্রিয়া :

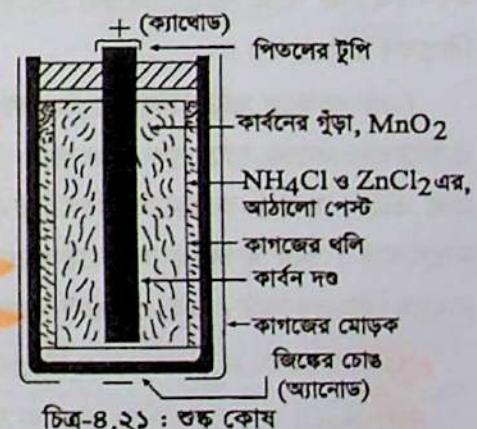


#### (গ) এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট শক্ত কোষ বা ড্রাই সেল (Dry Cell)

শক্ত কোষ হলো একটি প্রাথমিক কোষ বা প্রাইমারি সেল, যা লেক্ল্যাস বিদ্যুৎ কোষের একটি ভিন্ন রূপ। ~~DAT 18-19~~ বিশেষ লেক্ল্যাস কোষে বিদ্যুৎ উৎসেজক হিসেবে  $NH_4Cl$  এর পেস্ট এবং ক্যাথোডের গায়ে  $H_2$  গ্যাস দ্বারা পোলারন বা ছদন নির্বারক হিসেবে জারকরূপে কঠিন ম্যাঙ্গানিজ ডাইঅক্সাইড ( $MnO_2$ ) ব্যবহৃত হয় বলে একে শক্ত কোষ বলে।

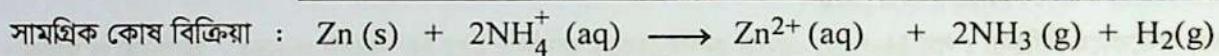
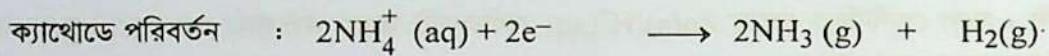
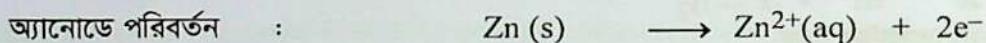
কোষের গঠন : শক্ত বিদ্যুৎ কোষে জিন্স অর্থাৎ দণ্ডার তৈরি একটি একমুখ বন্ধ ফাঁপা চোঙকে বহিপ্রাত্র হিসেবে ব্যবহার করা হয় যা ঝণাঝক পাত বা অ্যানোড হিসেবে কাজ করে। চোঙটিকে একটি কাগজের মোড়কে ঢেকে রাখা হয়। এ চোঙের ঠিক মাঝখানে একটি কার্বন দণ্ড (কোষের নিম্নিয় তড়িৎধারুরূপে) কোষের ধনাত্মক পাত বা ক্যাথোড হিসেবে কাজ করে। কার্বন দণ্ডের মাথায় একটি

- MCQ-4.22 :** 1 মোল Cu ক্যাথোডে সঞ্চিত করতে  $CuSO_4$  দ্রবণে কত বিদ্যুৎ চালনা করতে হবে? [চ. বো. ২০১৭]
- (ক) 1 F      (খ) 2 F  
 (গ) 3 F      (ঘ) 4 F

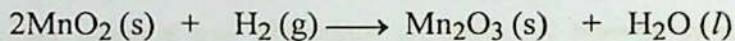


**পিতলের টুপি থাকে।** এ কার্বন দণ্ডটি আলকাতরাযুক্ত কাগজের উপর খাড়াভাবে বসানো থাকে, ফলে কার্বন দণ্ড থেকে দস্তার ফাঁপা চোঙ বিছিন্ন থাকে। এর চারপাশে কাগজের থলিতে  $MnO_2$  ও গুঁড়া কার্বনের একটি আঠালো পেস্ট থাকে। কাগজের থলি সচিদ্ব পাত্রের কাজ করে এবং কার্বন গুঁড়া ব্যবহারের ফলে ক্যাথোডের পৃষ্ঠাতলের ফেত্রফল বেড়ে যায়। **দস্তার চোঙ ও কাগজের থলির মাঝে আঠালো স্টার্চের গুঁড়া,  $NH_4Cl$  ও সামান্য  $ZnCl_2$  এর একটি পেস্ট থাকে, যা  $MnO_2$  কে ভেজা রাখতে সাহায্য করে।** কোষের উপরের মুখে পিচ বা গালা স্তর থাকে। এ কোষের E.M.F. প্রায় 1.5 Volt।

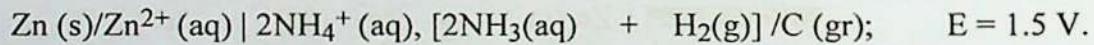
কোষ বিক্রিয়া :



উৎপন্ন  $H_2$  গ্যাস  $MnO_2$  দ্বারা জারিত হয়ে পানি এবং উৎপন্ন  $NH_3$  পানিতে দ্রবীভূত হয়।



সুতরাং শক্ত কোষের কোষ সংকেত বা সেল ডায়াগ্রাম নিম্নরূপ :



**শক্ত কোষের ব্যবহার :** সাইকেলের আলো, রেডিও, টর্চ লাইট প্রভৃতিতে এটি ব্যবহৃত হয়।

### ৪.১৪.১ এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ

Electrolytic Cell with Single Compartment

**তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের সংজ্ঞা :** যে তড়িৎ কোষে কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের গলিত তরলে অথবা জলীয় দ্রবণে বাহ্যিক উৎস থেকে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নগুলোকে জারণ-বিজ্ঞান বিক্রিয়ার মাধ্যমে নতুন পদার্থে পরিণত করা হয়, তাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ বলে। এ প্রক্রিয়াটিকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে। **তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে তড়িৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তর করা হয়।**

**তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের গঠন :** (১) তড়িৎ অপরিবাহী একটি পাত্রে যথোপযুক্ত দুটি তড়িৎধার বা ইলেক্ট্রোড বিন্যস্ত করে রাখা হয়। ইলেক্ট্রোড হিসেবে গ্রাফাইট দণ্ড, লোহার দণ্ড, নিকেল দণ্ড ও ফ্রেক্টিভিশেষে ক্যাথোডরূপে মারকারি ব্যবহৃত হয়। (২) এ পাত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্য যৌগের গলিত তরল অথবা জলীয় দ্রবণ রেখে বাইরে থেকে তড়িৎ চালনা করে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটানো হয়।

(৩) এক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের অ্যানোড ও ক্যাথোডকে যথাক্রমে তড়িৎ উৎসের (যেমন ব্যাটারির) ধনাত্মক প্রান্ত ও ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হয়। [ দ্রষ্টব্য তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের তড়িৎধারের ধনাত্মক (+ ve) ও ঋণাত্মক (- ve) প্রান্ত তড়িৎ রাসায়নিক কোষের বিপরীত হয়। এক্ষেত্রে ধনাত্মক অ্যানোডে ঋণাত্মক আয়নের ইলেক্ট্রন বর্জনের মাধ্যমে জারণ ঘটে। তাই ঋণাত্মক আয়নকে অ্যানায়ন বলে। অনুরূপভাবে ঋণাত্মক ক্যাথোডে ধনাত্মক আয়নের ইলেক্ট্রন গ্রহণের মাধ্যমে বিজ্ঞান ঘটে। তাই ধনাত্মক আয়নকে ক্যাটায়ন বলে।] উদাহরণস্বরূপ :

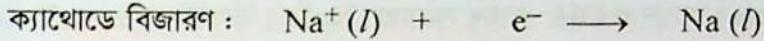
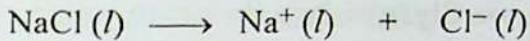
(i) বিগলিত  $NaCl$  এর তড়িৎ বিশ্লেষণে  $Na$  ধাতু ও  $Cl_2$  গ্যাস উৎপন্ন করা হয়।

(ii)  $NaCl$  এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ বা ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণে  $NaOH$ ,  $H_2$  ও  $Cl_2$  গ্যাস উৎপন্ন করা হয়।

MAT 18-19

(ক) বিগলিত  $\text{NaCl}$  এর তড়িৎ বিশ্লেষণ :  $\text{Na}$  ধাতু ও  $\text{Cl}_2$  উৎপাদন : ডাউন পদ্ধতি

**মূলনীতি :** আধুনিক ডাউন পদ্ধতিতে বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয়। ফলে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু ও অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।



**MCQ-4.24 :** শক্ত কোষের

অ্যানোড কোনটি? [চ. বো. ২০১৭]

(ক)  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (খ)  $\text{MnO}_2$

(গ)  $\text{Zn}$  (ঘ) C-দণ্ড

$\text{NaCl}$  এর গলনাক্ষ  $801^\circ\text{C}$ । এত উচ্চ তাপমাত্রায় উৎপন্ন সোডিয়াম ধাতু (স্ফুটনাক্ষ  $883^\circ\text{C}$ ) বাস্পীভূত হয়ে থাকে। তাই  $\text{NaCl}$  এর সাথে বিগালকরূপে  $\text{CaCl}_2$  মিশ্রিত করলে  $600^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায়  $\text{NaCl}$  এর বিগলিত তরল উৎপন্ন হয়। ফলে বিভিন্ন অসুবিধা দূর হয়। নিম্নতর তাপমাত্রা বহাল রাখা কম ব্যয়সাধাৰ।

**পদ্ধতির বর্ণনা :** লোহার তৈরি একটি ট্যাংকে সোডিয়াম ক্লোরাইড (42%) ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (58%) একটি মিশ্রণ নিয়ে বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে  $600^\circ\text{C}$  তাপমাত্রায় উত্পন্ন করে গলানো হয়। একটি শক্ত ও প্রশস্ত গ্রাফাইট কার্বন অ্যানোড হিসেবে ট্যাংকের নিচ থেকে ডেতরের দিকে প্রবেশ করানো থাকে। এ অ্যানোডকে বেষ্টন করে কিছু দূরে একটি বৃত্তাকার শক্ত লোহার পাত ক্যাথোড হিসেবে কাজ করে।

ক্যাথোডের উপরের অংশটুকু একটি ঢাকনার সাহায্যে আবৃত করে রাখা হয়। এ ঢাকনার উপরে একটি পাইপ থাকে, যেন উৎপন্ন সোডিয়াম এ পাইপ দিয়ে বাইরে কেরোসিন পূর্ণ পাত্রে জমা হয়। পোর্সেলিনের একটি বড় গম্বুজাকৃতি ঢাকনাকে অ্যানোডের ঠিক ওপরে রাখা হয়। এর ডেতর দিয়ে উৎপন্ন  $\text{Cl}_2$  গ্যাস বের হয়। অ্যানোড ও ক্যাথোডের মাঝখানে একটি তারজালি থাকে, যেন ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যানোডের দিকে যেতে না পারে। এ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়ন বিজারিত হয়ে সোডিয়াম ধাতুতে পরিণত হয়। অপরদিকে অ্যানোডে ক্লোরাইড আয়ন জারিত হয়ে ক্লোরিন গ্যাস নির্গম পথে বের হয়।

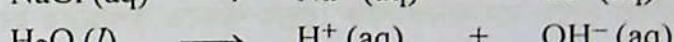
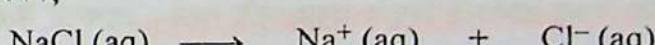
তড়িৎ বিশ্লেষণ চলার সময় লোহার ট্যাংকের উপরের একটি পথ দিয়ে নতুন  $\text{NaCl}$  যোগ করে গলিত মিশ্রণের পরিমাণ একই রাখা হয়।

**সোডিয়াম ধাতু সংরক্ষণ :** সোডিয়াম ধাতুকে নিম্নিয় তরল কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয়।

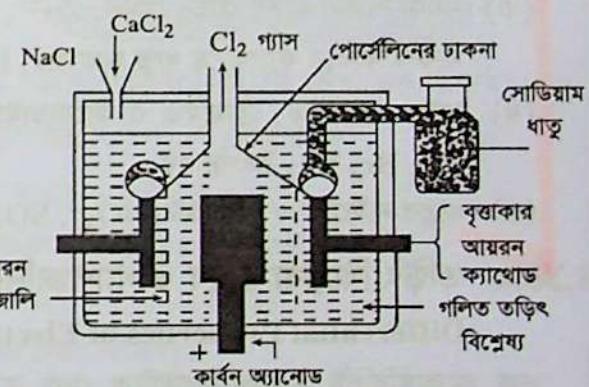
**জেনে নাও**  $\text{NaCl}$  এর পরিবর্তে  $\text{CaCl}_2$  ব্যবহার করে  $\text{Ca}$  এবং  $\text{MgCl}_2$  ব্যবহার করে  $\text{Mg}$  ধাতু নিষ্কাশন সম্ভব।

**(খ)  $\text{NaCl}$  এর গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ :**  $\text{NaOH}, \text{Cl}_2, \text{H}_2$  উৎপাদন :

**মূলনীতি :** সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্য লবণ ( $\text{NaCl}$ ) এর গাঢ় জলীয় দ্রবণকে ব্রাইন বলে। এই দ্রবণে  $\text{NaCl}$  সোডিয়াম আয়ন ও ক্লোরাইড আয়নরূপে পৃথক হয়। একই সাথে পানিও কিছুটা বিয়োজিত হয়। যেমন,

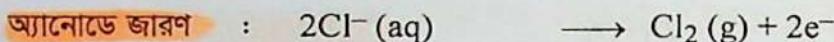
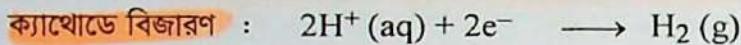


$\text{NaCl}$ -এর জলীয় দ্রবণে  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}^+$  এবং  $\text{OH}^-$  বর্তমান থাকে।  $\text{NaCl}$  এর গাঢ় জলীয় দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহিত করলে দ্রবণে উপস্থিত ধনাত্মক সোডিয়াম আয়ন ( $\text{Na}^+$ ) ও হাইড্রোজেন আয়ন ( $\text{H}^+$ ) ক্যাথোডে আকৃষ্ট হয়;  $\text{H}^+$  এর বিজারণ বিভব বেশি হওয়ায় ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয় এবং  $\text{H}_2$  গ্যাসে পরিণত হয়। কিন্তু ব্রাইনে  $\text{OH}^-$

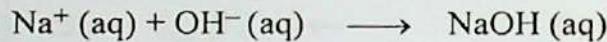


চিত্র-৪.২২ : গলিত  $\text{NaCl}$  থেকে সোডিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন

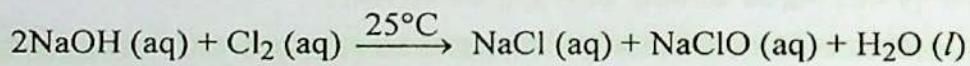
আয়নের তুলনায়  $\text{Cl}^-$  আয়নের ঘনমাত্রা অনেক বেশি হওয়ায় অ্যানোডে  $\text{OH}^-$  আয়ন জারিত না হয়ে  $\text{Cl}^-$  আয়ন জারিত হয়ে  $\text{Cl}_2$  গ্যাসকপে মুক্ত হয়।



ক্যাথোডের কাছে দ্রবণে ক্রমাগতভাবে সঞ্চিত  $\text{Na}^+$  আয়ন ও  $\text{OH}^-$  আয়ন সংযোগে  $\text{NaOH}$  উৎপন্ন হয়।



**অসুবিধা :** এ প্রক্রিয়ার অসুবিধা হলো অ্যানোডে উৎপন্ন  $\text{Cl}_2$  গ্যাস এবং ক্যাথোডে উৎপন্ন  $\text{NaOH}$  দ্রবণ পরস্পরের সংস্পর্শে সোডিয়াম ক্লোরাইড ( $\text{NaCl}$ ) ও সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট ( $\text{NaClO}$ ) সৃষ্টি করে। ফলে  $\text{NaOH}$  এর অপচয় ঘটে।



