



তড়িৎ পরিবাহিতা এবং তড়িৎ বিশ্লেষণ (Electrolytic Conductance and Electrolysis)

ভূমিকা

তড়িৎ বা বিদ্যুৎ সকল পদার্থের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত হয় না। ধাতু ও কোন কোন তরল পদার্থের ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। তড়িৎ প্রবাহের সাথে পদার্থের ভৌত বা রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে। তড়িৎ প্রবাহ মূলত ইলেকট্রনের প্রবাহ। তবে কোন কোন ক্ষেত্রে আয়নের স্থানান্তরের ফলেও তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টি হতে পারে। কোন পদার্থের তড়িৎ পরিবাহিতা নির্ভর করে ঐ পদার্থের পরমাণুর ইলেকট্রন সজ্জার উপর। তড়িৎ প্রবাহের সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়ার কি সম্পর্ক এ বিষয় নিয়ে অনেক গবেষণা হয়েছে। আমরা এ ইউনিটে এ সব নিয়ে আলোচনা করব।

পাঠ ১ তড়িৎ পরিবাহিতা (Electrolytic Conductance)

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- তড়িৎ পরিবাহিতা ব্যাখ্যা করা যাবে।
- তড়িৎ প্রবাহের ফলে পদার্থের পরিবর্তন বর্ণনা করা যাবে।

১১.১: তড়িৎ পরিবাহী ও তড়িৎ অপরিবাহী পদার্থ (Electric conductor & Electric non-conductor)

তড়িৎ শক্তির একটি রূপ। কোন কোন পদার্থের ভিতর দিয়ে এই শক্তির স্থানান্তর হতে পারে- একে তড়িৎ পরিবহন বলে। তড়িৎ মূলত ইলেকট্রিক্যাল চার্জ বা আধানের পরিবহন। এই চার্জ ইলেকট্রনের বা আয়নের হতে পারে। সকল পদার্থের বিদ্যুৎ বা তড়িৎ পরিবাহিতা সমান নয়। বিদ্যুৎ পরিবাহিতার ক্ষমতার উপর ভিত্তি করে পদার্থকে মূলত দুই ভাগে ভাগ করা যায়।

- ১) পরিবাহী (conductor)
- ২) অপরিবাহী বা অন্তরক (non-conductor or insulator)

১১.১ : তড়িৎ পরিবাহী (Electric Conductor)

যে সমস্ত পদার্থের ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ সহজে পরিবাহিত হয় তাকে পরিবাহী বলে। যেমন রূপা, লোহা, তামা, পারদ ইত্যাদি ধাতু বা গলিত ধাতু, লবণ, ক্ষার, এসিড বা এদের দ্রবণ। সকল পদার্থের তড়িৎ পরিবহনের পদ্ধতি এক নয়। তড়িৎ পরিবহনের পদ্ধতির ভিত্তিতে মাধ্যমকে দু'ভাগে ভাগ করা যায়।

- ক) ইলেকট্রোনীয় বা ধাতব পরিবাহী (তড়িৎ অবিশ্লেষ্য)
- খ) ইলেকট্রোলাইটিক বা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী

ক) ইলেকট্রোনীয় বা ধাতব পরিবাহী (Electronic conductor)

ধাতব পরিবাহীতে চলমান ইলেকট্রনের দ্রুত স্থানান্তরের ফলে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। কঠিন অবস্থায় ধাতুর পরমাণুগুলি এক ধরনের বন্ধন দ্বারা নিজেদের মধ্যে যুক্ত থাকে। এ ক্ষেত্রে পরমাণুগুলির সর্ববহিস্থ বা যোজনী ইলেকট্রোনগুলি একটি বহিস্থ ব্যান্ড তৈরী করে এবং এগুলো কোন একটি নির্দিষ্ট পরমাণুতে আবদ্ধ থাকে না। এগুলি অতি সহজেই অল্পশক্তি প্রয়োগে স্থানান্তরিত হয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের সৃষ্টি করে। ধাতব পরিবাহীতে ইলেকট্রোন দ্বারা বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় বলে একে ইলেকট্রোনীয় পরিবাহীও বলা হয়। ধাতু ছাড়াও কিছু কিছু ধাতব সংকর ও ধাতব অক্সাইডের মধ্য দিয়েও এই প্রক্রিয়ায় বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। ইলেকট্রোনীয় পদ্ধতিতে ধাতুর কোন পরিবর্তন ঘটে না। কাজেই এটি একটি ভৌত পরিবর্তন। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে পদার্থের পরিবাহিতা হ্রাস পায়। ধাতব পরিবাহী বিদ্যুৎ দ্বারা বিয়োজিত বা বিশ্লেষ্য হয় না বলে একে অবিশ্লেষ্য পরিবাহী বলা হয়।

খ) ইলেকট্রোলাইটিক পরিবাহী বা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী (Electrolytic Conductor)

দ্রবীভূত বা গলিত অবস্থায় এ সকল পদার্থের ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। এ জাতীয় পদার্থের অণুগুলি বিয়োজিত হয়ে আয়ন সৃষ্টি করে বলে এদেরকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য বা ইলেকট্রোলাইটিক বলা হয়। যেমন গলিত এসিড, ক্ষার, লবণ বা এদের দ্রবণ। উৎপন্ন পদার্থগুলি ঋণাত্মক বা ধনাত্মক আধানযুক্ত পরমাণু বা মূলক। এগুলিকে আয়ন বলা হয় এবং আয়নের চলাচলের মাধ্যমেই বিদ্যুৎ পরিবাহিত হয়। এই পদ্ধতিতে বিদ্যুৎ চালিত হয়ে পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটায়। বিদ্যুৎ চালনা বন্ধ করার সাথে সাথে পদার্থের বিয়োজনও বন্ধ হয়ে যায়। তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীতে আয়নের চলাচলের কারণে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় বলে একে আয়নিক পরিবাহীও বলা হয়। আয়নের তুলনামূলক ভর ইলেকট্রনের ভরের চেয়ে অনেকগুণ বেশি হওয়ার কারণে আয়নিক পরিবহন ইলেকট্রোনীয় পরিবহনের চেয়ে ধীর গতিতে চলে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে আয়নিক পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা যায়- i) তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য এবং ii) মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য

- i) যে সকল তড়িৎ বিশ্লেষ্য বা ইলেকট্রোলাইট বিদ্যুৎ প্রবাহের সাথে সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হয় তাদেরকে তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলে। যেমন লবণ, তীব্র এসিড বা ক্ষার (NaCl, HCl, NaOH)
- ii) যে সব পদার্থ আংশিকভাবে বিয়োজিত হয়ে খুব সামান্য তড়িৎ পরিবহন করে তাদেরকে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলে। যেমন মৃদু এসিড ও ক্ষার (CH_3COOH , NH_4OH)

১১.১.২: তড়িৎ অপরিবাহী

যে সকল বস্তুর ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয় না তাদেরকে অপরিবাহী বলে, যেমন কাঠ, চিনি, গন্ধক, পেট্রল ইত্যাদি। সাধারণত সমযোজীয় বা অপোলার পদার্থসমূহই তড়িৎ অপরিবাহী। সারণি-১ এ কিছু পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থের উদাহরণ দেয়া হলো।

সারণি ১১.১:

	পরিবাহী (Conductor)	অপরিবাহী (non-conductor)
কঠিন পদার্থ	ধাতু	অধাতু
	ধাতু সংকর	পলিইথিলিন
	গ্রাফাইট	কেলাস লবণ (NaCl, CuSO_4 ইত্যাদি)
তরল পদার্থ	গলিত বা দ্রবণীয় অবস্থায় এসিড, ক্ষার, লবণ	জৈব পদার্থ, যেমন এ্যালকোহল

