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

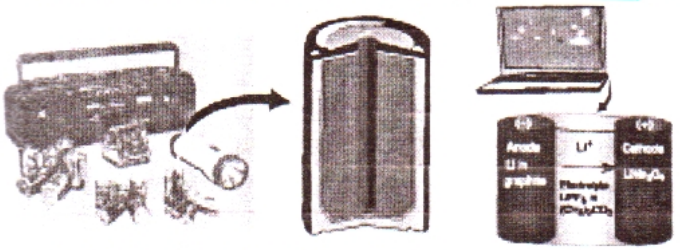
চতুর্থ অধ্যায়

তড়িৎ রসায়ন

Electro-chemistry

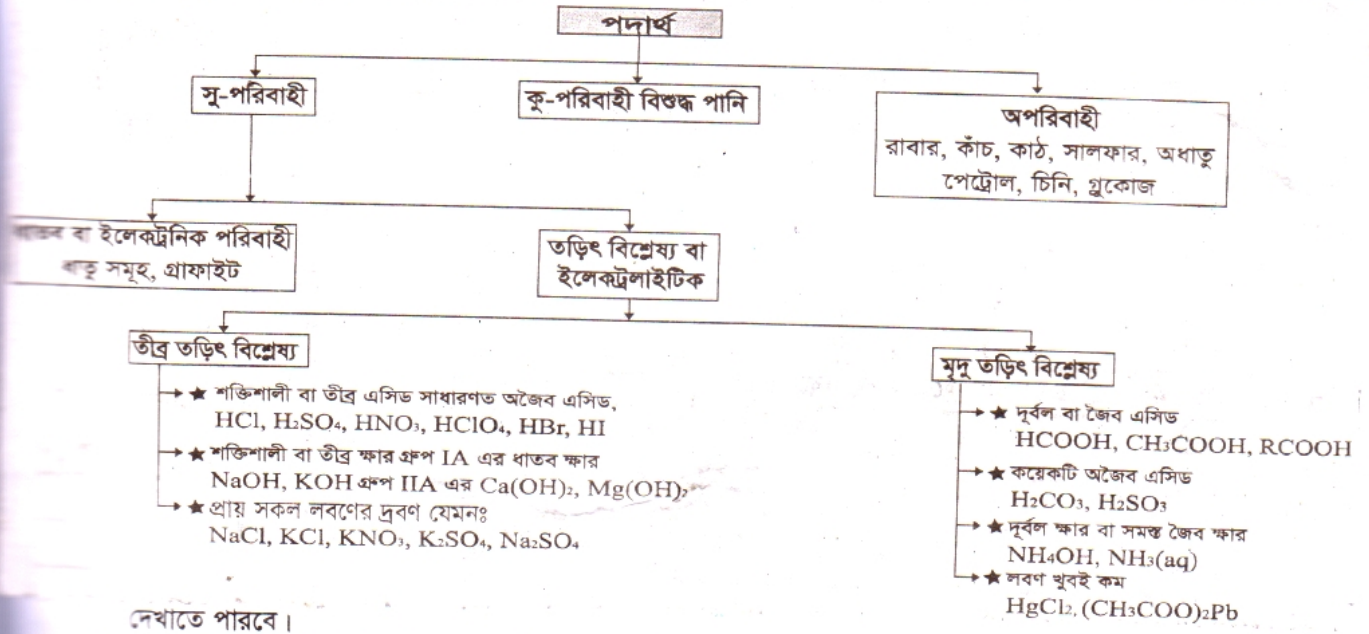
ভূমিকা (Introduction)

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



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

Item 01: তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ ঃ–



দেখাতে পারবে।

১৬. এক ও দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষের গঠন ব্যাখ্যা করতে পারবে।

১৫. রিচার্জেবল (লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম) ব্যাটারির কার্যপ্রণালি এবং রিচার্জ প্রক্রিয়া ব্যাখ্যা করতে পারবে।

১৬. লেড স্টোরেজ এবং লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারের সুবিধা অসুবিধা বর্ণনা করতে পারবে।

১৭. ফুয়েল সেলের প্রকারভেদ এবং বিভিন্ন ফুয়েল সেলের অ্যানোড, ক্যাথোড ও ফুয়েল উল্লেখ করতে পারবে।

১৮. হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের গঠন , সংঘটিত বিক্রিয়া ও এর সুবিধা ব্যাখ্যা করতে পারবে।

১৯. pH মিটারের সাহায্যে কোনো দ্রবণের pH নির্ণয়ের কৌশল ব্যাখ্যা করতে পারবে।

৪.১ তড়িৎ পরিবাহী ও এর প্রকারভেদ

Electric-Conductors and their Classification

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

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

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

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

(১) তড়িৎ সুপরিবাহী, (২) তড়িৎ অর্ধপরিবাহী ও (৩) সুপার পরিবাহী বা সুপার কন্ডাক্টর।

(১) তড়িৎ সুপরিবাহী : যে সব ধাতু যেমন কপার, অ্যালুমিনিয়াম, আয়রন, জিংক, সিলভার ইত্যাদি সহজে বিদ্যুৎ পরিবহন করতে পারে, এদেরকে তড়িৎ সুপরিবাহী (good conductor) বলা হয়।

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

(৩) সুপার কন্ডাক্টর : বর্তমানে সুপার পরিবাহী বা সুপার কন্ডাক্টর নামক বিশেষ তড়িৎ পরিবাহী আবিষ্কৃত হয়েছে। এসব **সুপার কনডাক্টর** হলো সংকর ধাতু ও সংকর ধাতুর অক্সাইড। এদের নির্দিষ্ট একটি সন্ধি তাপমাত্রা T_c (Super conducting transition temperature) নামক নিম্ন তাপমাত্রা থাকে; ঐ তাপমাত্রার নিচে এসব ধাতব পরিবাহীর কোনো বিদ্যুৎ রোধ থাকে না। যেমন Nb_3Ge এর T_c হলো 23.2K এবং $YBa_2Cu_3O_7$ এর T_c= 90K। **এসব সুপার কন্ডাক্টরের মধ্য দিয়ে কোনো শক্তির অপচয় (loss) ছাড়া তড়িৎ অনায়াসে চলতে পারে।**