**অপচয় রোধ :**  $\text{NaOH}$  এর একপ পরিচয় রোধ করার জন্য বিশেষ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ যেমন নেলসন সেলে ক্যাথোড ও অ্যানোডকে পরস্পর থেকে অ্যাস্বেস্টস কাগজের ডায়াফ্রাম বা পর্দা দ্বারা পৃথক করে রাখা হয়।

**জেনে নাও :** ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণে যেমন  $\text{NaCl}$  এর জলীয় দ্রবণে দুটি করে ক্যাটায়ন ( $\text{Na}^+, \text{H}^+$ ) ও দুটি অ্যানায়ন ( $\text{Cl}^-, \text{OH}^-$ ) থাকে। তাই ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে সারণি-৪.২ অনুসারে বিভিন্ন উৎপাদ পাওয়া যায়। যেমন,

- (১) তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজে (সারণি ৪.২) ক্যাটায়নের অবস্থান  $\text{H}^+$  আয়নের ওপরে হলে ক্যাথোডে  $\text{H}_2$  উৎপন্ন হয়।
- (২) কিন্তু ক্যাটায়নের অবস্থান  $\text{H}^+$  আয়নের নিচে হলে ক্যাথোডে ধাতু জমা হয় যেমন,  $\text{Cu}^{2+}, \text{Ag}^+, \text{Au}^{3+}$  আয়ন।
- (৩) মধ্যম সক্রিয় ধাতুর আয়ন যেমন,  $\text{Zn}^{2+}, \text{Fe}^{2+}$  এর গাঢ় জলীয় দ্রবণের বেলায় ধাতুর ক্যাটায়নের ঘনমাত্রা বেশি থাকার কারণে ক্যাথোডে ধাতু জমা হয়,  $\text{H}_2$  উৎপন্ন হয় না।
- (৪) ধাতুর ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বেলায় অ্যানোডে যথাক্রমে  $\text{Cl}_2, \text{Br}_2$  ও  $\text{I}_2$  উৎপন্ন হয়।
- (৫) ধাতুর নাইট্রেট ও সালফেট ( $\text{NO}_3^-, \text{SO}_4^{2-}$ ) আয়নের লঘু জলীয় দ্রবণে অ্যানোডে  $\text{O}_2$  গ্যাস মুক্ত হয়।

## ৪.১৪.২ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ ও গ্যালভানিক কোষের বৈশিষ্ট্য ও পার্থক্য

### Differential Properties of Electrolytic Cell & Galvanic Cell

এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট ইলেক্ট্রোলাইটিক সেল বা তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ এবং দ্বিপ্রকোষ্ঠবিশিষ্ট গ্যালভানিক কোষ বা ভোল্টায়িক কোষে নিম্নলিপি বৈশিষ্ট্য ও পার্থক্য আছে।

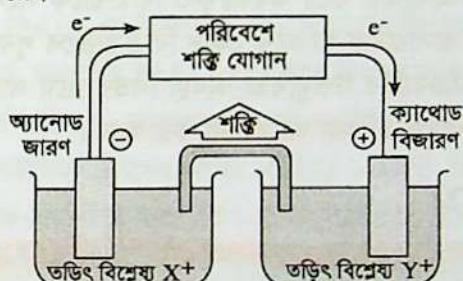
- (১) **গ্যালভানিক কোষে স্বতঃস্ফূর্ত রিডক্স বিক্রিয়ার রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।** তড়িৎ কোষ বিক্রিয়া মতে উভয় তড়িৎস্থারের রাসায়নিক বিভব পার্থক্যই বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে উচ্চ শক্তির বিক্রিয়কসমূহ থেকে নিম্নশক্তির উৎপাদ সৃষ্টি এবং অতিরিক্ত নির্গত রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ প্রক্রিয়ায় 'উৎপন্ন বিদ্যুৎ শক্তি' পরিবেশের ওপর ক্রিয়া করে (the system does work on the surroundings) অর্থাৎ পরিবেশে শক্তি যোগান দেয়। যেমন গ্যালভানিক কোষের এ বিদ্যুৎ শক্তি টর্চ লাইট, CD-প্লেয়ার ও বিভিন্ন বৈদ্যুতিক যন্ত্রের বিদ্যুৎ চাহিদা (load) পূরণ করতে ব্যাটারিকপে ব্যবহৃত হয়।

(২) ইলেক্ট্রোলাইটিক সেলে বা তড়িৎ বিশ্রেষ্য কোষে অবতঃকৃত রিডক্স বিক্রিয়াকে বাহ্যিক বিদ্যুৎ শক্তি দ্বারা সক্রিয় করা হয়। এক্ষেত্রে তড়িৎ কোষ বিক্রিয়ায় নিম্নশক্তির বিক্রিয়কসমূহে বাহ্যিক উৎসের বিদ্যুৎ শক্তি যোগান দিয়ে উচ্চশক্তির উৎপাদে পরিণত করা হয়। তখন ঐ রিডক্স বিক্রিয়াটি ঘটাতে বাহ্যিক বিদ্যুৎ শক্তি ব্যয়িত হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে 'বাহ্যিক পরিবেশ শক্তি' তড়িৎ বিশ্রেষ্য কোষের প্রক্রিয়ার ওপর ক্রিয়া করে; (the surroundings do work on the system)। যেমন ইলেক্ট্রোপ্লেটিং, Al-ধাতু নিষ্কাশন, রিস্টার কপার তড়িৎ বিশোধন ইত্যাদিতে ইলেক্ট্রোলাইটিক সেল ব্যবহৃত হয়। [ডিভয় শ্রেণির তড়িৎকোষে গঠনগত কিছু সাদৃশ্য চিত্র-৪.২৩ (ক. খ) থেকে বোৰা যাবে।]

(১) প্রত্যেক তড়িৎ কোষে সংশ্লিষ্ট তড়িৎ বিশ্রেষ্যের জলীয় দ্রবণে দুটি করে তড়িৎদ্বার বা ইলেক্ট্রোড ডুবানো থাকে। এ তড়িৎদ্বার দুটির মাধ্যমে গ্যালভানিক কোষের বেলায় বিদ্যুৎ বাহ্যিক পরিবেশে এবং তড়িৎ বিশ্রেষ্য কোষের বেলায় ঐ তড়িৎ কোষে প্রবাহিত হয়। কোষের অর্ধ-বিক্রিয়ার প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে তড়িৎদ্বার দুটিকে অ্যানোড ও ক্যাথোডরূপে চিহ্নিত করা হয়।

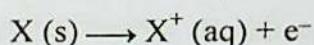
#### গ্যালভানিক কোষ

- অবতঃকৃত রিডক্স বিক্রিয়া থেকে গ্যালভানিক কোষে শক্তি উৎপন্ন হয়।
- সিস্টেম (এর শক্তি) পরিবেশের ওপর ক্রিয়া করে।

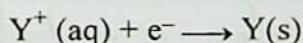


চিত্র-৪.২৩(ক): গ্যালভানিক কোষ(দ্বিপ্রকোষ্ঠ)।

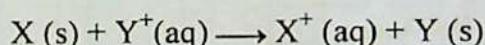
- জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া (অ্যানোডে) :



বিজ্ঞারণ অর্ধ-বিক্রিয়া (ক্যাথোডে) :



সমগ্র কোষ বিক্রিয়া :



এক্ষেত্রে X হলো অধিক সক্রিয় বিজ্ঞারক

এবং Y<sup>+</sup> হলো অধিক সক্রিয় জারক।

#### ইলেক্ট্রোলাইটিক কোষ বা তড়িৎ বিশ্রেষ্য কোষ

- অবতঃকৃত রিডক্স বিক্রিয়া ঘটাতে তড়িৎ বিশ্রেষ্য কোষে শক্তি শোষিত হয়।
- পরিবেশ (বিদ্যুৎ সাপ্লাই) সিস্টেমের ওপর ক্রিয়া করে।

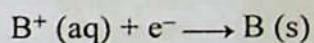


চিত্র-৪.২৩(খ): ইলেক্ট্রোলাইটিক কোষ (এক-প্রকোষ্ঠ)।

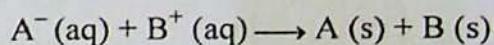
- জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া (অ্যানোডে) :



বিজ্ঞারণ অর্ধ-বিক্রিয়া (ক্যাথোডে) :



সমগ্র কোষ বিক্রিয়া :



এক্ষেত্রে A<sup>-</sup> ও B<sup>+</sup> আয়নবৰ্য হলো তড়িৎ বিশ্রেষ্যের

বিদ্যুৎ পরিবাহী আয়ন।

(২) গ্যালভানিক কোষে, জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঝণাত্রক অ্যানোডে ঘটে। অধিক সক্রিয় বিজ্ঞারক বা সক্রিয় ধাতু ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে জারিত হয় এবং ঐ সব ইলেক্ট্রন অ্যানোড থেকে বাইরে পরিবাহীর মাধ্যমে কোষ ত্যাগ করে।

বিজ্ঞারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ধনাত্রক ক্যাথোডে ঘটে। অ্যানোড থেকে পরিবাহীর মাধ্যমে আসা ইলেক্ট্রন ক্যাথোডের মাধ্যমে কোষে প্রবেশ করে এবং জারক পদার্থ (ধাতব আয়ন) ঐ ইলেক্ট্রন গ্রহণ করে বিজ্ঞারিত হয়।

অপরদিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ধনাত্মক অ্যানোডে ঘটে, তখন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঝণাত্মক আয়ন ধনাত্মক অ্যানোডে ইলেক্ট্রন বর্জন করে। আবার এক্ষেত্রে বিজারণ অর্ধ-বিক্রিয়া ঝণাত্মক ক্যাথোডে ঘটে; তখন বাইরের বিদ্যুৎ সাপ্তাই থেকে আসা ইলেক্ট্রনকে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ধনাত্মক আয়ন শোষণ করে।

(৩) চিৰ-৪.২৩ (ক) ও (খ) থেকে জানা যায় গ্যালভানিক কোষ ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের অ্যানোড ও ক্যাথোডে বিদ্যুৎ চার্জের প্রকৃতি ভিন্ন। গ্যালভানিক কোষে অ্যানোড ঝণাত্মক কিন্তু তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে অ্যানোড ধনাত্মক। উভয় কোষে ধাতব পরমাণু ও ধাতব আয়নের জারণ প্রক্রিয়ায় নির্গত ইলেক্ট্রনের উৎস ভিন্ন হওয়ায় এক্ষেপ পার্থক্য ঘটেছে। উভয় কোষের জারণ অর্ধ-বিক্রিয়া থেকে তা সুস্পষ্ট হবে। যেমন, গ্যালভানিক কোষে অ্যানোড ঝণাত্মক; কিন্তু তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে অ্যানোড ধনাত্মক হয়। গ্যালভানিক কোষে ক্যাথোড ধনাত্মক; কিন্তু তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে ক্যাথোড ঝণাত্মক হয়।

### ৪.১৫ রিচার্জেবল (লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম) ব্যাটারি

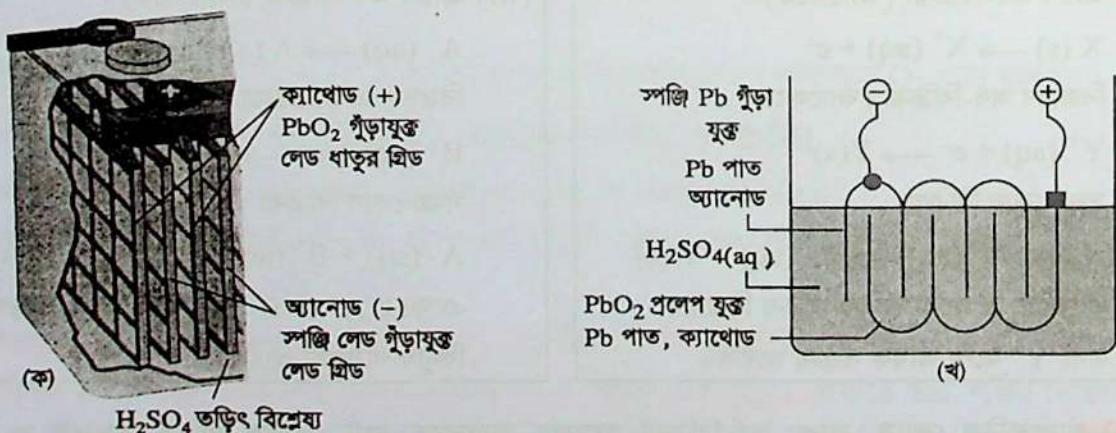
#### Rechargeable (Lead Storage & Lithium) Battery

তোমরা নবম-দশম শ্ৰেণিৰ রসায়নে ড্রাইসেল বা ব্যাটারি সমৰ্পণে জেনেছো। এটি প্ৰাইমাৱি কোষ; এটিকে রিচার্জ কৰা যায় না। প্ৰাইমাৱি কোষেৰ উপাদানসমূহ এদেৱ সাম্য-ঘনমাত্ৰায় পৌছলে এটি নিঞ্চিয় বা মৃত (dead) হয়।

অপরদিকে লেড স্টোরেজ ব্যাটারি, লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি হলো রিচার্জেবল ব্যাটারি; এদেৱকে সেকেন্ডাৱি ব্যাটারি বা গোণ কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ বলে। সেকেন্ডাৱি ব্যাটারি প্ৰথমত গ্যালভানিক কোষৰূপে ক্ৰিয়াশীল; কিন্তু রিচার্জেৰ বেলায় ইলেক্ট্ৰোলাইটিক কোষ শ্ৰেণিভুক্ত হয়। তখন বাইৱ থেকে বিদ্যুৎশক্তি প্ৰবাহিত কৰে অৰ্বতঃসূৰ্ত বিক্ৰিয়াকে সংঘটিত কৰে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিৰূপে সং্পত্তি কৰা হয়। পৰে ঐ সং্পত্তি রাসায়নিক শক্তিকে কোষ বিক্ৰিয়াৰূপে পুনৰায় বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তৰিত কৰে ব্যবহাৰ কৰা হয়। সুতৰাং এক্ষেত্ৰে কোষ বিক্ৰিয়াটিৰ উভমুখিতা অবস্থা নিৰ্ভৰ হয়ে থাকে। এখন লেড-এসিড ব্যাটারি ও লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারিৰ গঠন, কাৰ্যপ্ৰণালি ও রিচার্জ প্ৰক্ৰিয়া আলোচনা কৰা হবে।

#### (১) লেড-এসিড স্টোরেজ ব্যাটারি (Lead-Acid Storage Battery)

এ শ্ৰেণিভুক্ত লেড-এসিড কাৱ ব্যাটারিতে ছয়টি কোষ সমান্তৰাল সংযোগে যুক্ত থাকে। প্ৰতিটি কোষ থেকে প্ৰায় 2.0V হিসেবে মোট প্ৰায় 12V বিদ্যুৎ কাৱ-ব্যাটারিতে উৎপন্ন হয়। লেড-এসিড কাৱ ব্যাটারিৰ অভ্যন্তৰীণ রোধ প্ৰায় 0.001 ওম।