১১.১.৩: তড়িৎ পরিবাহীতার কারণ

উপরের আলোচনা থেকে আমরা দেখতে পাই যে, কঠিন পদার্থের ভিতর দিয়ে ইলেকট্রন ও তরলের ভিতরে আয়ন দ্বারা বিদ্যুৎ প্রবাহিত হয়। ধাতু বা ধাতু সংকরের মধ্যে ধাতব বন্ধনের (metallic bond) বিশেষ গুণাবলীর জন্য ইলেকট্রন অতি সহজেই অল্পশক্তি প্রয়োগে দ্রুত স্থানান্তরিত হয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে। অন্যান্য কঠিন পদার্থের মধ্যে তড়িৎযোজীয় বন্ধন (electrovalent bond) দ্বারা গঠিত যৌগগুলি বিদ্যুৎ পরিবাহক হতে পারে। তড়িৎযোজী যৌগগুলি এক পরমাণু থেকে অন্য পরমাণুতে ইলেকট্রন প্রদান করে ঋনাত্মক ও ধনাত্মক আয়ন সৃষ্টি করে। বিপরীত চার্জযুক্ত আয়নগুলির পরস্পরের প্রতি আকর্ষণ (electrostatic force of attraction) বন্ধনের সৃষ্টি করে। গলিত অবস্থায় বা দ্রবনে যৌগগুলি আয়নিত অবস্থায় থাকে ফলে এরা বিদ্যুৎ পরিবাহী। যেমন কঠিন অবস্থায় আয়নিক যৌগ NaCl এর ভিতর দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হয় না কিন্তু গলিত অবস্থায় বা দ্রবণে NaCl আয়ন সৃষ্টি করে। NaCl (বিগলিত) $\rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$. এ কারণে বিগলিত NaCl তড়িৎ পরিবাহী।

সমযোজী (covalent) যৌগগুলি সাধারণত চার্জযুক্ত কণা সৃষ্টি করে না। তবে কোন কোন পোলার দ্রাবকে এরা আয়নিত হয়ে বিদ্যুৎ পরিবহন করে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরের পাশে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

১। ইলেকট্রনিক পরিবাহী হচ্ছে

- (ক) তামা (খ) পারদ (গ) ক্ষার (ঘ) চিনি

২। আয়নের চলাচলের মাধ্যমে তড়িৎ পরিবহন করে না-

- (ক) H_2SO_4 এর দ্রবণ (খ) RCOOH এর দ্রবণ (গ) NaCl এর দ্রবণ (ঘ) CuSO_4 এর দ্রবণ

৩। তাপমাত্রা বৃদ্ধি করলে তামার তড়িৎ পরিবাহীতা

- (ক) বৃদ্ধি পায় (খ) কমে যায়
(গ) অপরিবর্তিত থাকে (ঘ) কখনো বৃদ্ধি পায়, কখনো কমে যায়

পাঠ ২ ফ্যারাডের সূত্র

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- ফ্যারাডের সূত্রের ব্যাখ্যা দেওয়া যাবে।
- তড়িৎ বিশ্লেষণের পরিমাণগত দিক ও এর ব্যবহার বর্ণনা করা যাবে।

১১.২.১: ফ্যারাডের সূত্র (Faraday's law)

তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্পর্কিত গবেষণার ফলাফল থেকে ১৮৩৩ সনে ফ্যারাডে তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য তরলের ভিতর দিয়ে প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ সম্পর্কিত দু'টি সূত্র প্রকাশ করেন।

১১.২.২ ফ্যারাডের প্রথম সূত্র

“তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে তড়িৎদ্বারে জমাকৃত বা দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীতে প্রেরিত মোট তড়িৎের সমানুপাতিক”। অর্থাৎ বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণ Q ও উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ W হলে ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে

$$W \propto Q$$

অর্থাৎ $W = ZQ$, $Z =$ একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক

$$Q = It, \quad I = \text{বিদ্যুতের তীব্রতা (অ্যাম্পিয়ার)}$$

$$\therefore W = ZIt$$

যদি $I = 1$ অ্যাম্পিয়ার (ampere)

$$t = 1 \text{ সেকেন্ড হয় তবে } Q = 1 \times 1 \text{ কুলম্ব}$$

$$\text{এবং } W = Z \times 1 \times 1 = Z \text{ কুলম্ব}$$

Z ধ্রুবককে তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়। অর্থাৎ, একক পরিমাণ (1 কুলম্ব) তড়িৎ শক্তি চালনায় যে পরিমাণ আয়ন তড়িৎদ্বারে মুক্ত হয় তাকে তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলে। হাইড্রোজেন ও সিলভারের ক্ষেত্রে এর পরিমাণ যথাক্রমে 0.000104 গ্রাম ও 0.001118 গ্রাম।

১১.২.৩: ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র:

“যদি বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের মধ্য দিয়ে একই সময়ের জন্য একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করা হয় তবে তড়িৎদ্বারে জমাকৃত বা দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ তাদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের সমানুপাতিক।”

$$\text{অর্থাৎ } W \propto Z, \quad [\text{যখন } It \text{ স্থির}]$$

দুইটি ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্য এর জন্য

$$W_1 \propto Z_1$$

$$W_2 \propto Z_2$$

যদি উহাদের দ্রবণের মধ্য দিয়ে একই পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহিত করা হয়।

$$\text{বা, } \frac{W_1}{W_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$Z_1, Z_2 = \text{রাসায়নিক তুল্যাংক}$$

$$= \text{আয়নের ভর/যোজনী}$$

$$W_1, W_2 = \text{দ্রবীভূত বা জমাকৃত পদার্থের ভর}$$

১১.২.৪ ফ্যারাডের সূত্র দুটির একত্রিকরণ

মনে করি Q কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রয়োগে কোন তড়িৎদ্বারে উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ W গ্রাম এবং পদার্থটির রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক Z হয়।

$$\text{প্রথম সূত্র অনুযায়ী } W \propto Q \quad (Q = It)$$

$$\text{এবং দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী } W \propto Z$$

$$\text{অর্থাৎ } W \propto QZ$$

$$\text{অথবা } W = \frac{I}{F} QZ \quad \left(\frac{1}{F} \text{ একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক}\right)$$

$$\text{অথবা } Q = \frac{FW}{Z}$$

যদি Q কুলম্ব তড়িৎ দ্বারা উৎপন্ন পদার্থের পরিমাণ Z গ্রাম হয় তবে $Q = F$ । অর্থাৎ এক রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক পদার্থ (Z গ্রাম) উৎপন্ন করতে একটি নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ প্রয়োজন। এই পরিমাণ তড়িৎকে এক ফ্যারাডে (1F) তড়িৎ বলা হয়। অর্থাৎ এক ফ্যারাডে পরিমাণ বিদ্যুৎ চালনা করলে কোন পদার্থের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক পরিমাণ দ্রবীভূত বা উৎপন্ন হবে। কিন্তু রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক = 1 মোল আয়নের ভর/যোজনী। কাজেই 1F পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহে 1 যোজনী আয়নের 1 মোল, দ্বি-যোজনী আয়নের $\frac{1}{2}$ মোল বা ত্রি-যোজনী আয়নের $\frac{1}{3}$ মোল পরিমাণ ভর দ্রবীভূত বা চার্জমুক্ত হবে। পরীক্ষা দ্বারা দেখা গেছে যে F এর মান 96497 কুলম্ব বা প্রায় 96500 কুলম্ব।

$$1 F = 96500 \text{ কুলম্ব}$$

1 F বিদ্যুৎ প্রবাহে ইলেকট্রোডের বিক্রিয়ায় 1 মোল আয়নের ভর/যোজনী পরিমাণ আয়ন অংশগ্রহণ করবে।

উদাহরণ ১: KI দ্রবণের মধ্য দিয়ে 0.155 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎপ্রবাহ 15 মিনিট চালনা করলে কি পরিমাণ আয়োডিন পাওয়া যায়?

