ইউনিট ৩

তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ও রাসায়নিক ক্রিয়া
(Heating and Chemical effects of electric current)

ভূমিকা

কোন পরিবাহীর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে পরিবাহী উত্তপ্ত হয়। একে তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়া বলে। পরিবাহীতে প্রচুর মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। তড়িৎ প্রবাহের সময়ে এই সকল মুক্ত ইলেকট্রন পরিবাহীর নিম্ন বিভব প্রান্ত থেকে এর উচ্চ বিভব প্রান্তের দিকে চালিত হয়। চলমান অবস্থায় ইলেকট্রনগুলো এদের গতিপথে কম্পনরত পরমাণুগুলোর সাথে ধাক্কা খায়। ফলে এদের অর্জিত শক্তির কিছু অংশ ব্যয় হয়। শক্তির বিনাশ নেই বলে এই ব্যয়িত শক্তি পরিবাহীর মধ্যে তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। ফলে পরিবাহিটি উত্তপ্ত হয়ে পড়ে। তড়িৎ প্রবাহের এই তাপীয় ক্রিয়াকে কাজে লাগিয়ে বিজলি বাতি, বৈদ্যুতিক ইস্ত্রি, বৈদ্যুতিক হিটার, বৈদ্যুতিক চুল্লি প্রভৃতি যন্ত্র আবিষ্কৃত হয়েছে। অপরপক্ষে, ডায়নামো, মোটর, ট্রান্সফরমার প্রভৃতি যন্ত্রের ক্ষেত্রে এই তাপ অসুবিধার কারণ হয়ে দাঁড়ায়।

তড়িৎ প্রবাহের ফলে যদি রাসায়নিক ক্রিয়া সংঘটিত হয় তবে তাকে তড়িৎ প্রবাহের রাসায়নিক ক্রিয়া বলে। কঠিন পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে পরিবাহী উত্তপ্ত হলেও কোন রাসায়নিক পরিবর্তন হতে দেখা যায় না। কিন্তু তরল পরিবাহী যেমন অম্ল (Acid), ক্ষারক (Base) বা লবণ (Salt) প্রভৃতি দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে রাসায়নিক বিক্রিয়া দেখা দেয়। এর ফলে তরলের দ্রাব পদার্থের (Solute Subtance) অণুগুলো বিশ্লিষ্ট হয়ে পড়ে। তড়িৎ প্রলেপন, তড়িৎ-মুদ্রণ, ধাতু নিষ্কাশন প্রভৃতি নানা শিল্প কর্মে এ ক্রিয়ার ব্যবহারিক প্রয়োগ দেখা দেয়।

এই ইউনিটের তিনটি পাঠে তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ও রাসায়নিক ক্রিয়া সম্পর্কে আলোচনা করা হয়েছে।

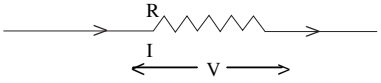
পাঠ ১ তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়া

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপের সমীকরণ লিখতে ও বর্ণনা করতে পারবেন।
- জুলের সূত্রের বর্ণনা, ব্যাখ্যা ও প্রমাণ করতে পারবেন।
- 'J'-এর মান বের করার বৈদ্যুতিক পদ্ধতি বর্ণনা করতে পারবেন।
- তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়ার কতিপয় ব্যবহারিক প্রয়োগ বলতে পারবেন।

৩.১.১: তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ (Amount of heat generated by electric current):



চিত্র-৩.১

ধরা যাক, R ওহম রোধের কোন পরিবাহীর দু'প্রান্তের মধ্যে বিভব পার্থক্য V ভোল্ট এবং পরিবাহীতে I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হচ্ছে। কিন্তু I হচ্ছে পরিবাহীর মধ্যে তড়িতাধান চলাচলের হার। সুতরাং পরিবাহীতে t সেকেন্ড ধরে I পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ চালিত হলে তড়িতাধানের পরিমাণ,

$$Q = It \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

আবার পরিবাহীর দু'প্রান্তের মধ্যকার বিভব পার্থক্য V ভোল্ট হলে পরিবাহীর এক প্রান্ত থেকে অপর প্রান্তে 1 কুলম্ব আধান প্রবাহিত হতে সম্পন্ন কাজের পরিমাণ V জুল।

অতএব, পরিবাহীর মধ্য দিয়ে Q কুলম্ব আধান প্রবাহিত হতে কাজের পরিমাণ,

$$W = VQ \text{ জুল} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ওহমের সূত্র থেকে পাই,

$$I = \frac{V}{R}$$

বা, $V = IR \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$

সমীকরণ (1) ও (3) এর মান (2) এ বসিয়ে,

$$W = VQ$$

বা, $W = RI \times It$

বা, $W = I^2 Rt$ জুল $\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৪)$

পরিবাহীর মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চলাকালে যদি এ কাজ W সম্পূর্ণভাবে H পরিমাণ তাপে পরিণত হয় তাহলে জুলের সূত্রানুসারে,

$$W \propto H$$

বা, $W = JH$ জুল $\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (৫)$

এখানে J হচ্ছে একটি ধ্রুবক যাকে তাপের যান্ত্রিক সমতা বলা হয় এবং এর মান হচ্ছে 4.2 জুল/ক্যালরি।

সমীকরণ (5) ও (4) হতে পাই,

$$JH = I^2 Rt$$

বা, $H = \frac{I^2Rt \text{ জুল}}{J \text{ জুল/ক্যালরি}}$

$= \frac{I^2Rt}{4.2}$ ক্যালরি

$= 0.24I^2 Rt$ ক্যালরি।

অর্থাৎ R ওহম রোধ বিশিষ্ট কোন পরিবাহীর মধ্য দিয়ে I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ t সেকেন্ড সময় ধরে প্রবাহিত হলে উৎপন্ন তাপ, $H=0.24I^2 Rt$ ক্যালরি $= 0.24VIt$ ক্যালরি $= 0.24Pt$ ক্যালরি $[P = VI=V^2/R]$

৩.১.২ জুলের সূত্র (Joule's Law): ১৮৪১ খ্রিস্টাব্দে বিখ্যাত ইংরেজ বিজ্ঞানী জেমস প্রেসকট জুল (James Prescott Joule) অনেক পরীক্ষা নিরীক্ষার পর তিনটি সূত্র প্রদান করেন। জুলের নামানুসারে এদেরকে তাপ উৎপাদনের ক্ষেত্রে জুলের সূত্র বলা হয়।

সূত্রগুলো নিম্নরূপ :

(১) প্রথম সূত্র বা প্রবাহমাত্রার সূত্র :

তড়িৎবাহী পরিবাহীর রোধ R ও তড়িৎ প্রবাহকাল t অপরিবর্তিত থাকলে, পরিবাহীতে উদ্ভূত তাপ H পরিবাহীর প্রবাহমাত্রা I এর বর্গের সমানুপাতিক,

অর্থাৎ $H \propto I^2$ যদি R ও t অপরিবর্তিত থাকে।

এই সূত্র অনুসারে প্রবাহমাত্রা দ্বিগুণ হলে উৎপন্ন তাপ H প্রাথমিক তাপের চারগুণ হবে। প্রবাহমাত্রা I অর্ধেক করলে উদ্ভূত তাপ H প্রাথমিক তাপের এক চতুর্থাংশ হবে।

একই সময় ধরে কোন পরিবাহীর মধ্যদিয়ে I_1, I_2, I_3 তড়িৎ প্রবাহ চালালে যদি উৎপন্ন তাপ যথাক্রমে H_1, H_2, H_3 হয় তাহলে,

$$\frac{H_1}{I_1^2} = \frac{H_2}{I_2^2} = \frac{H_3}{I_3^2} = \text{ধ্রুবক}$$

(২) দ্বিতীয় সূত্র বা রোধের সূত্রঃ

তড়িৎ প্রবাহমাত্রা I ও তড়িৎ প্রবাহকাল t

অপরিবর্তিত থাকলে, পরিবাহীতে উদ্ভূত তাপ পরিবাহীর রোধ R-এর সমানুপাতিক।

অর্থাৎ $H \propto R$ যদি I এবং t অপরিবর্তিত থাকে।

এই সূত্র অনুসারে R দ্বিগুণ হলে H-এর মানও দ্বিগুণ হবে।

কাজেই শ্রেণীতে R_1, R_2, R_3 রোধ যুক্ত পরিবাহীতে t সেকেন্ডে I তড়িৎ প্রবাহিত করলে উদ্ভূত তাপ যদি যথাক্রমে H_1, H_2, H_3 হয়, তাহলে

$$\frac{H_1}{R_1} = \frac{H_2}{R_2} = \frac{H_3}{R_3}$$

(৩) তৃতীয় সূত্র বা প্রবাহকালের সূত্র :

তড়িৎবাহী পরিবাহীর রোধ R ও তড়িৎ প্রবাহমাত্রা I অপরিবর্তিত থাকলে, পরিবাহীতে উদ্ভূত তাপ H, তড়িৎ প্রবাহকাল t-এর সমানুপাতিক

অর্থাৎ $H \propto t$ যদি I ও R অপরিবর্তিত থাকে।

এই সূত্র অনুসারে, I দ্বিগুণ বা চারগুণ করলে H-এর মানও দ্বিগুণ বা চারগুণ হবে।

কাজেই একই তড়িৎ প্রবাহ I একই রোধ R-এ t_1, t_2, t_3 সময় প্রবাহিত করলে যদি উদ্ভূত তাপ H_1, H_2, H_3 হয়, তাহলে

$$\frac{H_1}{t_1} = \frac{H_2}{t_2} = \frac{H_3}{t_3} = \text{ধ্রুবক}$$

কোন নির্দিষ্ট পরিবাহীর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করলে এর রোধের মান বৃদ্ধি পায়। ফলে, এতে উৎপন্ন তাপের পরিমাণও বৃদ্ধি পায়।

একই দৈর্ঘ্য ও একই উপাদানের পরিবাহীর তারটি যত সরু হবে এর রোধও তত বৃদ্ধি পাবে। ফলে এতে উৎপন্ন তাপের পরিমাণও তত বৃদ্ধি পাবে।

জুলের সূত্র তিনটিকে একত্রে লেখা যায়, $H \propto I^2Rt$, যখন I, R ও t পরিবর্তিত হয়।

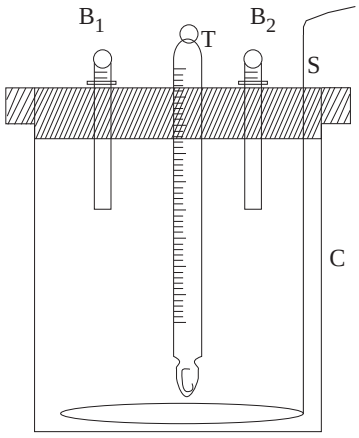
বা, $H = KI^2Rt$, এখানে Kএকটি সমানুপাতিক ধ্রুবক।

তড়িৎ প্রবাহ I কে অ্যাম্পিয়ার, রোধ R কে এক ওহম, সময় t কে এক সেকেন্ড এবং H কে এক জুলে প্রকাশ করলে, K এর মান 1 হয়।

$\therefore$ $H = I^2Rt$

৩.১.৩: জুলের ক্যালরিমিটার (Joule's Calorimeter):

এটি একটি বিশেষ ধরনের ক্যালরি মিটার (চিত্র: ৩.২)। কোন পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপ সংক্রান্ত পরীক্ষার জন্যে এটি ব্যবহৃত হয়। এই ক্যালরিমিটারটি একটি তামার চোঙাকৃতি পাত্র C। পাত্রটির মধ্যে নাইক্রোম বা কনস্ট্যান্টান এর তৈরী একটি কুন্ডলী থাকে। কুন্ডলীর দু'প্রান্ত ইবোনাইট জাতীয় অন্তরক পদার্থ L-এর ঢাকনার উপরিস্থিত দুটি সংযোজক স্ক্রুর (B_1, B_2) সাথে যুক্ত। ঢাকনাটিতে দুটি ছিদ্র থাকে। একটি ছিদ্রের মধ্যদিয়ে থার্মোমিটার T ও অন্যটির মধ্যদিয়ে একটি তামার নাড়ানী S ক্যালরিমিটারের মধ্যে ঢুকান থাকে। ক্যালরিমিটারটি একটি বড় কাঠের বাক্সের মধ্যে বসানো থাকে। ক্যালরিমিটার ও কাঠের বাক্সের মাঝখানে তুলা, ফেল্ট ইত্যাদি তাপ কুপরিবাহী পদার্থ থাকে।



চিত্র: ৩.২

৩.১.৪ : জুলের সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণ (Experimental Verification of Joulie's Law):

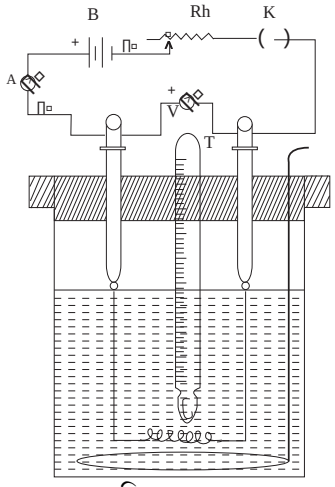
(i) প্রথম সূত্র বা প্রবাহমাত্রা সূত্রের প্রমাণ:

জুলের ক্যালরিমিটারের সাহায্যে সূত্রটি প্রমাণ করা যায়।

জুলের ক্যালরিমিটারের রোধ কুন্ডলী (R)-কে একটি অ্যামিটার (A), ব্যাটারী (B), চাবি (K) ও পরিবর্তনশীল রোধ (Rh)-এর সাথে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করে একটি তড়িৎ বর্তনী গঠন করা হয় (চিত্র: ৩.৩)। এবার ক্যালরিমিটারে জানা আপেক্ষিক

তাপের এমন পরিমাণ তরল (তারপিন তেল) নেয়া হয় যাতে রোধ কুন্ডলীটি সম্পূর্ণভাবে এবং থার্মোমিটারটি আংশিকভাবে ঐ তরলের মধ্যে ডুবে থাকে। থার্মোমিটার T এর সাহায্যে তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা দেখে রাখা হয়। তারপর চাবি (K) বন্ধ করে t সেকেন্ড ধরে তড়িৎ প্রবাহ I_1 চালনা করা হয়। তড়িৎ প্রবাহের ফলে তাপ উৎপন্ন হবে। এই তাপ ক্যালরিমিটার ও তরল পদার্থের তাপমাত্রা I_1 বৃদ্ধি পাবে। উল্লেখ্য যে তরল ও ক্যালরীমিটারের তাপমাত্রা একই রাখার জন্যে নাড়ানী দিয়ে তরলকে মাঝে মাঝে নাড়তে হবে। ক্যালরিমিটারের পানিসম W, ক্যালরিমিটারের তরলের ভর m এবং এর আপেক্ষিক তাপ S হলে, উদ্ভূত তাপ,

$$H_1 = (W+ms)\theta_1$$



চিত্রঃ ৩.৩

এবার প্লাগ চাবি (K) খুলে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করা হয়। কিছুক্ষণ পরে ক্যালরিমিটারসহ তরলটি কক্ষ তাপমাত্রায় আসে। বর্তনীকে আবার সম্পূর্ণ করে পরিবর্তনশীল রোধের সাহায্যে কুন্ডলীটির তড়িৎ প্রবাহমাত্রার মান পরিবর্তিত করে I_2 করা হয় এবং একই সময় t সেকেন্ড ধরে বর্তনীতে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়। এক্ষেত্রে ক্যালরিমিটার ও তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাণ θ_2 হলে, উদ্ভূত তাপ,

$$H_2 = (W+ms)\theta_2।$$

পরীক্ষালব্ধ মান হতে পাওয়া যায় যে,

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{I_1^2}{I_2^2}$$

বা, $H \propto I^2$ যখন R ও t অপরিবর্তিত থাকে অর্থাৎ রোধ ও প্রবাহকাল অপরিবর্তিত থাকলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ প্রবাহমাত্রার বর্গের সমানুপাতিক। এটিই জুলের প্রথম সূত্র।

দ্বিতীয় সূত্র বা রোধের সূত্রের প্রমাণঃ R_1 ও R_2 রোধ বিশিষ্ট একই পদার্থের দুটি রোধ কুন্ডলী নেয়া হয়। প্রথমে R_1 কুন্ডলীটিকে ক্যালরিমিটারের তরলে ডুবিয়ে পূর্ববর্তী পরীক্ষার (চিত্রঃ ৩.৩) মতো t সময় ধরে একটি নির্দিষ্ট মাত্রার তড়িৎ প্রবাহ (I) চালনা করা হয়। থামোমিটারের সাহায্যে তাপমাত্রা বৃদ্ধি θ_1 পরিমাপ করা হয়। এবার R_1 কুন্ডলীটি সরিয়ে R_2 রোধ কুন্ডলীটি বর্তনীতে যুক্ত করা হয়। পরিবর্তনশীল রোধ (Rh) নিয়ন্ত্রণ করে তড়িৎ প্রবাহ পূর্বের সমান (I) করা হয় এবং একই t সময় ব্যাপী প্রবাহমাত্রা চালানো হয়। থার্মোমিটারের সাহায্যে এবারও তাপমাত্রা বৃদ্ধি θ_2 পরিমাপ করা হয়। পরীক্ষালব্ধমান হতে পাওয়া যায়,