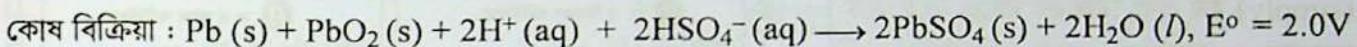
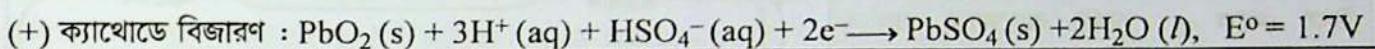
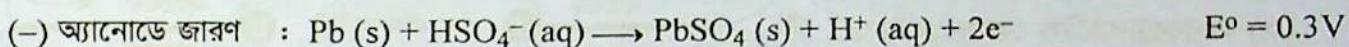
চিৰ-৪.২৪ : লেড-এসিড স্টোরেজ ব্যাটারি।

**কোষেৰ গঠন :** প্ৰতিটি কোষে ইলেক্ট্ৰোলুপে দুটি লেড ধাতুৰ হিড (grid) বা লেড ধাতুৰ ঝাঁঝাৰি জালি থাকে। অ্যানোডুলুপে ব্যবহৃত হিডে অধিক পৃষ্ঠতল ক্ষেত্ৰযুক্ত স্পঞ্জি Pb ধাতুৰ গুঁড়া এবং ক্যাথোডুলুপে ব্যবহৃত অধিক পৃষ্ঠতল

ক্ষেত্রফ্লক্ট  $PbO_2$  গুঁড়া  $Pb$  গ্রেডে যুক্ত থাকে। এসব গ্রিড ডুবানো অবস্থায় থাকে তড়িৎ-বিশ্রেষ্যরূপে ব্যবহৃত প্রায় 4.5M  $H_2SO_4$  দ্রবণে (বা, 38% w/w  $H_2SO_4$  দ্রবণ, ঘনত্ব 1.29 g/cm<sup>3</sup>)। গ্লাস-ফাইবার শিট দ্বারা গ্রিডগুলো পৃথক ও অন্তরীত অবস্থায় থাকে। তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টির সময় অ্যানোডের  $Pb$  ধাতু জারিত হয়ে লেড (II) সালফেটরূপে অ্যানোডে লেগে থাকে। উভয় ইলেকট্রোড  $H_2SO_4$  এর দ্রবণে ডুবানো থাকে বলে এ কোষটির ডায়াগ্রাম বা, কোষ সংকেত হলো :



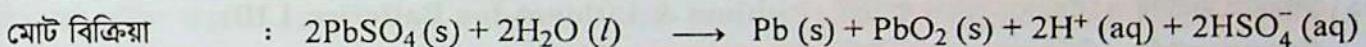
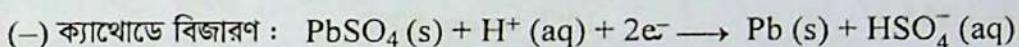
কার্যপ্রণালি : (১) কোষটি থেকে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হওয়ার সময় বা ডিস্চার্জের সময় গ্যালভানিক কোষ হিসেবে নিম্নরূপ অর্ধ-বিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া ঘটে :



লক্ষ্যণীয় : (১) উভয় বিক্রিয়াতে  $HSO_4^-$  আয়ন অংশগ্রহণ করেছে।  $SO_4^{2-}$  আয়ন অংশ নেয়নি; কারণ সবল এসিড দ্রবণে  $SO_4^{2-}$  মূলক প্রোটনযুক্ত থাকে।

(২) উভয় অর্ধ-বিক্রিয়ায় উৎপাদনরূপে  $Pb^{2+}$  আয়ন উৎপন্ন হয়েছে। অ্যানোডে  $Pb$  এর জারণে  $Pb^{2+}$  আয়ন এবং ক্যাথোডে  $PbO_2$  এর বিজারণে  $Pb^{2+}$  আয়ন উৎপন্ন হয়েছে। পরে  $Pb^{2+}$  আয়ন  $HSO_4^-$  এর সাথে বিক্রিয়া করে উভয় ইলেকট্রোডে অন্তর্বর্ণিয়  $PbSO_4(s)$  রূপে উৎপন্ন হয়ে লেগে থাকে।

রিচার্জ প্রক্রিয়া : ব্যবহারের ফলে ব্যাটারির emf. 1.17V এর কম হলে রিচার্জ করা হয়। কোষটির রিচার্জের সময়, ইলেকট্রোলাইটিক কোষের মতো বাহ্যিক একমুখী বিদ্যুৎ শক্তি (বা direct current) কোষে প্রবাহিত করে অব্যতঃকৃত বিক্রিয়াটিকে সংঘটিত করা হয়। তখন ব্যাটারির ইলেকট্রোড দুটিকে পাওয়ার সাপ্লাইয়ের সাথে পূর্বের বিপরীত ক্রমে যুক্ত করা হয়। পূর্বের অ্যানোডে বিদ্যুৎ যোগান (supply) হওয়ায় এতে বিজারণ ঘটে। তাই এটি হবে ঋণাত্মক ও ক্যাথোড। এ বিক্রিয়াটি গ্যালভানিক কোষে সংঘটিত বিক্রিয়ার বিপরীত। এ বিক্রিয়ার সফলতার মূলে রয়েছে কঠিন উৎপাদ  $PbSO_4$  ইলেকট্রোডে লেগে থাকার কারণে। যেমন,



এ লেড-এসিড ব্যাটারি কয়েক বছর রিচার্জ প্রক্রিয়ায় ব্যবহার করা যায়। পরে ক্রমান্বয়ে স্পষ্ট  $PbSO_4$  এর কেলাস আকারে বড় ও শক্ত হয়ে ওঠে। তখন  $PbSO_4$  কে বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা  $Pb$  ও  $PbO_2$  এ রূপান্তর করা সম্ভব হয় না; অর্থাৎ ঐ লেড-এসিড ব্যাটারি রিচার্জেবল থাকে না; পরিত্যাজ্য হয়ে পড়ে।

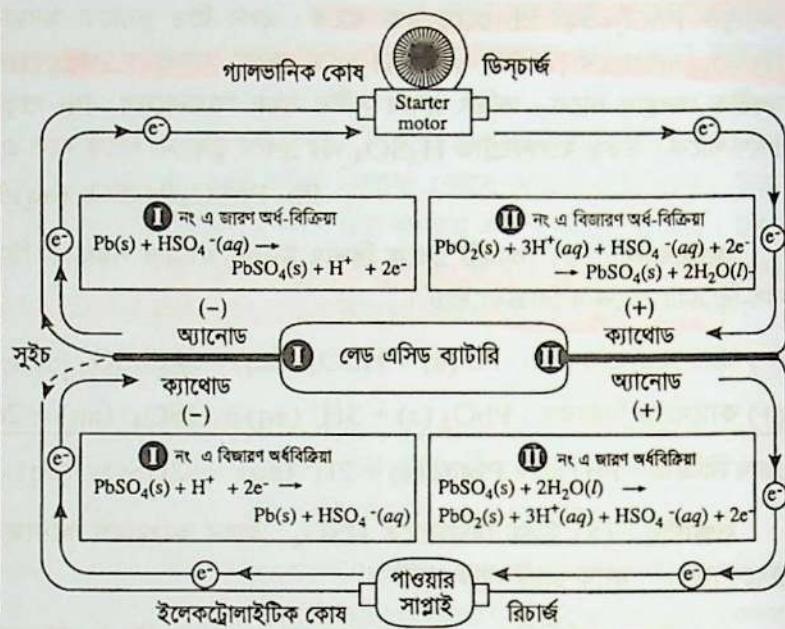
ব্যাটারির ডিস্চার্জের সময় পানি উৎপন্ন হওয়ায়  $H_2SO_4$  এর ঘনত্ব কমে যায়। তাই সময়মতো হাইড্রোমিটার দিয়ে  $H_2SO_4$  মিশ্রণের ঘনত্ব বা, আপেক্ষিক গুরুত্ব দেখা হয়। আবার রিচার্জের সময় পানি বিশ্রেষ্টি হয়ে  $H_2$  ও  $O_2$  উৎপন্ন হয় এবং পানি কমে যায়। তখন  $H_2SO_4$  এর ঘনত্ব বেড়ে যায়। তাই সময়মতো ব্যাটারিতে বিশুদ্ধ পানি যোগ করে  $H_2SO_4$  এর ঘনত্ব বা, আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.25 থেকে 1.26 এর মধ্যে রাখতে হয়।

\* হাইড্রোমিটারে  $H_2SO_4$  এর আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.21 দেখালে ব্যাটারির emf 1.17V এর নিচে বোঝায়। তাই  $H_2SO_4$  এর ঘনত্ব কখনো 1.21 এর কাছাকাছি হলে ব্যাটারি পুনরায় চার্জ করতে হয়।

**শক্ষ করো :** এক্ষেত্রে দুটি ইলেক্ট্রোডের অবস্থান ও ইলেক্ট্রন প্রবাহের দিক বিপরীত হয়। এটি বোঝার জন্য  $e^-$  এর উৎস কোথায় দেখ।

(১) গ্যালভানিক কোষে অ্যানোডে জারণ ক্রিয়ায়  $e^-$  উৎপন্ন হয় (generate); তাই এটি ঋণাত্মক। ক্যাথোডে  $e^-$  ব্যয় হয় (consume); তাই এটি ধনাত্মক।

(২) ইলেক্ট্রোলাইটিক কোষের বাইরের উৎস থেকে  $e^-$  পূর্বের অ্যানোডে যোগান (supply) হয় এবং বিজ্ঞারণ ঘটায়; তাই এটি ক্যাথোড ও ঋণাত্মক। পূর্বের ক্যাথোড থেকে এখন  $e^-$  অপসারিত (remove) হয়; তাই এটি অ্যানোড ও ধনাত্মক হয়।



চিত্র-৪.২৫ : লেড-এসাইড ব্যাটারিতে গ্যালভানিক কোষ ও ইলেক্ট্রোলাইটিক কোষবয়ে বিক্রিয়াসমূহ।

**অধিক জেনে নাও :**  $25^{\circ}\text{C}$ -এ হাইড্রোমিটারে  $\text{H}_2\text{SO}_4$  এর আ. গুরুত্ব (specific gravity) এর সাথে লেড এসাইড ব্যাটারির চার্জিত হওয়ার সম্পর্ক :

Charged	sp. gr. of $\text{H}_2\text{SO}_4$
100%	1.265 — 1.255
75%	1.235 — 1.215
50%	1.200 — 1.180
25%	1.165 — 1.155
0%	1.130 — 1.110

For temperature adjustment get a sp. gr. reading and adjust to temp. by adding 0.004 for every  $10^{\circ}\text{F}$  (বা,  $5.5^{\circ}\text{C}$ ) above  $80^{\circ}\text{F}$  and subtracting 0.004 for every  $10^{\circ}\text{F}$  below  $80^{\circ}\text{F}$ .

## (২) লিথিয়াম ব্যাটারি ও লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি (Lithium & Lithium-Ion Batteries, LIB)

লিথিয়াম ব্যাটারি ও লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি নামে দু'ধরনের ব্যাটারি আছে।

**T** লিথিয়াম ব্যাটারি : লিথিয়াম ব্যাটারি প্রাইমারি ব্যাটারি এবং রিচার্জেবল নয়। লিথিয়াম ব্যাটারিতে লিথিয়ামকে অ্যানোড ও ইলেক্ট্রোলাইট বা তড়িৎ বিশ্লেষ্যকরণে অজলীয় জৈব দ্রাবকে (যেমন, ইথেন নাইট্রাইল বা, অ্যাসিটোনাইট্রাইলে  $\text{CH}_3\text{CN}$ ) লিথিয়াম পারক্লোরেট,  $\text{LiClO}_4$  দ্রবণ এবং ক্যাথোডকরণে প্রায় ক্ষেত্রে  $\text{MnO}_2$  অথবা সিলভার ভ্যানাডিয়াম অক্সাইড ( $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}$ ) ব্যবহৃত হয়। এসব ধাতুর অক্সাইডের কেলাস গঠনে অসংখ্য  $\text{Li}^+$  আয়ন শোষিত (absorb) থাকে। (Energy/mass) অনুপাত অনুসারে লিথিয়াম ব্যাটারির উচ্চ কোষ বিভব, ( $E^{\circ}$ ) মান রয়েছে; মাত্র 6.94 g লিথিয়াম থেকে 1 mol ইলেক্ট্রন বা 1F বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। প্রাইমারি লিথিয়াম ব্যাটারির ইলেক্ট্রোড বিক্রিয়ায় অ্যানোডে লিথিয়াম ধাতুর জারণ ঘটে এবং ক্যাথোডে  $\text{MnO}_2$  এর বিজ্ঞারণ ঘটে।

**কার্যপ্রণালী :** অ্যানোডে লিথিয়াম ধাতুর জারণের পর সৃষ্টি সলভেটেড লিথিয়াম আয়ন  $\text{Li}^+(\text{soln})$  কোষের ভেতরে অ্যানোড থেকে ক্যাথোডের দিকে যায়। তখন বহিষ্পত্তনী দিয়ে ইলেক্ট্রন প্রবাহিত হয়। এক্ষেত্রে  $x = \text{মোলসংখ্যা}$ ।

অ্যানোডে জারণ :  $x\text{Li}(\text{s}) \rightarrow x\text{Li}^+(\text{soln}) + xe^-$

ক্যাথোডে বিজারণ :  $\text{MnO}_2(\text{s}) + x\text{Li}^+(\text{soln}) + xe^- \rightarrow \text{Li}_x\text{MnO}_2(\text{s})$

সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া :  $\text{MnO}_2(\text{s}) + x\text{Li}(\text{s}) \rightarrow \text{Li}_x\text{MnO}_2(\text{s})$

সিলভার ভ্যানাডিয়াম অক্সাইড (SVO) ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হলে ইলেকট্রোলিট বিক্রিয়া নিম্নরূপ হয় :

অ্যানোডে জারণ :  $7\text{Li}(\text{s}) \rightarrow 7\text{Li}^+(\text{soln}) + 7e^-$

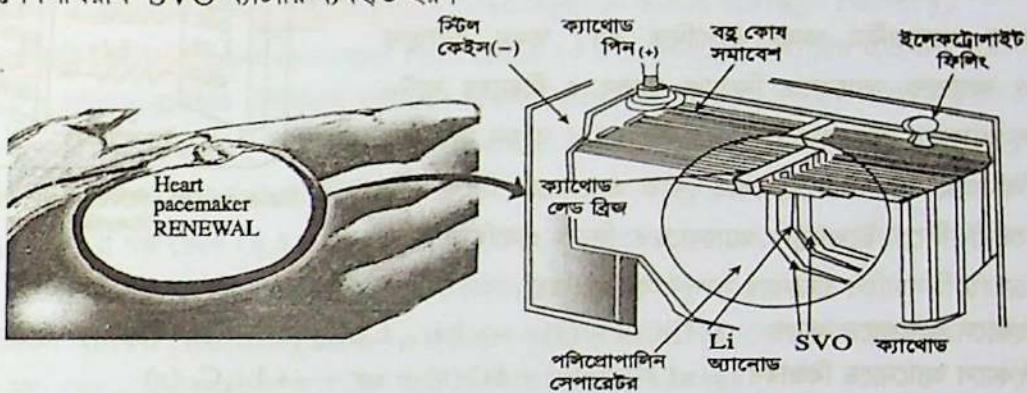
ক্যাথোডে বিজারণ :  $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}(\text{s}) + 7\text{Li}^+(\text{soln}) + 7e^- \rightarrow \text{Li}_7\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}(\text{s})$

সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া :  $\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}(\text{s}) + 7\text{Li}(\text{s}) \rightarrow \text{Li}_7\text{Ag}_2\text{V}_4\text{O}_{11}(\text{s})$

কিন্তু লিথিয়াম ব্যাটারি রিচার্জেবল নয় এবং দাহ্য ইলেকট্রোলাইট থাকায় এটির কিছু বিপজ্জনক অসুবিধাও রয়েছে।