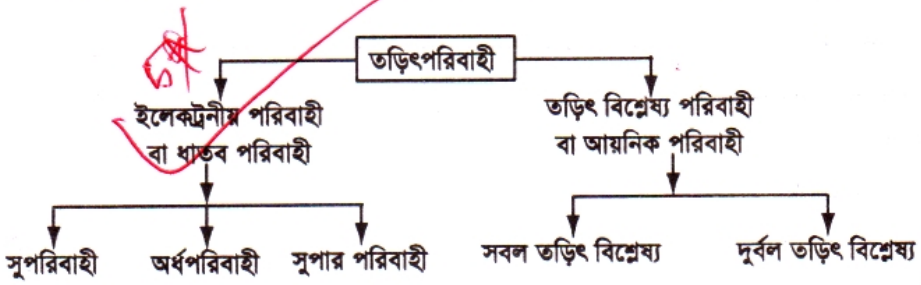
ইলেকট্রনীয় বা ধাতব পরিবাহী : কঠিন ধাতব ও অধাতব তড়িৎ পরিবাহীকে **ইলেকট্রনীয় পরিবাহী বা ধাতব পরিবাহী** বলে। যেমন, কপার ধাতু ও গ্রাফাইট অধাতু হলেও ইলেকট্রনীয় পরিবাহী। এসব কঠিন পদার্থে পরমাণুর বহিঃস্তরে এক বা একাধিক সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন থাকে। তাই এসব পরিবাহীর এক প্রান্তে তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রভাবে এদের এক পরমাণু থেকে পাশের পরমাণুতে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রনের প্রবাহের মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহিত হয়।

এসব পরিবাহীর তাপমাত্রা বাড়লে ইলেকট্রনের কম্পন বৃদ্ধি পায়। তখন তড়িৎ প্রবাহ হ্রাস পায়। তড়িৎ পরিবহনকালে কঠিন ইলেকট্রনীয় পরিবাহীর মধ্যে কোনো রাসায়নি স্থায় এবং জলীয় দ্রবণে এদের উভয় প্রকার আয়নগুলো কেলাস ল্যাটিস (lattice) বা কেলাস জালি থেকে মুক্ত হয়ে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নরূপে তরল মাধ্যমে সঞ্চরণশীল থাকে বলে তড়িৎ পরিবহন করতে পারে।

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

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের শ্রেণিবিভাগ : কঠিন পরিবাহীর মতো পদার্থের জলীয় দ্রবণও সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য (strong electrolyte), দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য (weak electrolyte) ও তড়িৎ অবিশ্লেষ্য (non-electrolyte)—এ তিন শ্রেণিতে বিভক্ত। যেসব আয়নিক যৌগ জলীয় দ্রবণে প্রায় 70–100% পরিমাণে আয়নিত হয়, এরা হলো **সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য** যেমন KCl, NaCl, HCl, H_2SO_4, NaOH, KOH ইত্যাদির দ্রবণ।

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



জেনে নাও :

* ধাতব বন্ধনে আবদ্ধ ধাতুর কেলাস জালির (crystal lattice) মধ্যে থাকা মুক্ত ইলেকট্রনগুলো তড়িৎ পরিবহন করে থাকে।

* কঠিন আয়নিক যৌগের কেলাস জালিতে ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন আবদ্ধ থাকে; এদের কোনো মুক্ত ইলেকট্রন থাকে না। তাই কঠিন আয়নিক যৌগ তড়িৎ পরিবহন করতে পারে না। কঠিন আয়নিক যৌগ তড়িৎ অপরিবাহী।

* দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় আয়নিক যৌগের ধনাত্মক আয়ন ও ঋণাত্মক আয়নগুলো কেলাস জালি থেকে মুক্ত হয়ে সচল হয়। তখন বিপরীত ধর্মী আয়নগুলো তড়িৎ পরিবহন করতে পারে। এ অবস্থায় আয়নগুলোর মধ্যে তড়িৎ শক্তির প্রভাবে জারণ বিজারণ ঘটে। তাই আয়নিক যৌগের জলীয় দ্রবণ ও গলিত অবস্থায় তড়িৎ পরিবহন করাকে **তড়িৎ বিশ্লেষণ** বলে এবং ঐ রূপ পরিবাহীকে **তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী** বলে।

* গ্রাফাইট হলো কার্বনের একটি বহুরূপ। এটিতে sp^2 সংকরিত কার্বন পরমাণুগুলোর একটি করে মুক্ত ইলেকট্রন থাকে। তাই গ্রাফাইট তড়িৎ পরিবাহী হয়।

* **ব্যতিক্রম :** পারদ (Hg) তরল ধাতু হলেও তড়িৎ পরিবাহী।

শিক্ষার্থীর কাজ :

প্রশ্ন–৪.১ : নিচের পদার্থ সমূহ কোন শ্রেণির পরিবাহী তা ব্যাখ্যা কর : [অনুধাবন ভিত্তিক]

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

(খ) কঠিন NaCl, হীরক, গ্রাফাইট, গলিত $CaCl_2$।

প্রশ্ন–৪.২ : ইলেকট্রনীয় বা ধাতব পরিবাহী ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্যে পার্থক্যসমূহ লেখ। [অনুধাবন ভিত্তিক]

প্রশ্ন–৪.৩ : গ্রফাইট বিদ্যুৎ পরিবাহী, কিন্তু হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী; ব্যাখ্যা কর। [অনুধাবন ভিত্তিক]

ধাতব বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য

১। ধাতব বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহীতে সঞ্চরণশীল ইলেকট্রন দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ চলে। অপরদিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের সঞ্চরণশীল ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা তড়িৎ প্রবাহ ঘটে।

২। ইলেকট্রনীয় পরিবাহীতে **তড়িৎ প্রবাহ একটি ভৌত প্রক্রিয়া,** এতে তাপমাত্রার পরিবর্তন ঘটে মাত্র; সংশ্লিষ্ট পরমাণুতে ইলেকট্রনের গ্রহণ বা বর্জন বা শেয়ার ঘটে না।

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

৩। **তাপমাত্রা বৃদ্ধির** সাথে ধাতব পরিবাহীর তড়িৎ পরিবহন ক্ষমতা হ্রাস পায়।

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

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

৫। ইলেকট্রনীয় পরিবাহীতে তড়িৎ **পরিবহন ক্ষমতা** তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর তুলনায় অনেক গুণ বেশি থাকে।

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

৪.২ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা

Conductance or Conductivity of Electrolytes

এখন আমরা তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থসমূহ কীরূপে তড়িৎ পরিবহন করে তা নিচের ব্যাখ্যা থেকে জানতে পারব।