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{\theta_1}{\theta_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

বা, $H \propto R$ যখন I ও t অপরিবর্তিত থাকে।

অর্থাৎ প্রবাহমাত্রা (I) ও সময় (t) একই থাকলে পরিবাহীতে উৎপন্ন তাপ পরিবাহীর রোধের সমানুপাতিক। এটিই জুলের দ্বিতীয় সূত্র।

তৃতীয় সূত্র বা প্রবাহকালের সূত্রের প্রমাণ ঃ

তৃতীয় সূত্র প্রমাণের জন্য প্রথম সূত্র প্রমাণের জন্য যে ব্যবস্থা নেয়া হয়েছিল তা গ্রহণ করা হয়। দুটি ভিন্ন সময় (t_1 ও t_2) ধরে একই তড়িৎ প্রবাহ (I) চালনা করে ক্যালরিমিটার ও তরলের তাপমাত্রা বৃদ্ধি পরিমাপ করা হয়। যদি তাপমাত্রা বৃদ্ধির পরিমাণ θ_1 ও θ_2 হয়, তাহলে, দেখা যায় যে,

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

বা, $H \alpha t$ যখন I ও R অপরিবর্তিত থাকে।

অর্থাৎ প্রবাহমাত্রা ও রোধ অপরিবর্তিত থাকলে উৎপন্ন তাপ প্রবাহকালের সমানুপাতিক। এটিই জুলের তৃতীয় সূত্র।

৩.১.৫ : জুলের ক্যালরিমিটারের সাহায্যে তাপের যান্ত্রিক তুল্যাংক 'J' এর মান নির্ণয়ঃ

(Determination of mechanical equivalent of heat, 'J' by Joule's Calorimeter)

যদি V ভোল্ট বিভব পার্থক্যে কোন একটি পরিবাহীর মধ্য দিয়ে I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ t সেকেন্ড ধরে চলে তাহলে তড়িৎ প্রবাহ কর্তৃক কৃতকাজের পরিমাণ,

$$W = VIt \text{ জুল}$$

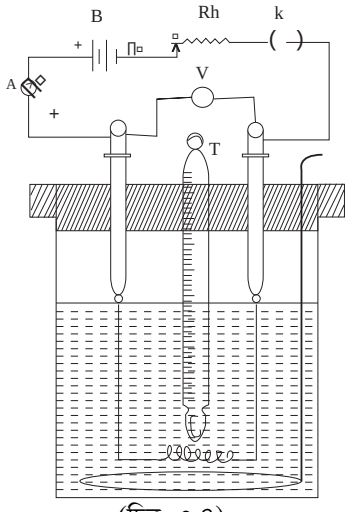
যদি এই কাজ সম্পূর্ণভাবে তাপশক্তিতে রূপান্তরিত হয়ে H ক্যালরি তাপ উৎপন্ন করে, তাহলে

$$W = JH$$

বা, $J = \frac{W}{H}$ জুল/ক্যালরি

কার্যপ্রণালী:

নাড়ানীসহ একটি জুলের ক্যালরিমিটার ধুয়ে শুকিয়ে নিক্তির সাহায্যে এর ভর নির্ণয় করা হয়। এবার এতে কিছু তরল (পানি বা তার্পিন তৈল) নিয়ে পুনরায় ভর নির্ণয় করা হয় এবং পূর্বের ভর বাদ দিয়ে তরলের ভর নির্ণয় করা হয়। অত:পর একটি থার্মোমিটার T-এর সাহায্যে ক্যালরিমিটার ও তরলের প্রাথমিক তাপমাত্রা নির্ণয় করা হয়। ক্যালরিমিটারের R রোধ বিশিষ্ট কুন্ডলীকে একটি অ্যামিটার (A), চাবি (K), ব্যাটারী (B) এবং পরিবর্তনশীল রোধ (Rh)-এর সাথে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করে একটি তড়িৎ বর্তনী গঠন করা হয়। রোধ কুন্ডলীর দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য নির্ণয়ের জন্য একটি ভোল্টমিটার V-কে কুন্ডলীর সাথে সমান্তরালে সংযুক্ত করা হয় [চিত্র ঃ ৩.৪]।



(চিত্র :৩.৪)

চাবি K বন্ধ করে এবং রিওস্ট্যাট Rh কে নিয়ন্ত্রণ করে একটি নির্দিষ্ট সময় ধরে বর্তনীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত করা হয়। অ্যামিটারের সাহায্যে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহ এবং ভোল্টমিটারের সাহায্যে রোধ কুন্ডলীর প্রান্তদ্বয়ের মধ্যে বিভব পার্থক্য নির্ণয় করা হয়। বর্তনীতে কত সময় ধরে তড়িৎ প্রবাহ চালানো হয়েছে তা থামা ঘড়ির (Stop Watch) সাহায্যে পরিমাপ করা হয়। পরীক্ষা চলার সময় নাড়নীর সাহায্যে তরল পদার্থটিকে মাঝে মাঝে নাড়তে হয়।

থার্মোমিটার T-এর সাহায্যে তরলের চূড়ান্ত তাপমাত্রা নির্ণয় করা হয়।

হিসাবঃ

ধরা যাক,

ক্যালরিমিটারের ভর = m_1 gm

ক্যালরিমিটারের উপাদানের আপেক্ষিক তাপ = s_1

তরলের ভর = m_2 gm

তরলের আপেক্ষিক তাপ = s_2

ক্যালরিমিটার ও পানির প্রাথমিক তাপমাত্রা =θ_1 C

ক্যালরিমিটার ও পানির চূড়ান্ত তাপমাত্রা = θ_2 C

তড়িৎ প্রবাহমাত্রা = I amp

তড়িৎ প্রবাহ কাল = t Sec

রোধ কুন্ডলীর দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য = V volt.

অতএব, ক্যালরিমিটার কর্তৃক গৃহীত তাপ, H_1 = ভর × আপেক্ষিক তাপ × তাপমাত্রার পার্থক্য = $m_1s_1(\theta_2-\theta_1)$ cal

তরল পদার্থ কর্তৃক গৃহীত তাপ, $H_2 = m_2s_2(\theta_2-\theta_1)$ cal

মোট গৃহীত তাপ, $H = H_1+H_2 = m_1s_1(\theta_2-\theta_1) + m_2s_2(\theta_2-\theta_1)$

$= (m_1s_1+m_2s_2)\ (\theta_2-\theta_1)$ cal

আমরা জানি,

$$H = \frac{VIt}{J}$$

বা, $$J = \frac{VIt}{H} = \frac{VIt}{(m_1s_1+m_2s_2)\ (\theta_2-\theta_1)} \text{ joule/cal}$$

উপরের সমীকরণের ডানপক্ষের রাশিগুলোর জানা মান বসিয়ে J-এর মান বের করা যায়।

এই পরীক্ষায় তরলের তাপমাত্রা সাধারণত 4 হতে 5 ডিগ্রী বৃদ্ধি করা হয়। অন্যথায় উৎপন্ন তাপ বিকিরিত হয়ে পরীক্ষার ফল ত্রুটিপূর্ণ করবে।

৩.১.৬ তড়িৎ শক্তি ও ক্ষমতা (Electrical energy and power).

কোন তড়িৎ যন্ত্রের বা উৎসের কাজ করার সামর্থকে এর তড়িৎ শক্তি বলে। যদি কোন তড়িৎ যন্ত্র কোন পরিবাহীর মধ্যদিয়ে t সময়ে Q কুলম্ব আধান পাঠায় এবং পরিবাহীর দু'প্রান্তের বিভব পার্থক্য V ভোল্ট হয়, তবে সম্পাদিত কাজ বা ব্যয়িত তড়িৎ শক্তি,

$W = V\times Q$

$=RI \times It$ [Q = It এবং V =RI]

$= I^2$ Rt Joule.

আবার, কোন তড়িৎ যন্ত্রের কাজ করার হারকে এর ক্ষমতা বলে অর্থাৎ কোন তড়িৎ যন্ত্র প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ কার্য করতে পারে বা প্রতি সেকেন্ডে তড়িৎ বর্তনীতে যে পরিমাণ তড়িৎ শক্তি সরবরাহ করতে পারে তাকে উক্ত তড়িৎ উৎসের তড়িৎ ক্ষমতা বলা হয়। কোন তড়িৎ যন্ত্র বা উৎস t sec সময়ে W Joule পরিমাণ তড়িৎ শক্তি ব্যয় করলে,

ক্ষমতা, $P = \frac{W}{t}$

$$= \frac{VIt}{t} = VI$$

আবার, $$P = \frac{W}{t} = \frac{I^2Rt}{t} = I^2R$$

$$= \left(\frac{V}{R}\right)^2 \times R$$

$$= \frac{V^2}{R}$$

ক্ষমতার একক : ক্ষমতার একক হল ওয়াট (Watt)। যদি এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ সম্পন্ন হয় তাহলে মোট ক্ষমতাকে এক ওয়াট বলা হয়।

অর্থাৎ 1 ওয়াট = 1 জুল/সেকেন্ড।

আমরা জানি,

ক্ষমতা, $P = VI$

1 ওয়াট = 1 ভোল্ট $\times$ 1 অ্যাম্পিয়ার.

অর্থাৎ 1 ভোল্ট বিভব পার্থক্যে কোন তড়িৎ যন্ত্র যদি 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ সরবরাহ করে তাহলে এর ক্ষমতা হবে 1 ওয়াট

উচ্চ ক্ষমতা সম্পন্ন তড়িৎ যন্ত্রের ক্ষমতা প্রকাশের জন্য বড় একক যেমন কিলোওয়াট (KW) এবং মেগাওয়াট (MW) ব্যবহৃত হয়।

1 কিলোওয়াট = 10^3 ওয়াট

1 মেগাওয়াট = 10^6 ওয়াট

শক্তির একক:

আমরা জানি, সম্পাদিত কাজ বা ব্যয়িত শক্তি = ক্ষমতা $\times$ সময়।

অর্থাৎ ব্যয়িত শক্তি, $W = P \times t$

অতএব, ক্ষমতা ও সময়ের বিভিন্ন এককের গুণফল থেকে শক্তির বিভিন্ন একক পাওয়া যায়।

ওয়াট-ঘন্টা: ক্ষমতা ওয়াট হিসেবে এবং সময় ঘন্টা হিসেবে পরিমাপ করলে শক্তির একক ওয়াট-ঘন্টা পাওয়া যাবে।

1 ওয়াট-ঘন্টা = 1 ওয়াট $\times$ 1ঘন্টা।

কিলোওয়াট-ঘন্টা: তড়িৎ শক্তি সরবরাহকারী প্রতিষ্ঠানগুলোতে তড়িৎ শক্তির মূল্য নির্ধারণের জন্য শক্তির কিলোওয়াট-ঘন্টা এককটি ব্যবহৃত হয়। এক কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন কোন তড়িৎ যন্ত্র ১ ঘন্টায় যে পরিমাণ কার্য করে বা তড়িৎ শক্তি ব্যয় করে তাকে 'এক-কিলোওয়াট-ঘন্টা' শক্তি বলে। শক্তির এই এককে বোর্ড অফ ট্রেড একক (Board of trade unit বা B.O.T Unit) বলা হয়। সাধারণভাবে একে আমরা ইউনিট বলে থাকি।

ইউনিট বা কিলোওয়াট-ঘন্টা $= \frac{\text{ওয়াট} \times \text{ঘন্টা}}{1000} = \frac{P \times T}{1000}$

$$= \frac{\text{ভোল্ট} \times \text{অ্যাম্পিয়ার} \times \text{ঘন্টা}}{1000}$$

$$= \frac{VIT}{1000}$$

বাড়িতে তড়িৎ সরবরাহ লাইনে যে তড়িৎ মিটারটি বসান থাকে তার সাহায্যে কিলোওয়াট-ঘন্টা এককে শক্তির পরিমাপ করা হয়। এই মিটারের পাঠ হতে বাড়ীতে কত ইউনিট তড়িৎশক্তি ব্যয়িত হয়েছে তা জানা যায়।

প্রত্যেকটি বৈদ্যুতিক বাতির গায়ে এর ক্ষমতার মান লেখা থাকে। এই ক্ষমতার মান হতে বাতিটি তড়িৎ সরবরাহকারী লাইন হতে কি হারে তড়িৎ শক্তি ব্যয় করে তা জানা যায়। কোন বাতির গায়ে '220V-100W' লেখা থাকলে বুঝতে হবে যে, বাতিটিকে 220 ভোল্টের সরবরাহ লাইনে যুক্ত করলে এটি সেকেন্ড 100 জুল হারে শক্তি শোষণ করবে এবং সর্বোচ্চ আলো দিবে।

৩.১.৭ : তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়ার ব্যবহারিক প্রয়োগ (Practical applications of the heating effect of current) :

তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়াকে দৈনন্দিন জীবনে নানাভাবে কাজে লাগিয়ে অনেকগুলো যন্ত্র তৈরি হয়েছে। এই যন্ত্রগুলো আমাদের দৈনন্দিন জীবনে নানা কাজে ব্যবহৃত হয়। নিচে এরূপ কয়েকটি যন্ত্রের উল্লেখ করা হল।

বৈদ্যুতিক হিটার ও ইস্ত্রি (Electric heater and Iron)

এই সমস্ত যন্ত্রের মধ্যে তাপ সৃষ্টিকারী একটি রোধ কুন্ডলী থাকে। কুন্ডলীটি নাইক্রোম নামক একটি সংকর ধাতুর তৈরি। এই কুন্ডলীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে কুন্ডলীটি উত্তপ্ত হয়; ফলে যন্ত্রটিও গরম হয়।

বৈদ্যুতিক বাতি (Electric lamp) : আলোর উৎস হিসাবে বৈদ্যুতিক বাতি ব্যবহৃত হয়। এতে টাংস্টেনের একটি সরু তার থাকে।

বৈদ্যুতিক ফিউজ বা নিরাপত্তা ফিউজ :

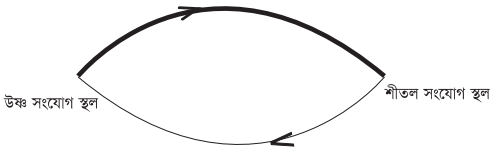
বৈদ্যুতিক ফিউজ হচ্ছে সাধারণত: সীসা ও টিন (সীসা ৭৫% ও টিন ২৫%) এর সংকরের এক টুকরো সরু তার। এর গলনাংক খুব কম (প্রায় 300 C)। এটি চিনামাটির বাক্সে তড়িৎ সরবরাহ লাইনের সাথে আটকানো থাকে। তারটির প্রান্তদ্বয় চিনামাটির দুটি ধাতুর স্ক্রুর সাথে আটকানো থাকে। একে বৈদ্যুতিক বর্তনীতে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত করা হয়। সরবরাহ লাইনের তড়িৎ প্রবাহ কোন কারণে নির্দিষ্ট মাত্রা অতিক্রম করার আগেই তারটি উত্তপ্ত হয়ে গলে যায় এবং প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়। ফলে যন্ত্রটি ক্ষতির হাত থেকে বেঁচে যায়।

5 অ্যাম্পিয়ার ফিউজ' বলতে বুঝা যায় যে, উক্ত নিরাপত্তা ফিউজ কোন বর্তনীতে যুক্ত করলে তা 5 অ্যাম্পিয়ার পর্যন্ত তড়িৎ প্রবাহ সহ্য করতে পারে। 5 অ্যাম্পিয়ার এর চেয়ে বেশি প্রবাহমাত্রায় ফিউজটি গলে বর্তনীর সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে দেয়।

৩.১.৮ : তাপ-তড়িৎ ক্রিয়া

(ক) সীবেক ক্রিয়া: ১৮২১ খ্রিস্টাব্দে জার্মান বিজ্ঞানী সীবেক (Seebeck) লক্ষ্য করেন যে, দুটি ভিন্ন পদার্থের তারের দু'প্রান্ত যুক্ত করে একটি বন্ধ বর্তনী তৈরী করে এর সংযোগস্থল দুটিকে ভিন্ন তাপমাত্রায় রাখলে বর্তনীর মধ্যে একটি নির্দিষ্ট অভিমুখে তড়িৎ প্রবাহের সৃষ্টি হয় (চিত্র : ৩.৫)।

আবিষ্কর্তার নামানুসারে এই প্রক্রিয়াকে সীবেক ক্রিয়া (Seebeck effect) বলা হয়। উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহকে তাপ-তড়িৎ প্রবাহ বলে এবং দুটি ধাতুর তার দিয়ে তৈরী এ ব্যবস্থাকে তাপ-যুগল (Thermo couple) বলা হয়। বর্তনীতে উদ্ভূত তড়িৎ চালক বলকে তাপ তড়িচ্চালক বল (Thermo e.m.f) বলা হয়। ব্যবহৃত ধাতব পদার্থের নামানুসারে তাপ যুগলের নামকরণ করা হয়। যেমন তামা-লোহা তাপযুগল, অ্যান্টিমনি-বিসমাথ তাপযুগল ইত্যাদি।