লিথিয়াম ব্যাটারি হালকা, পরিবেশ দৃষ্টি কম ঘটায় ও কয়েক বছর দীর্ঘস্থায়ী। ক্যালকুলেটর, ঘড়ি ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।

হার্টপেচমেকাররূপে লিথিয়াম SVO ব্যাটারি ব্যবহৃত হয়।



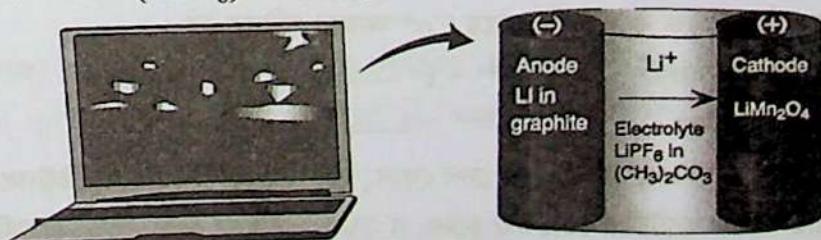
চিত্র-৪.২৬ : SVO ক্যাথোডযুক্ত লিথিয়াম ব্যাটারি।

**লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি :** সেকেন্ডারি লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি রিচার্জেবল ব্যাটারি। এটি হলো লিথিয়াম ব্যাটারির সেকেন্ডারি সংস্করণ। লিথিয়াম-ব্যাটারি ও লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির মধ্যে পার্থক্য হলো অ্যানোডের প্রকৃতিতে।

লিথিয়াম ব্যাটারিতে অ্যানোড হলো লিথিয়াম (Li) ধাতু। অপরদিকে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারিতে অ্যানোড হলো দুই গ্রাফাইট শিটে আবদ্ধ Li-পরমাণু অর্থাৎ লিথিয়ামযুক্ত গ্রাফাইট ( $\text{Li}_x\text{C}_6$ ); যাতে Li পরমাণু ইলেক্ট্রন ত্যাগ করে  $\text{Li}^+$  আয়নে পরিণত হয় এবং এ কারণে লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি নামকরণ হয়েছে।

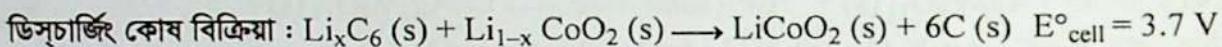
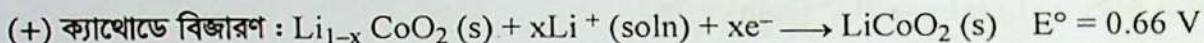
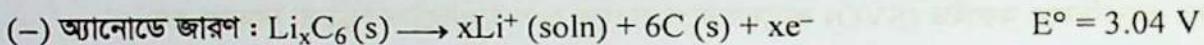
লিথিয়াম ব্যাটারিতে ক্যাথোড হলো  $\text{MnO}_2$  অথবা SVO। অপরদিকে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারিতে ক্যাথোড হলো লিথিয়াম মেটাল অক্সাইড যেমন লিথিয়াম ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ ) অথবা লিথিয়াম কোবাল্ট অক্সাইড ( $\text{LiCoO}_2$ ) অথবা লিথিয়াম আয়রন ফসফেট ( $\text{LiFePO}_4$ )।

অজলীয় তড়িৎ বিশ্রেষ্য বা ইলেকট্রোলাইট হলো জৈব দ্রাবক যেমন ডাইমিথাইল কার্বনেট ও ইথাইল মিথাইল কার্বনেট মিশ্রণে লিথিয়াম হেক্সাফ্লোরো ফসফেট ( $\text{LiPF}_6$ ) এর 1M দ্রবণ।



চিত্র-৪.২৭ : লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি।

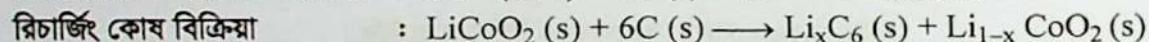
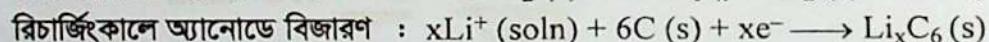
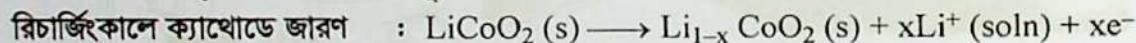
**কার্যপ্রণালি :** ডিস্চার্জিং কালে অধিক সক্রিয়  $\text{Li}^+$  পরমাণু ইলেকট্রন ত্যাগ করে  $\text{Li}^+$  আয়নে পরিণত হলে সলভেটেড লিথিয়াম আয়ন  $[\text{Li}^+ (\text{soln})]$  যখন কোষের ভেতরে অ্যানোড থেকে ক্যাথোডের দিকে যায় তখন বহিঃবর্তনী দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহিত হয়, [চিত্র-৮.২৭(ক)]। তখন নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে :



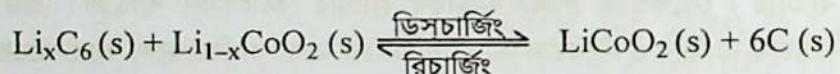
**রিচার্জ প্রক্রিয়া :** রিচার্জের বেলায়, কোষ বিক্রিয়াটি বিপরীতভাবে ঘটে। যেমন, বাহ্যিক সার্কিটের মধ্য দিয়ে বাহ্যিক উৎস থেকে পাওয়ার সাপ্লাই করে কোষের অ্যানোডে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করা হলে ঐ কোষের প্রক্রিয়ার উপর প্রয়োজনীয় কাজ সম্পাদিত হয়। তখন ধনাত্মক ক্যাথোডে ও ঋণাত্মক অ্যানোডে নিম্নোক্ত জারণ ও বিজারণ ঘটে।

রিচার্জিংকালে ক্যাথোড তড়িৎস্বার  $\text{LiCoO}_2$  হতে  $\text{Li}^+$  আয়ন মুক্ত হয়ে সলভেটেড লিথিয়াম আয়নরূপে ক্যাথোড থেকে অ্যানোডের দিকে যায়; তখন বহিঃবর্তনী দিয়ে ইলেকট্রন অ্যানোডের দিকে প্রবাহিত হয়।

**রিচার্জিং প্রক্রিয়াটি ডিস্চার্জিং প্রক্রিয়ার সম্পূর্ণ বিপরীত হয়।**

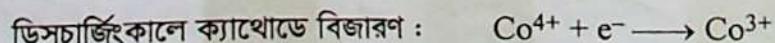


∴ ডিস্চার্জিং ও রিচার্জিংকালে সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়াটি উভয়েই নিম্নরূপ হয় :

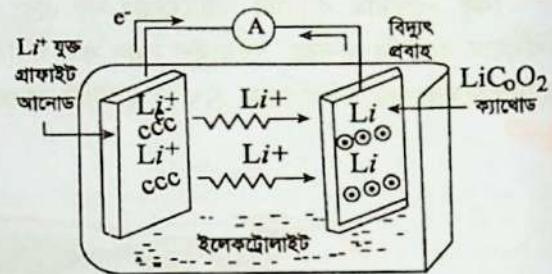


**\* অধিক জেনে নাও :** লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারিতে, ডিস্চার্জিংকালে সলভেটেড  $\text{Li}^+(\text{soln})$  আয়ন কোষের ভেতরে অ্যানোড থেকে ক্যাথোডের দিকে যায়; কিন্তু রিচার্জিংকালে  $\text{Li}^+$  আয়ন বিপরীতভাবে কোষের ভেতরে ক্যাথোড থেকে অ্যানোডের দিকে যায়।

\* লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারিতে ক্যাথোডের  $\text{LiCoO}_2$  এর অবস্থান্তর ধাতু কোবাল্ট (Co) আয়নটিতে যথাক্রমে ডিস্চার্জিং কালে বিজারণ ( $\text{Co}^{4+}$  থেকে  $\text{Co}^{3+}$ ) এবং রিচার্জিংকালে জারণ ( $\text{Co}^{3+}$  থেকে  $\text{Co}^{4+}$ ) ঘটে। যেমন ডিস্চার্জিংকালে অ্যানোডের গ্রাফাইট শিটের মধ্যস্থ �Li পরমাণুর ত্যাগ করা ইলেকট্রন বহিঃবর্তনী দিয়ে ক্যাথোডে পৌছলে  $\text{LiCoO}_2$  এর  $\text{Co}^{4+}$  আয়ন তা শোষণ করে  $\text{Co}^{3+}$  আয়নে বিজারিত হয়। আবার রিচার্জিংকালে অ্যানোডে বিভব পার্থক্য ঘটলে তখন পূর্বের  $\text{Co}^{3+}$  আয়ন ইলেকট্রন বিমুক্ত করে জারিত হয়ে  $\text{Co}^{4+}$  আয়নে পরিণত হয়।



**ব্যবহার :** লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি ব্যবহৃত হয় সেল ফোন, ল্যাপটপ-কম্পিউটার, ডিজিট্যাল ক্যামেরা ও পাওয়ার টুলস বা যন্ত্রপাতিতে। লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারির ভোল্টেজ হলো 3.7V। বর্তমানে লেড এসিড ব্যাটারির পরিবর্তে LIB ব্যবহৃত হয়। (যেমন, Tesla Motors electric car -এ, এর speed 130 mph)।



চিত্র-৮.২৭ (ক) : লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারির ডিস্চার্জিং প্রক্রিয়া

শিক্ষার্থীর কাজ-৪.১১ : তড়িৎ কোষভিত্তিক সমস্যা :

সমস্যা-৪.৮১ : নিম্নোক্ত কোষের অর্ধ-বিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া লেখ ।

- |  |                                       |
|--|---------------------------------------|
| (ক) $Zn(s)/Zn^{2+}(aq) \parallel H^+(aq)/H_2(g)$ , Pt  | (ঘ) প্রাইমারি লিথিয়াম ব্যাটারি,      |
| (খ) লেড-এসিড রিচার্জেবল ব্যাটারি,  | (ঙ) লিথিয়াম-আয়ন রিচার্জেবল ব্যাটারি |
| (গ) $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$ এবং $Ag(s)/Ag^+(aq)$ ইলেকট্রোলসহ কোষ গঠন ও কোষ বিক্রিয়া লেখ । এক্ষেত্রে<br>$E_{Zn^{2+}/Zn}^0 = -0.76V; E_{Ag/Ag}^0 = +0.80V;$ |                                       |

### ৪.১৬ লেড স্টোরেজ এবং লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা

#### Advantages & Disadvantages in Lead Storage & Lithium Batteries

##### (ক) লেড স্টোরেজ ব্যাটারি ব্যবহারে সুবিধাসমূহ (Advantages of Lead storage Battery)

(১) নিম্ন অভ্যন্তরীণ রোধ (Low internal resistance) : লেড স্টোরেজ ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ প্রায় 0.001 ohms। অপরদিকে ঘড়িতে ব্যবহৃত লিথিয়াম ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ প্রায় 100 ohms। অভ্যন্তরীণ রোধ কম হওয়ায়, লেড স্টোরেজ ব্যাটারি থেকে শুরুতে উচ্চ বিদ্যুৎ শক্তি পাওয়া যায়। কার-ইঞ্জিনে প্রয়োজনীয় উচ্চ বিদ্যুৎ শক্তি লেড স্টোরেজ ব্যাটারি থেকে পাওয়া যায় বলে কার-ইঞ্জিন স্টার্ট করা সহজ হয়। কিন্তু লেড স্টোরেজ ব্যাটারির 12V এর সমতুল্য আটটি 1.5V ড্রাইসেল বা শুক কোষ (AA) এর অভ্যন্তরীণ রোধ বেশি হওয়ায় এর থেকে কার ইঞ্জিন স্টার্ট করার প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ শুরুতেই পাওয়া যায় না বলে শুক কোষ এক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয় না।

(২) রিচার্জেবল ব্যাটারি (Rechargeable) : সাধারণ ব্যাটারি যেমন শুক কোষ, অ্যালকালাইন কোষ ইত্যাদিকে রিচার্জ করা যায় না। লেড-এসিড ব্যাটারিকে রিচার্জ করে বার বার ব্যবহার করা সম্ভব।

(৩) চার্জ লেভেল পরীক্ষা (Checking charge levels) : অ্যালকালাইন ব্যাটারি, লিথিয়াম অথবা নিকেল-ক্যাডমিয়াম ব্যাটারি ইত্যাদি চার্জ লেভেল পরীক্ষা করে ব্যাটারির অবস্থা জানার সুবিধা নেই; কিন্তু লেড-স্টোরেজ ব্যাটারির চার্জ লেভেল জানা যায়। কারণ এর মধ্যে ব্যবহৃত  $H_2SO_4$  এর ঘনত্ব হাইড্রোমিটার দ্বারা মেপে চার্জ লেভেল জানা যায়। একটি পূর্ণ চার্জযুক্ত লেড স্টোরেজ ব্যাটারিতে  $H_2SO_4$  এর ঘনত্ব  $1.29 g/cm^3$  থাকে।  $H_2SO_4$  এর ঘনত্ব কমলে ব্যাটারির চার্জ লেভেল কমার নির্দেশ করে।

(৪) সহজ প্রাপ্যতা (Availability) : তুলনামূলক কম দামে লেড স্টোরেজ ব্যাটারি সর্বত্র পাওয়া যায়।

##### (খ) লেড-স্টোরেজ ব্যাটারি ব্যবহারে অসুবিধাসমূহ (Disadvantages in Lead-storage Battery)

(১) এসিড বার্ন বিপদ : লেড-স্টোরেজ ব্যাটারিতে 36 – 38% (w/w)  $H_2SO_4$  এর জলীয় দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। এই  $H_2SO_4$  এর সংস্পর্শে তুকের বার্ন ক্ষত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। তাই লেড-স্টোরেজ ব্যাটারি ব্যবহারে অত্যধিক সতর্ক থাকা উচিত।

(২) রিচার্জকালে দাহ্য  $H_2$  গ্যাস নির্গমন : লেড-স্টোরেজ ব্যাটারি রিচার্জের সময় কিছু পরিমাণ ইলেকট্রোলাইট বাস্পীভূত হয়ে যায় এবং ব্যাটারির খোলা মুখ দিয়ে দাহ্য  $H_2$  গ্যাস বের হতে পারে। তাই রিচার্জকালে লেড-স্টোরেজ ব্যাটারির নিকটে আগুন বা জুলন্ত শিখা রাখা যাবে না।

(৩) ইলেকট্রোলাইট লেভেল সমস্যা (Electrolyte Levels) : লেড-স্টোরেজ ব্যাটারিতে  $H_2SO_4$  এসিড ঢালার একটি মুখ থাকে। ব্যাটারির রিচার্জের সময় এ ইলেকট্রোলাইট কোনো একটি সেলে কিছু পরিমাণে বাস্পীভূত হয়ে এসিড

লেভেল সাধারণ অবস্থা থেকে কমে গেলে তখন ব্যাটারি সঠিকভাবে কাজ করে না। তখন ডিস্টিল্ড ওয়াটার এ সেলে যোগ করে এসিড লেভেল ঠিক রাখতে হয়।

(৮) ভারী ব্যাটারি বহন করতে সমস্যা (Troubles to Carry Heavy Battery) : লেড স্টোরেজ ব্যাটারিতে 38%  $H_2SO_4$  এসিড দ্রবণে অনেকগুলো লেড ধাতুর পাত ও লেড অক্সাইড ইলেকট্রোড নিমজ্জিত থাকে। লেড স্টোরেজ ব্যাটারির ওজন 30 – 60 পাউন্ড হয়ে থাকে। এত ভারী লেড ব্যাটারিকে তুলতে গিয়ে অস্তর্কর্তাবশত পেশিতে ব্যথা বা আহত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