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতার সংজ্ঞা : আয়নিক যৌগের জলীয় দ্রবণে অথবা গলিত অবস্থায় তড়িৎ বা বিদ্যুৎ পরিবহন করার ক্ষমতাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্যর পরিবাহিতা বলে। পরিমাণগতভাবে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের রোধের ব্যস্তানুপাতিক হলো ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা। তড়িৎ বিশ্লেষ্যে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার কালে আয়নগুলো দ্বারা তড়িৎ বহনের বিরুদ্ধে ঐ পরিবাহী যে বাধা সৃষ্টি কওে, তাকে ঐ **তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর রোধ** বলে। যেমন কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের রোধ R এবং পরিবাহিতা L হলে, তখন $L = \frac{1}{R}$

পরিবাহিতার একক : পরিবাহিতার একক $= \frac{1}{\text{রোধের একক}}$

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

* তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ ওহমের সূত্র মেনে চলে।

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

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

৪.২.১ : তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতার প্রকারভেদ

Different Types of Conductivity

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

(১) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (specific Conductance), κ (Kappa)

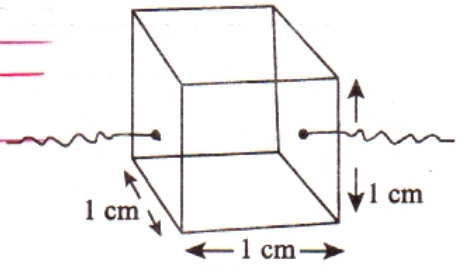
(২) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা (Equiva) lent conductance), Λ (Lamda)

(৩) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহিতা (Molar conductance), Λ_m বা μ (Mu)

(১) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা : ওহমের সূত্র অনুসারে, l cm. দূরে অবস্থিত ও A cm^2 প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট দুটি ধাতব তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের রোধ যদি R হয়, তবে

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

এ সমীকরণে 'ρ' (rho) একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক।



চিত্র ৪.১ আপেক্ষিক রোধ

এ ধ্রুবকটিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের আপেক্ষিক রোধ বলা হয়। অপর কথায়, যখন l = 1 cm এবং A = 1 cm^2 হয়, তখন R = ρ হয়। সুতরাং 1 cm দূরত্বে থাকা ও 1 cm^2 প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের রোধকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক রোধ (ρ) বলে। আপেক্ষিক রোধের বিপরীত রাশিকে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলা হয়।

সংজ্ঞা : এক সেন্টিমিটার দূরত্বে থাকা ও এক বর্গসেন্টিমিটার ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী অংশের তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলে। অপর কথায়, কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এক ঘন সেন্টিমিটার আয়তনের পরিবাহিতাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলে। আপেক্ষিক পরিবাহিতাকে κ (Kappa) প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

∴ আপেক্ষিক পরিবাহিতা, $\kappa = \frac{1}{\rho}$ ..... (2)

(1) নং সমীকরণ থেকে 'ρ' এর মান (2) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই

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

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

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

∴ CGS পদ্ধতিতে আপেক্ষিক পরিবাহিত κ এর একক $= \frac{l}{R} \times \frac{l}{A}$

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

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

Full Page

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

জেনে নাও : কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতা যে যে বিষয়ের ওপর নির্ভর করে সেগুলো হলো–

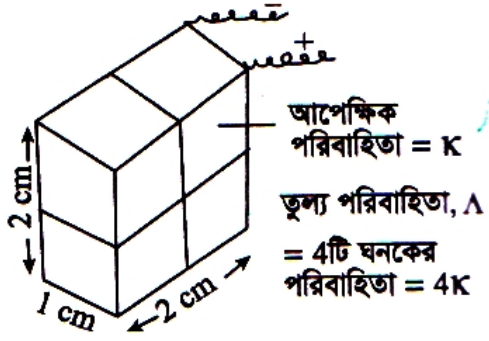
(১) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের উপস্থিত আয়নের সংখ্যা, (২) আয়নগুলোর চার্জ বা আধান, (৩) আয়নগুলোর আকার, (৪) আয়নগুলোর গতিবেগ, (৫) তাপমাত্রা, (৬) দ্রবণের গাঢ়ত্ব, (৭) দ্রাবকের প্রকৃতি [দ্রাবক তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নগুলোকে আকর্ষণ করে পরস্পর থেকে বিচ্ছিন্ন হতে সাহায্য করে। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিপরীতধর্মী আয়নগুলোকে বিচ্ছিন্ন করার ক্ষমতাকে দ্রবকের ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক বলে। এটির মান যত বেশি হয়, তড়িৎ বিশ্লেষ্য ঐ দ্রাবকে তত বেশি আয়নিত হয়। ফলে তড়িৎ পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়। যেমন পানির ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুবক হলো ৮০ এবং অ্যালকোহলের ২৫। তাই-তড়িৎ বিশ্লেষ্য পানিতে বেশি আয়নিত হয়।]

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

তুল্য পরিবাহিতার সংজ্ঞা : কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এক গ্রাম তুল্যভর পরিমাণের দ্রবণকে এক সেন্টিমিটার (1 cm) দূরত্বে থাকা দুটি উপযুক্ত তড়িৎ দ্বারের মধ্যবর্তী স্থানে রাখলে তড়িৎ প্রবাহে দ্রবণটির যে পরিবাহিতা হয়, তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা বলে। তুল্য পবিরাহিতাকে Λ (Lamda) প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যদি এক গ্রাম তুল্য তড়িৎ বিশ্লেষ্য Vcm^3 দ্রবণে থাকে এবং দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা κ (Kappa) হয়, তখন $\Lambda = \kappa \times V$। অর্থাৎ এ সমীকরণ থেকে বোঝা যায়, তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ) কে দ্রবণের মোট আয়তন (V) দ্বারা গুণ করলে তুল্য পরিবাহিতার মান পাওয়া যায়।

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার মধ্যে সম্পর্ক :

মনে করি এক গ্রাম তুল্যভর একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য 4 cm^3 পানিতে দ্রবীভূত করে দ্রবণ তৈরি করা হলো। [আণবিক ভরকে ক্যাটায়নের মোট চার্জ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে ঐ যৌগের তুল্যভর পাওয়া যায়। যেমন Na_2CO_3 এর তুল্যভর হলো $(106 \div 2) = 53$।] এ দ্রবণটিকে 1 cm দূরত্বে থাকা 4 cm^2 আয়তনের দুটি প্লাটিনাম (Pt) পাতের মধ্যবর্তী স্থানে রাখা হলো। চিত্র অনুযায়ী দ্রবণটি 1 cm^3 আয়তনের 4টি ঘনকের আয়তনের সমান। প্রতি 1 cm^3 দ্রবণে থাকা ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের পরিবাহিতা হলো ঐ দ্রবণের আপেক্ষিক পরিবাহিতা (κ)। সম্পূর্ণ দ্রবণের পরিবাহিতা হবে 4κ। সুতরাং একইভাবে Vcm^3 দ্রবণের আয়তন V সংখ্যক এরূপ ঘনকের মধ্যবর্তী স্থানে অবস্থান করবে। তখন মোট তুল্য পরিবাহিতা হবে, $\Lambda = \kappa \times V$