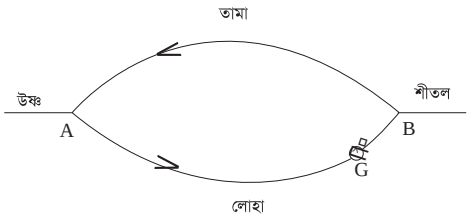


চিত্র: ৩.৫

কোন তাপযুগলে উৎপন্ন তাপীয় তড়িচ্চালক বলের অভিমুখ ও মাত্রা নির্ভর করে তার দুটির উপাদান ও উভয়ের সংযোগস্থলের তাপমাত্রার পার্থক্যের ওপর। বিজ্ঞানী সিবেক বিভিন্ন ধাতব তারের তাপযুগল নিয়ে পরীক্ষা নিরীক্ষা করে ধাতব পদার্থগুলোকে যে ক্রমানুসারে সাজান তাকে সীবেক সারণি বা তাপ তড়িৎ সারণি বলা হয়। নিম্নে একটি সীবেক সারণী দেওয়া হল :

অ্যান্টিমনি (Sb)	সোনা (Au)	কোবাল্ট (Co)
লোহা (Fe)	সীসা (Pb)	নিকেল (Ni)
দস্তা (Zn)	তামা (Cu)	বিসমাথ (Bi)
রূপা (Ag)	প্লাটিনাম (Pt)	

উপরোক্ত সারণির যে কোন দুটির ধাতব তার দিয়ে তৈরী তাপ যুগলের সংযোগস্থল দুটির মধ্যে তাপমাত্রার ব্যবধান ঘটালে, সারণিতে যে ধাতুটি প্রথমে আছে শীতল সংযোগ দিয়ে তা থেকে অন্যটির দিকে তড়িৎ প্রবাহ চলতে থাকে। অ্যান্টিমনি ও বিসমাথ দিয়ে তাপ যুগল তৈরী করলে শীতল সংযোগস্থলে অ্যান্টিমনি থেকে বিসমাথের দিকে তড়িৎ প্রবাহিত হবে। সারণিতে দুটি ধাতুর ক্রম অবস্থানে যত ব্যবধান থাকবে ধাতুদ্বয় দ্বারা নির্মিত তাপযুগলে তাপীয় তড়িৎচালক বলের মানও তত বেশি হবে।



চিত্র: ৩.৬

ধরা যাক, একটি লোহার তার ও একটি তামার তারকে A ও B প্রান্তে ঝালাই করে একটি বর্তনী তৈরী করা হল এবং বর্তনীর মধ্যে একটি সুবেদী গ্যালভানোমিটার G যুক্ত করা হল (চিত্র ৩.৬)। এবার বর্তনীর A প্রান্তকে উত্তপ্ত করলেও B প্রান্তকে শীতল রাখলে দেখা যাবে যে, গ্যালভানোমিটার কাটার বিক্ষেপ হচ্ছে। এবার B প্রান্তকে উত্তপ্ত করে A প্রান্তকে শীতল করলে বিক্ষেপ পূর্বের বিক্ষেপের বিপরীত দিকে হবে। অর্থাৎ তড়িৎ প্রবাহের দিক উল্টে যায়।

একটি তাপযুগলের একটি সংযোগস্থলের তাপমাত্রা 0 C রেখে অপর সংযোগস্থলের তাপমাত্রা ক্রমশ বৃদ্ধি করতে থাকলে তাপযুগলের তড়িৎ চালক বল (e) ক্রমশ বৃদ্ধি পেতে থাকে। যে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তড়িৎচালক বল সর্বোচ্চ (Emax) হয় তাকে যুগলের নিরপেক্ষ তাপমাত্রা, (neutral temperature t_n) বলে। এরপর তাপমাত্রা আরও বৃদ্ধি করলে তড়িৎ চালক বল কমতে থাকে এবং এক সময় শূন্য মানে নেমে আসে। যে তাপমাত্রায় তড়িৎ চালক বল শূন্য হয় অর্থাৎ তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায় তাকে তাপযুগলের উৎক্রম তাপমাত্রা, (temperature of inversion t_i) বলা হয়। যদি শীতল সংযোগের তাপমাত্রা O C থাকে তাহলে উত্তপ্ত সংযোগের তাপমাত্রা (t) এর সাথে উৎপন্ন তড়িৎ চালক বলের (e) সম্পর্ক হবে নিম্নরূপ:

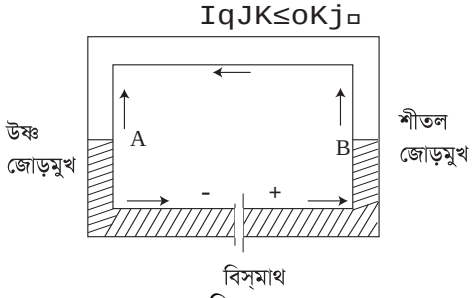
$$e = at+bt^2$$

এখানে a ও b তাপযুগলের দুটি ধ্রুবক।

(খ) পেলশিয়ার ক্রিয়া (Peltier effect): 1834 খ্রিষ্টাব্দে ফরাসী বিজ্ঞানী পেলশিয়ার (Peltier) লক্ষ্য করেন যে, দুটি ভিন্ন পদার্থের তৈরী ধাতব তারের দু'প্রান্ত সংযুক্ত করে এদের মধ্যে একটি ব্যাটারীর সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহিত করলে সংযোগ স্থল দুয়ের মধ্যে তাপমাত্রার ব্যবধান সৃষ্টি হয়। আবিষ্কর্তার নামানুসারে এই ক্রিয়াকে পেলশিয়ার ক্রিয়া (Peltier effect) বলা হয়।

তাপযুগলের কোন সংযোগ স্থল উত্তপ্ত হবে এবং কোন সংযোগস্থলটি শীতল হবে তা তাপযুগলে ব্যবহৃত ধাতুর দু'টির ওপর এবং তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখের ওপর নির্ভর করে। কোন তাপযুগলের তড়িৎ প্রবাহের অভিমুখ বিপরীত করলে দেখা যাবে উত্তপ্ত সংযোগস্থলটি শীতল এবং শীতল সংযোগস্থলটি উত্তপ্ত হবে (চিত্র ৩.৭)। অ্যান্টিমনি-বিসমাথ যুগলের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে সীবেক ক্রিয়ায় তাপযুগলের উত্তপ্ত জোড়ামুখে তড়িৎ প্রবাহ বিসমাথ হতে অ্যান্টিমনির দিকে এবং শীতল জোড়া মুখে

প্রবাহ অ্যান্টিমনি হতে বিসমাথের দিকে এর পর একটি তড়িৎ কোষের সাহায্যে পূর্বের ন্যায় বর্তনীতে একটি বামাবর্তী তড়িৎ প্রবাহ পাঠালে দেখা যায় যে শীতল জোড়ামুখ উত্তপ্ত ও উত্তপ্ত জোড়ামুখ শীতল হচ্ছে। তড়িৎ কোষের সংযোগ ব্যবস্থা উল্টা করে বর্তনীর তড়িৎ প্রবাহকে বিপরীতমুখী করলে উল্টাফল পাওয়া যায়। সুতরাং দেখা যায় পেলশিয়ার ক্রিয়া, সীবেক ক্রিয়ার বিপরীত ঘটনা। এজন্য একে বিপরীত সীবেক ক্রিয়াও (Inverse seebeck effect) বলা হয়।



চিত্র: ৩.৭

উদাহরণ-৩.১.১: 4.2 ওহ্ম রোধের একটি তারের মধ্যদিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ 10 মিনিট ধরে প্রবাহিত হলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ বের করুন। (J = 4.2 জুল/ক্যালরি)

ধরা যাক, উৎপন্ন তাপের পরিমাণ = H

আমরা পাই,

$$H=\frac{I^2Rt}{J}$$

$$\therefore \quad =\frac{(2)^2\times4.2\times600}{4.2}$$

$$= 2400$$

এখানে,

তড়িৎ প্রবাহমাত্রা I = 2 অ্যাম্পিয়ার

রোধ. R =4.2 ওহম

এবং সময় t = 10×60 সে.

= 600 সে.

নির্ণেয় উৎপন্ন তাপের পরিমাণ 2400 ক্যালরি।

উদাহরণ-৩.১.২: পানিতে ডুবন্ত একটি তারের মধ্য দিয়ে 4 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ 1 মিনিট 20 সেকেন্ড ধরে প্রবাহিত হয়। তারের রোধ 10 ওহম হলে উৎপন্ন তাপ দ্বারা 0.2 কে.জি. পানির তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাবে নির্ণয় করুন।

ধরা যাক,

তাপমাত্রা বৃদ্ধি $=\theta$

আমরা পাই,

$$H = 0.24I^2 Rt \text{ .... (1)}$$

এবং $H=ms\theta$ .... (2)

সমীকরণ (১) ও (২) হতে পাই,

$$ms\theta =0.24I^2 Rt$$

বা, $$\theta =\frac{0.24I^2Rt}{ms}$$

$$=\frac{0.24\times(4)^2\times10\times80}{200\times1}$$

$$= 15.36 \ C$$

এখানে

I = 4 অ্যাম্পিয়ার

t = 1 মিনিট 20 সে. = 80 সে.

R=10 ওহম

m = 0.2 কেজি = 200 গ্রাম

S= 1

নির্ণেয় তাপমাত্রা বৃদ্ধি 15.36 C

উদাহরণ-৩.১.৩: 200 ভোল্ট এবং 1000 ওয়াট নিমজ্জক হিটার 10 মিনিটে কিছু পানির তাপমাত্রা 25 C হতে 100 C এ বৃদ্ধি করে। হিটারের কর্মদক্ষতা 90% হলে পানির পরিমাণ কত।

ধরা যাক, পানির পরিমাণ = m

আমরা জানি,

মোট উৎপন্ন তাপ, $H' = 0.24VIt$

বা, $H' = 0.24Pt$

এখানে

ক্ষমতা $P = VI = 1000$ ওয়াট

$t = 10$ মিনিট $= 600$ সে.

$\theta = (100-25)\ C = 75\ C$

আবার, পানি কর্তৃক গৃহীত তাপ,

$$H = H' \text{ এর } 90\% = \frac{90H'}{100}$$

$$ms\theta = \frac{90\times0.24Pt}{100}$$

বা, $$m = \frac{90\times0.24Pt}{100s\theta}$$

$$= \frac{90\times0.24\times1000\times600}{100\times1\times75}$$

$$= 1728$$

∴ নির্ণেয় পানির ভর 1728 গ্রাম।

উদাহরণ-৩.১.৪: একটি বাতির গায়ে '220v-60W' লেখা আছে।

(ক) বাতির মধ্যদিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ মাত্রা কত?

(খ) সম্পূর্ণ প্রজ্জ্বলিত অবস্থায় ফিলামেন্টের রোধ কত?

(গ) বাতিটিকে দৈনিক 10 ঘন্টা জালানো হলে এবং প্রতি ইউনিট তড়িতের মূল্য 1.50 টাকা হলে নভেম্বর মাসে কত বিল হবে নির্ণয় করুন।

(ক)

ধরা যাক, তড়িৎ প্রবাহ মাত্রা = I

আমরা পাই,

$P = VI$

বা, $I = \frac{P}{V} = \frac{60}{220} = 0.273$

নির্ণেয় তড়িৎ প্রবাহ মাত্রা 0.273 অ্যাম্পিয়ার

এখানে,

$P = 60$ ওয়াট

$V = 220$ ভোল্ট

$T = 10\times30$

$= 300$ ঘন্টা

(খ) আবার,

$$P = \frac{V^2}{R}$$

বা $$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{60} = 806.67$$

নির্ণেয় ফিলামেন্টের রোধ 806.67 ওহ্‌ম

(গ)

নভেম্বর মাসে ব্যয়িত তড়িৎ শক্তি,

$$W = P \infty T \text{ ওয়াট-ঘন্টা}$$

বা, $$W = \frac{P \times T}{1000} \text{ কিলোওয়াট-ঘন্টা}$$

$$= \frac{60 \times 300}{1000} \text{ কিলোওয়াট-ঘন্টা}$$

$$= 18 \text{ কিলোওয়াট-ঘন্টা বা ইউনিট}$$

$\therefore$ নভেম্বর মাসে ব্যয় = 18×1.50 টাকা = 27.00 টাকা।

উদাহরণ-৩.১.৫ : একটি ছাত্রাবাসে 20টি কক্ষ আছে। প্রতিটি কক্ষে 40 ওয়াটের একটি করে বাতি সন্ধ্যা 6 টা হতে রাত 11 টা পর্যন্ত জ্বলে। সাধারণ কক্ষে 500 ওয়াটের একটি রেডিও প্রত্যহ 2 ঘন্টা করে চলে। যদি প্রতি কিলোওয়াট–ঘন্টার খরচ 1.50 টাকা হয়, তবে প্রতিমাসে কত ব্যয় হবে নির্ণয় করুন।

আমরা জানি,

ব্যয়িত তড়িৎ শক্তি, $W = P \infty T$ ওয়াট ঘন্টা $= \frac{P \times T}{1000}$ কিলোওয়াট ঘন্টা

(ক) প্রতি মাসে বাতির জন্য ব্যয়িত শক্তি, $W_1 = \frac{20 \times 40 \times 5 \times 30}{1000}$ কিলোওয়াট-ঘন্টা = 120 কিলো ওয়াট-ঘন্টা।

(খ) প্রতি মাসে রেডিওর জন্য ব্যয়িত তড়িৎ শক্তি, $W_2 = \frac{500 \times 2 \times 30}{1000} = 30$ কিলোওয়াট-ঘন্টা।

মোট ব্যয়িত শক্তি, $W = W_1 + W_2 = (120+30) = 150$ কিলো ওয়াট-ঘন্টা।

$\therefore$ মাসিক খরচ = $150 \times 1.50 = 225$ টাকা।

সারসংক্ষেপ

জুলের সূত্র: পরিবাহীতে তাপ উৎপাদনের ক্ষেত্রে জুলের তিনটি সূত্র আছে: (১) তড়িৎবাহী পরিবাহীর রোধ ও তড়িৎ প্রবাহ কাল অপরিবর্তিত থাকলে, পরিবাহীতে উদ্ভূত তাপ পরিবাহীর প্রবাহমাত্রার বর্গের সমানুপাতিক।

(২) তড়িৎ প্রবাহমাত্রা ও তড়িৎ প্রবাহকাল অপরিবর্তিত থাকলে পরিবাহীতে উদ্ভূত তাপ পরিবাহীর রোধের সমানুপাতিক।

(৩) তড়িৎবাহী পরিবাহীর রোধ ও তড়িৎ প্রবাহমাত্রা অপরিবর্তিত থাকলে, পরিবাহীতে উদ্ভূত তাপ প্রবাহকালের সমানুপাতিক।

$$H = 0.24I^2 Rt = 0.24VIt = 0.24Pt.$$

তড়িৎ শক্তি: কোন তড়িৎ যন্ত্রের কাজ করার সামর্থ্যকে এর তড়িৎ শক্তি বলে।

ওয়াট: এক সেকেন্ডে এক জুল কাজ করার ক্ষমতাকে 1 ওয়াট বলে। ওয়াট, $P = VI = \frac{V^2}{R}$

ওয়াট ঘন্টা: 1 ওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন একটি যন্ত্র 1 ঘন্টা কাজ করলে যে শক্তি ব্যয় হয় তাকে 1 ওয়াট-ঘন্টা বলে।

কিলোওয়াট-ঘন্টা: এক কিলোওয়াট ক্ষমতা সম্পন্ন একটি তড়িৎ যন্ত্র 1 ঘন্টায় যে তড়িৎ শক্তি ব্যয় করে তাকে এক কিলোওয়াট-ঘন্টা বা ইউনিট বলে। কিলোওয়াট-ঘন্টা, $W = \frac{P \times T}{1000}$

সীবেক ক্রিয়া: দুটি ভিন্ন ধাতব পদার্থের দু'প্রান্ত যুক্ত করে একটি বদ্ধ বর্তনী প্রস্তুত করে সংযোগস্থল দুটিকে বিভিন্ন তাপমাত্রায় রাখলে বর্তনীর মধ্যদিয়ে একটি ক্ষীণ তড়িৎ প্রবাহ চলতে থাকে। এই তড়িৎ প্রবাহের উৎপত্তিকে সীবেক ক্রিয়া বলে।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-১

সঠিক উত্তরের পাশে টিক ($\surd$) চিহ্ন দিন।

১। R রোধের মধ্য দিয়ে t সেকেন্ড I তড়িৎ প্রবাহিত হলে উৎপন্ন তাপের রাশিমালা
(ক) $H=0.24IRt$ (খ) $H = 0.24V^2 Rt$
(গ) $H = 0.24I^2 Rt$ (ঘ) $H = 0.24IR^2 t$