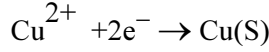
$$\text{উত্তর: } W = \frac{QZ}{F} = \frac{ItZ}{F} = \frac{0.155 \times 15 \times 60 \times 127}{96500}$$

$$= 0.1836 \text{ গ্রাম।}$$

উদাহরণ ২: কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণের ভিতর দিয়ে একটি নির্দিষ্ট মাত্রার বিদ্যুৎ (I) 5 ঘন্টা প্রবাহিত করায় 0.404 মিলি গ্রাম কপার জমা হলো। বিদ্যুতের মাত্রা কত? (Cu : 63.6)

সমাধানঃ

তড়িৎদ্বার বিক্রিয়া



∴ 1 মোল Cu ≈ 2 মোল ইলেকট্রন

1 মোল দ্বি-যোজী Cu জমা করতে 96500×2 কুলম্ব বিদ্যুৎ লাগবে

$$\therefore 0.404 \text{ গ্রাম Cu মুক্ত করতে} = \frac{96500 \times 0.404}{63.6} \text{ কুলম্ব}$$

$$= 1.226 \times 10^3 \text{ কুলম্ব বিদ্যুৎ লাগবে।}$$

আমরা জানি

$$I = \frac{\text{চার্জ (কুলম্ব)}}{t} \quad [t = 5.00 \times 60 \times 60 \text{ সে} = 1.80 \times 10^4 \text{ সেকেন্ড}]$$

$$= \frac{1.226 \times 10^3 \text{ কুলম্ব}}{1.80 \times 10^4 \text{ সেকেন্ড}}$$

$$= 6.81 \times 10^{-2} \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

১১.২.৫: ফ্যারাডের সূত্রের প্রমাণ

ফ্যারাডের প্রথম সূত্র অনুসারে যদি কোন একটি দ্রবণ মনে করি এ ক্ষেত্রে AgNO_3 এর ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের মাত্রা (I) স্থির রেখে বিভিন্ন সময় ধরে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয় তবে ক্যাথোডে জমাকৃত সিলভারের পরিমাণ সময়ের সমানুপাতিক। আবার যদি বিভিন্ন মাত্রার বিদ্যুৎ একটি নির্দিষ্ট সময়ের জন্য AgNO_3 এর ভিতরে প্রবাহিত করা হয় তবে জমাকৃত সিলভারের পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহের মাত্রার সমানুপাতিক।

অর্থাৎ প্রথম সূত্রানুসারে $W \propto It$

এটাই প্রথম সূত্রের প্রমাণ

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র একটি সহজ পরীক্ষা দিয়ে প্রমাণ করা যায়। যদি একই পরিমাণ বিদ্যুৎ নির্দিষ্ট সময় ধরে বিভিন্ন দ্রবণ যেমন HCl , AgNO_3 ও CuSO_4 এর ভিতর দিয়ে প্রবাহিত করা হয় তবে দেখা যায় যে, ক্যাথোডে উৎপন্ন ধনাত্মক আয়ন (H^+ , Ag^+ , Cu^{++}) এর পরিমাণ প্রত্যেকের রাসায়নিক তুল্যঙ্কের সমানুপাতিক অর্থাৎ 1, 107.88, 31.78 এর সমানুপাতিক। এটা ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রের প্রমাণ।

১১.২.৬: ফ্যারাডের সূত্রের তাৎপর্য

তড়িৎ বিশ্লেষণে প্রবাহিত বিদ্যুৎ যেখানে সম্পূর্ণভাবে আয়ন দ্বারা বাহিত হয় সেখানে ফ্যারাডের সূত্র প্রয়োগযোগ্য। গলিত ইলেকট্রোলাইট ও দ্রবণ উভয়ক্ষেত্রে এই সূত্রদ্বয় সমানভাবে প্রযোজ্য। ফ্যারাডের সূত্রের উপর চাপ, তাপ, দ্রাবক ও দ্রবণের কোন প্রভাব নাই। তড়িৎ বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে একাধিক বিক্রিয়া ঘটলে ফ্যারাডের সূত্রের প্রয়োগের সময় তা গ্রাহ্য করতে হবে।

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্র অনুযায়ী 1 ফ্যারাডে (F) বা 96500 কুলম্ব বৈদ্যুতিক চার্জ প্রবাহ ইলেকট্রোলাইট বা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের 1 তুল্যাক্ষ পরিমাণ আয়ন উৎপন্ন করে। সুতরাং সকল আয়ন এর 1 তুল্যাক্ষ পরিমাণ ভরে নিশ্চয়ই সমান চার্জ (96500 কুলম্ব) বিদ্যমান।

আমরা জানি

পারমাণবিক ভর = যোজ্যতা \times তুল্য ওজন

অ্যাভোগাড্রোর সূত্র অনুসারে যেকোন বস্তুর 1 গ্রাম মোল পরমাণু, অণু বা আয়নে 6.023×10^{23} (অ্যাভোগাড্রোর সংখ্যা $N = 6.023 \times 10^{23}$) সংখ্যক কণা থাকে। সুতরাং 1 যোজী আয়নের 1 গ্রাম মোল পরমাণুর N সংখ্যক আয়নের চার্জ 1 ফ্যারাডে বা 96500 কুলম্ব এবং 2 যোজী 1 গ্রাম মোল পরমাণুর আয়নের চার্জ = 2×96500 কুলম্ব।

\therefore প্রতিটি আয়নের চার্জ যদি e হয়

তবে $Ne = Z \times 96500$ কুলম্ব

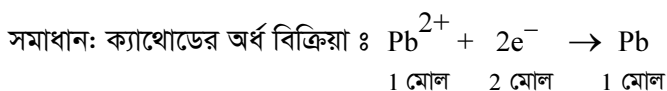
$$\text{বা } \frac{e}{Z} = \frac{96500}{N} = \text{ধ্রুবক}$$

$$Z = 1 \text{ হলে } e = \frac{96500}{6.023 \times 10^{23}} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ কুলম্ব}$$

= একটি ইলেকট্রনের চার্জের মান

$Z = 1$ হলে একটি একযোজী আয়নের চার্জের মান একটি ইলেকট্রনের চার্জের সমান। অর্থাৎ একটি ইলেকট্রনের চার্জ— 1.6×10^{-19} কুলম্ব।

উদাহরণ: গলিত PbBr_2 এর ভিতর দিয়ে 30 মিনিট ধরে 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ চালনা করলে ক্যাথোডে জমাকৃত Pb এর পরিমাণ কত? (Pb = 207)



কাজেই 2 মোল ইলেকট্রন 1 মোল Pb মুক্ত করে।

অর্থাৎ 2×96500 কুলম্ব বিদ্যুৎ 207 গ্রাম Pb মুক্ত করে

বা 1 কুলম্ব বিদ্যুৎ $\frac{207}{2 \times 96500}$ গ্রাম Pb মুক্ত করে।

এখন

$$Q = I \times t$$

$$= 2 \times 30 \times 60 \text{ কুলম্ব}$$

$$t = 30 \times 60 \text{ সেকেন্ড}$$

$$I = 2 \text{ অ্যাম্পিয়ার}$$

$$\therefore 30 \text{ মিনিটে মুক্ত করা Pb এর পরিমাণ} = \frac{207 \times 2 \times 30 \times 60}{2 \times 96500} \text{ গ্রাম}$$

$$= 3.86 \text{ গ্রাম}$$

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

- ১। ১ মোল ইলেকট্রনে ইলেকট্রনের সংখ্যা
- ক) 6.023×10^{23}
খ) 3.01×10^{23}
গ) 1.6×10^{-19}
- ২। 1F বিদ্যুৎ প্রবাহে চার্জমুক্ত আয়নের পরিমাণ
- ক) দ্বি-যোজী আয়নের দুই মোল
খ) ত্রি-যোজী আয়নের 1/3 মোল
গ) অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা N
- ৩। 1 গ্রাম মোল পরিমাণ পদার্থ মুক্ত করতে বিদ্যুতের পরিমাণ লাগবে
- ক) 1F
খ) $1F \times$ পদার্থের যোজ্যতা
গ) $1F /$ পদার্থের যোজ্যতা।