চিত্র-৪.২ : $4cm^3$ আয়তনের দ্রবণের 1.0 গ্রাম তুল্যভর তড়িৎ বিশ্লেষ্য আছে। $\therefore \Lambda = 4\kappa$

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

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

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

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

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

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

∴ Λ এর একক = κ এর একক $\times \frac{\text{আয়তনের একক}}{\text{দ্রবণের ঘনমাত্রার একক}}$

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

$= \text{ওহম}^{-1}\ \text{সেমি}^2\ (\text{গ্রাম তুল্যভর})^{-1}$

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

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

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

V আয়তনের দ্রবণে এক মোল তড়িৎ বিশ্লেষ্য থাকলে মোলার পরিবাহিতা ও আপেক্ষিক পরিবাহিতার মধ্যে নিম্নরূপ সম্পর্ক হয় :

$\Lambda_m = \kappa \times V$

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

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

∴ Λ_m এর একক = κ এর একক $\times \frac{\text{আয়তনের একক}}{\text{দ্রবণের মোলার একক}}$

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

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

জেনে নাও : তুল্য পরিবাহিতা ও মোলার পরিবাহিতার বৈশিষ্ট্য হলো :

(১) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের পরিমাণ নির্দিষ্ট যেমন এক গ্রাম তুল্যভর বা এক মোল।

(২) তড়িৎ-বিশ্লেষ্যের দ্রবণের আয়তন নির্দিষ্ট নয়।

(৩) তড়িৎ বিশ্লেষ্য নির্দিষ্ট; কিন্তু আয়তন নির্দিষ্ট না হওয়ায় ঘনমাত্রা নির্দিষ্ট নয়।

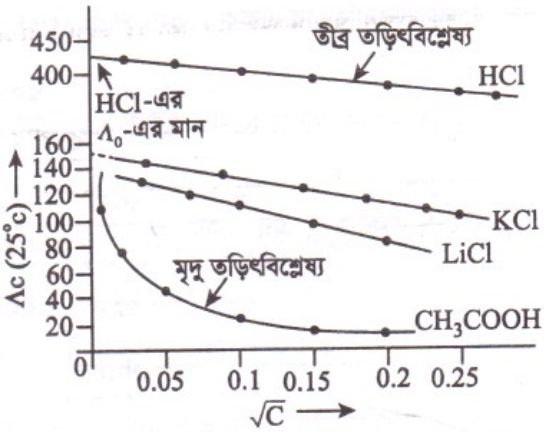
(৪) ঘনমাত্রা নির্দিষ্ট না হওয়ায়; নির্দিষ্ট আয়তনে একই তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা বা মোলার পরিবাহিতা বিভিন্ন হয়।

৪.২.২ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা পরিবর্তনে তুল্য পরিবাহিতার পরিবর্তন

Change of Equivalent Conductance with Concentration

কোনো তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা হ্রাসের সাথে সরল রৈখিকভাবে বৃদ্ধি পায়। অপরদিকে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য (CH_3COOH) এর ঘনমাত্রা হ্রাসের সাথে পরিবাহিতা বক্র আকারে বৃদ্ধি পায় এবং অসীম লঘুতায় তুল্য পরিবাহিতা নির্ণয় করা যায় না।

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



চিত্র-৪.৩ : Λ_c বনাম $\sqrt{C}$ এর লেখচিত্র

বিজ্ঞানী কোলরাশ পরীক্ষামূলক ফলাফলের ভিত্তিতে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা (C) এর সঙ্গে তূল্য পরিবাহিতার নিম্নরূপ সম্পর্ক নির্ণয় করেন।

সম্পর্কটি হলো–

$\Lambda_c = \Lambda_o - b\sqrt{C}$; এক্ষেত্রে Λ_c হলো C ঘনমাত্রায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা, Λ_o = অসীম লঘুতায় ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা, b = ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের একটি ধ্রুবক রাশি। পরীক্ষার ভিত্তিতে নির্ণীত কয়েকটি তড়িৎ বিশ্লেষ্যের Λ_c বনাম $\sqrt{C}$ এর লেখচিত্র দেখানো হলো।

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

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

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

(2) মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের গাঢ় দ্রবণে কম মাত্রায় আয়নিত থাকায় বিপরীত আয়নগুলোর মধ্যে আকর্ষণ বল থাকে না। তাই আয়নগুলোর গতিবেগ প্রভাবিত হয় না। তুল্য পরিবাহিতা শুধুমাত্র আয়নের সংখ্যার ওপর নির্ভর করে। উচ্চ ঘনমাত্রায় মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নের সংখ্যা কম থাকায় তখন পরিবাহিতার মান কম হয় (চিত্র-৪.৩)। গাঢ় দ্রবণকে লঘু করলেও আয়নের সংখ্যা সামান্য বৃদ্ধি পাওয়ায় তড়িৎ পরিবাহিতাও সামান্য বৃদ্ধি পায়। অতি লঘু অবস্থায় আয়নিকরণ হঠাৎ বৃদ্ধি পাওয়ায় পরিবাহিতাও হঠাৎ বৃদ্ধি পায় (চিত্র-৪.৩)। কিন্তু মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নিকরণ একটি উভমুখী প্রক্রিয়া এবং কখনো পূর্ণ আয়নিত না হওয়ায় মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতার মানটি অতি লঘুতায়ও পাওয়া যায় না। অর্থাৎ অসীম লঘুতায়ও মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য (CH_3COOH) এর তুল্যপরিবাহিতা (Λ_o) নির্ণয় করা যায় না। লেখচিত্র তখন Y অক্ষকে ছেদ না করে Y অক্ষের সমান্তরাল অবস্থায় থাকে।