(৯) পরিবেশের দূষণ (Environmental Pollution) : লেড-স্টোরেজ ব্যাটারি বর্জ্যরূপে ফেলে দিলে লেড ধাতু মাটিতে দূষণ সৃষ্টি করে। লেড আয়ন ( $Pb^{2+}$ ) মাটি থেকে খাদ্য শৃঙ্খলে প্রবেশ করে মানুষের দেহে বিভিন্ন প্রকার রোগ সৃষ্টি করে থাকে।

**MAT : ১৭-১৮**

### ৪.১৬.১ লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারে সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ

#### Advantages & Disadvantages in Lithium Batteries

লিথিয়াম ব্যাটারি দুপ্রকার; যেমন প্রাইমারি লিথিয়াম ব্যাটারি যেখানে লিথিয়াম ধাতু আনোড়রূপে ব্যবহৃত হয়। এটি রিচার্জেবল নয়। অপরটি হলো লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি। এটিতে অ্যানোড হলো লিথিয়ামযুক্ত গ্রাফাইট ( $Li_xC_6$ ); এটি রিচার্জেবল ব্যাটারি।

#### (ক) লিথিয়াম ব্যাটারির সুবিধাসমূহ (Advantages in Lithium Battery)

(১) ওজনে হালকা (Lightness) : লেড ধাতু ও নিকেল ধাতু দিয়ে তৈরি ব্যাটারির তুলনায় লিথিয়াম ব্যাটারি হাল্কা। তাই মোটর কারে এটি ব্যবহারযোগ্য।

(২) পরিবেশ দূষণ, পাওয়ার ও ছায়িত্ব (Pollution, Power, Durability) : নিকেল ও লেড ধাতু থেকে তৈরি ব্যাটারির তুলনায় লিথিয়াম ব্যাটারি দীর্ঘস্থায়ী হওয়ায়, এটি তুলনামূলক কম বর্জ্যরূপে মাটিতে যুক্ত হয়। লিথিয়াম ব্যাটারির পাওয়ার (power) অন্য যেকোনো ব্যাটারির পাওয়ারের তুলনায় বেশি।

#### (খ) লিথিয়াম ব্যাটারির অসুবিধাসমূহ (Disadvantages in Lithium Battery)

(১) রিচার্জেবল নয় (Not Rechargeable) : লিথিয়াম ব্যাটারি রিচার্জেবল না হওয়ায়, একবার ব্যবহার শেষে পরিত্যাজ বা বর্জ্য হয়। আবার ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতিতে যুক্ত থাকলে, তখন এটি প্রতিস্থাপন করা যায় না। ফলে ইলেকট্রনিক যন্ত্রটিই বর্জ্য হয়ে যায়।

(২) বিপজ্জনক ফুটা বা লীক (Leak) হওয়া : বৈদ্যুতিক যন্ত্রে ব্যবহৃত অবস্থায় লিথিয়াম ব্যাটারিতে লীক বা ফুটা হলে এ বৈদ্যুতিক যন্ত্র উত্তপ্ত ও পরে আগুন জ়লে ওঠে। যেমন 2006 সালে Dell Computer Company এদের ল্যাপটপের একটি ব্যাচ বাজার থেকে তুলে নিতে বাধ্য হয়; কারণ এ ল্যাপটপে ব্যবহৃত লিথিয়াম ব্যাটারিতে ফুটা হওয়ার প্রবণতা দেখা গিয়েছিল।

(৩) কমার্শিয়াল স্টোরেজে অসুবিধা : লিথিয়াম ব্যাটারিগুলো সংস্পর্শে থাকলে ফ্রিকশন বা সংঘর্ষের কারণে পরিবেশে বিষাক্ত গ্যাস সৃষ্টি করে। পানি-বাষ্পের সংস্পর্শে করোশন (corrosion) বা ধাতুক্ষয় ঘটে এবং  $H_2$  গ্যাস নির্গত করে।

#### (গ) লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি ব্যবহারে সুবিধাসমূহ (Advantages in Lithium-Ion Battery)

(১) বহনযোগ্য ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতিতে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়। লেড-এসিড ব্যাটারি ভারী এবং সহজে বহনযোগ্য নয়; কিন্তু লিথিয়াম-আয়ন রিচার্জেবল ব্যাটারি সহজে বহনযোগ্য।

(২) লেড-এসিড ব্যাটারির সমপরিমাণ ভোল্টেজ বিদ্যুৎ লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি থেকে পাওয়া যায়। তাই যান্ত্রিক গঠন কৌশল অপরিবর্তিত রেখে লেড-এসিড ব্যাটারির পরিবর্তে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি ব্যবহার সহজে করা যায়।

### (ঘ) লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি ব্যবহারে অসুবিধাসমূহ (Disadvantages in Lithium-Ion Battery)

লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারিতে দাহ্য প্রকৃতির ইলেকট্রোলাইট অধিক চাপে থাকে। তাই এটি অবস্থাতে বিপজ্জনক হতে পারে। তাই এটিতে গঠনগত নিরাপদ ব্যবস্থা রয়েছে। তবুও কোনো কোনো কোম্পানির তৈরি লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি থেকে দুর্ঘটনার সংবাদে ঐ কোম্পানির লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারির ব্যাচ বাজার থেকে তুলে নেয়া হয়েছে। লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি ব্যবহার শেষে আগনে ফেলা যাবে না। এতে বিস্ফোরণ ঘটবে।

## ৪.১৭ ফুয়েল সেল ও এর প্রকারভেদ

### Fuel Cells & Their Types

**ফুয়েল সেলের সংজ্ঞা :** ফুয়েল সেল হলো এক প্রকার গ্যালভানিক সেল। ফুয়েল সেলের বিক্রিয়ক দুটির মধ্যে একটি বিক্রিয়ক হলো জ্বালানি উপাদান বা ফুয়েল যেমন  $H_2$  গ্যাস অথবা মিথানল ( $CH_3OH$ )। অপরটি হলো অক্সিজেন গ্যাস। এক্ষেত্রে রিডক্ষু বিক্রিয়ায় ফুয়েল বা জ্বালানির রাসায়নিক শক্তি সরাসরি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

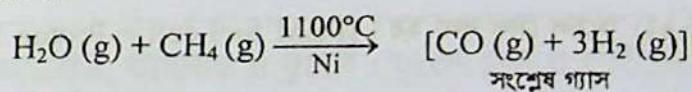
হাইড্রোকার্বন জ্বালানি মিথেন, প্রোপেন, বিউটেন ইত্যাদিকে সরাসরি ফুয়েল সেল ব্যবহার করা যায় না।

**ফুয়েল  $H_2$  ও  $CH_3OH$  উৎপাদন :** স্টিম-হাইড্রোকার্বন রিফরমিং পদ্ধতিতে স্টিম [ $H_2O(g)$ ] ও মিথেন ( $CH_4$ ) গ্যাস মিশ্রণকে  $1100^{\circ}C$ -এ Ni প্রভাবকের উপস্থিতিতে প্রথমে সংশ্লেষ গ্যাস ( $CO + 3H_2$ ) এবং পরে ওয়াটার গ্যাস শিফ্ট বিক্রিয়া দ্বারা  $400^{\circ}C$ -এ অধিক  $H_2$  গ্যাস ও  $CO_2$  গ্যাসে পরিণত করা হয়। সবশেষে ক্ষার দ্বারা  $CO_2$  শোষণ করা হয়।

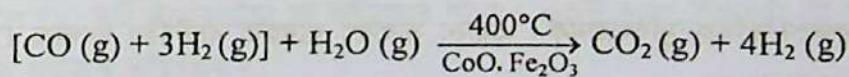
অপরদিকে ওয়াটার গ্যাস ও  $H_2$  গ্যাস থেকে  $200\text{ atm}$  চাপে ও  $300^{\circ}C$ -এ প্রভাবক  $ZnO$ ,  $Cr_2O_3$  এর উপস্থিতিতে 99% মিথানল ফুয়েল উৎপাদন করা হয়।

(১) ফুয়েল  $H_2$  গ্যাস উৎপাদন : বর্তমানে  $CH_4$  গ্যাস থেকে স্টিম-হাইড্রোকার্বন রিফরমিং প্রক্রিয়ায় অধিক  $H_2$  গ্যাস উৎপাদন করা হয়। এ প্রক্রিয়াটি নিম্নোক্ত ৩ ধাপে সম্পন্ন হয় :

(i) **১ম ধাপে, সংশ্লেষ গ্যাস উৎপাদন :** স্টিম ও মিথেন গ্যাসের মিশ্রণ থেকে  $1000^{\circ}C$  তাপমাত্রায় Ni প্রভাবকের উপস্থিতিতে  $CO$  ও  $H_2$  গ্যাসের মিশ্রণ বা সংশ্লেষ গ্যাস উৎপন্ন হয়। এ গ্যাস মিশ্রণ থেকে মিথানল ও তরল জ্বালানি সংশ্লেষণ করা যায় বলে এরূপ নামকরণ হয়েছে।

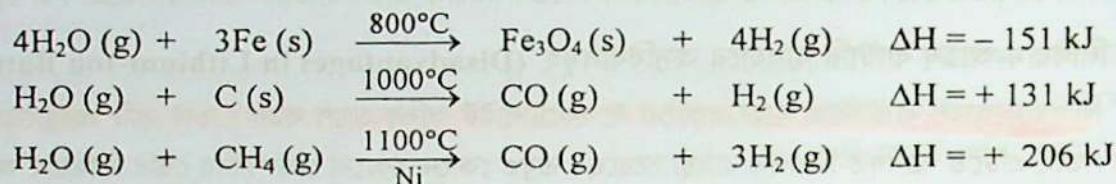


(ii) **২য় ধাপে, ওয়াটার গ্যাস শিফ্ট বিক্রিয়া দ্বারা সংশ্লেষ গ্যাসের বিষাক্ত  $CO$  গ্যাসকে স্টিম দ্বারা  $CO_2$  গ্যাসে রূপান্তর ও অধিক  $H_2$  গ্যাস উৎপাদন করা হয়। স্টিম দ্বারা বিষাক্ত  $CO$  গ্যাসকে  $CO_2$  রূপান্তর করা হয়েছে বলে বিক্রিয়াটির এরূপ নামকরণ হয়েছে।**

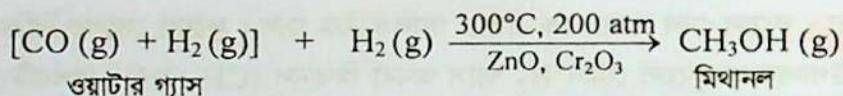
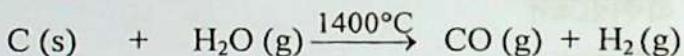


(iii) শেষ ধাপে উৎপন্ন গ্যাস মিশ্রণকে ক্ষারীয় দ্রবণে যেমন,  $K_2CO_3/Ca(OH)_2$  এর মধ্যে অথবা  $20\text{ atm}$  চাপে শীতল পানিতে চালনা করলে  $CO_2$  শোষিত হয়;  $H_2$  গ্যাস নির্গত হয়।

ফুয়েল  $H_2$  গ্যাস উৎপাদনে স্টিমের সাথে বিজ্ঞারকরূপে আয়রন, কার্বন অথবা  $CH_4$  শিল্পক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।



(২) **ফুয়েল  $CH_3OH$  উৎপাদন** : লোহিত তপ্ত ( $1400^{\circ}C$ ) কোক কার্বনের ওপর দিয়ে স্টিম চালনা করলে ওয়াটার গ্যাস উৎপন্ন হয়। পরে ঐ ওয়াটার গ্যাসের সাথে এর আয়নের অর্ধেক পরিমাণ  $H_2$  গ্যাসের মিশ্রণকে  $200 \text{ atm}$  ও  $300^{\circ}C$ -এ  $ZnO$  ও ক্রোমিক অক্সাইড প্রভাবক মিশ্রণের ওপর চালনা করলে 99% বিশুদ্ধ মিথানল উৎপন্ন হয়।



\*ফুয়েল সেল ও সাধারণ ব্যাটারির মধ্যে গঠনগত পার্থক্য হলো—

- (১) ব্যাটারি বা কোষের মধ্যে নির্দিষ্ট পরিমাণ জারক ও বিজ্ঞারক আবদ্ধ থাকে।
- (২) কিন্তু ফুয়েল সেলে বিক্রিয়ক দুটিকে বাইরের কনটেইনার থেকে অনবরত প্রবাহিত করা হয়।
- (৩) ব্যাটারির 'জীবনকাল' (Life time) নির্দিষ্ট; কিন্তু ফুয়েল সেলের 'জীবনকাল' ফুয়েল প্রবাহের ওপর নির্ভরশীল ও অনির্দিষ্ট।

#### (ক) ফুয়েলভিত্তিক ফুয়েল সেলের শ্রেণিবিভাগ

**ফুয়েল সেল দু'প্রকার :** যেমন,

- (১) হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেল ও
- (২) মিথানল-অক্সিজেন ফুয়েল সেল।

#### MCQ. 4.25: তড়িৎ কোষের অ্যানোডে কী ঘটে?

- |                       |              |
|-----------------------|--------------|
| (ক) ধাতব আয়ন আগমন    | (খ) বিজ্ঞারণ |
| (গ) ধাতব আয়ন নির্গমন | (ঘ) জারণ     |

প্রাথমিক অবস্থায় হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেলে তড়িৎ বিশ্রেষ্য বা ইলেক্ট্রোলাইটরূপে জলীয় KOH দ্রবণ  $80^{\circ}C$ -এ ব্যবহৃত হয়। বর্তমানে-এ উক্ত জলীয় KOH দ্রবণের পরিবর্তে বিশেষ পলিমার মেম্ব্রেন (membrane) ব্যবহৃত হয়; যা অ্যানোড (-ve) থেকে প্রোটনকে ক্যাথোডে বহন করে নিয়ে যায়। এজন্য হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেলকে প্রোটন-এক্সচেঞ্চ মেম্ব্রেন (PEM) ফুয়েল সেল বলা হয়। [PEM fuel cell = Proton Exchange membrane fuel cell]

অনুরূপভাবে মিথানল-অক্সিজেন ফুয়েল সেলে সরাসরি মিথানল ( $CH_3OH$ ) এর জলীয় দ্রবণ ফুয়েল হিসেবে অ্যানোডে ব্যবহৃত হয় বলে এটিকে 'direct methanol fuel cell (DMFC)' বলা হয়।

**DMFC এর সুবিধাসমূহ :** ওজনে হালকা DMFC এ ব্যবহৃত ফুয়েল সহজলভ্য এবং নিরাপদ হওয়ায়  $H_2$  গ্যাসের তুলনায় বাণিজ্যিক সংরক্ষণে অধিক সুবিধাজনক। এছাড়া সাধারণ ব্যবহৃত ব্যাটারির তুলনায় DMFC এর রয়েছে উচ্চ এনার্জি ঘনত্ব (energy density)।

উল্লেখ্য, ফুয়েলরূপে হাইড্রোকার্বন সরাসরি ব্যবহার করা যায় না। এদেরকে প্রথমে স্টিম-হাইড্রোকার্বন রিফরমিক প্রক্রিয়ায়  $H_2$  গ্যাসে পরিণত করতে হয়।

## (খ) ইলেক্ট্রোলাইটভিত্তিক ফুয়েল সেলের শ্রেণিবিভাগ

ফুয়েল সেলকে ব্যবহৃত ইলেক্ট্রোলাইট ও তাপমাত্রার ওপর ভিত্তি করে নিম্নোক্ত শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়।