পাঠ ৩ তড়িৎ বিশ্লেষণ (Electrolysis)

উদ্দেশ্য

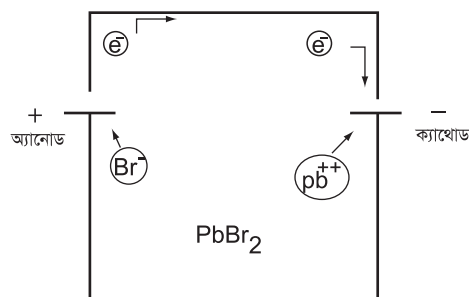
এ পাঠ শেষে আপনি

- তড়িৎ বিশ্লেষণ কি ভাবে সংঘটিত হয় তা জানতে পারবেন।
- তড়িৎ বিশ্লেষণে তড়িৎ পরিবহনের কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবেন।
- ইলেকট্রোড বিক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবেন।

১১.৩.১ তড়িৎ বিশ্লেষণ

বিগলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ পরিবহনের সময় সেই যৌগের বিয়োজন বা রাসায়নিক পরিবর্তনকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে। তরল পদার্থে বিদ্যুৎ প্রয়োগের জন্য একটি পোল বা তড়িৎদ্বার প্রয়োজন যা একটি ধাতুর পাত বা তার হতে পারে। এর ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ তরলে প্রবেশ করে এবং অন্য একটি ধাতুর পাত বা তারের ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ তরল থেকে বেরিয়ে যায়। যে পাত দিয়ে তরলে তড়িৎ প্রবেশ করে তা ক্যাথোড বা ধনাত্মক দ্বার বা পোল এবং যে দ্বার দিয়ে তরল তড়িৎ ত্যাগ করে তাকে অ্যানোড বা ঋনাত্মক দ্বার বলা হয়।

ফ্যারাডের (১৮৩৩ খ্রিস্টাব্দে) ধারণা মতে তরল বা দ্রবণে বিদ্যুৎ প্রবাহ ঘটে ঋনাত্মক বা ধনাত্মক আধানযুক্ত আয়নের চলাচলের মাধ্যমে। ধনাত্মক আধানযুক্ত আয়ন বা ক্যাটায়ন (Cation) ক্যাথোডের দিকে এবং ঋনাত্মক আধানযুক্ত আয়ন বা অ্যানায়ন (anion) অ্যানোডের দিকে ধাবিত হয়ে পোলের কাছে গিয়ে নিজ নিজ চার্জ মুক্ত হয়ে পরমাণু বা অণু তৈরী করে। উদাহরণ স্বরূপ বিগলিত $PbBr_2$ এর ভিতর দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে কি হয় তা দেখানো হলো-



চিত্র: ১১.১

তরল বা দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থ বিয়োজিত অবস্থায় থাকে। যেমন $PbBr_2 \rightleftharpoons Pb^{++} + 2Br^-$

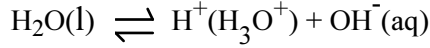
ক্যাথোড ও অ্যানোডকে বিদ্যুৎ উৎসের সাথে সংযুক্ত করলে Pb^{++} ক্যাথোডের দিকে ও Br^- অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয়।

ক্যাথোডে বিক্রিয়া : $Pb^{++} + 2e^- \xrightarrow{\text{বিজারণ}} Pb$ (ক্যাথোডে e^- অপসারিত)

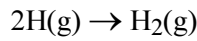
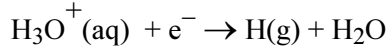
অ্যানোডে বিক্রিয়া : $2Br^- \xrightarrow{\text{জারণ}} Br_2 + 2e^-$ (অ্যানোডে e^- জমা হয়)

অ্যানোডে প্রদত্ত e^- বহিঃবর্তনীর সাহায্যে ক্যাথোডে গিয়ে ক্যাটায়নকে বিজারিত করে।

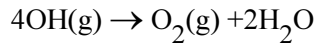
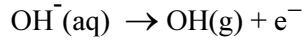
ইলেকট্রোলাইটিক দ্রবণে একের বেশী এ্যানায়ন বা ক্যাটায়ন থাকে। যেমন KCl এর জলীয় দ্রবণে Cl^- , OH^- , K^+ , H^+ (H_3O^+) থাকে। জলীয় দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণে উৎপন্ন পদার্থ কি হবে তা সব সময় আগে থেকে ধারণা করা যায় না। যেমন $NaNO_3$ এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে Na^+ এর পরিবর্তে H^+ বিজারিত হয়। এ ক্ষেত্রে পানির কিছু অংশ আয়নিত হয়ে প্রোটন (H^+) তৈরী করে।



উৎপন্ন H_3O^+ (aq) ক্যাথোডে H_2 তৈরী করে



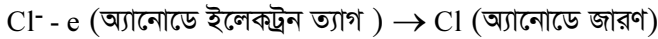
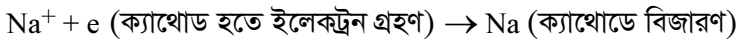
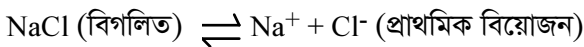
এ্যানোডে NO_3^- ও OH^- আয়ন থাকে এবং NO_3^- আয়ন জারিত না হয়ে OH^- আয়ন জারিত হয়।



তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে অণু হতে উৎপন্ন ক্যাটায়ন ও এ্যানায়নের সংখ্যা ও তাদের চার্জ সকল ক্ষেত্রে সমান নাও হতে পারে। তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে কোন আয়নটির চার্জমুক্ত হওয়ার অগ্রাধিকারে থাকবে তা তড়িৎ রাসায়নিক সারি (Electrochemical series) এর সাহায্যে ধারণা করা যায়।

তড়িৎ বিশ্লেষণে একটি জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া

তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় ক্যাটায়ন ক্যাথোড হতে এক বা একাধিক ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়। অন্যদিকে এ্যানায়ন এ্যানোডে এক বা একাধিক ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয়। যেমন বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলো ঘটে থাকে।



প্রকৃতপক্ষে যে কোন তড়িৎ বিশ্লেষণ পর্যালোচনা করলে দেখা যায় যে, তড়িৎ বিশ্লেষণকালে ক্যাথোডে বিজারণ এবং এ্যানোডে জারণ প্রক্রিয়া ঘটে। তাই বলা যায় যে তড়িৎ বিশ্লেষণ একটি জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া।

১১.৩.২: তড়িৎ রাসায়নিক সারি (Electrochemical series)

কোন দ্রবণে একাধিক ক্যাটায়ন বা এ্যানায়ন থাকলে তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে কোন আয়নটি আগে চার্জমুক্ত হবে তা নির্ভর করে তাদের তুলনামূলক চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতার উপর। উদাহরণস্বরূপ যদি কোন দ্রবণে Cu^{2+} ও Zn^{2+} আয়ন একসাথে উপস্থিত থাকে তবে দেখা যায় দ্রবণ থেকে Cu^{2+} আয়ন ক্যাথোডের কাছে গিয়ে চার্জমুক্ত হয় এবং Zn^{2+} আয়ন দ্রবণে থেকে যায়। আবার যদি কোন দ্রবণে Br^- ও I^- আয়ন উভয়েই উপস্থিত