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

ঘনমাত্রা, গ্রামতুল্যভর L^{-1}	HCl	KCl	$AgNO_3$	NaCl	$\frac{1}{2}\ BaCl_2$	CH_3COOH
0.1 (N)	391.32	128.96	109.14	106.74	105.19	5.21
0.01 (N)	412.00	141.27	124.76	118.51	123.94	16.20
0.001 (N)	421.36	146.95	130.51	123.74	134.34	48.63
0.0005 (N)	422.74	147.81	131.36	124.50	135.96	135.00
অসীম লঘুতায়	426.16	149.90	133.30	126.45	139.98	391.00

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

() তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য (যেমন–NaCl এর দ্রবণ) এর ঘনমাত্রা হ্রাসের সাথে আপেক্ষিক পরিবাহিতা হ্রাস পায়; এর ব্যাখ্যা কর।

সমাধান : তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা প্রধানত নির্ভর করে দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়নের সংখ্যা ও আয়নগুলোর গতিবেগের ওপর। তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্যের গাঢ় ও লঘু দ্রবণ প্রতি ক্ষেত্রে অণুগুলো শতভাগ আয়নিত থাকে। তাই দ্রবণে পানি মিশিয়ে লঘুকরণ বা ঘনমাত্রা হ্রাসের ফলে আয়নিকরণে কোনো প্রভাব পড়ে না। এখন আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও সাধারণ পরিবাহিতার মধ্যে তফাৎ জানা যাক। গাঢ় দ্রবণে কম আয়তনে আয়নগুলো কাছাকাছি থাকে, কিন্তু দ্রবণের ঘনমাত্রা হ্রাস বা লঘুকরণের ফলে আয়নগুলো দূরে অবস্থান করে। এক সিসি আয়তনে কম সংখ্যক আয়ন থাকে।

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা– ৪.২ : মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক ও তুল্য পরিবাহিতাভিত্তিক :

*** মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের (যেমন CH_3COOH এর দ্রবণ) এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধিতে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়; কিন্তু তুল্য পরিবাহিতা হ্রাস পায়; ব্যাখ্যা কর।**

সমাধান : মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন CH_3COOH এর অণুগুলো দ্রবণে কম সংখ্যায় আয়নিত হয়, বাকি অণুগুলো অবিয়োজিত অবস্থায় থাকে। দ্রবণের আয়তন স্থির রেখে আরো মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রব যেমন CH_3COOH যোগ করলে ঐ দ্রবণের ঘনমাত্রা বৃদ্ধি পায়। এতে মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন মাত্রা হ্রাস পায় বটে। কিন্তু প্রতি এক সি.সি আয়তনে আয়নের সংখ্যা পূর্বাপেক্ষা বেশি হয়। এক সি.সি আয়তনে আয়নের সংখ্যা বেশি হলে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতাও বেশি হয়। অর্থাৎ মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা বৃদ্ধিতে আপেক্ষিক পরিবাহিতা বৃদ্ধি পায়।

অপরদিকে তুল্য পরিবাহিতার বেলায়, আমরা জানি তুল্য পরিবাহিতা, $\Lambda = \kappa \times \frac{1000\ cm^3}{C}$। এক্ষেত্রে C এর মান বৃদ্ধি করলে অর্থাৎ প্রতি লিটারে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের গ্রাম তুল্যভর বৃদ্ধি করলে তুল্য পরিবাহিতা হ্রাস পায়। কারণ তুল্য পরিবাহিতার ক্ষেত্রে যেহেতু দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী দূরত্ব 1 cm থাকে, সেহেতু প্রতিটি তড়িৎ দ্বারের ক্ষেত্রফল $\frac{1000}{C}$ বর্গ সে.মি হয়। এক্ষেত্রে $1\ cm \times \frac{1000}{C}\ cm^2 = \frac{1000}{C}\ cm^3$। তাই C এর মান বৃদ্ধি করলে তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফল হ্রাস পায়, বা প্রতি গ্রাম তুল্যভর দ্রব দ্রবীভূত থাকায় আয়তন (V) হ্রাস পায়। আমরা জানি $\Lambda = \kappa \times V$; দ্রবণের আয়তন হ্রাস পেলে তুল্য পরিবাহিতা Λ হ্রাস পায়। অতএব মৃদু তড়িৎ বিশ্লেষ্য CH_3COOH এর ঘনমাত্রা বৃদ্ধিতে তুল্য পরিবাহিতা হ্রাস পায়।

৪.২.৩ পরিবাহিতা নির্ণয়ে ব্যবহৃত পরিবাহিতা কোষ ও কোষ ধ্রুবক

Conductivity Cell and Cell Constant

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

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

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

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

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

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

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতাভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান :

সমাধানকৃত সমস্যা : ৪. ৩ : 25°C তাপমাত্রায় একটি পরিবাহিতা কোষের তড়িৎদ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব হলো cm এবং প্রতিটির প্রস্থচ্ছেদ হলো 2 cm^2। প্রতিলিটার দ্রবণে 50g KCl দ্রবীভূত আছে এরূপ দ্রবণ দ্বারা ঐ কোষকে পূ করা হলে কোষটির রোধ হয় 7.25 ohm। ঐ দ্রবণের তুল্য পরিবাহিতা কত?

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

সমাধান : আমরা জানি,

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

$\therefore \kappa = \frac{1}{7.5\ ohm} \times \frac{1\ cm}{2\ cm^2} = 0.0689\ ohm^{-1}.\ cm^{-1}$

প্রশ্নমতে,

$R = 7.25\ ohm$

$l = 1\ cm$

$A = 2\ cm^2$

$\Lambda = ?$

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

প্রশ্নমতে,

KCl এর গ্রামতুল্য ভর = 74.5g

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

$= 0.6711\ g\ eqv.$

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

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

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা– ৪. ৪ : 25°C তাপমাত্রায় একটি পরিবাহিতা কোষে 0.05 M NaOH দ্রবণের রোধ হয় 30.5 ohm। পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক 0.367 cm^{-1} হলে ঐ NaOH দ্রবণের মোলার পরিবাহিতা নির্ণয় কর।

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

সমাধান : আপেক্ষিক পরিবাহিতা

$\kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A}$;

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

প্রশ্নমতে,

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

দ্রবণের রোধ, $R = 30.5\ ohm$

দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M = 0.05\ mol$

মোলার পরিবাহিতা, $\Lambda_m = ?$

আবার মোলার পরিবাহিতা,

$\Lambda_m = \kappa \times \frac{1000\ cm^3}{M}$

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতাভিত্তিক গাণিতিক সমস্যা ও সমাধান :

সমাধানকৃত সমস্যা : ৪. ৩ : 25°C তাপমাত্রায় একটি পরিবাহিতা কোষের তড়িৎদ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব হলো 1 cm এবং প্রতিটির প্রস্থচ্ছেদ হলো 2 cm^2। প্রতিলিটার দ্রবণে 50g KCl দ্রবীভূত আছে এরূপ দ্রবণ দ্বারা ঐ কোষকে পূর্ণ করা হলে কোষটির রোধ হয় 7.25 ohm। ঐ দ্রবণের তুল্য পরিবাহিতা কত?