ফুয়েল সেলের প্রকার	ব্যবহৃত ইলেক্ট্রোলাইট ও তাপমাত্রা	ব্যবহৃত ফুয়েল	তড়িৎধারে জ্বালানি (ফুয়েল)সহ অর্ধ-বিক্রিয়া
১। হাইড্রোজেন অক্সিজেন ফুয়েল সেল বা PEM ফুয়েল সেল	১। পলিমার মেম্ব্রেন, PEM তাপমাত্রা : ৮০°C	বিজ্ঞারক : H <sub>2</sub> জারক : O <sub>2</sub>	অ্যানোডে : 2H <sub>2</sub> (g) → 4H <sup>+</sup> (aq) + 4e <sup>-</sup> ক্যাথোডে : O <sub>2</sub> (g) + 4H <sup>+</sup> (aq) + 4e <sup>-</sup> → 2H <sub>2</sub> O(g)
২। মিথানল অক্সিজেন ফুয়েল সেল DMFC	২। পলিমার মেম্ব্রেন, PEM তাপমাত্রা : ৮০°C	বিজ্ঞারক : CH <sub>3</sub> OH জারক : O <sub>2</sub>	অ্যানোডে : 2CH <sub>3</sub> OH + 2H <sub>2</sub> O → 2CO <sub>2</sub> +12H <sup>+</sup> + 12e <sup>-</sup> ক্যাথোডে : 3O <sub>2</sub> + 12H <sup>+</sup> +12e <sup>-</sup> → 6H <sub>2</sub> O
৩। Alkali Fuel cell বা, AFC	৩। KOH দ্রবণ, তাপমাত্রা : 150°C	বিজ্ঞারক : H <sub>2</sub> জারক : O <sub>2</sub>	অ্যানোডে: 2H <sub>2</sub> (g) + 4 OH <sup>-</sup> (aq)→ 4H <sub>2</sub> O(g) + 4e <sup>-</sup> ক্যাথোডে : O <sub>2</sub> (g) + 2H <sub>2</sub> O + 4e <sup>-</sup> → 4OH <sup>-</sup> (aq)
৪। Phosphoric acid ফুয়েল সেল, PAFC	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> এসিড তাপমাত্রা : 180°C	বিজ্ঞারক : H <sub>2</sub> জারক : O <sub>2</sub>	অ্যানোডে : 2H <sub>2</sub> (g) → 4H <sup>+</sup> (aq) + 4e <sup>-</sup> ক্যাথোডে : O <sub>2</sub> (g) + 4H <sup>+</sup> (aq) + 4e <sup>-</sup> → 2H <sub>2</sub> O(g)
৫। Molten carbonate Fuel Cell, MCFC	৫। লিথিয়াম-পটাসিয়াম কার্বনেট, LiKCO <sub>3</sub> তাপমাত্রা : 650°C	বিজ্ঞারক : H <sub>2</sub> জারক : O <sub>2</sub>	অ্যানোডে: 2H <sub>2</sub> + 2CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (l) → 2H <sub>2</sub> O + 2CO <sub>2</sub> + 4e <sup>-</sup> ক্যাথোডে: O <sub>2</sub> + 2CO <sub>2</sub> + 4e <sup>-</sup> → 2 CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (l)
৬। Solid Oxide Fuel Cell, SOFC	এ সেলে নিকেল সিরামিক কম্পোজিউট অ্যানোড ও লিথিয়াম স্ট্র্যুনসিয়াম ম্যাগনেটাইট ক্যাথোডরূপে এবং 800°C–1000°C এ ইলেক্ট্রোলাইটরূপে জিরকোনিয়াম অক্সাইড (ZrO <sub>2</sub> ) ব্যবহৃত হয়। একমাত্র এ সেলে অক্সাইড আয়ন (O <sup>2-</sup> ) ক্যাথোড থেকে অ্যানোডে ইলেক্ট্রোলাইট দ্বারা বাহিত হয়। অ্যানোডে জারণ : H <sub>2</sub> + O <sup>2-</sup> → H <sub>2</sub> O + 2e <sup>-</sup> . ক্যাথোডে বিজ্ঞারণ : $\frac{1}{2}$ O <sub>2</sub> + 2e <sup>-</sup> → O <sup>2-</sup>		

## ৪.১৭.১ ফুয়েল সেলের অ্যানোড, ক্যাথোড ও ফুয়েল : ফুয়েল সেল ও ব্যাটারির মধ্যে তুলনা

## Anode, Cathode &amp; Fuel in Fuel Cells : Comparison between Fuel Cell &amp; Battery

ফুয়েল সেল হলো এক প্রকার যান্ত্রিক কৌশল (device); এর মধ্যে রাসায়নিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করা  
হয়। সাধারণ গ্যালভানিক কোষের মতো ;

প্রতিটি ফুয়েল সেলে (১) দুটি ইলেক্ট্রোড বা তড়িৎধার থাকে। একটি হলো অ্যানোড বা ঋণাত্মক তড়িৎধার এবং  
অপরটি হলো ক্যাথোড বা ধনাত্মক তড়িৎধার।

এছাড়া (২) একটি বিজ্ঞারক (H<sub>2</sub>/CH<sub>3</sub>OH) ও একটি জারক (O<sub>2</sub>) থাকে (চিত্র-৪.২৮)।

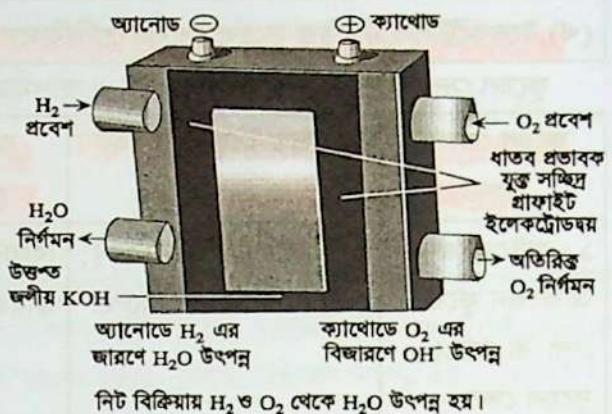
(৩) ইলেক্ট্রোড দুটিতে সংঘটিত রিউক্স বিক্রিয়া দ্বারা ফুয়েল থেকে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়।

এছাড়া ব্যতিক্রম হলো,

(১) প্রত্যেক ফুয়েল সেলে একটি ইলেক্ট্রোলাইট বা তড়িৎ বিশ্রেষ্ণ তরল পদার্থ থাকে। এটি ফুয়েল সেলের ভেতরে চার্জযুক্ত কণাকে যেমন  $H^+$  আয়নকে এক ইলেক্ট্রোড (যেমন অ্যানোড) থেকে অপর ইলেক্ট্রোড (যেমন ক্যাথোড) পরিবহণ করে।

(২) গ্রাফাইট কার্বন নির্মিত অ্যানোড ও ক্যাথোড প্রত্যেক ইলেক্ট্রোডে বিক্রিয়ার সক্রিয় শক্তি হাসের জন্য একটি প্রভাবকের সূক্ষ্ম কণা যেমন ন্যানো কণার ধাতব প্রভাবক Pt/Ni থাকে।

(৩) অ্যানোডে ফুয়েল হিসেবে হাইড্রোজেন গ্যাস অথবা মিথানলের দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। জারক হিসেবে ক্যাথোডে অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।



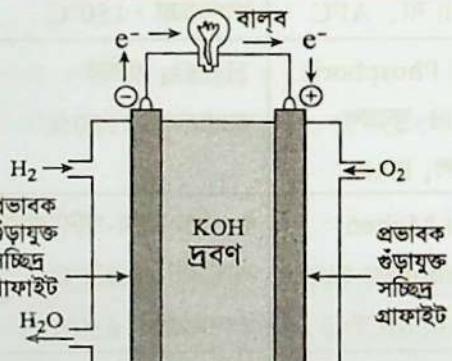
চিত্র-৪.২৮ : ফুয়েল সেল।

### ৪.১৮ হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের গঠন ও সংঘটিত বিক্রিয়া

#### Construction of $H_2$ -Fuel Cell & Its Reaction

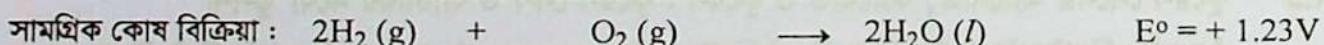
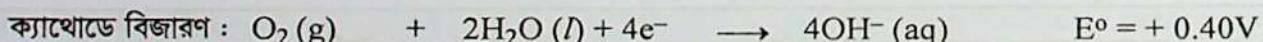
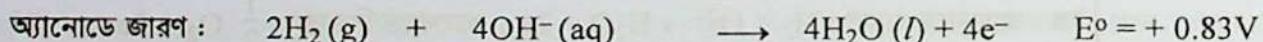
চাঁদে অবতরণকারী এপোলো নভোযানে বিদ্যুতের উৎসরূপে হাইড্রোজেন অক্সিজেন ফুয়েল সেল সর্বপ্রথম ব্যবহৃত হয়।

$H_2$  ফুয়েল সেলের গঠন :  $H_2-O_2$  ফুয়েল সেল বা জ্বালানি কোষ 'বেকোন কোষ' (Becon Cell) নামেও পরিচিত। ফুয়েল সেলে সূক্ষ্ম ছিদ্রের (Porous) গ্রাফাইট ইলেক্ট্রোড দুটিতে Ni, Pt, Ag ধাতুর গুঁড়া অথবা, CoO প্রভাবকরূপে আবদ্ধ থাকে। পৃথক দুটি ইলেক্ট্রোড কম্পার্টমেন্টের মধ্যে একটি  $H_2$  গ্যাস ও অপরটিতে  $O_2$  গ্যাস চালনা করা হয়। উভয় ইলেক্ট্রোড উত্পন্ন ( $150^{\circ}C$ ) জলীয় KOH দ্রবণে (ইলেক্ট্রোলাইট) ডুবানো অবস্থায় থাকে; [চিত্র-৪.২৯] (i) ফুয়েল  $H_2$  গ্যাস ধাতব প্রভাবক দ্বারা শোষিত হয়ে তড়িৎ বিশ্রেষ্ণ KOH দ্রবণের সংস্পর্শে আসলে অ্যানোডে  $H_2$  এর জারণ ঘটে এবং ইলেক্ট্রন বহিঃবর্তনী দিয়ে প্রবাহিত হয়। ক্যাথোডে  $O_2$  বিজ্ঞারিত হয়।



চিত্র-৪.২৯ : হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেল।

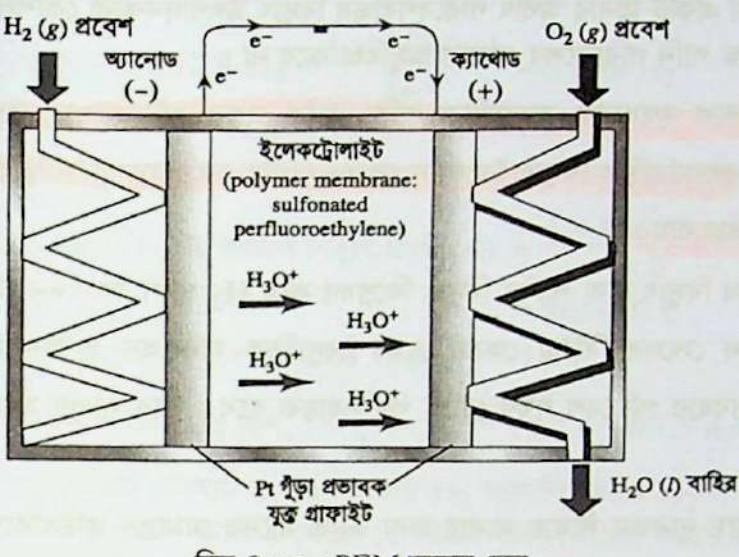
হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের অর্ধ-বিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ। সমগ্র কোষ বিক্রিয়ায়  $H_2$  ও  $O_2$  গ্যাস থেকে পানি উৎপন্ন হয়।



### ৪.১৮.১ PEM ফুয়েল সেল : পরিবেশবান্ধব $H_2$ ফুয়েল সেল

#### Proton Exchange Membrane Fuel Cell

বর্তমানে **পরিবেশবান্ধব** এবং ইলেক্ট্রিক যানবাহনে ব্যবহারযোগ্য  $H_2$  ফুয়েল সেলে ইলেক্ট্রোলাইট জলীয় KOH এর পরিবর্তে বিশেষ পলিমার মেম্ব্রেন (membrane) ব্যবহৃত হয়; যা প্রোটনকে অ্যানোড থেকে বহন করে ক্যাথোডে নিয়ে যায় (চিত্র-৪.৩০)। এরূপ ফুয়েল সেলকে প্রোটন এক্সচেঞ্চ মেম্ব্রেন (PEM) ফুয়েল সেল বলা হয়।



**MCQ-4.26 :** H<sub>2</sub> ফুয়েল সেলে অ্যানোড  
ও ক্যাথোডের নিচের কোণটি ব্যবহৃত হয়?  
[সি. বো. ২০১৫]

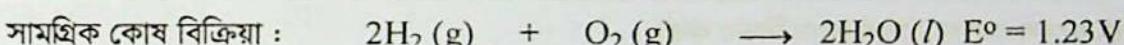
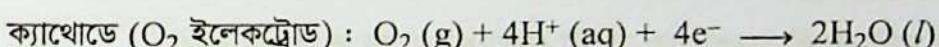
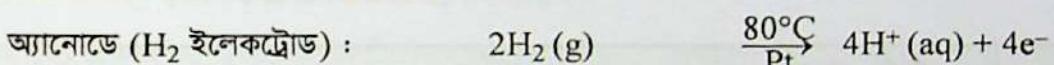
- (ক) Ni    (খ) Ag  
(গ) Pt    (ঘ) গ্রাফাইট

**MCQ-4.27:** H<sub>2</sub> ফুয়েল সেলের বেলায়-

- (i) অ্যানোড গ্রাফাইটের  
(ii) ক্যাথোড গ্রাফাইটের  
(iii) Pt ন্যানো কণা প্রভাবক  
নিচের কোনটি সঠিক?  
(ক) i ও ii    (খ) ii ও iii  
(গ) i ও iii    (ঘ) i, ii ও i

PEM fuel Cell (Proton Exchange Membrane fuel Cell)-এ ফুয়েল হিসেবে H<sub>2</sub> গ্যাসকে 80°C

তাপমাত্রায় বিজ্ঞারকরণে ব্যবহার করা হয়। PEM ফুয়েল সেলের অর্ধ-বিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ :



PEM ফুয়েল সেলে গ্রাফাইটের উভয় তড়িৎদ্বারে Pt ধাতুর ন্যানো কণা মিশ্রিত থাকে। উভয় ইলেক্ট্রোড পলিমার ইলেক্ট্রোলাইট পারফ্লোরো ইথিলিন (-F<sub>2</sub>C=CF<sub>2</sub>)<sub>n</sub> শিকল মেম্ব্ৰেন দ্বাৰা যুক্ত থাকে। এ শিকলে সালফোনিক এসিড মূলক (RSO<sub>3</sub><sup>-</sup>) যুক্ত থাকে; এ ঝণাতাক মূলকটি অ্যানোড থেকে প্রোটনকে H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> আয়নকরণে ক্যাথোডে পরিবহণ কৰে।

PEM ফুয়েল সেলে বিক্রিয়ার মেকানিজম : অ্যানোডে Pt ধাতু দ্বাৰা শোষিত প্রতি দুই অণু H<sub>2</sub> বিযোজিত ও জারিত হয়ে চারটি H<sup>+</sup> আয়ন ও চারটি ইলেক্ট্রন (e<sup>-</sup>) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ইলেক্ট্রন বহিষ্বর্তনীতে এবং H<sup>+</sup> আয়ন পানিযুক্ত হয়ে হাইড্রোনিয়াম (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) আয়নকরণে ইলেক্ট্রোলাইটের মাধ্যমে ক্যাথোডে স্থানান্তরিত হয়।