থাকে তবে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে I^- আয়ন আগে এ্যানোডে গিয়ে ইলেকট্রোন ত্যাগ করে চার্জমুক্ত হয় এবং Br^- দ্রবণে থেকে যায়। বিভিন্ন যৌগমূলক এবং আয়নের ইলেকট্রোন ত্যাগ করার প্রবণতাকে তড়িৎদ্বার বিভব (Electrode potential) বলে। তড়িৎদ্বার বিভবের উপর ভিত্তি করে একটি তালিকা তৈরী করা হয়েছে যাকে রাসায়নিক ক্রমপঞ্জী বা তড়িৎ রাসায়নিক সারি বলা হয়। কোন দ্রবণে যদি একাধিক আয়ন থাকে তবে তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে কোন আয়নটি আগে চার্জমুক্ত হবে তা আমরা তড়িৎ রাসায়নিক সারি দেখে অনুমান করতে পারি। নীচের সারণিতে তড়িৎ রাসায়নিক সারিকে সংক্ষিপ্ত আকারে দেয়া হলো।

সারণি ১১.২ : তড়িৎ রাসায়নিক সারি:

ধনাত্মক আয়ন (ক্যাটায়ন)		ঋনাত্মক আয়ন (এ্যানায়ন)	
K^+	চার্জমুক্ত হওয়ার	চার্জমুক্ত হওয়ার	NO_3^-
Ca^{2+}	প্রবণতার বৃদ্ধি	প্রবণতার বৃদ্ধি	SO_4^{2-}
Na^+	↓	↓	Cl^-
Mg^{2+}			Br^-
Al^{3+}			I^-
Zn^{2+}			OH^-
Fe^{2+}	$M^{n+} + ne^- \rightarrow M$	$A^{n-} \rightarrow A + ne^-$	
Sn^{2+}			
Pb^{2+}			
$H_3O^+(H^+)$			
Cu^{2+}			
Ag^+			
Au^{3+}			

তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে কোন আয়নের অবস্থান যত নীচে তার চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা তত বেশী। উদাহরণস্বরূপ উপরে আলোচিত Zn^{2+} ও Cu^{2+} এর অবস্থান দেখা যেতে পারে। Cu^{2+} এর অবস্থান তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে Zn^{2+} এর নীচে থাকতে Cu^{2+} আয়ন আগে চার্জমুক্ত হয়। তবে কোন কোন ক্ষেত্রে এই নিয়মের ব্যতিক্রম দেখা যায়। যেমন যখন একটি আয়নের ঘনমাত্রা অন্যটির তুলনায় অনেক বেশি হয় সে ক্ষেত্রে বেশি ঘনমাত্রার আয়ন তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে অন্যটির তুলনায় উপরে অবস্থিত হলেও আগে চার্জমুক্ত হবে।

ক্যাথোডের প্রকৃতির উপরেও অনেক সময় নির্ভর করে কোন আয়নটি চার্জমুক্ত হবে। উদাহরণস্বরূপ যদি কোন দ্রবণে Na^+ ও H_3O^+ আয়ন থাকে তবে পারদ (mercury) ক্যাথোডের উপস্থিতিতে H_3O^+ আয়ন চার্জমুক্ত না হয়ে Na^+ আয়ন চার্জমুক্ত হয় এবং পারদের সাথে সংকর তৈরী করে। পারদ ক্যাথোডে H_3O^+ আয়নকে চার্জমুক্ত করতে অনেক বেশি তড়িৎ বিভবের প্রয়োজন। কাজেই H_3O^+ এর পরিবর্তে Na^+ চার্জমুক্ত হয়। এ তথ্যের উপর ভিত্তি করে শিল্পক্ষেত্রে পারদ-ক্যাথোড ব্যবহার করে $NaCl$ দ্রবণকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে $NaOH$ তৈরী করা হয়।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

১। তড়িৎ বিশ্লেষণে কোনটি প্রথমে চার্জমুক্ত হবে-

(ক) Fe^{2+}

(খ) H_3O^+

(গ) Ag^+

২। ক্যাথোডে কি ঘটে?

(ক) জারণ

(খ) বিজারণ

(গ) উভয়ই

(ঘ) কোনটিই নয়

৩। তড়িৎ বিশ্লেষণে যে তড়িৎদ্বার দিয়ে ইলেকট্রোন দ্রবন প্রবেশ করে তাকে বলা হয়-

(ক) ক্যাথোড

(খ) এ্যানোড

(গ) ইলেকট্রোলাইট

৪। ইলেকট্রোলাইটিক পদ্ধতিতে পরিবহন একটি

(ক) রাসায়নিক পদ্ধতি

(খ) ভৌত পদ্ধতি

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। ইলেকট্রোনিক ও ইলেকট্রোলাইটিক তড়িৎ প্রবাহের পার্থক্য কি?

২। তড়িৎ রাসায়নিক সারি কি? দ্রবণে একাধিক আয়ন উপস্থিত থাকলে কোনটি আগে চার্জমুক্ত হবে তা কিভাবে ধারণা করা যাবে?

৩। তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় অ্যানোড এবং ক্যাথোডে কি ধরনের বিক্রিয়া হয় তা উদাহরণসহ উল্লেখ করুন।

পাঠ ৪ শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহার

উদ্দেশ্য

এ পাঠ শেষে

- সোডিয়াম ও অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন সম্বন্ধে জানা যাবে।
- ক্লোরিন ও ক্ষার শিল্প সম্বন্ধে জানা যাবে।
- ধাতু বিশুদ্ধিকরণ ও ইলেকট্রোপ্লেটিং এর বর্ণনা দেওয়া যাবে।

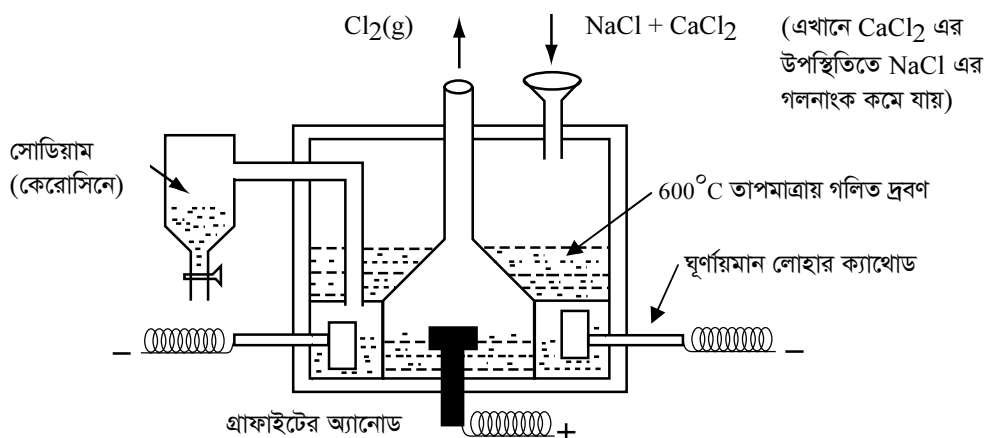
শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহার অত্যন্ত গুরুত্বপূর্ণ। ধাতু নিষ্কাশন, ধাতু বিশুদ্ধিকরণ বা ইলেকট্রোপ্লেটিং এ তড়িৎ বিশ্লেষণ ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