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

সমাধান : আমরা জানি,

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

$\therefore \kappa = \frac{1}{7.5\ ohm} \times \frac{1\ cm}{2\ cm^2} = 0.0689\ ohm^{-1}.\ cm^{-1}$

প্রশ্নমতে,

$R = 7.25\ ohm$

$l = 1\ cm$

$A = 2\ cm^2$

$\Lambda = ?$

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

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

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

প্রশ্নমতে,

KCl এর গ্রামতুল্য ভর = 74.5g

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

$= 0.6711\ g\ eqv.$

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা– ৪. ৪ : 25°C তাপমাত্রায় একটি পরিবাহিতা কোষে 0.05 M NaOH দ্রবণের রোধ হয় 30.5 ohm। পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক 0.367 cm^{-1} হলে ঐ NaOH দ্রবণের মোলার পরিবাহিতা নির্ণয় কর।

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

সমাধান : আপেক্ষিক পরিবাহিতা

$\kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A}$;

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

প্রশ্নমতে,

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

দ্রবণের রোধ, $R = 30.5\ ohm$

দ্রবণের ঘনমাত্রা, $M = 0.05\ mol$

মোলার পরিবাহিতা, $\Lambda_m = ?$

আবার মোলার পরিবাহিতা,

$\Lambda_m = \kappa \times \frac{1000\ cm^3}{M}$

বা, $\Lambda_m = \frac{0.012\ \text{ohm}^{-1} \times \text{cm}^{-1} \times 1000\ \text{cm}^3}{0.05\ \text{mol}}$

$= \frac{0.012 \times 1000}{0.05}\ \text{ohm}^{-1}.\ \text{cm}^2.\ \text{mol}^{-1}$

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪. ৫ : 25°C তাপমাত্রায় একটি পরিবাহিতা কোষে 0.005 (N) K_2SO_4 দ্রবণের রোধ হয় 326 ohm। ঐ পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক = $0.228\ \text{cm}^{-1}$। ঐ দ্রবণটির (a) আপেক্ষিক পরিবাহিতা ও (b) তুল্য পরিবাহিতা কত হবে?

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

সমাধান : আপেক্ষিক পরিবাহিতা :

$\kappa = \frac{1}{R} \times \frac{l}{A}$

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

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

প্রশ্নমতে,

ঘনমাত্রা, C = 0.005 g. eqv.

দ্রবণের রোধ, R = 326 ohm

কোষ ধ্রুবক, $\frac{l}{A} = 0.228\ \text{cm}^{-1}$

আপেক্ষিক পরিবাহিতা, κ =?

তুল্য পরিবাহিতা, Λ =?

আবার তুল্য পরিবাহিতা,

$\Lambda = \kappa \times \frac{1000\ \text{cm}^3}{C}$

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

∴ K_2SO_4 দ্রবণের (a) আপেক্ষিক পরিবাহিতা, $\kappa = 6.994 \times 10^{-4}\ \text{ohm}^{-1}\ \text{cm}^{-1}$

K_2SO_4 দ্রবণের (b) তুল্য পরিবাহিতা, $\Lambda = 139.88\ \text{ohm}^{-1}.\ \text{cm}^2.\ \text{g. eqv}^{-1}$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.৬ : কোনো পরিবাহিতা কোষের তড়িৎদ্বারের মাত্রা (dimension)গুলো হলো 0.90 cm ও 1.005 cm এবং তড়িৎদ্বার দুটির মধ্যবর্তী দূরত্ব 4.5 cm হলে ঐ পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক কত?

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

সমাধান :

কোষ ধ্রুবকের সমীকরণ = $\frac{l}{A}$

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

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

প্রশ্নমতে,

$l = 4.5$ cm

তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফল

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা– ৪. ৭ : একটি পরিবাহিতা কোষের প্রত্যেক তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফল 1.25 cm^2। 25°C তাপমাত্রায় কোষটিতে একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণ দিয়ে পূর্ণ করে রোধের মান পাওয়া গেল 160 ohm। দ্রবণটির আপেক্ষিক পরিবাহিতা 0.016 $ohm^{-1}. cm^{-1}$ হলে ঐ কোষের তড়িৎদ্বার দুটির মধ্যে দূরত্ব ও কোষ ধ্রুবক নির্ণয় কর।

দক্ষতা : $\kappa = \left(\frac{1}{R}\right) \times \frac{l}{A}$

সমাধান : আপেক্ষিক পরিবাহিতা,

$\kappa = \left(\frac{l}{R}\right) \times \frac{l}{A}$

বা, $l = \kappa \times R \times A$

বা, $l = 0.016\ ohm^{-1}. cm^{-1} \times 160\ ohm \times 1.25\ cm^2$

বা, $l = 0.016 \times 160 \times 1.25\ cm$

প্রশ্নমতে,

তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফল, $A = 1.25\ cm^2$

তড়িৎবিশ্লেষ্যের রোধ, $R = 160\ ohm$

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

তড়িৎদ্বারের দূরত্ব, $l = ?$

কোষ ধ্রুবক = ?

$\therefore l = 3.2\ cm$

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

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

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

শিক্ষার্থীর কাজ : কোষ ধ্রুবক ও বিভিন্ন পরিবাহিতাভিত্তিক সমস্যা :

সমস্যা– ৪.১ : 25°C তাপমাত্রায় 0.1 (N) ঘনমাত্রার একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে দুটি তড়িৎদ্বারকে (1 cm × 5 cm) সমান্তরালভাবে 1.5 cm দূরত্বে স্থাপন করে দ্রবণটির রোধ পাওয়া গেল 50 ohm। দ্রবণটির তুল্য-পরিবাহিতা নির্ণয় কর। [উ: $60\ ohm^{-1}. cm^2. g.eqv^{-1}$]

সমস্যা- ৪. ২ : 25°C তাপমাত্রায় 0.01 (N) NaCl দ্রবণের রোধ 200 ohm হয়। পরিবাহিতা কোষটির কোষ ধ্রুবক এক একক হলে দ্রবণটির তুল্য পরিবাহিতা কত হবে? [উ: $5.0 \times 10^2\ ohm^{-1}\ cm^2\ g.\ eqv^{-1}$]

সমস্যা– ৪.৩ : 25°C তাপমাত্রায় 0.01 (M) NaCl দ্রবণ দ্বারা একটি পরিবাহিতা কোষকে পূর্ণ করা হলো। তখন দ্রবণটির রোধ 384 ohm হয়। এই কোষের কোষ ধ্রুবক $0.5\ cm^{-1}$ হলে ঐ NaCl দ্রবণের মোলার পরিবাহিতা কত হবে? এক্ষেত্রে NaCl এর মোলার পরিবাহিতা ও তুল্য পরিবাহিতার সম্পর্ক কী হবে?