ক্যাথোডে, Pt-ধাতু প্রভাবক দ্বাৰা শোষিত প্রতি অণু O<sub>2</sub> একটি ইলেক্ট্রন ক্যাথোড থেকে গ্রহণ কৰে O<sub>2</sub> আয়নে পরিণত হয় এবং H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> আয়ন থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ কৰে HO<sub>2</sub> বা, H-O-O গঠন কৰে। এৱপৰ দ্বিতীয় ইলেক্ট্রন ও প্রোটন গ্রহণ কৰে H<sub>2</sub>O অণু ও O পৰমাণু সৃষ্টি কৰে। ঐ O পৰমাণু একই নিয়মে প্ৰথমে OH আয়ন এবং পৰে দ্বিতীয় H<sub>2</sub>O অণু সৃষ্টি কৰে। উৎপন্ন H<sub>2</sub>O সেল থেকে মুক্ত হয়।

## ৪.১৮.২ হাইড্রোজেন-ফুয়েল সেলের সুবিধা

### Advantages in Hydrogen Fuel Cell

(১) ক্রমাগত শক্তির উত্থন : জ্বালানি কোষ বা ফুয়েল সেলে যতক্ষণ জ্বালানি সরবরাহ কৰা হয় ততক্ষণই ক্রমাগত বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হতে থাকে। মহাকাশ অভিযানে ব্যবহৃত কৃত্রিম উপগ্রহে বছৰের পৰ বছৰ যাবৎ বিদ্যুৎ ও বিশুদ্ধ পানি সরবরাহ এ হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল থেকে পাওয়া গেছে।

(২) **দ্রুণমূক কার্য :** হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল হলো একটি ফিনার অর্থাৎ পরিবেশবান্ধব বিদ্যুৎ উৎপাদনকারী কৌশল বা জেনারেটর। হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল থেকে নির্গত বিশুদ্ধ পানি পরিবেশের কোনো অসুবিধা করে না।

(৩) **উচ্চ কার্যক্ষমতা :** হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে ফুয়েলের রাসায়নিক শক্তি অর্থাৎ বন্ধন শক্তির প্রায় 75% ব্যবহারযোগ্য বিদ্যুৎ শক্তিতে পরিণত হয়। অপরদিকে কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ উৎপাদন কেবল 40% এবং গ্যাসোলিন জ্বালানি ব্যবহৃত কার ইঞ্জিনে মাত্র 25% ব্যবহারযোগ্য শক্তি পাওয়া যায়।

(৪) **নুরায়নযোগ্য জ্বালানির উৎস :** এক্ষেত্রে সোলার বিদ্যুৎ দ্বারা পানির বিদ্যুৎ বিশ্লেষণ করে  $H_2$  গ্যাস উৎপাদন উভয় ফলদায়ক হবে। নিকট ভবিষ্যতে হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের বিভিন্ন ক্ষেত্রে যেমন বৈদ্যুতিক যানবাহন পরিচালনায়, বাণিজ্যিক প্রতিষ্ঠানে, আবাসিক বাসাবাড়ি প্রভৃতিতে ব্যবহার পরিবেশ দূষণ রোধে পূর্ণ সহায়ক হবে। তবে সম্পূর্ণ সাফল্য নিভৰ করে ফুয়েল  $H_2$  গ্যাসের উৎসের ওপর।

(৫) এছাড়া হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল উৎপাদন-ব্যয় ন্যূনতম সীমায় আনার জন্য উন্নত মানের মেম্ব্রেন তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহী ও অধিক কার্যকর ইলেকট্রোড-ক্যাটালিস্ট উন্নাবন প্রচেষ্টা অব্যাহত আছে।

(৬) বর্তমানে জাপানে টোকিও ইলেকট্রিক পাওয়ার কোম্পানি ।। মেগাওয়াট ফুয়েল সেল পাওয়ার প্ল্যান্ট কার্যকর করেছে এবং এ পাওয়ার প্ল্যান্ট থেকে 4000 বাসাবাড়িতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হচ্ছে।

#### শিক্ষার্থীর কাজ-৪.১২ : ফুয়েল সেলভিত্তিক প্রশ্ন :

প্রশ্ন-৪.৯ : ফুয়েল সেল ও ব্যাটারির মধ্যে কী কী সাদৃশ্য এবং কী কী বৈসাদৃশ্য রয়েছে তা ব্যাখ্যা করো।

প্রশ্ন-৪.১০ : নিম্নোক্ত ফুয়েল সেলের প্রমাণ কোষ বিভব কত?

(ক) এপোলো নভোযানে ব্যবহৃত হাইড্রোজেন অক্সিজেন ফুয়েল সেল।

(খ) বৈদ্যুতিক যানবাহনে ব্যবহৃত PEM ফুয়েল সেল।

প্রশ্ন-৪.১১ : হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল একটি পরিবেশবান্ধব ফিনার ; —এর ব্যাখ্যা দাও।

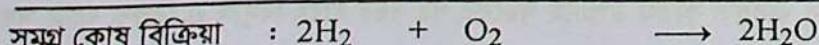
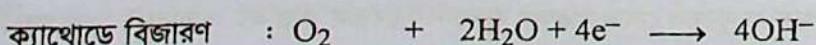
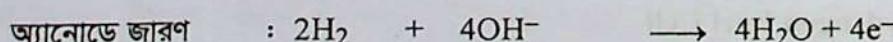
প্রশ্ন-৪.১২ : জীবাশ্ম জ্বালানির তুলনায় হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল ব্যবহার অধিক সুবিধাজনক, ব্যাখ্যা করো।

#### হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলভিত্তিক গণনা

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.৩৫ : একটি হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে  $H_2$  ও  $O_2$  গ্যাসের রিডক্স বিক্রিয়ার ফলে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে কোষের অ্যানোডে  $H_2$  গ্যাস জারিত ও ক্যাথোডে  $O_2$  গ্যাস বিজারিত হয়। STP-তে 112L  $H_2$  গ্যাস ফুয়েল সেলে 18 মিনিট ধারণ বিক্রিয়া করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান কত হবে?

দক্ষতা :  $H_2$  ফুয়েল সেলের কোষ বিক্রিয়া লিখতে হবে।

সমাধান :  $H_2$  ফুয়েল সেলে জারণ-বিজারণের অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো :



আমরা জানি, STP-তে  $22.4 \text{ L H}_2 = 1 \text{ mol H}_2$

$$\therefore \text{STP-তে } 112 \text{ L H}_2 = \frac{1 \times 112 \text{ mol}}{22.4} = 5 \text{ mol H}_2$$

$\text{H}_2$  ফুয়েল সেলের অ্যানোডে জারণ বিক্রিয়া মতে,

$2 \text{ mol H}_2$  এর জারণে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয় =  $4F = 4 \times 96500 \text{ C}$

$$\therefore 5 \text{ mol H}_2 \text{ এর জারণে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়} = \frac{4 \times 96500 \times 5 \text{ C}}{2} \\ = 965000 \text{ C}$$

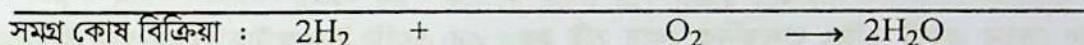
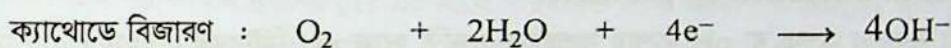
আবার পরিবাহীতে প্রবাহিত মোট তড়িৎ,  $Q = I \times t$

$$\therefore \text{তড়িৎ প্রবাহের গড় মান}, I = \frac{Q}{t} = \frac{965000 \text{ C}}{18 \times 60 \text{ s}} = 893.5 \text{ Amp.}$$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.৩৬ : একটি  $\text{H}_2$  জ্বালানি কোষে  $\text{H}_2$  ও  $\text{O}_2$  গ্যাসের রিডক্ষন বিক্রিয়ায় বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। STP তে  $65 \text{ L H}_2$  গ্যাস ঐ কোষে ১৫ মিনিট যাবৎ বিক্রিয়া করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড়মান কত হবে? উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের সবটাই  $\text{CuSO}_4$  দ্রবণে তড়িৎ বিশ্রেষ্য কোষে চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ  $\text{Cu}^{2+}$  ধাতু জমা হবে?

দক্ষতা :  $\text{H}_2$  ফুয়েল সেল মতে উৎপন্ন বিদ্যুৎ-এর পরিমাণ গণনা করে শেষে  $\text{Cu}^{2+}$  আয়নের বিজ্ঞারণ বিক্রিয়া ব্যবহৃত হবে।

সমাধান :  $\text{H}_2$  ফুয়েল সেলের বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ :



আমরা জানি, STP-তে  $22.4 \text{ L H}_2 = 1 \text{ mol H}_2$

$$\therefore \text{STP-তে } 65 \text{ L H}_2 = \frac{1 \times 65 \text{ mol}}{22.4} = 2.90 \text{ mol H}_2$$

$\text{H}_2$  ফুয়েল সেলের অ্যানোডে জারণ বিক্রিয়া মতে,

$2 \text{ mol H}_2$  এর জারণে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয় =  $4F = 4 \times 96500 \text{ C}$

$$\therefore 2.9 \text{ mol H}_2 \text{ এর জারণে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়} = \frac{4 \times 96500 \times 2.9}{2} \text{ C} = 559700 \text{ C}$$

আবার পরিবাহীতে প্রবাহিত মোট তড়িৎ,  $Q = I \times t$

$$\therefore \text{তড়িৎ প্রবাহের গড় মান}, I = \frac{Q}{t} = \frac{559700 \text{ C}}{15 \times 60 \text{ s}} = 621.89 \text{ A}$$

তড়িৎ-বিশ্রেষ্য কোষে বিজ্ঞারণ বিক্রিয়া হলো :  $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Cu}$



$\therefore 2\text{F}$  বা  $2 \times 96500 \text{ C}$  তড়িৎ প্রবাহে ক্যাথোডে জমা হয়  $63.55 \text{ g Cu}$

$$\therefore 559700 \text{ C} \text{ তড়িৎ প্রবাহে ক্যাথোডে Cu জমা হয়} = \frac{63.55 \times 559700}{2 \times 96500} \text{ g} \\ = 184.295 \text{ g Cu}$$

উত্তর : তড়িৎ প্রবাহের গড় মান  $621.89 \text{ A}$ ; সঞ্চিত  $\text{Cu} = 184.295 \text{ g}$

**MCQ-4.28 :** হার্টপেচমেকাররূপে কোনটি ব্যবহৃত হয়?

(ক) লিথিয়াম ব্যাটারি

(খ) লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি

(গ) লিথিয়াম SVO ব্যাটারি

(ঘ)  $\text{H}_2$  ফুয়েল সেল

**MCQ-4.29 :**  $\text{H}_2$  ফুয়েল সেল—

(ই) কার্যক্ষমতা ৬০% (ঊ) জ্বালানি হলো  $\text{H}_2$

(ঋ) KOH এর ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে

নিচের কোনটি সঠিক?

(গ) i ও ii (ঘ) ii ও iii

(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও i

**MCQ-4.30 :** লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি হলো— [চ. বো. ২০১৭]

(ই) প্রাইমারি নির্দেশক কোষ

(ঊ) রিচার্জেবল ব্যাটারি

(ঋ) ব্যবহৃত হয় সেলফোনে, ল্যাপটপে

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i (খ) i ও iii

(গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

**শিক্ষার্থীর কাজ-৮.১৩ :  $H_2$  ফুয়েল সেলভিতিক সমস্যা :**

সমস্যা-৮.৪২ :  $H_2$  ফুয়েল সেলে  $H_2$  ও  $O_2$  গ্যাসের জারণ-বিজ্ঞান বিক্রিয়ার ফলে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। ফুয়েল গ্যাসের পরিমাণের ওপর উৎপন্ন বিদ্যুৎ-এর পরিমাণ নির্ভর করে। নিম্নোক্ত অবস্থায়  $H_2$  ফুয়েল সেলে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হওয়ার গড় মান হিসাব করো।

(ক) STP-তে 89.6 L  $H_2$  গ্যাস 20 মিনিট যাবৎ  $H_2$  ফুয়েল সেলে প্রবাহিত করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান কত হবে? [উ: 643.33 A]

(খ) STP-তে কত আয়তনের  $H_2$  গ্যাস 30 মিনিট যাবৎ ফুয়েল সেলে প্রবাহিত করলে তড়িৎ প্রবাহের গড় মান 680 A হবে? [উ: 142.06 L  $H_2$ ]

(গ) SATP-তে কত আয়তনের  $H_2$  গ্যাস 15 মিনিট যাবৎ ফুয়েল সেলে প্রবাহিত করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান 650 A হবে? [উ: 75.13546 L  $H_2$ ]

(ঘ)  $20^{\circ}C$  তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে 96.16 L  $H_2$  কত সময় ধরে ফুয়েল সেলে চালনা করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান 857.8 A হবে? [উ: 899.98 sec]

(ঙ) STP-তে 67 L  $H_2$  গ্যাস 15 মিনিট ধরে ফুয়েল সেলে চালনা করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান কত? উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের সমষ্টিটাই  $CuSO_4$  দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ কপার ধাতু জমা পড়বে? [উ: 641.4 A; Cu = 190.078 g]

### ৪.১৯ pH মিটারের সাহায্যে কোনো দ্রবণের pH নির্ণয় কৌশল

#### Measurement of pH of a solution by pH Meter

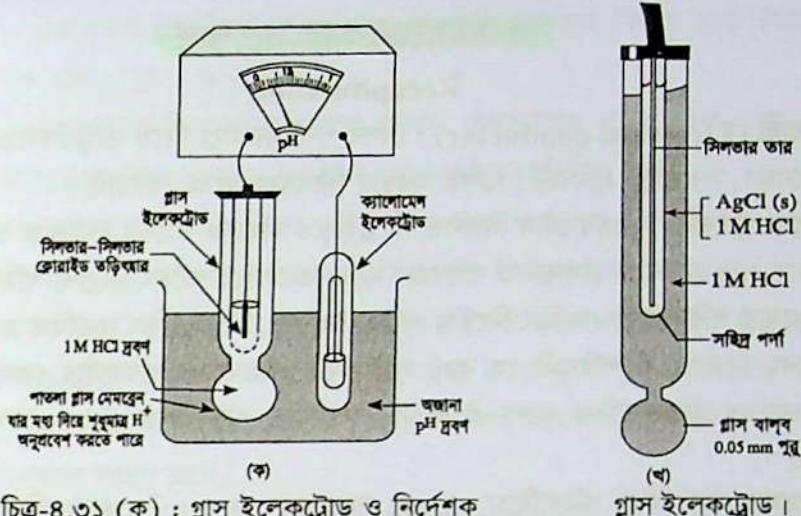
pH মিটারের গঠন : কোনো দ্রবণের অন্তর্বু বা pH মাপার সহজতম পদ্ধতি হচ্ছে pH মিটারের ব্যবহার। pH মিটার হচ্ছে একটি যন্ত্র, যার ভেতর একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষ সৃষ্টি হয়। এর একটি ইলেকট্রোড যেমন গ্লাস ইলেকট্রোড হাইড্রোজেন আয়নের প্রেক্ষিতে উভয়ই, এ গ্লাস ইলেকট্রোডকে কোনো দ্রবণে নিমজ্জিত করলে যে ইলেকট্রোড বিভবের সৃষ্টি হয়, তা দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রার বা pH-এর ওপর নির্ভরশীল। এক্ষেত্রে নার্সট সমীকরণভিত্তিক ‘concentration cell’ এর মূলনীতি কার্যকর রয়েছে। এ যন্ত্রে এ বিভব মাপার জন্য সূক্ষ্ম ভোল্টমিটার যুক্ত থাকে এবং এতে এমন ব্যবস্থা থাকে যেন রেকর্ডারে এ বিভব বা পটেনসিয়াল মান না দেখিয়ে সরাসরি pH-এর মান দেখানো হয়।