নিচে তড়িৎ বিশ্লেষণ ব্যবহারের কিছু উদাহরণ দেয়া হলো

- ১। গলিত সোডিয়াম ক্লোরাইড থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন (ডাউনের পদ্ধতি) করা হয়।
- ২। পারদের ক্যাথোড কোষে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ থেকে সোডিয়াম হাইড্রোঅক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।
- ৩। উপরের এক ও দুই নম্বর পদ্ধতিতে ক্লোরিন প্রস্তুত করা হয়।
- ৪। সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণকে পারদ ক্যাথোড কোষে তড়িৎ বিশ্লেষণ করে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রস্তুত করা হয়।
- ৫। বক্সাইট থেকে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে বিশ্লেষণ প্রয়োগ করা হয়।
- ৬। অপরিশোধিত তামার তড়িৎ বিশ্লেষণ করে পরিশোধন করা হয়।

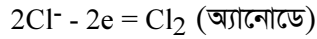
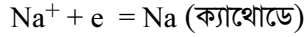
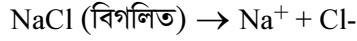
১১.৪.১ সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন

গ্রুপ I এর ধাতুসমূহ অত্যন্ত শক্তিশালী বিজারক। কাজেই এদের অক্সাইডকে সরাসরি বিজারিত করে ধাতু নিষ্কাশন সম্ভব নয়। এদের লবণের দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে ধাতু নিষ্কাশিত না হয়ে ক্ষার তৈরী হয়। এসব কারণে বিগলিত সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। নিচের ১১.২নং চিত্রে ডাউনের কোষের সাহায্যে তড়িৎ বিশ্লেষণে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন দেখানো হলো। একটি লৌহ নির্মিত ট্যাংকে সোডিয়াম ক্লোরাইড ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের মিশ্রণ নিয়ে বিগলিত করা হয়।

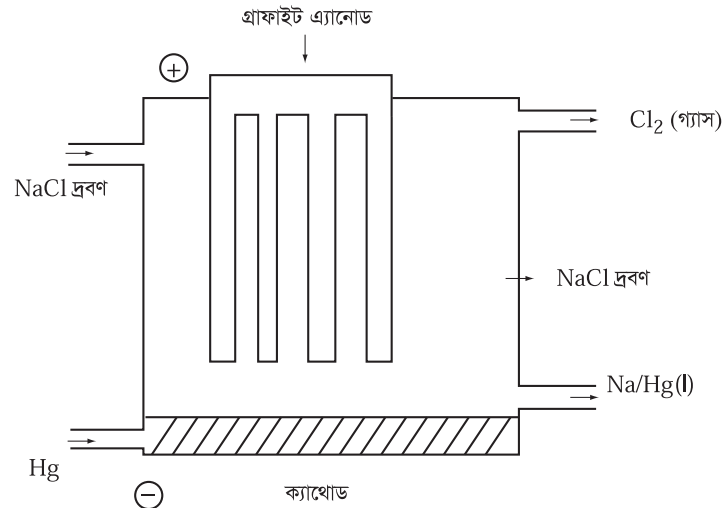


চিত্র-১১.২: ডাউন সেলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণ

সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক কমানোর জন্য এর সাথে 60% ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড মেশানো হয়। এতে সোডিয়াম ক্লোরাইডের গলনাঙ্ক 800°C থেকে প্রায় 600°C এ নেমে আসে। লৌহ পাত্রের তলা দিয়ে একটি কার্বন দণ্ড প্রবেশ করানো হয় যা সেলের অ্যানোড হিসেবে কাজ করে। অ্যানোডকে ঘিরে স্থাপিত লৌহ পাত্র সেলের ক্যাথোড হিসেবে কাজ করে। অ্যানোডের উপর একটি পোরসেলিন হুড থাকে। ক্যাথোড একটি তারজালি দিয়ে ঢাকা থাকে। তারজালি থেকে একটি সাইফন নল ট্যাংকের বাইরে রাখা কেরোসিন পূর্ণ পাত্রের সঙ্গে যুক্ত করা হয়। বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে যে সোডিয়াম উৎপন্ন হয় তা সাইফন নলের মাধ্যমে কেরোসিন পূর্ণ পাত্রে গিয়ে জমা হয়।

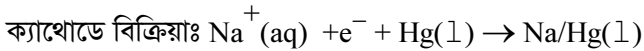


১১.৪.২ ক্লোরিন ক্ষার শিল্প: সোডিয়াম ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণ (Brine) থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে একই সাথে ক্ষার (NaOH) ও ক্লোরিন গ্যাস তৈরী করা যায়। আমরা এখানে পারদ কোষের ব্যবহারে তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে ক্ষার ও ক্লোরিন গ্যাস প্রস্তুতির বর্ণনা দেব। নীচে পারদ কোষের চিত্র দেয়া হলো:

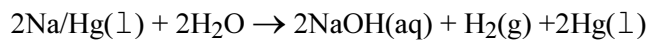


চিত্র: ১১.৩

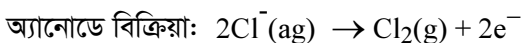
কোষটি 300,000 A বিদ্যুৎ ও 4.3 ভোল্ট বিভব ব্যবহার করে। পারদ ক্যাথোডের উপস্থিতিতে সোডিয়াম ক্লোরাইড দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়ন চার্জমুক্ত হয় এবং অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস তৈরী হয়। পারদের পরিবর্তে অন্য তড়িৎদ্বার ব্যবহার করলে সোডিয়ামের পরিবর্তে হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়। ক্যাথোডে পারদের সাথে সোডিয়াম সংকর তৈরী হয়।



উৎপন্ন তরল সংকরটিকে একটি ভিন্ন চেম্বারে (Soda cell) পাঠানো হলে সেখানে পানির সাথে বিক্রিয়া করে সোডিয়াম হাইড্রোক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস তৈরী হয়।

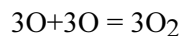
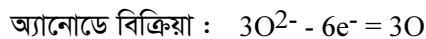
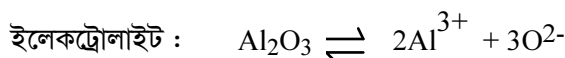