[উ: $130.2\ ohm^{-1}\ cm^2\ mol^{-1}$; উভয় পরিবাহিতার মান সমান হবে। কারণ NaCl এর মোলার ভর ও গ্রাম তুল্য ভর সমান, 58.5g]

সমস্যা- ৪.৪ : 25°C তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহিতা সেলে 0.05 (M) NaOH দ্রবণের রোধ হয় 31.16 ohm। ঐ পরিবাহিতা সেলের সেল ধ্রুবক $0.367\ cm^{-1}$ হলে NaOH দ্রবণটির মোলার পরিবাহিতা নির্ণয় কর।

[উ: $235.5\ ohm^{-1}. cm^2. mol^{-1}$]

সমস্যা- ৪.৫ : 25°C তাপমাত্রায় একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্যের 0.1 (M) দ্রবণ দ্বারা $2.25\ cm^2$ প্রস্থচ্ছেদ ও 0.75 cm ব্যবধানে রাখা দুটি তড়িৎদ্বার বিশিষ্ট একটি পরিবাহিতা কোষকে পূর্ণ করে রাখলে দ্রবণটির রোধ 53 ohm হয়। ঐ দ্রবণটির মোলার পরিবাহিতা গণনা কর। [উ: $0.6289\ ohm^{-1}. cm^2. mol^{-1}$]

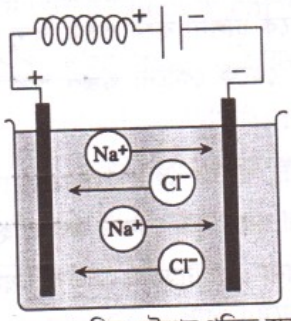
মুক্ত হয়ে মোটামুটি স্বাধীনভাবে বিচরণ করে। যেমন বিগলিত অবস্থায় সোডিয়াম ক্লোরাইডের সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও ক্লোরাইড (Cl^-) আয়নসমূহ মোটামুটি মুক্ত অবস্থায় চলাচল করে। তখন ধনাত্মক আয়ন (Na^+) ও ঋণাত্মক আয়ন (Cl^-) দ্বারা তড়িৎ পরিবহন করা সম্ভব হয়।

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

এ তরলে দুটি তড়িৎদ্বার প্রবেশ করিয়ে এদের মধ্যে ব্যাটারির সাহায্যে বিভব পার্থক্য সৃষ্টি করা হয়। তখন ঋণাত্মক ক্যাথোডে ধনাত্মক আধানযুক্ত সোডিয়াম আয়নসমূহ আকৃষ্ট হয়ে ক্যাথোডে পৌঁছামাত্র ক্যাথোড এদেরকে ইলেকট্রন দান করে; ফলে সোডিয়াম ধাতুরূপে ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়।

$$Na^+\ (l) + e^-\ (\text{ক্যাথোড হতে}) \longrightarrow Na(s)\ [\text{ক্যাথোডে বিজারণ}]$$

অন্যদিকে অ্যানোডে ঋণাত্মক ক্লোরাইড আয়নসমূহ আকৃষ্ট হয়ে ইলেকট্রন ত্যাগ করে ক্লোরিন পরমাণু এবং শেষে ক্লোরিন গ্যাসের অণু সৃষ্টি করে। এ প্রক্রিয়াকে গলিত NaCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণ বলা হয়।



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

$$Cl^- \longrightarrow Cl + e^-\ [\text{অ্যানোডে জারণ}]\ ;\ 2Cl \longrightarrow Cl_2\ (g)$$

ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন : তড়িৎ বিশ্লেষণকালে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ধনাত্মক আয়নসমূহ ক্যাথোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয় বলে তাদেরকে **ক্যাটায়ন** বলে। যেমন Na^+, Mg^{2+}, Al^{3+}, NH_4^+ ও H^+ আয়ন ইত্যাদি এবং ঋণাত্মক আয়নসমূহ অ্যানোড কর্তৃক আকৃষ্ট হয় বলে তাদেরকে **অ্যানায়ন** বলা হয়। যেমন Cl^-, Br^-, I^-, OH^-, NO_3^-, SO_4^{2-} ইত্যাদি।

ব্যবহারিক (Practical)

৪.৩ বিভিন্ন দ্রবণের পরিবাহিতার পার্থক্য

Conductivity Difference of Different Solutions

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

যে তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে যত বেশি আয়ন তৈরি করে সে পদার্থ তত বেশি বিদ্যুৎ পরিবহন করতে পারে।

এ থেকে বোঝা যায়, (১) আয়নিক যৌগ NaCl, সবল এসিড ও সব ক্ষার জলীয় দ্রবণে অধিক আয়নিত হওয়ায় এরা বেশি তড়িৎ পরিবহন করতে পারে এবং এরা সবল পরিবাহী ও সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য।

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

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

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

(ক) সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য	(খ) দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য	(গ) তড়িৎ অবিশ্লেষ্য
১. আয়নিক যৌগ, NaCl, KCl দ্রবণ	১. CH_3COOH দ্রবণ	১. CH_3OH, C_2H_5OH দ্রবণ
২. HCl, H_2SO_4, $HClO_4$ এসিড	২. HF দ্রবণ	২. সুক্রোজ ($C_{12}H_{22}O_{11}$) দ্রবণ
৩. NaOH, KOH ক্ষার দ্রবণ	৩. H_3PO_4 দ্রবণ	৩. H_2O (বিশুদ্ধ)

শিক্ষার্থীর কাজ : **ব্যবহারিক (Practical)**
পরীক্ষা নং : ১৪
তারিখ : .....
পরীক্ষার নাম : বিভিন্ন দ্রবণের পরিবাহিতার পার্থক্য পরীক্ষা