গ্লাস ইলেকট্রোড pH মিটার : একটি গ্লাস ইলেকট্রোড ও একটি প্রমাণ ক্যালোমেল ইলেকট্রোড (নির্দেশক ইলেকট্রোড) সমন্বয়ে কোষ গঠন করে এতে সূক্ষ্ম ভোল্টমিটার সংযোগ করা থাকে এবং রেকর্ডারে ভোল্ট এককের পরিবর্তে pH দেখানো হয় বলে তাকে গ্লাস ইলেকট্রোড pH মিটার বলে। প্রাথমিকভাবে সাধারণত একটি জ্বাত pH বিশিষ্ট দ্রবণে pH মিটারের গ্লাস ইলেকট্রোড নিমজ্জিত করে রেকর্ডারকে ক্রমান্বয়ে বা প্রমিতকরণ করা হয় এবং পরে অজ্বাত pH বিশিষ্ট দ্রবণে এ ইলেকট্রোড নিমজ্জিত করে রেকর্ডার হতে দ্রবণে pH মান পাঠ করা হয়। এ গ্লাস ইলেকট্রোডের গ্লাস মেম্ব্রেনটি 0.05 mm পুরু হয় এবং বিশেষ উপাদানের যেমন 72%  $SiO_2$ , 22%  $Na_2O$  এবং 6%  $CaO$  এর তৈরি কাচ দ্বারা গঠিত।

এক্সপ্রিস pH মিটার যন্ত্রে ব্যবহৃত গ্লাস ইলেকট্রোড তৈরিতে গ্লাস মেম্ব্রেন (বা গ্লাসের পাতলা সচিদ্বুদ্ধ পর্দা) যুক্ত একটি পাত্রে নির্দিষ্ট pH এর অন্তর্বু দ্রবণ ( $1M HCl$ ) নিয়ে এর মধ্যে সিলভার-সিলভার ক্লোরাইড ( $Ag/AgCl(s)$ ) তড়িৎধার স্থাপন করা হয়। গ্লাস মেম্ব্রেন দিয়ে শুধুমাত্র  $H^+$  আয়ন অনুপ্রবেশ করতে পারে।

pH মিটারের গ্লাস ইলেকট্রোড ও নির্দেশক ক্যালোমেল ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত কোষটিকে নিম্নরূপে লেখা হয়।

$Ag(s), AgCl(s)/HCl(1M) \text{ (glass)}, (পরীক্ষণীয় অজ্বানা pH দ্রবণ)} 1 KCl(1M)/Hg_2Cl_2(s), Hg(l)$



চিত্র-8.31 (ক) : গ্লাস ইলেকট্রোড ও নির্দেশক ক্যালোমেল ইলেকট্রোড সমন্বয়ে pH মিটার।

গ্লাস ইলেকট্রোড।

**pH মিটারের ব্যবহার :** অজানা pH দ্রবণের pH নির্ণয়ের সময় এ pH মিটারটি সরাসরি ঐ দ্রবণে ছাপন করা হয় এবং রেকর্ডার থেকে সরাসরি দ্রবণের pH জানা যায়।

**pH নির্ণয় :** যে দ্রবণের pH নির্ণয় করা হবে তার মধ্যে ভোল্টমিটার যুক্ত ইলেকট্রোড দুটি ছাপন করা হয়। পরীক্ষাধীন দ্রবণের ও গ্লাস ইলেকট্রোডের মধ্যে pH পার্থক্য ঘটলে বৈদ্যুতিক বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়। নির্দেশক ও গ্লাস ইলেকট্রোডের মধ্যকার বিভব পরীক্ষাধীন দ্রবণের pH এর সাথে পরিবর্তিত হতে থাকে। এ বিভবের মান pH মিটারের অন্তর্গত ভোল্টমিটার হতে সরাসরি pH মানকরপে পাওয়া যায়। তারপর গৃহীত pH মানটি pH এর সমীকরণে ব্যবহার করে দ্রবণের মৌলার ঘনমাত্রাও নির্ণয় করা যায়। যেহেতু  $pH = -\log [H^+]$

সারণি-8.৫ : আয়ন সিলেকটিভ ইলেকট্রোড দ্বারা পরিমাপযোগ্য আয়ন

নির্দিষ্ট আয়ন	বিশেষ নমুনায় উপস্থিত
(1) NH <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	: শিল্প বর্জ্য-পানি, সামুদ্রিক পানি
(2) CO <sub>2</sub> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: রক্ত, ভৃপৃষ্ঠের পানি
(3) F <sup>-</sup> আয়ন	: পানীয় জল, প্রদ্রব, মাটি, শিল্পে আবদ্ধ গ্যাস
(4) Br <sup>-</sup> আয়ন	: শস্য, উচ্চিদ কোষ
(5) I <sup>-</sup> আয়ন	: দুধ, ফার্মাসিউটিক্যাল
(6) NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> আয়ন	: পানীয় জল, মাটি, সার
(7) K <sup>+</sup> আয়ন	: রক্তের সিরাম, মাটি, মদ
(8) H <sup>+</sup> আয়ন	: ল্যাবরেটরি দ্রবণ, প্রাকৃতিক পানি, মাটি

pH ইলেকট্রোড বা গ্লাস ইলেকট্রোড হলো আয়ন-সিলেকটিভ ইলেকট্রোড (ion-selective or ion specific electrode)। এক্ষেত্রে Specialized membrane ব্যবহার করা হয়। বায়োলজিকেল, শিল্পক্ষেত্রের ও পরিবেশ সংশ্লিষ্ট বিভিন্ন আয়নের ঘনমাত্রা পরিমাপের জন্য বিভিন্ন আয়ন সিলেকটিভ ইলেকট্রোড তৈরি করা হয়। বর্তমানে পিকোমৌলার থেকে ফেম্টোমৌলার ( $10^{-12} - 10^{-15}$  M) ঘনমাত্রার আয়ন পরিমাপের ইলেকট্রোড ব্যবহৃত হয়। ৮.৪নং সারণিতে বিভিন্ন নমুনায় শনাক্তকরণ ও পরিমাপযোগ্য নির্দিষ্ট আয়ন উল্লেখ করা হলো।

## এ অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ

### Recapitulation

- **তড়িৎ পরিবাহী (Electrical conductor) :** যেসব পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে, তারা তড়িৎ পরিবাহী। যেমন, সব ধাতু, গ্রাফাইট, গলিত অবস্থায় লবণসমূহ হচ্ছে পরিবাহী।
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী :** যেসব যোগ বিগলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তাদের ধনাত্মক ও ঝণাত্মক আয়ন দ্বারা তড়িৎ পরিবহণ করে এবং সে সাথে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, তাদেরকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী বলা হয়।
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা :** তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার কালে আয়নগুলো দ্বারা তড়িৎ বহনের বিকল্পে ঐ পরিবাহী যে বাধা সৃষ্টি করে, তাকে ঐ পরিবাহীর রোধ (R) বলে। তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর রোধের ব্যানুপাতিক হলো ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা (L)। এক্ষেত্রে  $L = \frac{1}{R}$ । পরিবাহিতার একক  $\text{ohm}^{-1}$ .
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা :**  $1 \text{ cm}$  দূরে থাকা ও  $1\text{cm}^2$  ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী অংশের তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলে। আপেক্ষিক পরিবাহিতাকে  $\kappa$  (kappa) অঙ্কর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।  $\kappa = L \times \frac{I}{A}$ ,  $L$  = দ্রবণের পরিবাহিতা,  $I$  = দুই তড়িৎদ্বারের দূরত্ব,  $A$  = প্রতিটি তড়িৎদ্বারের  $\text{cm}$  এককে ক্ষেত্রফল ( $\text{cm}^2$ )।
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা :** কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এক গ্রাম তুল্যভর পরিমাণের দ্রবণকে এক সেন্টিমিটার দূরত্বে থাকা দুটি উপযুক্ত তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী স্থানে রাখলে তড়িৎ প্রবাহে দ্রবণটির যে পরিবাহিতা হয়, তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা বলে। তুল্য পরিবাহিতাকে  $\Lambda$  (Lambda) অঙ্কর দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এক্ষেত্রে  $\Lambda = \kappa \times V$  হয়।  $\Lambda = \kappa \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{C}$
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহিতা :** তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এক মোল পরিমাণের দ্রবণকে এক সেন্টিমিটার দূরত্বে থাকা দুটি উপযুক্ত তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী স্থানে রাখলে তড়িৎ প্রবাহে দ্রবণটির যে পরিবাহিতা হয়, তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহিতা বলে। মোলার পরিবাহিতাকে  $\Lambda_m$  প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।  
এক্ষেত্রে  $\Lambda_m = \kappa \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{M}$
- **অসীম লঘুতায় তুল্য পরিবাহিতা :** তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণকে পানি যোগ করে লঘু করতে থাকলে এর তুল্য পরিবাহিতা ক্রমশ বৃদ্ধি পেয়ে এমন একটি স্থির মানে পৌছে যে, ঐ দ্রবণটিকে আরো লঘু করলে সেটির তুল্য পরিবাহিতা মান আর বৃদ্ধি পায় না। তখন ঐ শেষ পরিবাহিতা মানটিকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের অসীম লঘুতায় তুল্য পরিবাহিতা ( $\Lambda_0$ ) বলে। এক্ষেত্রে,  $\Lambda_C = \Lambda_0 - b\sqrt{C}$ ;  $b$  হলো ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের একটি ধ্রুবক রাশি।
- **পরিবাহিতা কোষ :** একটি নির্দিষ্ট আয়তনের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের রোধ মাপার জন্য নির্দিষ্ট ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট দুটি তড়িৎদ্বারকে নির্দিষ্ট ব্যবধানে কাচের পাত্রে রেখে যে কোষ ব্যবহার করা হয়, তাকে পরিবাহিতা কোষ বলে।
- **পরিবাহিতা কোষ ধ্রুবক :** কোনো পরিবাহিতা কোষের দুই তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী দূরত্ব ( $l$ ) এবং তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে কোষ ধ্রুবক বলে। পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক =  $\frac{l}{A}$ ।
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের রোধ :** তরল মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার কালে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নগুলোর গতির বাধাকে এ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের রোধ বলে।

- **ফ্যারাডে (Faraday) :** এক মোল ইলেকট্রন প্রবাহ দ্বারা যে মোট ঝণাতক বিদ্যুৎ চার্জ উৎপন্ন হয়, তাকে এক ফ্যারাডে বা ফ্যারাডে প্রক্রিয়াক বলে।  $1F = 96500C$
- **ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ :** ধাতুসমূহের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা ক্রমানুসারে ধাতুসমূহকে ওপর থেকে নিচের দিকে একটি সারিতে বিন্যস্ত করা হয়েছে; ধাতুসমূহের এ সারিকে ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ বলে।
- **জারণ অর্ধকোষ :** তড়িৎ কোষের যে অর্ধকোষে জারণ ঘটে, তাকে জারণ অর্ধকোষ বলে।
- **বিজারণ অর্ধকোষ :** তড়িৎ কোষের যে অর্ধকোষে বিজারণ ঘটে, তাকে বিজারণ অর্ধকোষ বলে।
- **লবণসেতু :** দুটি অর্ধকোষের মধ্যে পরোক্ষ সংযোগের জন্য একটি বিশেষ লবণ যেমন  $KCl$ ,  $KNO_3$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $NH_4NO_3$  ইত্যাদির সম্পৃক্ত দ্রবণ ভর্তি U-আকৃতির কাচ নলের উভয় মুখে তুলা বদ্ধ করে অর্ধকোষদ্বয়ের মধ্যে উল্টোভাবে ডুবিয়ে রাখা হয়। অর্ধকোষদ্বয়ের একুপ পরোক্ষ সংযোগ মাধ্যমকে লবণসেতু বলে। লবণসেতু উভয় অর্ধকোষে বৈদ্যুতিক নিরপেক্ষতা বজায় রাখে।
- **তড়িৎধার বিভব :** অর্ধকোষের তড়িৎধার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নের মধ্যে উভয় মুখী জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার ফলে যে বিভব তড়িৎধারে সৃষ্টি হয়, তাকে তড়িৎধার বিভব বলে।
- **প্রমাণ তড়িৎধার বিভব :** প্রমাণ অবস্থায় অর্ধাংশ  $25^{\circ} C$  এ (গ্যাসের বেলায় 1 atm চাপে) 1 M তড়িৎ বিশ্লেষ্যের সাথে তড়িৎধারের যে বিভব সৃষ্টি হয়, তাকে প্রমাণ তড়িৎধার বিভব বলা হয়।
- **কোষ বিভব :** তড়িৎ কোষের অ্যানোডের জারণ বিভব ও ক্যাথোডের বিজারণ বিভবের সমষ্টিকে কোষ বিভব বলে।
- **প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎধারের বিভব :** যেহেতু পূর্ণ তড়িৎকোষের e.m.f বা তড়িচালক বল ঐ তড়িৎকোষে ব্যবহৃত তড়িৎধারের বিজারণ বিভবের পার্থক্যের সমান, তাই অজানা তড়িৎধারের বিভব মান গণনার সুবিধার্থে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎধারের বিভবের মান শূন্য ধরা হয়। তখন হাইড্রোজেন তড়িৎধার যুক্ত তড়িৎকোষের তড়িচালক বল বা e.m.f এর মানই ঐ কোষে যুক্ত অজানা তড়িৎধারাটির বিভব মান বোঝায়। হাইড্রোজেন তড়িৎধারকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়—



- **প্রাইমারি কোষ :** যে তড়িৎ কোষে রাসায়নিক শক্তি ব্রতঃস্ফূর্তভাবে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়, তাকে প্রাইমারি কোষ বলে।
- **সেকেন্ডারি কোষ :** যে তড়িৎ কোষে বাইর থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তর করে সঞ্চিত রাখা হয়, তাকে সেকেন্ডারি কোষ বলে।
- **ফুয়েল সেল :** ফুয়েল সেল হলো বিশেষ ধরনের গ্যালভানিক সেল। একুপ সেলে ফুয়েল হিসেবে  $H_2$  গ্যাস অথবা মিথানলকে Ni অথবা Pt ধাতুযুক্ত গ্রাফাইট অ্যানোডে প্রভাবকীয় জারণ ঘটানো হয় এবং ক্যাথোডে  $O_2$  গ্যাসকে চালনা করে প্রভাবকীয় বিজারণ ঘটিয়ে পানি তৈরি করা হয়। ফুয়েল সেলে ব্যবহৃত জারক ও বিজারকের (ফুয়েলের) প্রবাহমানতার কারণে ফুয়েল সেলকে flow battery বলা হয়।

**MCQ-এর উত্তরমালা :**

4.1 (ক), 4.2 (খ), 4.3 (গ), 4.4 (ঘ), 4.5 (ক), 4.6 (ঘ), 4.7 (খ), 4.8 (ক), 4.9 (ঘ), 4.10 (গ), 4.11 (ক), 4.12 (গ), 4.13 (গ), 4.14 (ঘ), 4.15 (খ), 4.16 (ঘ), 4.17 (ক), 4.18 (ঘ), 4.19 (খ), 4.20 (গ), 4.21 (খ), 4.22 (খ), 4.23 (গ), 4.24 (গ), 4.25 (ঘ), 4.26 (ঘ), 4.27 (ঘ), 4.28 (গ), 4.29 (খ), 4.30 (গ)।