মুক্ত পারদকে পুনরায় ব্যবহার করা হয়।

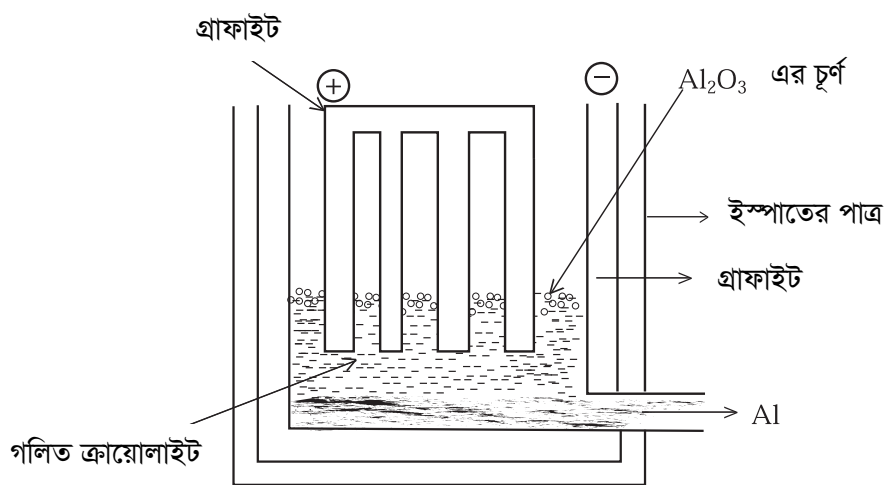


১১.৪.৩ : অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন

অ্যালুমিনিয়াম ধাতু খনিতে বক্সাইট ($Al_2O_3 \cdot 2H_2O$) আকরিক হিসাবে পাওয়া যায়। বক্সাইট আকরিকের সাথে সিলিকন ডাই অক্সাইড (SiO_2) ও ফেরিক অক্সাইড (Fe_2O_3) অপদ্রব্য হিসেবে মিশ্রিত থাকে। বক্সাইট উভধর্মী পদার্থ এবং সিলিকন ডাই অক্সাইড অম্লীয় ও ফেরিক অক্সাইড ক্ষারীয় পদার্থ। আকরিকের এই গুণের ভিত্তিতে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে বিশুদ্ধ করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম অত্যন্ত সক্রিয় ধাতু। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডকে বিজারিত করে অ্যালুমিনিয়াম মুক্ত করা যায় না। আবার অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের গলনাংক অত্যন্ত বেশি (2050° সে) হওয়ায় একে বিগলিত করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা অত্যন্ত অসুবিধাজনক। কাজেই একে একটি উপযুক্ত দ্রবণে দ্রবীভূত করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয়। গলিত ক্রায়োলাইট (Na_3AlF_6) একটি সঠিক দ্রাবক। অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের গলনাঙ্ক কমানোর জন্য গলিত ক্রায়োলাইট এবং সাথে ক্যালসিয়াম ফ্লোরাইড (CaF_2) ও অ্যালুমিনিয়াম ফ্লোরাইড যোগ করা হয়। ক্রায়োলাইট অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের গলনাংক 2050° সে. হতে 900° সে. এ হ্রাস করতে এবং CaF_2 ও AlF_3 দ্রবণের তরলতা বৃদ্ধি করতে ব্যবহৃত হয়। এই দ্রবণের মধ্যে অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের দ্রবণকে 850° সে তাপমাত্রায় তড়িৎ বিশ্লেষণ করে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন করা হয়। অ্যালুমিনিয়াম ধাতু ক্যাথোডে তরল আকারে সঞ্চিত হয়। পরে পাত্রের নিচের দিকে নির্গম নলের সাহায্যে Al ধাতুকে বের করে আনা হয়।



তড়িৎ বিশ্লেষণে ক্রায়োলাইটের কোন পরিবর্তন হয় না। কাজেই প্রয়োজনমত এতে আরও Al_2O_3 যোগ করে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা যায়। চিত্রে অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে ব্যবহৃত পাত্রের বর্ণনা দেওয়া হলো। অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনে ব্যবহৃত বৈদ্যুতিক চুল্লীটি ইস্পাত নির্মিত একটি পাত্র। এর অভ্যন্তরে কার্বনের পুরু আস্তরণ দেয়া হয় এবং তা ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহৃত হয়। একটি আনুভূমিক কপার দণ্ড হতে একসারি মজবুত কার্বন দণ্ড আংশিকভাবে পাত্রের দ্রবণে নিমজ্জিত অবস্থায় উপর হতে ঝুলিয়ে দেয়া হয়। এরা অ্যানোড হিসেবে কাজ করে। গলিত অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশনের জন্য চুল্লীটির নিম্নাংশে একটি নির্গম পথ থাকে।

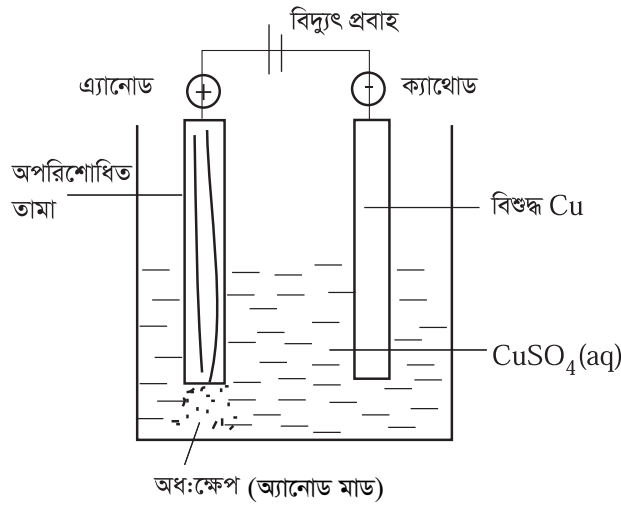


চিত্র ১১.৪ঃ অ্যালুমিনিয়াম নিষ্কাশন

অ্যানোডে উৎপন্ন অক্সিজেন কার্বনের সাথে বিক্রিয়া করে CO ও কিছু CO₂ তৈরী করে: $2C(s) + O_2 \rightarrow 2CO$
এভাবে অ্যানোডের ক্ষয় হতে থাকে। কাজেই কিছুদিন ব্যবহারের পর একে বদলে ফেলতে হয়। এই প্রক্রিয়ায় ব্যবহৃত বিদ্যুতের পরিমাণ : 100,000 A ও 5 ভোল্ট।

১১.৪.৪: অবিশুদ্ধ কপার ধাতুর বিশোধন।

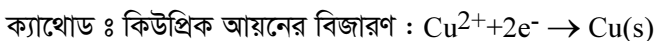
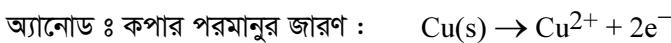
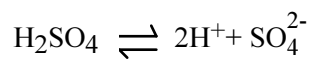
তড়িৎ বিশ্লেষণের মাধ্যমে অনেক অবিশুদ্ধ ধাতুকে (কপার, অ্যালুমিনিয়াম, জিংক) বিশুদ্ধ করা যায়। ধাতুর একটি উপযুক্ত লবণের দ্রবণে অবিশুদ্ধ ধাতুর পাতকে অ্যানোড এবং বিশুদ্ধ ধাতুর পাতকে ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে অ্যানোড থেকে অবিশুদ্ধ ধাতু দ্রবীভূত হয়ে ক্যাথোডে বিশুদ্ধ ধাতু হিসেবে সঞ্চিত হয়। নিম্নে ব্লিষ্টার কপারের তড়িৎ বিশোধন প্রক্রিয়া আলোচনা করা হল। আকরিক থেকে যে কপার নিষ্কাশন করা হয় তা ৯৭-৯৮% বিশুদ্ধ। একে ব্লিষ্টার কপার বলে। ব্লিষ্টার কপারকে বিশুদ্ধকরণের জন্য লঘু H₂SO₄ মিশ্রিত কপার সালফেট এর জলীয় দ্রবণক তড়িৎবিশ্লেষ্য রূপে একটি কোষে নেওয়া হয়।



চিত্র: ১১.৫ কপারের তড়িৎ বিশোধন

একটি বিশুদ্ধ কপার পাতকে ক্যাথোড এবং অবিশুদ্ধ কপার পাত বা ব্লিষ্টার কপারের পাতকে অ্যানোড হিসেবে ব্যবহার করে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়। এর ফলে অ্যানোড হতে কপার দুটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে কিউপ্রিক আয়ন (Cu²⁺) রূপে দ্রবণে চলে যায় এবং দ্রবণ হতে একই সংখ্যক Cu²⁺ আয়ন ক্যাথোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয় ও দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিদ্যুৎ চার্জমুক্ত হয়ে বিশুদ্ধ কপাররূপে ক্যাথোডে জমা হয়। অবিশুদ্ধ কপারের পাত হতে সমস্ত কপার বিশুদ্ধ কপার ধাতু হিসেবে ক্যাথোডে জমা না হওয়া পর্যন্ত এ প্রক্রিয়া চলতে থাকে। এভাবে অ্যানোড ক্ষয়প্রাপ্ত হতে থাকে এবং ক্যাথোড পুরু হয়ে উঠে। ব্লিষ্টার কপারের ভেজাল দ্রব্যগুলো যেমন জিংক, আয়রন ইত্যাদি অ্যানোডের তলদেশে অ্যানোড মাদ রূপে জমা হয়। এভাবে তড়িৎ বিশোধনে প্রাপ্ত কপার প্রায় 99.99% বিশুদ্ধ।