২। কোন পরিবাহীর প্রবাহমাত্রা দ্বিগুণ হলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ হয়-
(ক) দ্বিগুণ (খ) আটগুণ
(গ) অর্ধেক (ঘ) চারগুণ।

৩। জুলের সূত্র প্রমাণের জন্য ভোল্টমিটারকে রোধকুন্ডলীর সাথে সংযোগ করতে হয়-
(ক) শ্রেণী সমবায় (খ) সমান্তরাল সমবায়
(গ) মিশ্র সমবায় (ঘ) উপরের কোনটি নয়।

৪। তাপযুগলের সংযোগস্থল একই তাপমাত্রায় রেখে তড়িৎ প্রবাহিত করলে সংযোগস্থলদ্বয়ে তাপের উদ্ভব ও শোষণ হয়। এ ঘটনাকে বলে?
(ক) টমাস ক্রিয়া (খ) পেলশিয়ার ক্রিয়া
(গ) সীবেক ক্রিয়া (ঘ) রাসায়নিক ক্রিয়া।

৫। যে বিশেষ তাপমাত্রায় তাপযুগলের উত্তপ্ত সংযোগস্থলের তাপীয় তড়িৎচালক বল সর্বোচ্চ হয় তাকে কি বলা হয়?
(ক) নিরপেক্ষ তাপমাত্রা (খ) উৎক্রম তাপমাত্রা
(গ) ক্রান্তি তাপমাত্রা (ঘ) সীবেক তাপমাত্রা

সংক্ষিপ্ত-উত্তর প্রশ্ন:

১। তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়া কি?
২। জুলের তড়িৎ প্রবাহমাত্রার সূত্রটি লিখুন।
৩। ওয়াট ও কিলোওয়াট-ঘন্টার সংজ্ঞা লিখুন।
৪। সীবেক ক্রিয়ার সংজ্ঞা দিন।
৫। নিরপেক্ষ তাপমাত্রার সংজ্ঞা লিখুন।
৬। পেলশিয়ার ক্রিয়ার সংজ্ঞা দিন।

পাঠ ২ তড়িৎ কোষ (Electric cell)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- তড়িৎ কোষের সংজ্ঞা বলতে পারবেন।
- মৌলিক কোষ ও গৌণ কোষের মধ্যে পার্থক্য বলতে পারবেন।
- লেকল্যান্স কোষ, ড্যানিয়েল কোষ ও সীসা-এসিড সঞ্চয়ক কোষ প্রভৃতির গঠন ও কার্যাবলী বলতে পারবেন।

৩.২.১: **তড়িৎ কোষ:** যে যন্ত্রের সাহায্যে রাসায়নিক শক্তি থেকে নিরবচ্ছিন্নভাবে তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় তাকে তড়িৎ কোষ বলে। তড়িৎ কোষ সাধারণত দু'প্রকার। যথা:

(১) মৌলিক বা প্রাথমিক কোষ (Primary Cell)

(২) গৌণ কোষ বা সঞ্চয়ক কোষ ((Secondary Cell বা Storage cell)

১। **মৌলিক কোষ বা প্রাথমিক কোষ:** যে তড়িৎ কোষ নিজেই নিজের বিভিন্ন বস্তুর রাসায়নিক শক্তি হতে সরাসরি তড়িৎ শক্তি উৎপন্ন করে তড়িৎ প্রবাহ বজায় রাখে, তাকে মৌলিক বা প্রাথমিক কোষ বলে। এই কোষের উপাদানগুলোকে বারবার ব্যবহার করা যায় না। ব্যবহার করার ফলে কোষটির কোন উপাদান নি:শেষ হলে, নতুন উপাদান ব্যবহারে কোষটিকে পুনরায় সক্রিয় করা যায়। প্রাথমিক কোষের উপাদান হল: দুটি তড়িৎদ্বার, একটি উদ্দীপক তরল এবং একটি ছদন নিবারক। প্রাথমিক কোষ আবার দু'প্রকার:

(ক) এক প্রবাহী কোষ (One fluid cell)

এবং (খ) দ্বি প্রবাহী কোষ (Two fluid cell)

ক. এক প্রবাহী কোষ: যে তড়িৎ কোষে একটি মাত্র সক্রিয় তরল পদার্থ ব্যবহার করা হয় তাকে এক প্রবাহী কোষ বলে। যেমন- লেকল্যান্স কোষ ও শুষ্ক কোষ।

খ. দ্বি-প্রবাহী কোষ: যে তড়িৎ কোষে দুটি সক্রিয় তরল পদার্থ ব্যবহার করা হয় তাকে দ্বিপ্রবাহী কোষ বলে। যেমন: ড্যানিয়েল কোষ, বুনসেন কোষ। দ্বি-প্রবাহী কোষে পোলারণ নিবারক পদার্থটি কোষের মধ্যে রক্ষিত একটি পৃথক পাত্রে থাকে।

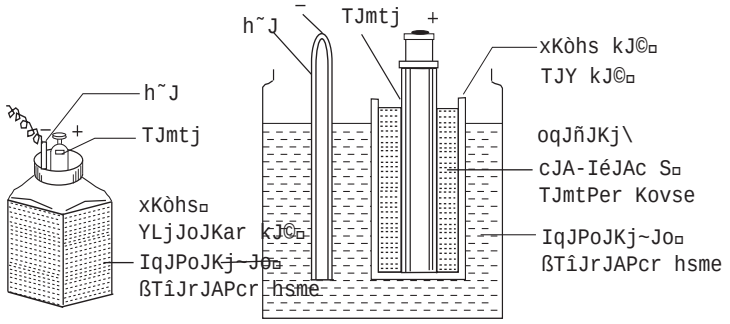
২। **গৌণ কোষ বা সঞ্চয়ক কোষ:** যে কোষে বাইরে থেকে তড়িৎ প্রবাহ পাঠিয়ে প্রথমত রাসায়নিক শক্তি রূপে সঞ্চয় করা হয় এবং পরবর্তীতে এই রাসায়নিক শক্তি পুনরায় তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর করা হয় তাকে গৌণ বা সঞ্চায়ক কোষ বলে। যেমন– সীসা- এসিড সঞ্চয়ক কোষ।

এক প্রবাহী কোষ: নিম্নে দুটি এক প্রবাহী কোষের বর্ণনা দেয়া হল :

৩.২.২: লেকল্যান্স কোষ (Leclanche's cell):

1865 খ্রিস্টাব্দে জর্জেস লেকল্যান্স এই তড়িৎ কোষ উদ্ভাবন করেন।

গঠন: এই কোষে একটি বড় কাচ পাত্রে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের (NH_4Cl) গাঢ় দ্রবণ নেয়া হয় (চিত্র ৩.৮)। দ্রবণের মধ্যে পারদের প্রলেপ যুক্ত দস্তার দন্ড আংশিকভাবে ডুবানো আছে। কাচপাত্রের মাঝখানে একটি সচ্ছিদ্র চীনামাটির পাত্র বসানো থাকে। সচ্ছিদ্র পাত্রের মাঝখানে একটি কার্বন দন্ড উল্লম্ব অবস্থায় রেখে পাত্র ও দন্ডের মধ্যবর্তী জায়গাটি ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড (MnO_2) ও কাঠ কয়লার গুঁড়ার মিশ্রণ দ্বারা প্রায় সম্পূর্ণভাবে ভর্তি করা হয়। সচ্ছিদ্র পাত্রের মুখটি পিচের একটি আবরণ দিয়ে ঢেকে দেওয়া হয় এবং এই আবরণের মধ্যে একটি ছোট গর্ত করা থাকে। এই ছিদ্রপথ দিয়ে উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাস বের হয়ে যেতে পারে। দস্তার ও কার্বন দন্ডের মাথায় সংযোগ স্ক্রু লাগানো থাকে। এই কোষে কার্বন দন্ডটি ধনাত্মক পাত, দস্তার দন্ডটি ঋণাত্মক পাত; অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ সক্রিয় তরল ও ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড পোলারণ বা ছদন নিবারক হিসেবে কাজ করে।



চিত্র ৩.৮

ক্রিয়া: অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl) দ্রবণে দস্তা দ্রবণীয় বলে এর ধনাত্মক আয়ন (Zn^{++}) দ্রবণে চলে আসে এবং দ্রবণের ক্লোরিন আয়ন (Cl^-)-এর সাথে মিলিত হয়ে জিংক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$) অণু গঠন করে। আবার ধনাত্মক অ্যামোনিয়াম আয়ন (NH_4^+) সচ্ছিদ্র পাত্রের মধ্য দিয়ে কার্বন দন্ডের দিকে ধাবিত হয় এবং যাবার পথে NH_3 গ্যাস ও H^+ আয়ন তৈরী হয়। এই H^+ আয়ন নিজের চার্জ কার্বন দন্ডে প্রদান করে নিস্তারিত হাইড্রোজেন গ্যাসে পরিণত হয় এবং কার্বন দন্ডকে ধন চার্জগ্রস্থ করে। পরে হাইড্রোজেন গ্যাস অনু ছদন বা পোলারন নিবারক MnO_2-এর সাথে ক্রিয়া করে ম্যাঙ্গানিজ-ট্রাই-অক্সাইড সৃষ্টি করে এবং নিজে পানিতে পরিণত হয়।

লেকল্যান্স কোষের রাসায়নিক পরিবর্তনের সমীকরণগুলো নিম্নরূপ:

$$Zn \Leftrightarrow Zn^{++}+2e$$

$$2NH_4Cl \Leftrightarrow 2NH_4^+ +2Cl^-$$

$$Zn^{++}+2Cl^- = ZnCl_2$$

$$2NH_4^+ +2e = 2NH_4$$

$$2NH_4 = 2NH_3+H_2$$

$$2MnO_2 +H_2 = Mn_2O_3 +H_2O$$

পারদের প্রলেপযুক্ত দস্তার দন্ড ব্যবহার করা হয় বলে, এই দন্ডে কোন তামার খাঁদ থাকলে তা দন্ডের বাইরের দিকে থাকে না। ফলে দন্ডের দস্তা ও তামার মধ্যে কোন বিদ্যুৎ চলাচল করে না অর্থাৎ স্থানীয় ক্রিয়া হয় না। হাইড্রোজেন অনু পানিতে পরিণত হয় বলে পোলারন হয় না।

কোষের সুবিধা ও অসুবিধা :

এই কোষের প্রধান সুবিধা হল এটি সম্পূর্ণভাবে স্থানীয় ক্রিয়ামুক্ত। মাঝে মাঝে পানি ও HN_4Cl দিলে এই কোষটি দীর্ঘদিন কার্যকর রাখা যায়। এই কোষের তড়িৎ চালক বল 1.4 ভোল্ট।

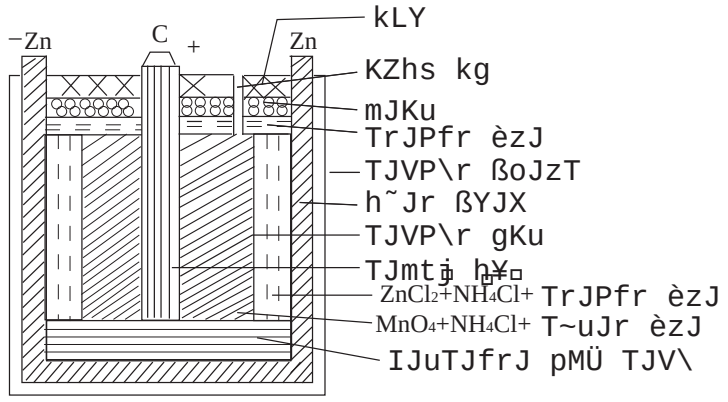
পোলারন নিবারক MnO_2 কঠিন অবস্থায় থাকে বলে এই কোষে যে হারে হাইড্রোজেন অনু সৃষ্টি হয় ঠিক সে হারে ম্যাঙ্গানিজ ডাই-অক্সাইডের সাথে বিক্রিয়া করে পানিতে পরিণত হতে পারে না। ফলে কিছুক্ষণ পরই কিছু পরিমাণ হাইড্রোজেন অনু কার্বন দন্ডের গায়ে জমতে শুরু করে এবং পোলারন শুরু হয়। এতে কোষের তড়িৎ চালক বল ধীরে ধীরে হ্রাস পায়। এই অবস্থায় কোষটির ব্যবহার কিছুক্ষণ বন্ধ রাখলে কার্বন দন্ডে জমাকৃত H_2 অনুগুলো পানিতে পরিণত হয় এবং কোষটি আবার পুরামাত্রায় তড়িৎ প্রবাহ দিতে পারে। এজন্য যে সব ক্ষেত্রে একটানা তড়িৎ প্রবাহ মাত্রার প্রয়োজন হয় সে সব ক্ষেত্রে লেকল্যান্স কোষ ব্যবহৃত হয় না।

ব্যবহার: টেলিগ্রাফ, টেলিফোন; বৈদ্যুতিক ঘন্টা প্রভৃতি যে সব যন্ত্রে একটানা তড়িৎ প্রবাহের প্রয়োজন হয় না সে সব ক্ষেত্রে এই কোষ ব্যবহৃত হয়।

৩.২৩ শুষ্ক কোষ (Dry cell) :

শুষ্ক কোষ লেকল্যান্স কোষেরই পরিবর্তিত রূপ। লেকল্যান্স কোষের উদ্দীপক তরলের পরিবর্তে এই কোষে একটি উদ্দীপক লেই (Paste) ব্যবহার করা হয়।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড(NH_4Cl), ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড (MnO_2), কয়লার গুড়া ও সামান্য পানি সংমিশ্রনে লেইটি তৈরী। তরল দ্রবণের পরিবর্তে লেই ব্যবহৃত হয় বলে কোষটিকে শুষ্ক কোষ বলা হয়। কোষটি নামে শুষ্ক হলেও বাস্তবে শুষ্ক নয়। শুষ্ক অবস্থায় কোন কোষই ক্রিয়া করতে পারে না। লেই ব্যবহার করায় কোষটি যে কোনভাবে রাখলেও এটি হতে কোন তরল পদার্থ নির্গত হয় না। কোষটিতে চোঙাকৃতির দস্তার পাত্রের মাঝখানে পিতলের টুপিযুক্ত একটি কার্বনদন্ড বসানো থাকে (চিত্রঃ ৩.৯)। দস্তার চোঙটি ঋণাত্মক পাত ও কার্বন দন্ডটি ধনাত্মক পাত হিসেবে কাজ করে। কার্বন দন্ড ও দস্তার পাত্রের মধ্যে যাতে সংযোগ না ঘটে তার জন্য কার্বন দন্ডটি একটি মোটা কাগজের টুকরার ওপর বসানো থাকে। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl), ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড (MnO_2), কয়লার গুঁড়া ও সামান্য পানি দ্বারা তৈরী লেই একটি ব্লটিং জাতীয় মোটা কাগজের থলিতে ঢুকিয়ে কার্বন দন্ডের চারপাশে রাখা হয়। থলেটি সচ্ছিদ্র পাত্রের কাজ করে। অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও দস্তার সাথে এই কাগজের ছিদ্রের মধ্য দিয়ে বিক্রিয়া ঘটে। কোষের মুখ বন্ধ রাখবার জন্যে এর ওপরের অংশে তিনটি অপরিবাহী স্তর থাকে। ওপর হতে প্রথম স্তরটি পিচের, দ্বিতীয়টি বালির এবং সর্বনিম্নের স্তরটি করাতের গুঁড়ার। এই স্তরগুলোর জন্যে কোষে রক্ষিত লেই সহজে শুষ্ক হয় না। কোষের রাসায়নিক ক্রিয়ায় উৎপন্ন অ্যামোনিয়া গ্যাস নির্গমণের জন্য স্তরগুলোর মধ্যে একটি গর্ত করা থাকে। সম্পূর্ণ ব্যবস্থাটিকে একটি মোটা কাগজের মোড়কের মধ্যে রাখা হয়। দস্তার চোঙ ও কাগজের থলে এ দুয়ের অন্তর্বর্তী স্থানটি অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড (NH_4Cl), জিংক ক্লোরাইড ($ZnCl_2$) ও করাতের গুড়ার আর একটি পেস্ট থাকে। এটি MnO_2 -কে আর্দ্র রাখতে সাহায্য করে।



চিত্রঃ ৩.৯

ক্রিয়াঃ এই কোষের ক্রিয়া লেফল্যান্স কোষের অনুরূপ। এর তড়িৎ চালক বল প্রায় 1.5 ভোল্ট।

কোষের সুবিধাঃ রেডিও, টর্চ লাইট ও সাইকেলের বাতি ইত্যাদিতে এটি ব্যবহৃত হয়। এই কোষ সহজেই বহন যোগ্য।

কোষের অসুবিধাঃ কোষটি ব্যবহার না করে দীর্ঘ দিন ঘরে রাখলে আপনা আপনি নষ্ট হয়ে যায়। তাছাড়া এই কোষের স্থানীয় ক্রিয়া সম্পূর্ণ রোধ করা যায় না।