তড়িৎ বিশোধন প্রক্রিয়ার বিক্রিয়া:

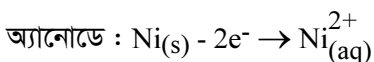
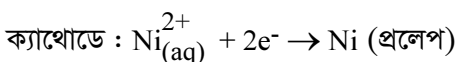
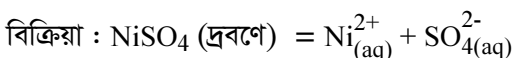


১১.৪.৫: ইলেকট্রোপ্লেটিং (Electroplating)

বাতাসের আদ্রতা হতে রক্ষা করার জন্য এবং উজ্জ্বলতা বৃদ্ধির জন্য লোহা, তামা, টিন প্রভৃতি নিম্নমানের ধাতু নির্মিত জিনিসপত্র যেমন চামচ, ছুরি, কাঁচি ইত্যাদির উপর তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় সোনা, রূপা, নিকেল ইত্যাদি মূল্যবান ধাতুর প্রলেপ দেয়াকে ইলেকট্রোপ্লেটিং বলে।

যে ধাতুর প্রলেপন দিতে হয় তার লবণের দ্রবণে ধাতুটির তৈরি একটি দণ্ডকে মিঞ্জিত করে ব্যাটারীর অ্যানোডের সঙ্গে সংযোগ দেয়া হয়। যে দ্রবণের উপর প্রলেপন দিতে হয় তাকে ঐ দ্রবণে নিমঞ্জিত করে ক্যাথোডের সঙ্গে সংযোগ করে তড়িৎ প্রবাহিত করা হয়। তড়িৎ প্রবাহের ফলে দ্রবণে উপস্থিত লবণের ক্যাটায়ন ক্যাথোডে আকৃষ্ট হয় ও ইলেকট্রন গ্রহণ করে ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহৃত বস্তুটির উপর প্রলেপ তৈরী করে। অ্যানোডের ধাতুটি ইলেকট্রন ত্যাগ করে আয়নরূপে দ্রবণে যায় এবং দ্রবণ থেকে অপসারিত ক্যাটায়ন মাত্রা স্থির রাখে।

উদাহরণ : লোহার চামচের উপর নিকেলের প্রলেপ দেয়ার জন্য ঐ চামচকে প্রথমে কষ্টিক সোডা ও পরে সালফিউরিক এসিডে ধুয়ে পৃষ্ঠদেশকে পরিষ্কার করা হয়। তারপর নিকেল সালফেট দ্রবণে নিকেল দণ্ডকে অ্যানোড ও লোহার চামচকে ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয়। এতে লোহার চামচের উপর নিকেল ধাতুর প্রলেপ পড়ে।

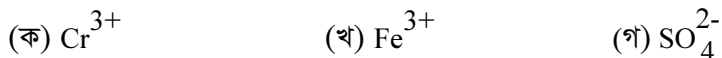


প্রয়োগ : কমদামী ধাতুর উপর মূল্যবান ধাতুর প্রলেপ দিয়ে ধাতব সামগ্রীর সৌন্দর্য ও স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করা হয়। এ পদ্ধতিতে কৃত্রিম গহনা তৈরি করা হয়। লোহার তৈরি ঘড়ির চেইনের উপর ক্রোমিয়ামের প্রলেপ দেয়া হয়। গ্লাস, চামচ, টেউটিন ইত্যাদি বিভিন্ন ক্ষয়রোধী ধাতু দ্বারা প্রলেপিত হয়ে উজ্জ্বলতা বৃদ্ধি পায়।

পার্টোত্তর মূল্যায়ন

সঠিক উত্তরে টিক চিহ্ন (✓) দিন।

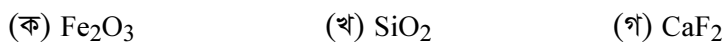
১। লোহার তৈরী একটি ফুলদানিকে ক্রোমিয়াম ইলেকট্রোপ্লেটিং করতে হলে দ্রবণে যে আয়ন থাকতে হবে



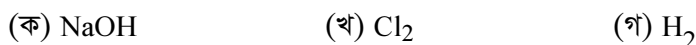
২। তামা বিশুদ্ধকরণে অপরিশোধিত তামা থেকে Zn ও Fe

- (ক) এ্যানোডের নীচে জমা হয়
(খ) দ্রবণে আয়ন হিসেবে থেকে যায়।
(গ) ক্যাথোডের নীচে জমা হয়

৩। খনিতে বক্সাইট আকরিকের সাথে অপদ্রব্য হিসেবে মিশ্রিত থাকে-



৪। সাধারণ ইলেকট্রোড ব্যবহার করে NaCl এর দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে ক্যাথোডে তৈরী হয়



চূড়ান্ত মূল্যায়ন

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ইলেকট্রোনিক ও ইলেকট্রোলাইটিক তড়িৎ প্রবাহের পার্থক্য কি?
- ২। তড়িৎ পরিবহনের কারণ ব্যাখ্যা করুন।
- ৩। (ক) ফ্যারাডের সূত্র দুইটি বিবৃত ও ব্যাখ্যা করুন।
(খ) ফ্যারাডের সূত্রের তাৎপর্য কি?
(গ) এক ফ্যারাডে বলতে কি বোঝায়?
- ৪। সমপরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে বিগলিত NaCl থেকে 4.6 গ্রাম সোডিয়াম জমা হলে ক্রায়োলাইটে দ্রবীভূত অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড থেকে কি পরিমাণ অ্যালুমিনিয়াম জমা হয়?
- ৫। তড়িৎ রাসায়নিক সারি কি? তড়িৎ বিশ্লেষণে তড়িৎ রাসায়নিক সারির ভূমিকা কি?
- ৬। নিচের বিক্রিয়ায় জন্য কি পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রয়োজন?
ক) 1 মোল $Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$
খ) 1 মোল $Fe^{3+} \rightarrow Fe$
গ) 1 মোল $MnO_4^- \rightarrow Mn^{2+}$
[(ক) 9650 কুলম্ব (খ) 2.89×10^5 কুলম্ব (গ) 4.82×10^5 কুলম্ব]
- ৭। গলিত লিথিয়াম ক্লোরাইড LiCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণে ক্যাথোডে লিথিয়াম জমা হয়। 5×10^5 কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে কত গ্রাম লিথিয়াম জমা হবে?
- ৮। শিল্পক্ষেত্রে লবণের দ্রবণ থেকে ক্ষার ও ক্লোরিনের উৎপাদন বর্ণনা করুন।
- ৯। কপার আয়নের দ্রবণ থেকে 1.6 গ্রাম কপার জমা করতে কি পরিমাণ ক) ইলেকট্রোন মোল, খ) কুলম্ব চার্জ লাগবে?
- ১০। তড়িৎ প্রলেপন বা ইলেকট্রোপ্লেটিং কি? ইলেকট্রোপ্লেটিং এর ব্যবহার আলোচনা করুন।
- ১১। ব্লিষ্টার কপারের তড়িৎ বিশোধন প্রণালী বর্ণনা করুন।
- ১২। তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে বক্সাইট হতে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন সংক্ষেপে বর্ণনা করুন।
- ১৩। ব্যাখ্যা করুন- তড়িৎ বিশ্লেষণ একটি জারণ-বিজারণ বিক্রিয়া।