৩.২.৪ : ড্যানিয়েল কোষ (Daniell cell)

1836 খ্রিস্টাব্দে জন ড্যানিয়েল এই কোষ উদ্ভাবন করেন।

গঠনঃ এই কোষে একটি তামার পাত্রে তুতের দ্রবণ ($CuSO_4$) থাকে (চিত্রঃ ৩.১০)। পাত্রের গায়ে উপরের দিকে দুটি সচ্ছিদ্র তাকে কিছু তুতের টুকরা রাখা হয়। দ্রবণটি সব সময় তুতের টুকরাগুলোর সম্পর্শে থাকে বলে সম্পৃক্ত থাকে। তুতের দ্রবণের ভিতর আবার লঘু সালফিউরিক এসিডে প্রায় পূর্ণ একটি সচ্চিদ্র পাত্র আছে। এই এসিডের মধ্যে পারদের প্রলেপ যুক্ত একটি দস্তার (Zn) পাত বা দন্ড আংশিকভাবে ডুবানো থাকে। দস্তার দন্ডটি কোষের ঋণাত্মক পাত্র ও তামার পাত্রে ধনাত্মক পাত হিসেবে কাজ করে।

ক্রিয়া: দস্তা সালফিউরিক এসিডে দ্রবণীয় বলে দস্তার ধনাত্মক আয়ন (Zn^{++}) সালফিউরিক এসিডে প্রবেশ করে এবং দস্তার পাতকে ঋণাত্মক আয়নে আহিত করে। আবার ধনাত্মক দস্তার আয়ন সালফিউরিক এসিড দ্রবণের ঋণাত্মক সালফেট আয়ন (SO_4^{--}) এর সহিত মিলিত হয়ে জিংক সালফেট ($ZnSO_4$) গঠন করে। ধনাত্মক হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) জিংক আয়ন (Zn^{++}) দ্বারা বিকর্ষিত হয়ে সচ্ছিদ্র পাত্রের মধ্য দিয়ে সম্পৃক্ত কপার সালফেট দ্রবণে আসে এবং দ্রবণের সালফেট আয়ন (SO_4^{-})-এর সাথে যুক্ত হয়ে সালফিউরিক এসিড উৎপন্ন করে এবং তামার মুক্ত ধনাত্মক আয়ন (Cu^{++})-কে তামার পাত্রের দিকে ঠেলে দেয়। এইভাবে Cu^{++} আয়ন পাত্রের দেয়ালে চার্জ প্রদান করে অর্থাৎ দেয়াল হতে ইলেকট্রন সংগ্রহ করে নিস্তারিত Cu অণুরূপে পাত্রের দেয়ালের উপরেই সঞ্চিত হয়। ফলে তামার পাত্র ধন চার্জ গ্রস্থ হয়। হাইড্রোজেন তামার গায়ে লাগতে পারে না বলে এই কোষে পোলারন থাকে না। এই কোষের তড়িৎ চালক বল ১.০৮ ভোল্ট।

কোষের রাসায়নিক পবির্তনের সমীকরণগুলো নিম্নরূপ:

$Zn \Leftrightarrow Zn^{++} + 2e$

$H_2SO_4 \Leftrightarrow 2H^+ + SO_4^{--}$

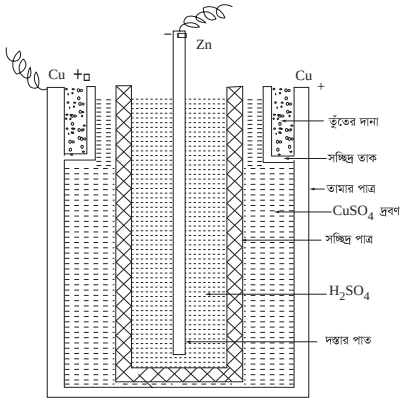
$Zn^{++} + SO_4^{--} = ZnSO_4$

$CuSO_4 \Leftrightarrow Cu^{++} + SO_4^{--}$

$2H^+ + SO_4^{--} = H_2SO_4$

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

[e হল ইলেকট্রনের সূচক]



চিত্র: ৩.১০

অর্থাৎ কোষের চূড়ান্ত রাসায়নিক পরিবর্তনের সমীকরণটি হল

$Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$

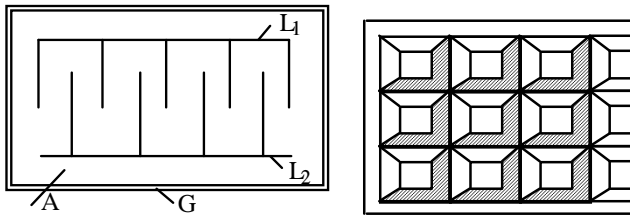
কোষের সুবিধা: এই কোষ স্থানীয় ক্রিয়া ও পোলারন মুক্ত। এ কোষের তড়িৎচালক বল অপরিবর্তিত থাকে। এই কোষ যে সকল ক্ষেত্রে বেশিক্ষণ কিন্তু কম মানের তড়িৎ প্রবাহের প্রয়োজন হয়, সে সকল ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

অসুবিধা: এই কোষের অভ্যন্তরীন রোধ খুব বেশী। ফলে কোষ হতে কম মানের তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। অব্যহৃত অবস্থায় সচ্ছিদ্র পাত্রের ছিদ্রের ভিতর এবং দস্তার পাতের ওপর তুতের দ্রবণ জমা হয় বিধায় ব্যবহারের পর কোষের বিভিন্ন অংশগুলো খুলে রাখতে হয়। কোষ তৈরী করার প্রায় অর্ধঘন্টা পরে এটি স্বাভাবিক তড়িৎ চালক বল লাভ করে।

৩.২.৫: সীসা-এসিড সঞ্চয়ক কোষ (Lead-acid Storage cell):

এই কোষে একটি পুরু কাচের পাত্রে পাতলা সালফিউরিক এসিড দ্রবণে অনেকগুলো সীসার পাত সমান্তরালভাবে ডুবানো থাকে (চিত্র: ৩.১১) পাতগুলো পর্যায় ক্রমে দুটি তড়িৎ দ্বারের সাথে যুক্ত থাকে। তড়িৎ দ্বার দুটি কোষের বাইরের পৃষ্ঠে দুটি বন্ধনী স্ক্রুর সাথে সুদৃঢ়ভাবে আটকানো। এই স্ক্রু দুটিই কোষের দুটি তড়িৎদ্বার। সীসার পাতগুলো ছোট ছোট ঝাঁঝরার মত জালিরূপে তৈরি করা হয়ে থাকে। একসারি পাতের ঝাঝরা গুলোতে রেডলেড (Pb_3O_4) এবং অন্যগুলোতে লেড

মনোক্সাইড (PbO) লাগান থাকে। রেডলেডযুক্ত পাতগুলো যে বন্ধনী স্ক্রু-এর সাথে যুক্ত তা কোষের ধনাত্মক এবং অন্যটি কোষের ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার।



চিত্র ঃ ৩.১১

ক্রিয়া : সীসার পাত সালফিউরিক এসিডে ডুবানোর ফলে রেডলেড ও লেডমনোক্সাইড এসিডের সহিত ক্রিয়া করে উভয় পাতে লেডসালফেট ($PbSO_4$) উৎপন্ন করে। এই রাসায়নিক পরিবর্তনটি নিম্নলিখিত সমীকরণ অনুযায়ী হয়ে থাকে।

ধনাত্মক পাতে: $Pb_3O_4 + 2H_2SO_4 = PbO_2 + 2PbSO_4 + 2H_2O$

ঋণাত্মক পাতে: $PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$

চার্জিং (Charging) ঃ বাইরে থেকে কোষটির মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ চালানো হলে এর মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে এবং পরে কোষটি তড়িৎ প্রবাহ প্রদান করতে পারে। একে চার্জিং বলা হয়। তড়িৎ প্রবাহের ফলে কোষটির এসিড মিশ্রিত পানির মধ্যে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটে। এর ফলে উদ্ভূত ধনাত্মক H^+ আয়নগুলো ঋণাত্মক তড়িৎদ্বারের দিকে ও ঋণাত্মক O^{--} আয়নগুলো ধনাত্মক তড়িৎ দ্বারের দিকে যায়। দুটি তড়িৎ দ্বারে নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে।

ধনাত্মক পাতে: $PbSO_4 + H_2O + O^{--} = PbO_2 + H_2SO_4 + 2e^-$

ঋণাত্মক পাতে: $PbSO_4 + 2H^+ + 2e^- = Pb + H_2SO_4$

উপরোক্ত বিক্রিয়ার ফলে ধনাত্মক পাতটি PbO_2 এবং ঋণাত্মক পাতটি ছিদ্রযুক্ত সীসায় (Spongy lead) পরিণত হয়। এই বিক্রিয়ার ফলে উভয় পাতেই সালফিউরিক এসিড উৎপন্ন হয় বলে চার্জিং এর সময় কোষটির এসিডের দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব বৃদ্ধি পেতে থাকে। এসিড দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.28 হলে বুঝতে হবে চার্জিং সমাপ্ত হয়েছে। চার্জিং সমাপ্ত হলে কোষটির তড়িৎ চালক বল হয় 2.2. ভোল্ট এবং আভ্যন্তরীন রোধ প্রায় 0.025 হতে 0.01 ওহমের মধ্যে থাকে।

ডিসচার্জিং (Discharging): চার্জিং করার পর কোষটিকে কোন বহিবর্তনী যুক্ত করে তড়িৎ সরবরাহ করলে এর সঞ্চিত শক্তি হ্রাস পেতে থাকে। একে কোষের ডিসচার্জিং বলে। এই সময় H^+ আয়নগুলো ধনাত্মক পাতে এবং O^{--} আয়নগুলো ঋণাত্মক পাতে যায়। এই দুই আয়নের সাথে পাতে নিম্নলিখিত ক্রিয়া হয়:

ধনপাতে: $PbO_2 + 2H^+ + H_2SO_4 + 2e^- = PbSO_4 + 2H_2O$

ঋণাত্মক পাতে: $Pb + O^{--} + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O + 2e^-$

ডিসচার্জিং-এর সময় উভয় পাতে পানি উৎপন্ন হয় বলে সালফিউরিক এসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব হ্রাস পেতে থাকে। আপেক্ষিক গুরুত্ব কমে 1.18 হলে এ কোষ থেকে আর তড়িৎ প্রবাহ না নিয়ে একে আবার চার্জিং এ দিতে হয়। চার্জিং না করালে কোষটি নষ্ট হয়ে যেতে পারে। কোষটির আপেক্ষিক গুরুত্ব 1.20 থেকে 1.28 এর মধ্যে থাকলে বুঝা যাবে কোষটি কার্যক্ষম। ব্যবহারের সময় কোষ হতে কিছু পানি বাষ্পীভূত হয়ে যাওয়ার ফলে এসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব বেড়ে যায়। তাই পাত্রের গায়ে একটি দাগ Acid level লেখা থাকে। এসিডের তল ঐ দাগের নিচে নামলে কোষে কিছু পাতিত পানি (Distilled water) ঢেলে এসিডের তলকে পুনরায় এই পর্যন্ত এনে এসিডের আপেক্ষিক গুরুত্ব ঠিক রাখতে হয়।

কোষের সুবিধা: কোষটির রাসায়নিক দ্রব্য পরিবর্তন না করে শুধু চার্জিং করে বারবার একে ব্যবহার করা যায়। এ কোষ থেকে একই বারে অনেকক্ষণ যাবৎ তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়। এই কোষের আভ্যন্তরিণ রোধ খুবই কম বলে উচ্চ মানের তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায়।

অসুবিধা: কোষটি ভারী বলে ব্যবহারে অসুবিধা হয়। তা ছাড়া কোষটিকে সতর্কতার সাথে ব্যবহার না করলে কোষের কার্যক্রম নষ্ট হয়ে যায়। কোষটির আভ্যন্তরীণ রোধ খুব কম হওয়ায় কোন কারণে পাত দুটো সরাসরি যুক্ত হয়ে পড়লে সীসার পাতগুলো ভেঙ্গে নষ্ট হয়ে যেতে পারে।

৩.২.৬ : মৌলিক কোষ ও গৌণ কোষের মধ্যে পার্থক্য:

	মৌলিক কোষ		**গৌণ কোষ**
১।	মৌলিক কোষে বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্যের বিক্রিয়ার ফলে উদ্ভূত রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্ত রিত হয়।	১।	গৌণ কোষে বাইরে থেকে তড়িৎ প্রবাহিত করে তড়িৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে রাখা হয় এবং পরে ঐ রাসায়নিক শক্তিকে পুনরায় তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।
২।	মৌলিক কোষের রাসায়নিক বিক্রিয়া অপ্রত্যাগামী	২।	গৌণ কোষের রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রত্যাগামী।
৩।	মৌলিক কোষের উপাদানগুলো নি:শেষ হয়ে গেলে একে আবার নতুন উপাদান দিয়ে তৈরী করতে হয়।	৩।	গৌণ কোষে নতুন উপাদান না দিয়ে শুধু চার্জিং করে পুনরায় একে কার্যক্ষম কর হয়।
৪।	মৌলিক কোষের আভ্যন্তরীণ রোধ খুব বেশি। তাই এটি বেশী তড়িৎ প্রবাহ দিতে পারে না।	৪।	গৌণ কোষের অভ্যন্তরীণ রোধ খুব কম বলে এটি উচ্চ মানের তড়িৎ প্রবাহ দিতে পারে।

সারসংক্ষেপ

তড়িৎ কোষ: যে যন্ত্রের সাহায্যে রাসায়নিক শক্তি হতে নিরবচ্ছিন্নভাবে তড়িৎ প্রবাহ পাওয়া যায় তাকে তড়িৎ কোষ বলে।

মৌলিক কোষ বা প্রাথমিক কোষ: যে তড়িৎ কোষ নিজ অভ্যন্তরস্থ বিভিন্ন বস্তুর রাসায়নিক শক্তি হতে সরাসরি তড়িৎ শক্তি উৎপন্ন করে তড়িৎ প্রবাহ বজায় রাখে তাকে মৌলিক কোষ বা প্রাথমিক কোষ বলে।

গৌণ কোষ বা সঞ্চায়ক কোষ : যে কোষে বাইরে থেকে তড়িৎ প্রবাহ পাঠিয়ে প্রথমত রাসায়নিক শক্তিরূপে সঞ্চিত করা হয় এবং পরবর্তীতে এই রাসায়নিক শক্তি পুনরায় তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর করা হয় তাকে গৌণ কোষ বলে।

এক প্রবাহী কোষ: যে তড়িৎ কোষে একটি মাত্র সক্রিয় তরল পদার্থ ব্যবহার করা হয় তাকে এক প্রবাহী কোষ বলে। যেমন-লেকল্যান্স কোষ, শুষ্ক কোষ ইত্যাদি।

দ্বি-প্রবাহী কোষ : যে তড়িৎ কোষে দুটি সক্রিয় তরল পদার্থ ব্যবহার করা হয় তাকে দ্বিপ্রবাহী কোষ বলে। যেমন-ড্যানিয়েল কোষ, বুনসেন কোষ ইত্যাদি।

পাঠোত্তর মূল্যায়ন: ২

সঠিক উত্তরের পাশে টিক ($\surd$) চিহ্ন দিন।

১। শুষ্ক কোষ একটি-
- (ক) এক প্রবাহী কোষ
- (খ) দ্বি প্রবাহী কোষ
- (গ) সঞ্চায়ক কোষ।
- (ঘ) উপরের কোনটিই নয়।

২। নিম্নের কোনটি দ্বিপ্রবাহী কোষ-
- (ক) লেকল্যান্স কোষ (খ) ভোল্টার কোষ
- (গ) ড্যানিয়েল কোষ (ঘ) শুষ্ক কোষ।

৩। তামার পাত্র ব্যবহার করা হয়-
- (ক) শুষ্ক কোষে (খ) লেকল্যান্স কোষে
- (গ) ড্যানিয়েল কোষে (ঘ) এসিড সঞ্চয়ক কোষে

৪। সীসা-এসিড সঞ্চয়ক কোষে চার্জিং এর সময় এসিডের দ্রবণের আপেক্ষিক গুরুত্ব-

(ক) কমে (খ) বাড়ে

(গ) স্থির থাকে (ঘ) কমে-বাড়ে।

সংক্ষিপ্ত-উত্তর প্রশ্ন:

১। তড়িৎ কোষ কাকে বলে?

২। গৌণ কোষ কাকে বলে?

৩। লেকল্যান্স কোষ কি কি কাজে ব্যবহৃত হয়।

৪। নিম্নের তড়িৎ কোষগুলোর কোনটি কি ধরনের কোষ?

(ক) শুষ্ক কোষ

(খ) লেকল্যান্স কোষ

(গ) ড্যানিয়েল কোষ

৫। চার্জিং কি?

৬। ডিসচার্জিং কাকে বলে?

৭। মৌলিক কোষ ও গৌণ কোষের মধ্যে পার্থক্য দেখান।

৮। লেকল্যান্স কোষে কিভাবে পোলারন দূর করা হয়?

তড়িৎ প্রবাহের রাসায়নিক ক্রিয়া
(Chemical effects of electic current)

উদ্দেশ্য

এই পাঠ শেষে আপনি-

- তড়িৎ বিশ্লেষণ, তড়িৎ বিশ্লেষ্য, তড়িৎদ্বার, ভোল্টামিটার, আয়ন ইত্যাদির সংজ্ঞা বলতে পারবেন।
- তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্পর্কে আরহেনিয়াস-এর তত্ত্ব বর্ণনা করতে পারবেন।
- তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্পর্কীয় ফ্যারাডের সূত্র বর্ণনা, ব্যাখ্যা ও প্রমাণ করতে পারবেন।
- ভোল্টামিটারের কতিপয় ব্যবহার জানতে পারবেন।
- ভোল্টামিটারের সাহায্যে কিভাবে তড়িৎপ্রবাহ মাত্রা (I) ও তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক (z) নির্ণয় করা যায় তা জানতে পারবেন।।
- তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক ও রাসায়নিক তুল্যাংকের মধ্যে সম্পর্ক বলতে পারবেন।

৩.৩.১: কতিপয় প্রয়োজনীয় সংজ্ঞা (Some important definition)

(ক) তড়িৎ বিশ্লেষণ (Electrolysis): কোন দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে যদি দ্রবণের দ্রবটি ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায় তাহলে এই রাসায়নিক বিক্রিয়াকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে। যেমন– কপার সালফেট (CuSO4) দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে দ্রবণটি Cu^{++} ও SO_4^{--} আয়নে বিয়োজিত হয়। এভাবে বিয়োজিত হওয়াকে $CuSO_4$ এর তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে।

(খ) তড়িৎ বিশ্লেষ্য (Electrolyte) : কোন দ্রবণের যে দ্রবটিকে তড়িৎ প্রবাহের দ্বারা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নে বিশ্লিষ্ট করা হয় তাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলা হয়। যেমন- কপার সালফেট দ্রবণ, সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ, এসিড মিশানো পানি ইত্যাদি ভালো তড়িৎ বিশ্লেষ্য। কিন্তু চিনির দ্রবণ, তৈল, পারদ ইত্যাদি তড়িৎ বিশ্লেষ্য নয়।

(গ) ভোল্টামিটার(Voltameter) : যে পাত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্যকে বিশ্লেষণ করা হয় তাকে ভোল্টামিটার বা তড়িৎ বিশ্লেষক কোষ (Electrolytic cell) বলা হয়। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের নামানুসারে ভোল্টামিটারের নাম হয়। যেমন– যে ভোল্টামিটারে $CuSO_4$ দ্রবণের বিশ্লেষণ করা হয় তাকে কপার বা তামা ভোল্টামিটার বলে।

(ঘ) তড়িৎদ্বার (Electrodes): ভোল্টামিটারে রক্ষিত যে দুটি দন্ডের সাহায্যে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চালনা করা হয় তাদেরকে তড়িৎ দ্বার বলে। তড়িৎদ্বার দু ধরনের ঃ (১) ধনাত্মক তড়িৎদ্বার (Positive electrodes) বা অ্যানোড (Anode) এবং (২) ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার (Negative electrodes) বা ক্যাথোড (Cathode)। ভোল্টামিটারের যে তড়িৎ দ্বার দিয়ে বিদ্যুৎ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে প্রবেশ করে তাকে অ্যানোড এবং যে তড়িৎ দ্বার দিয়ে বিদ্যুৎ তড়িৎ বিশ্লেষ্য ত্যাগ করে তাকে ক্যাথোড বলে।

(ঙ) আয়ন (Ion): স্বাভাবিক অবস্থায় পরমাণু বা অণুগুলো তড়িৎ নিরপেক্ষ থাকে। কিন্তু কোন পরমাণু বা অণুতে যদি স্বাভাবিক ইলেকট্রন অপেক্ষা বেশি বা কম ইলেকট্রন থাকে তখন এদেরকে আয়ন বলা হয়। যদি ইলেকট্রনের সংখ্যা স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী থাকে তাহলে একে ঋণাত্মক আয়ন এবং ইলেকট্রনের সংখ্যা স্বাভাবিক অপেক্ষা কম থাকে তাহলে একে ধনাত্মক আয়ন বলা হয়।

ভোল্টমিটারের অ্যানোডের দিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের যে সমস্ত আয়ন যায় তাদেরকে অ্যানায়ন (Anion) এবং ক্যাথোডের দিকে যে সমস্ত আয়ন যায় তাদেরকে ক্যাটায়ন (Cation) বলে। সুতরাং অ্যানায়ন ঋণ চার্জযুক্ত এবং ক্যাটায়ন ধন চার্জযুক্ত।

(চ) রাসায়নিক তুল্যাংক (Chemical equivalent): কোন মৌলের যত ভাগ ভর ১ ভাগ ভরের হাইড্রোজেন বা ৮ ভাগ ভরের অক্সিজেন বা ৩৫.৫ ভাগ ভরের ক্লোরিনের সাথে যুক্ত হতে পারে বা কোন যৌগ থেকে অপসারণ করতে পারে, ততভাগ ভরকে ঐ মৌলের রাসায়নিক তুল্যাংক বলে।

রাসায়নিক তুল্যাংকের বিকল্প সংজ্ঞা:

কোন মৌলের পারমাণবিক ভর ও যোজ্যতার অনুপাতই হল প্রদত্ত মৌলের রাসায়নিক তুল্যাংক।

অর্থাৎ রাসায়নিক তুল্যাংক $= \frac{\text{পারমাণবিক ভর}}{\text{যোজ্যতা}}$

৩.৩.২: তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্পর্কে আরহেনেয়িাস-এর তত্ত্ব (Arhenius's theory of electrolysis):

(ক) সকল এসিড, ক্ষার বা লবণ জাতীয় পদার্থকে পানিতে দ্রবীভূত করলে এদের অণুগুলো ভেঙ্গে সমপরিমাণ ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নে বিভক্ত হয়।

(খ) আয়নগুলো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে বিক্ষিপ্তভাবে ঘুরে বেড়ায়। তড়িৎগ্রস্থ অবস্থায় আয়নগুলোর রাসায়নিক ধর্ম প্রকাশ পায় না। নিরপেক্ষ অবস্থায় এদের রাসায়নিক ধর্ম প্রকাশ পায়।

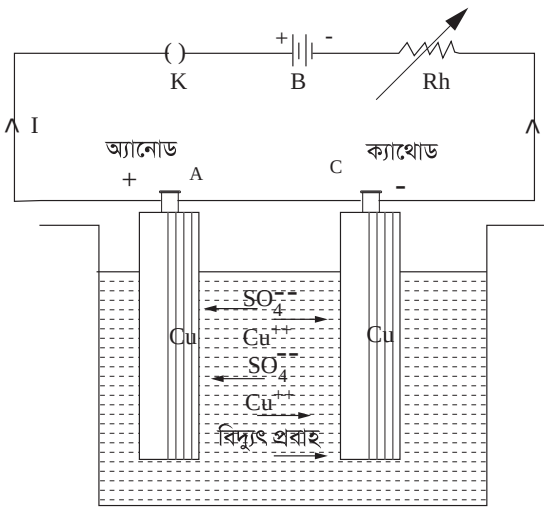
(গ) অণুগুলো ধনাত্মক ও ঋণাত্মক অংশে বিভক্ত হলেও ধনাত্মক আয়নগুলোর মোট ধনাত্মক আধান ও ঋণাত্মক আয়নগুলোর মোট ঋণাত্মক আধান সমান বলে দ্রবণটি সামগ্রিকভাবে নিরপেক্ষ থাকে। কিন্তু তড়িৎ বিশ্লেষ্যে নিমজ্জিত তড়িৎ দ্বার দুটি যখন বাইরের কোন উৎসের সাথে যুক্ত করে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করা হয়, তখন ধনাত্মক আয়নগুলো ঋণ তড়িৎ দ্বার অর্থাৎ ক্যাথোডের দিকে এবং ঋণাত্মক আয়নগুলো ধন তড়িৎ দ্বার অর্থাৎ অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয়। ধনাত্মক আয়নগুলো ক্যাথোড হতে ঋণাত্মক আধান গ্রহণ করে এবং ঋণাত্মক আয়নগুলো অ্যানোডে অতিরিক্ত ঋণাত্মক আধান প্রদান করে তড়িৎ নিরপেক্ষ হয়ে পড়ে। নিরপেক্ষ পরমাণু বা অণুগুলো পুনরায় রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ নেয়ার যোগ্য বলে বিবেচিত হয়।

৩.৩.৩: আরহেনিয়াস-এর তত্ত্বের ভিত্তিতে কপার সালফেট দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যাখা:

একটি কাচ পাত্রে কিছু তুতে ($CuSO_4$) ও পানি নেয়া হয় (চিত্র: ৩.১২)। $CuSO_4$ পানিতে দ্রবীভূত হয়ে Cu^{++} ও SO_4^{--} আয়নে বিভক্ত হয়। এবার দ্রবণের মধ্যে দুটি তামার পাত ডুবিয়ে পাতদুটিকে একটি ব্যাটারীর দু'প্রান্তে যুক্ত করে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করা হয়। ব্যাটারীর ধনমেরুর সাথে সংযুক্ত পাতকে অ্যানোড এবং ঋণ মেরুর সাথে সংযুক্ত পাতকে ক্যাথোড বলে। বিভব পার্থক্য সৃষ্টির ফলে Cu^{++} আয়নগুলো ক্যাথোডের দিকে এবং SO_4^{--} আয়নগুলো অ্যানোডের দিকে আকৃষ্ট হয়। Cu^{++} আয়নগুলো ক্যাথোডে গিয়ে ক্যাথোড থেকে দুটি ইলেকট্রন গ্রহণ করে এবং নিরপেক্ষ Cu অণুতে পরিণত হয়ে ক্যাথোডে জমা হয়। অন্যদিকে SO_4^{--} আয়ন এর ঋণ চার্জ দুটি অ্যানোডে বর্জনের পর অ্যানোড পাতের Cu অণুর সাথে বিক্রিয়া করে $CuSO_4$ অণু তৈরী করে এবং ঐ অণু দ্রবণে দ্রবীভূত হয়।

ফলে দ্রবণের ঘনত্ব ঠিক থাকে। তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, অ্যানোড থেকে তামা ক্যাথোডে গিয়ে জমা হয়।

এতে অ্যানোডের ভর কমে কিন্তু ক্যাথোডের ভর বৃদ্ধি পায়। কিন্তু দ্রবণের ঘনত্বের পরিবর্তন হয় না। এখানে Cu^{++} কে ক্যাটায়ন এবং SO_4^{--} কে অ্যানায়ন বলা হয়।



চিত্র: ৩.১২

পাত্রের অর্থাৎ ভোল্টা মিটারের মধ্যে রাসায়নিক পরিবর্তনগুলো নিম্নরূপ:

$$CuSO_4 \varnothing Cu^{++} + SO_4^{--}$$

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

$$SO_4^{--} - 2e = SO_4$$

$$Cu + SO_4 \varnothing CuSO_4$$

যদি তড়িৎ দ্বার দুটি তামার পরিবর্তে অন্য কোন নিষ্ক্রিয় ধাতব পদার্থের তৈরী হয় তাহলে ক্যাথোডে ঠিকই তামার অণু জমা হবে কিন্তু SO_4 আয়ন পানির H_2 অনুর সাথে রাসায়নিক বিক্রিয়া করে H_2SO_4 ও O_2 গ্যাস উৎপন্ন করবে। সে ক্ষেত্রে দ্রবণের ঘনত্ব কমবে অর্থাৎ $CuSO_4$ এর পরিমাণ কমতে কমতে দ্রবণে সমস্ত কপার সালফেট নি:শেষ হয়ে যায়। ফলে দ্রবণটি বর্ণহীন সালফিউরিক এসিড দ্রবণে পরিণত হয়।

৩.৩.৪: তড়িৎ বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে ফ্যারাডের সূত্র (Farady's Laws of electrolysis):

১৮৩৩ খ্রিস্টাব্দে বিখ্যাত বিজ্ঞানী মাইকেল ফ্যারাডে অনেক পরীক্ষা নিরীক্ষার পর তড়িৎ বিশ্লেষণের ক্ষেত্রে দুটি সূত্র প্রদান করেন। সূত্র দুটি ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্র নামে পরিচিত। সূত্র দুটি নিম্নে বিবৃত হল:

প্রথম সূত্র: তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে যে কোন তড়িৎ দ্বারে সঞ্চিত পদার্থের ভর তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত আধানের পরিমাণের সমানুপাতিক।

দ্বিতীয় সূত্র: সমপরিমাণ আধান বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হলে যে কোন তড়িৎ দ্বারে সঞ্চিত পদার্থের ভর এদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাংকের সমানুপাতিক।

ব্যাখ্যা:

প্রথম সূত্রের ব্যাখ্যা: ধরা যাক, কোন একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে t সেকেন্ডে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত হয়ে ভোল্টামিটারের যে কোন তড়িৎ দ্বারে W পরিমাণ পদার্থ সঞ্চিত করে। অতএব, ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে,

$$W \propto Q$$

বা, $W=ZQ$ ..... (1)

এখানে Z একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। একে তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক (Electro Chemical Equivalent বা সংক্ষেপে E.C.E) বলে। এর মান তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ওপর নির্ভর করে।

আবার, যদি t সেকেন্ডে I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হয় তাহলে,

$$I = \frac{Q}{t}$$

বা, $Q=It$

বা, $W = ZIt$ ..... (2)

যখন $Q = 1$ কুলম্ব হয় তখন (1) নং সমীকরণ হতে পাই, $W = Z$

অর্থাৎ কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে ১ কুলম্ব (1 coul) আধান প্রবাহিত হলে যে কোন তড়িৎ দ্বারে যে পরিমাণ পদার্থ জমা হয় বা তড়িৎ বিশ্লেষ্যের যে পরিমাণ পদার্থ মুক্ত হয় তাকে ঐ পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক বলে।

আবার, $I = 1$ অ্যাম্পিয়ার এবং $t = 1$ সেকেন্ড হয়,

$W = Z$ হয়,

অর্থাৎ কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে এক সেকেন্ডে এক অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত হলে যে কোন তড়িৎ দ্বারে যে পরিমাণ পদার্থ জমা হয় বা তড়িৎ বিশ্লেষ্যের যে পরিমাণ পদার্থ মুক্ত হয় তাকে ঐ পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক বলে।

এস আই পদ্ধতিতে এর একক কেজি/কুলম্ব (KgC^{-1})

রূপার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক 1.118×10^{-6} kgC^{-1} বলতে বুঝায় রূপার কোন যৌগের দ্রবণের মধ্যে 1 কুলম্ব আধান প্রবাহিত করলে যে কোন তড়িৎ দ্বারে 1.118×10^{-6} kg রূপা জমা হবে।

দ্বিতীয় সূত্রের ব্যাখ্যা:

ধরা যাক, কোন মৌলের রাসায়নিক তুল্যাংক = m

অতএব, ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে,

$W \propto m$ যখন Q ধ্রুব

আবার, মনে করি, তিনটি মৌলের রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে m_1 , m_2 ও m_3 । যদি Q পরিমাণ আধান ঐ তিনটি তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ঐ মৌলের যথাক্রমে W_1 , W_2 ও W_3 পরিমাণ সঞ্চিত করে, তবে দ্বিতীয় সূত্রানুসারে,

$$\frac{W_1}{m_1} = \frac{W_2}{m_2} = \frac{W_3}{m_3}$$

বা. $W_1 : W_2 : W_3 = m_1 : m_2 : m_3$

৩.৩.৫: তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক ও রাসায়নিক তুল্যাংকের মধ্যে সম্পর্ক (Relation between electro chemical equivalent and Chemical equivalent) :

ধরা যাক, A ও B দুটি মৌলিক পদার্থ।

এদের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে Z_A ও Z_B এবং রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে m_A ও m_B । A ও B মৌলের দুটি তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে Q পরিমাণ আধান প্রবাহিত করায় যদি তড়িৎ দ্বারে মুক্ত পদার্থের ভর যথাক্রমে W_A ও W_B হয়, তাহলে ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে,

$$W_A = Z_A Q$$

এবং $$W_B = Z_B Q$$

$$\therefore \quad \frac{W_A}{W_B} = \frac{Z_A}{Z_B} \quad \text{..... (1)}$$

আবার, দ্বিতীয় সূত্রানুসারে,

$$\frac{W_A}{W_B} = \frac{m_A}{m_B} \quad \text{..... (2)}$$

সমীকরণ (1) ও (2) হতে পাই,

$$\frac{z_A}{z_B} = \frac{m_A}{m_B} \quad \text{.....(3)}$$

$$\therefore \quad Z \propto m$$

অর্থাৎ কোন মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক এর রাসায়নিক তুল্যাংকের সমানুপাতিক।

আবার, (3) সমীকরণ হতে পাই,

$$Z_A = \frac{m_A}{m_B} \times Z_B$$

B মৌলটি হাইড্রোজেন হলে, $m_B = 1$ হবে।

$$\therefore \quad Z_A = m_A \times Z_H$$

এখানে Z_H হল হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক। অর্থাৎ কোন মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক = ঐ মৌলের রাসায়নিক তুল্যাংক × হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক।

৩.৩.৬: ফ্যারাডের সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণ (Experimental verification of Faraday's law):

১ম সূত্র ঃ ফ্যারাডের ১ম সূত্রানুসারে,

$$W \propto Q$$

বা, $W = \text{ধ্রুবক} \times Q$

বা, $\frac{W}{Q} = \text{ধ্রুবক}$

এখানে, W = সঞ্চিত পদার্থের ভর

Q = প্রবাহিত আধানের পরিমাণ।

ধরা যাক, কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যদিয়ে Q_1 , Q_2 ও Q_3 আধান প্রবাহিত হওয়ার ফলে সঞ্চিত পদার্থের ভর হয় যথাক্রমে W_1 , W_2 , W_3 ।

অতএব,

$$\frac{W_1}{Q_1} = \frac{W_2}{Q_2} = \frac{W_3}{Q_3} = \text{ধ্রুবক}$$

বা, $$\frac{W_1}{I_1 t_1} = \frac{W_2}{I_2 t_2} = \frac{W_3}{I_3 t_3} = \text{ধ্রুবক} \quad [\because I = \frac{Q}{t}]$$

পরীক্ষা :

তুঁতের দ্রবণসহ একটি তামার ভোল্টামিটার নেয়া হল। এর ক্যাথোড পাতকে তুলে শিরিষ কাগজ দিয়ে ভালভাবে ঘষে পরিষ্কার পানি দিয়ে ধুয়ে শুকিয়ে নিক্তির সাহায্যে খুব সূক্ষ্মভাবে ভর নেয়া হয়। এবার পাতটিকে ভোল্টামিটারের মধ্যে যথাস্থানে রেখে প্লাগ চাবি (K), রিওস্ট্যাট (Rh), ব্যাটারী (B) এবং অ্যামিটার (A)-কে শ্রেণীতে অ্যানোডের সাথে যুক্ত করে একটি বর্তনী গঠন করা হয় (চিত্রঃ ৩.১৩)। প্লাগ চাবি বন্ধ করে t_1 সময় ধরে I_1 পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহ বর্তনীতে পাঠানো হয়। এরপর তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করে ক্যাথোড পাতটিকে তুলে পরিষ্কার পানিতে ধুয়ে ও শুকিয়ে নিক্তির সাহায্যে খুব সূক্ষ্মভাবে এর ভর নেয়া হয়। এই ভর থেকে প্রথম ভর বিয়োগ করে ক্যাথোডে সঞ্চিত তামার ভর নির্ণয় করা হয়। ধরা যাক, এই ভর = W_1 kg.

একই নিয়মে t_2 , t_3 সময়ে যথাক্রমে I_2 ও I_3 প্রবাহমাত্রা চালিয়ে পূর্বের মতো সঞ্চিত তামার পরিমাণ নির্ণয় করা হয়। ধরা যাক, এই ভর যথাক্রমে W_2 ও W_3 kg।

পরিক্ষালব্ধ ফলাফল থেকে পাওয়া যায়,

$$\frac{W_1}{I_1t_1} = \frac{W_2}{I_2t_2} = \frac{W_3}{I_3t_3}$$

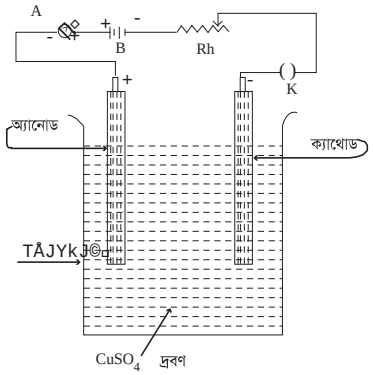
বা, $\frac{W}{It} = \text{ধ্রুবক}$

বা, $W = \text{ধ্রুবক} \times It$

বা, $W \propto It$

বা, $W \propto Q$

অর্থাৎ তড়িৎ দ্বারে সঞ্চিত পদার্থের ভর প্রবাহিত আধানের পরিমাণের সমানুপাতিক। এটিই ফ্যারাডের প্রথম সূত্র।



চিত্র: ৩.১৩

দ্বিতীয় সূত্রের প্রমাণ:

তত্ত্ব: ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে,

$$W \propto m$$

এখানে, W = সঞ্চিত পদার্থের ভর

m = মৌলের রাসায়নিক তুল্যাংক।

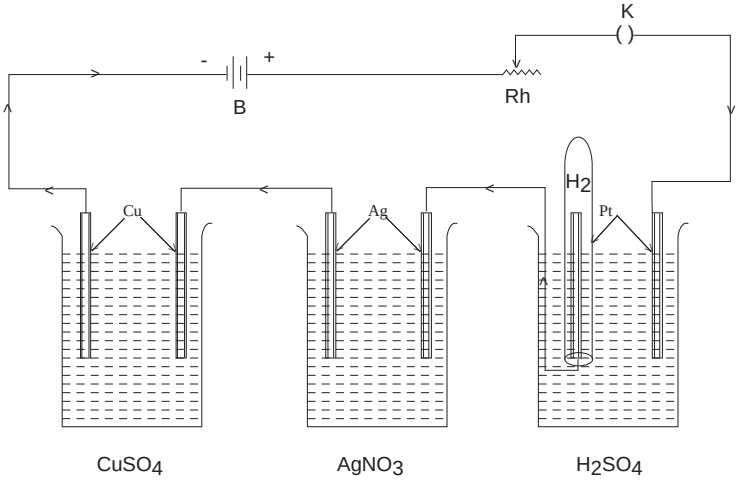
ধরা যাক, সমপরিমাণ তড়িৎপ্রবাহ নির্দিষ্ট সময় ধরে তিনটি ভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করায় প্রত্যেক ক্ষেত্রে ক্যাথোডে সঞ্চিত পদার্থের ভর যথাক্রমে W_1, W_2 ও W_3। যদি তিনটি মৌলের রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে m_1, m_2 ও m_3 হয় তাহলে,

$$\frac{W_1}{m_1} = \frac{W_2}{m_2} = \frac{W_3}{m_3} = \text{ধ্রুবক}$$

বা, $\frac{W}{m} = \text{ধ্রুবক}$

বা, $W \propto m$

পরীক্ষা: একটি তামা, একটি রূপা ও একটি পানির ভোল্টামিটারকে পাশাপাশি রেখে ব্যাটারী (B), রিওস্ট্যাট (Rh) ও প্লাগ চাবি (K) -এর সাথে শ্রেণীতে যুক্ত করে একটি বর্তনী গঠন করা হয় (চিত্র: ৩.১৪)। বর্তনী পূর্ণ করার পূর্বে তামা ও রূপার ভোল্টামিটারের ক্যাথোড পাত দুটিকে তুলে ভালভাবে ধুয়ে শুকিয়ে নিক্তির সাহায্যে প্রাথমিক ভর নির্ণয় করা হয়। এবার ক্যাথোড পাত দুটিকে যথাস্থানে স্থাপন করা হয়। ঘনমিটারে দাগ কাটা একটি কাচ নলকে পানিপূর্ণ করে পানি ভোল্টামিটারের ঋনাত্মক তড়িৎ দ্বারের (ক্যাথোডের) ওপর উল্টাভাবে স্থাপন করা হয় যাতে পাতটি কাচনলের মধ্যে থাকে।



চিত্র: ৩.১৪

এবার চাবি বন্ধ করে একটি নির্দিষ্ট সময় ধরে ভোল্টামিটারগুলোর মধ্যে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করা হয়। ভোল্টামিটারগুলো শ্রেণীবদ্ধভাবে সংযুক্ত বলে এদের মধ্য দিয়ে সমান মাত্রার তড়িৎ প্রবাহিত হবে।

পরিশেষে বিভিন্ন ক্যাথোডে সঞ্চিত তামা, রূপা ও হাইড্রোজেনের ভর নির্ণয় করা হয়। ধরা যাক এদের ভর যথাক্রমে W_1, W_2 ও W_3 kg। যদি মৌলগুলোর রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে m_1 , m_2 ও m_3 হয় তবে পরীক্ষালব্ধ ফলাফল হতে দেখা যায় যে,

$$\frac{W_1}{m_1} = \frac{W_2}{m_2} = \frac{W_3}{m_3} = \text{ধ্রুবক}$$

বা, $\frac{W}{m} = \text{ধ্রুবক}$

বা, $W = \text{ধ্রুবক} \times m$

বা, $W \propto m$

অতএব ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রটি প্রমাণিত হল।

ভোল্টামিটারের ব্যবহারঃ

(১) ভোল্টা মিটারের সাহায্যে তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক (Z) নির্ণয় ঃ

তত্ত্বঃ কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যদিয়ে t সেকেন্ডে I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করলে যদি ক্যাথোডে W পরিমাণ পদার্থ জমা হয় এবং ঐ মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক সমতুল Z হয়,

তাহলে ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে,

$$W = ZIt$$

বা, $Z = \frac{W}{It}$

অতএব, W, I এবং t-এর পরীক্ষালব্ধ মান হতে Z- এর মান বের করা যায়।

পরীক্ষাঃ তুঁতের দ্রবণসহ একটি তামার ভোল্টামিটার নেয়া হয়। ভোল্টামিটারের ক্যাথোড পাতটিকে তুলে ভাল করে ধুয়ে পরিষ্কার করে এবং শুকিয়ে নিক্তির সাহায্যে এর ভর নির্ণয় করা হয়। এবার পাতটিকে ভোল্টামিটারের যথাস্থানে রেখে প্লাগ চাবি (K), রিওস্ট্যাট (Rh), ব্যাটারী (B) এবং অ্যামিটার (A)-কে শ্রেণীতে অ্যানোডের সাথে যুক্ত করে একটি বর্তনী গঠন করা হয় (চিত্র ৩.১৩)। এবার চাবি (K) বন্ধ করে নির্দিষ্ট সময় ধরে তড়িৎ চালনা করা হয়। থামা ঘড়ি হতে সময় এবং অ্যামিটার হতে প্রবাহমাত্রার পাঠ নেয়া হয়। তারপর তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করে ক্যাথোড পাতটিকে বের করে নিয়ে ধুয়ে, শুকিয়ে নিক্তির সাহায্যে ভর নির্ণয় করা হয়। এই ভর থেকে প্রাথমিক ভর বিয়োগ দিয়ে সঞ্চিত পদার্থের ভর নির্ণয় করা হয়।

হিসাবঃ পরীক্ষা হতে প্রাপ্ত W, I, t এর মান $Z=\frac{W}{It}$ সমীকরণে বসিয়ে Z নির্ণয় করা যায়।

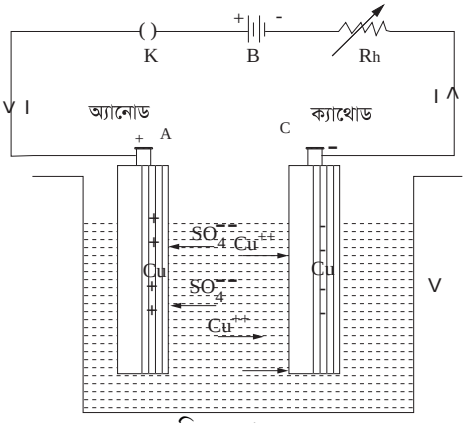
(২) ভোল্টামিটারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা (I) নির্ণয়ঃ

কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে t সেকেন্ড ধরে I অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহিত করলে যদি ক্যাথোডে W কেজি পরিমাণ পদার্থ জমা হয় এবং ঐ মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক Z হলে, ফ্যারাডের প্রথম সূত্রানুসারে,

$$W = ZIt$$

বা $I = \frac{W}{Zt}$

অতএব, W, Z এবং t এর পরীক্ষালব্ধ মান হতে I বের করা যায়।



চিত্রঃ ৩.১৫

পরীক্ষাঃ তুতের দ্রবণসহ একটি তামার ভোল্টামিটার নেয়া হল। ভোল্টামিটারের ক্যাথোড পাতটিকে তুলে ভাল করে ধুয়ে, পরিস্কার করে এবং শুকিয়ে নিক্তির সাহায্যে ভর নির্ণয় করা হয়। এবার পাতটিকে ভোল্টামিটারের যথাস্থানে রেখে প্লাগ চাবি (K), রিওস্ট্যাট (Rh) এবং ব্যাটারী (B)-কে শ্রেণীতে অ্যানোডের সাহয্যে যুক্ত করে একটি বর্তনী গঠন করা হয় (চিত্রঃ ৩.১৫)। এবার চাবি (K) বন্ধ করে নির্দিষ্ট সময় ধরে তড়িৎ চালনা করা হয়। থামাঘড়ি হতে সময় নেয়া হয়। তারপর তড়িৎ প্রবাহ বন্ধ করে ক্যাথোড পাতটিকে বের করে নিয়ে ধুয়ে শুকিয়ে নিক্তির সাহায্যে ভর নির্ণয় করা হয়। এই ভর থেকে প্রাথমিক ভর বিয়োগ দিয়ে সঞ্চিত পদার্থের ভর নির্ণয় করা হয়।

হিসাবঃ পরীক্ষা হতে প্রাপ্ত W, t এবং তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক তালিকা হতে Z-এর মান নিয়ে $I=\frac{W}{Zt}$ সমীকরণে বসিয়ে I নির্ণয় করা যায়।

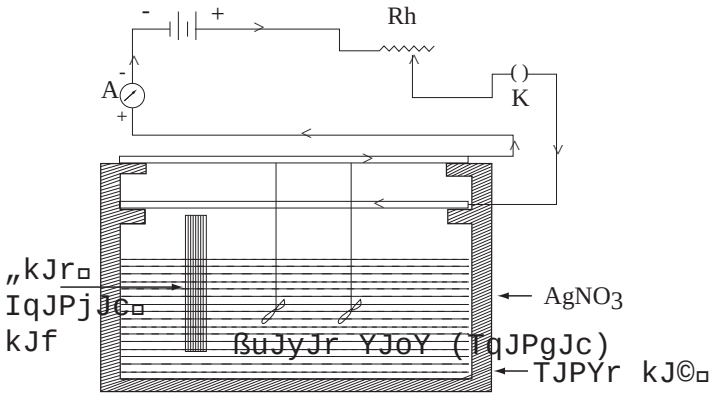
৩.৩.৮ঃ তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহারিক প্রয়োগ (Practical application of electrolysis) :

তড়িৎ বিশ্লেষণের নানাবিধ ব্যবহারিক প্রয়োগ আছে।

নিচে এদের কয়েকটি সম্পর্কে আলোচনা করা হল।

১। তড়িৎ প্রলেপন (Electroplating):

তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় কম দামের ধাতুর লোহা, তামা, টিন ইত্যাদির উপর বেশি দামের ধাতুর (সোনা, রূপা, নিকেল ইত্যাদি) প্রলেপ দেয়াকে তড়িৎ প্রলেপন বলে। যে বস্তুতে প্রলেপ দিতে হবে তাকে ক্যাথোডরূপে এবং যার প্রলেপ দিতে হবে তাকে অ্যানোড হিসাবে ব্যবহার করা হয় (চিত্রঃ ৩.১৬)। যে ধাতুর প্রলেপ দিতে হবে ভোল্টামিটারে তার উপযুক্ত কোন দ্রবণের লবণ নেয়া হয়। প্রলেপ দেয়ার পূর্বে বস্তুটিকে ভালভাবে পরিষ্কার করে নিতে হয়। ভোল্টামিটারের মধ্যে উপযুক্ত পরিমাণে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোড হিসেবে বস্তুটির ওপর ধাতুর প্রলেপ পড়ে।



চিত্রঃ ৩.১৬

২। তড়িৎ মুদ্রণ (Electrotyping):

তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে অক্ষর, মডেল, ব্লক ইত্যাদি প্রস্তুত করবার প্রণালীকে তড়িৎ মুদ্রণ বলে। প্রথমে বস্তুটিকে মোম, প্লাস্টিক অথবা প্লাস্টার অব প্যারিসের ওপর জোরে চেপে একটি ছাপ নেয়া হয়। ছাপটির ওপর গ্রাফাইটের গুঁড়া ছড়িয়ে একে তড়িৎ পরিবাহী করা হয়। তারপর একে একটি তুঁতের দ্রবণ পূর্ণ ভোল্টামিটারে ক্যাথোড হিসেবে ব্যবহার করা হয়। একটি তামার পাতকে অ্যানোড হিসেবে নেয়া হয়। তুঁতের দ্রবণের মধ্য দিয়ে কিছু সময় ধরে তড়িৎ প্রবাহ চালালে ছাপটির ওপর তামার পুরু আস্তরণ পড়ে। এবার তামার পুরা আস্তরণটি সরিয়ে নিলেই তামার অক্ষর পাওয়া যায়।

৩। ধাতু নিষ্কাশন (Extraction of metals):

তড়িৎ বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় আকরিক (Ore) হতে ধাতু নিষ্কাশন করা যায়। এই সময় অশুদ্ধ ধাতুকে অ্যানোডরূপে, শুদ্ধ ধাতুকে ক্যাথোডরূপে এবং বিশ্লেষণের জন্য আকরিকের গলিত দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

সারসংক্ষেপ

তড়িৎ বিশ্লেষ : কোন দ্রবণের মধ্যদিয়ে তড়িৎ প্রবাহের ফলে যদি দ্রবণের দ্রবটি ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নে বিশ্লিষ্ট হয়ে যায় তাহলে এই রাসায়নিক বিক্রিয়াকে তড়িৎ বিশ্লেষণ বলে।

তড়িৎ বিশ্লেষ্য: কোন দ্রবণের যে দ্রবটিকে তড়িৎ প্রবাহের দ্বারা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের বিশ্লিষ্ট করা হয় তাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য বলা হয়।

ভোল্টামিটার: যে পাত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্যকে বিশ্লেষণ করা হয় তাকে ভোল্টামিটার বলে।

আয়ন: কোন পরমাণু বা অণুতে যদি স্বাভাবিক অপেক্ষা বেশী বা কম ইলেকট্রন থাকে তখন তাদেরকে আয়ন বলে।

ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের সূত্র:

প্রথম সূত্র: কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হলে যে কোন তড়িৎ দ্বারে সঞ্চিত পদার্থের ভর তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত আধানের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ, $W \propto Q$

দ্বিতীয় সূত্র: সমপরিমাণ আধান বিভিন্ন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত হলে যে কোন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত পদার্থের ভর এদের নিজ নিজ রাসায়নিক তুল্যাংকের সমানুপাতিক।

অর্থাৎ, $W \propto m$

তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক: কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে এক কুলম্ব আধান প্রবাহিত হলে যে কোন তড়িৎদ্বারে যে পরিমাণ পদার্থ জমা হয় তাকে ঐ পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক বলে।

রাসায়নিক তুল্যাংক: কোন মৌলের পারমাণবিক ভর ও যোজ্যতার অনুপাতকে উক্ত মৌলের রাসায়নিক তুল্যাংক বলে।

$W = ZIt = ZQ$

$Q = It$

$Z_A = m_A \times Z_H$

উদাহরণ ৩.৩.১: সিলভার নাইট্রেট দ্রব্যের মধ্য দিয়ে 3 মিনিট 20 সেকেন্ড ধরে 0.5 অ্যাম্পিয়ার প্রবাহ চালনা করলে 0.11883 গ্রাম রূপা সঞ্চিত হয়। রূপার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক কত?

ধরা যাক, রূপার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক = Z

আমরা পাই,

$$W = ZIt$$

বা, $$Z = \frac{W}{It}$$

$$= \frac{0.11883}{0.5 \times 200}$$

$$= 0.0011883$$

এখানে,

রূপার ভর, $W = 0.11883$ gm

তড়িৎ প্রবাহের মাত্রা, $I = 0.5$ amp

এবং সময়, $t = 3$ মিনিট 20 সে.

$= (3\times60+20)$ সেঃ

$= 200$ সেঃ

নির্ণেয় তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক 0.001183 গ্রাম/কুলম্ব।

উদাহরণ-৩.৩.২ : 2 কেজি ভরের এক টুকরা ধাতব পাতের ওপর এর ভরের 2.5% সোনার প্রলেপ দিতে 1 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ কত সময় প্রবাহিত করতে হবে? (সোনার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক = 0.00063 গ্রাম/কুলম্ব)।

ধরা যাক, নির্ণেয় সময় = t

আমরা পাই,

$$W = ZIt$$

বা, $$I = \frac{W}{Zt}$$

$$= \frac{50}{0.00063 \times 1}$$

$$= 79365.08 \text{ সে.}$$

$$= 22 \text{ ঘন্টা } 2 \text{ মিনিট } 45 \text{ সে.}$$

এখানে,

$$W = 2000\times\frac{25}{100} = 50 \text{ গ্রাম}$$

$Z = 0.00063$ গ্রাম/কুলম্ব

এবং $I = 1$ অ্যাম্পিয়ার

উদাহরণ-৩.৩.৩ : 60 ওয়াটের একটি বৈদ্যুতিক বাতি ও একটি ব্যাটারী একটি তামার তড়িৎ বিশ্লেষক কোষের সহিত শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত আছে। এতে 30 মিনিটে 0.36 গ্রাম তামা সঞ্চিত হয়। বাতিটির দু'প্রান্তের মধ্যকার বিভব পার্থক্য 100 ভোল্ট হলে, তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক বের করুন।

ধরা যাক, তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক $= Z$

আমরা পাই,

$$W = ZIt$$

বা, $$I = \frac{W}{Zt} \quad \text{..... (1)}$$

আবার, $P = VI$

বা, $$I = \frac{P}{V} \quad \text{..... (2)}$$

সমীকরণ (1) ও (2) হতে পাই,

$$\frac{W}{Zt} = \frac{P}{V}$$

বা, $$Z = \frac{W\times V}{P\times t}$$

$$= \frac{0.36\times100}{60\times30\times60}$$

$$= 0.00033 \text{ গ্রাম/কুলম্ব}$$

এখানে,

$W = 0.36$ গ্রাম

$P = 60$ ওয়াট

$t = 30\times60$ সে.

এবং $V = 100$ ভোল্ট

নির্ণেয় তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক 0.00033 গ্রাম/কুলম্ব

উদাহরণ-৩.৩.৪: 20 বর্গ মি.মি. ক্ষেত্রফল বিশিস্ট একটি চামচের ওপর 0.01 মি.মি. পুরু রূপার প্রলেপ দিতে 0.15 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ কত সময় ধরে প্রবাহিত করতে হবে। (রূপার রাসায়নিক তুল্যাংক = 0.001118 গ্রাম/কুলম্ব এবং ঘনত্ব 10.5 গ্রাম/ঘন.সে.মি.)

ধরা যাক, নির্ণেয় সময় = t

আমরা পাই,

$$W = ZIt$$

বা, $$t = \frac{W}{ZI}$$

$$= \frac{0.20\times0.001\times10.5}{0.001118\times0.15}$$

$$= 12.52 \text{ সেকেন্ড}।$$

এখানে,

W = আয়তন×ঘনত্ব

= ক্ষেত্রফল× বেধ× ঘনত্ব

$= 0.20\times0.001\times10.5$ গ্রাম

$Z = 0.001118$ গ্রাম/কুলম্ব

এবং $I = 0.15$ অ্যাম্পিয়ার

উদাহরণ ৩.৩.৫: তামার আণবিক ভর, যোজ্যতা ও তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে 63, 2 এবং 0.000328 গ্রাম/কুলম্ব। হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাংক কত?

ধরা যাক, হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক = Z_H

আমরা পাই,

$$Z_H = \frac{m_H}{m_{cu}} \times Z_{cu}$$

$$= \frac{1}{\frac{63}{2}} \times 0.000328$$

$$= 1.041\times 10^{-5} \text{ গ্রাম / কুলম্ব}।$$

এখানে,

তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক $Z_{cu} = 0.000328$ গ্রাম/কুলম্ব

তামার রাসায়নিক তুল্যাংক, $m_{cu} = \frac{63}{2}$

হাইড্রোজেন রাসায়নিক তুল্যাংক $m_H = 1$

নির্ণেয় হাইড্রোজেনের রাসায়নিক তুল্যাংক 1.041×10^{-5} গ্রাম/কুলম্ব:

পাঠোত্তর মূল্যায়ন-৩

সঠিক উত্তরটির পার্শ্বে টিক (√) চিহ্ন দিন।

১। তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে কি ঘটে?
(ক) ধনাত্মক আয়ন ঋণাত্মক হয় (খ) ঋণাত্মক আয়ন ধনাত্মক হয়
(গ) কোন দ্রবণের দ্রবটি আয়নে বিভক্ত হয় (ঘ) যৌগিক পদার্থ মৌলিক পদার্থ হয়।

২। অ্যানায়ন কিরূপ?
(ক) ধনচার্জযুক্ত (খ) ঋণচার্জযুক্ত
(গ) নিরপেক্ষ (ঘ) উপরের সবগুলো

৩। তড়িৎগ্রস্থ অবস্থায় আয়নগুলোর রাসায়নিক ধর্ম–
(ক) প্রকাশ পায় (খ) প্রকাশ পায় না
(গ) মাঝে মাঝে প্রকাশ পায় (ঘ) উপরের কোনটি নয়।

৪। যে তড়িৎ দ্বার দিয়ে তড়িৎ ভোল্টামিটারের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে প্রবেশ করে তাকে কি বলে?
(ক) অ্যানোড (খ) ক্যাথোড
(গ) আনায়ন (ঘ) ক্যাটায়ন

৫। ভোল্টামিটারের তড়িৎ দ্বার দুটিকে বর্তনীতে কি ধরনের সংযোগ করতে হয়?

(ক) সমান্তরাল (খ) শ্রেণীতে
(গ) একটি শ্রেণীতে অপরটি সমান্তরালে (ঘ) ওপরের কোনটি নয়।

সংক্ষিপ্ত-উত্তর প্রশ্ন:

১। তড়িৎ প্রবাহের রাসায়নিক ক্রিয়া কি লিখুন।
২। তড়িৎ বিশ্লেষণ কাকে বলে?
৩। ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন বলতে কি বুঝায়?
৪। তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক কাকে বলে?
৫। রূপার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক 1.118×10^{-6} কেজি / কুলম্ব বলতে কি বুঝায়?
৬। রাসায়নিক তুল্যাংক কাকে বলে?
৭। ইলেকট্রোপ্লেটিং কি?
৮। ভোল্টামিটার কাকে বলে?
৯। আয়ন কি?

চূড়ান্ত মূল্যায়ন

বিশদ-উত্তর প্রশ্ন:

১। R রোধের কোন পরিবাহী তারের দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য V; এর মধ্য দিয়ে I প্রাবহ t সময় ধরে প্রবাহিত হলে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ বের করুন।
২। কোন পরিবাহীতে তড়িৎ প্রবাহের ফলে উৎপন্ন তাপ সংক্রান্ত জুলের সূত্রগুলো বর্ণনা ও ব্যাখ্যা করুন।
৩। জুলের সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণ দিন।
৪। তাপের যান্ত্রিক সমতা (J) নির্ণয়ের বৈদ্যুতিক পদ্ধতি বর্ণনা করুন।
৫। তড়িৎ প্রবাহের তাপীয় ক্রিয়ার কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগ উল্লেখ করুন।
৬। লেকল্যান্স কোষের গঠন ও কার্যাবলী বর্ণনা করুন।
৭। একটি দ্বি-প্রবাহী কোষের বর্ণনা দিন।
৮। একটি সীসা-এসিড সঞ্চয়ক কোষের গঠন ও কার্যাবলী বর্ণনা করুন।
৯। আরহেনিয়াস-এর তড়িৎ বিশ্লেষণ তত্ত্ব ব্যাখ্যা করুন।
১০। তড়িৎ বিশ্লেষণ সম্পর্কীয় ফ্যারাডের সূত্রগুলো বর্ণনা ও ব্যাখ্যা করুন।
১১। ফ্যারাডের সূত্রগুলিকে কিভাবে পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করা যায়?
১২। ভোল্টামিটারের সাহায্যে তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক (Z) নির্ণয় প্রণালী বর্ণনা করুন।
১৩। ভোল্টামিটারের সাহায্যে তড়িৎ প্রবাহমাত্রা (I) নির্ণয় প্রণালী বর্ণনা করুন।
১৪। তড়িৎ বিশ্লেষণের কয়েকটি ব্যবহারিক প্রয়োগ আলোচনা করুন।

গাণিতিক সমস্যা'

১। 50 ওহম রোধের একটি পরিবাহী তারের মধ্য দিয়ে 20 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ 30 মিনিট চললে উৎপন্ন তাপের পরিমাণ বের করুন। (J=4.2 জুল/ক্যালরি) উ: 8.64×10^{6} ক্যালরি
২। 20 ওহম রোধের একটি কুন্ডলী 500 গ্রাম পানিতে নিমজ্জিত করা হল। যদি এর মধ্য দিয়ে ৫ অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহ 40 সে. চালনা করা হয়, তবে পানির তাপমাত্রা বৃদ্ধি নির্ণয় করুন। উ: 9.66 C
৩। 55 ওহম রোধের একটি বৈদ্যুতিক স্টোভ 250 ভোল্ট মেইনের সাথে যুক্ত আছে। ঐ স্টোভে 1 কিলোগ্রাম পানি 84 C হতে 100 C পর্যন্ত উত্তপ্ত করতে কত সময় লাগবে? উ: 59.13 সে:

৪। একটি বৈদ্যুতিক বাতির গায়ে 100 ওয়াট ও 220 ভোল্ট লেখা আছে।

(ক) বাতির মধ্য দিয়ে কত মাত্রার তড়িৎ প্রবাহ চলবে?

(খ) বাতির ফিলামেন্টের রোধ কত?

(গ) বাতিটিকে 200 ভোল্ট সরবরাহ লাইনে যুক্ত করলে এর ক্ষমতা কত হবে?

(ঘ) প্রতি ইউনিট তড়িতের মূল্য 1.50 টাকা হলে এবং বাতিটি দৈনিক 10 ঘন্টা জ্বালালে এপ্রিল মাসে কত ব্যয় হবে?

উঃ (ক) 0.454 অ্যাম্পিয়ার (খ) 484 ওহম
(গ) 82.64 ওয়াট (ঘ) 45.00 টাকা

৪। একটি বাড়িতে 400 ওহম রোধের 15টি বৈদ্যুতিক বাতি ও 50 ওয়াট ক্ষমতার 5টি বৈদ্যুতিক পাখা আছে এবং ঐগুলো 220 ভোল্ট তড়িৎ সরবরাহ লাইনে যুক্ত করা আছে। যদি বাতি ও পাখাগুলো দৈনিক গড়ে 6 ঘন্টা করে চলে এবং প্রতি ইউনিট তড়িৎ শক্তির খরচ 1.50 টাকা হয়, তবে উক্ত বাড়ীর মার্চ মাসে কত বিল হবে?উঃ 576.14 টাকা।

৫। তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে 1 গ্রাম তামা সঞ্চয় করতে 2 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার তড়িৎ 25.25 মিনিট প্রবাহিত করতে হয়। তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক নির্ণয় করুন। উঃ 0.00033 গ্রাম/কুলম্ব।

৬। 1 কেজি ভরের একটুকরা ধাতব পাতের ওপর এর ভরের 2.1% সোনার প্রলেপ দিতে 1.5 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার তড়িৎ প্রবাহ কত সময় ধরে প্রবাহিত করতে হবে? সোনার তড়িৎ রাসায়নিক সমতুল= 0.00063 গ্রাম/কুলম্ব।উঃ 6.173 টাকা।

৭। 22.36 বর্গ সে.মি. ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি চামচের ওপর 0.01 মি.মি পুরা রূপার প্রলেপ দিতে 0.1 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার প্রবাহের কত সময় লাগবে? (রূপার ঘনত্ব 10^{-5} গ্রাম/ঘন.সে.মি এবং তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক 0.001118 গ্রাম/কুলম্ব) উঃ 35 মিনিট।

৮। 60 ওয়াটের একটি বৈদ্যুতিক বাতি ও একটি ব্যাটারী একটি তামার ভোল্টা মিটারের সাথে শ্রেণী সমবায়ে যুক্ত আছে। এতে 30 মিনিটে 0.36 গ্রাম তামা সঞ্চিত হয়। বাতিটির দু'প্রান্তের মধ্যকার বিভব পার্থক্য 100 ভোল্ট হলে, তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক নির্ণয় করুন। উঃ 0.00033 গ্রাম/কুলম্ব।

৯। হাইড্রোজেন ও রূপার রাসায়নিক তুল্যাংক যথাক্রমে 1.008 ও 107.88। রূপার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক 11.18×10^{-4} গ্রাম/কুলম্ব হলে, হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক বের করুন।

উঃ 1.0404×10^{-5} গ্রাম/কুলম্ব।

১০। একটি তামার ভোল্টামিটারের মধ্য দিয়ে 40 মিনিটকাল 1.25 অ্যাম্পিয়ার প্রবাহ চালনা করাতে 0.987 গ্রাম তামা সঞ্চিত হয়। তামার তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাংক কত? উঃ 3.29×10^{-4} গ্রাম/কুলম্ব