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

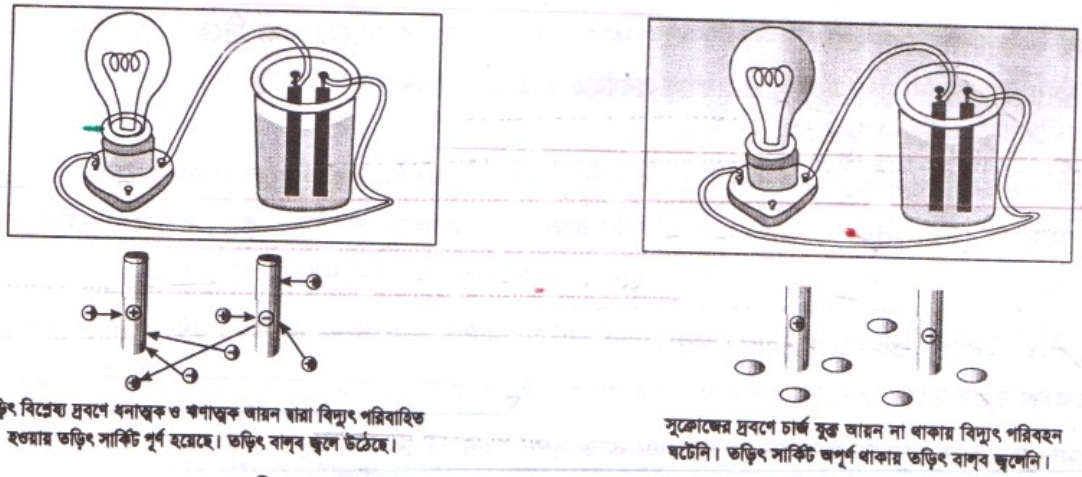
প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ : (১) 0.1M HCl দ্রবণ, (২) 0.1 M CH_3COOH,
(৩) 0.1M $C_{12}H_{22}O_{11}$ (সুক্রোজ) দ্রবণ

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

কাজের ধারা : (১) তিনটি বিকারে 0.1M HCl দ্রবণ, 0.1M CH_3COOH দ্রবণ ও 0.1M সুক্রোজ দ্রবণ নাও।

(২) নিচের চিত্র মতে প্রথমে 0.1M HCl দ্রবণে তড়িৎ সার্কিট সংযোগ কর। তখন তড়িৎ বাল্‌ব জ্বলে ওঠবে। উজ্জ্বল আলো দেবে। এতে প্রমাণিত হয় 0.1M HCl সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য।

(৩) এবার 0.1M HCl এর বিকারটি সরিয়ে নাও এবং 0.1M CH_3COOH এর বিকারের দ্রবণে ইলেকট্রোড দুটো ডুবাও। এখন বাল্‌ব কম আলো দেবে। বিদ্যুৎ কম প্রবাহিত হচ্ছে বলে কম আলো হয়। এতে প্রমাণিত হয় 0.1M CH_3COOH দ্রবণ দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য।



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

সুক্রোজের দ্রবণে চার্জ যুক্ত আয়ন না থাকায় বিদ্যুৎ পরিবহন ঘটেনি। তড়িৎ সার্কিট অপূর্ণ থাকায় তড়িৎ বাল্‌ব জ্বলেনি।

চিত্র ৪.৬ : বিভিন্ন দ্রবণের তড়িৎ পরিবাহীর পার্থক্য নির্ণয়।

(৪) এবার 0.1M CH_3COOH দ্রবণের বিকারটি সরিয়ে 0.1M সুক্রোজ দ্রবণের বিকারটিতে তড়িৎ সংযোগ কর। এবার দেখো, বাল্‌বটি কোনো আলো দিচ্ছে না। এতে প্রমাণিত হয় সুক্রোজ দ্রবণ দিয়ে তড়িৎ পরিবহন সম্ভব না হওয়ায় তড়িৎ সার্কিট পূর্ণ হয় নি। অর্থাৎ সুক্রোজ দ্রবণ তড়িৎ অপরিবাহী।

৪.৩.১ তড়িৎ বিশ্লেষণে ব্যবহৃত পদ ও তাদের একক
Terms used in Electrolysis and their Units

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

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

২। তড়িৎ প্রবাহ (Electric Current) : কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 'ইলেকট্রন বা তড়িৎ চার্জের প্রবাহ হারকে' তড়িৎ প্রবাহ বলা হয়। তড়িৎ প্রবাহের একক হলো অ্যাম্পিয়ার (ampere)। এর এককের প্রতীক হলো A। অর্থাৎ প্রতি সেকেন্ডে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত তড়িৎ চার্জের পরিমাণকে অ্যাম্পিয়ার বলে। এর মাত্রার প্রতীক হলো I। সিলভার নাইট্রেটের জলীয় দ্রবণে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে এক সেকেন্ডে 0.001118 গ্রাম ধাতব সিলভার ক্যাথোডে জমা হয়, সে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহকে এক অ্যাম্পিয়ার বলে।

৩। তড়িৎ চার্জ (Electric charge) : কোনো সুপরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1. 0 অ্যাম্পিয়ার (IA) তড়িৎ প্রবাহ 1.0 সেকেন্ড সময় চললে যে পরিমাণ ইলেকট্রন চার্জ প্রবাহিত হয়, তাকে তড়িৎ চার্জ বলে। তড়িৎ চার্জের SI একক হলো কুলম্ব (C)। তড়িৎ চার্জের প্রতীক হলো Q। তড়িৎ চার্জ (কুলম্ব C) = তড়িৎ প্রবাহ (অ্যাম্পিয়ারে) × সময় (সেকেন্ডে)

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

কুলম্ব হলো তড়িৎ পরিমাণের ক্ষুদ্রতম একক।

৪। অ্যাম্পিয়ার (Ampere) : কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1. 0 সেকেন্ডে যত কুলম্ব তড়িৎ চার্জ প্রবাহিত হয় তাকে 1. 0 অ্যাম্পিয়ার বলে। অ্যাম্পিয়ারকে I দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অ্যাম্পিয়ারের একক হলো Cs^{-1} যেহেতু $A = \frac{C}{s}$।

৫। কুলম্ব (Coulomb) : কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে 1.0 সেকেন্ড যাবৎ 1. 0 অ্যাম্পিয়ার তড়িৎ প্রবাহের ফলে প্রবাহিত মোট তড়িৎ চার্জের পরিমাণকে 1.0 কুলম্ব তড়িৎ প্রবাহ বলে। এর প্রতীক হলো C।

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

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

$\therefore Q = c \times t$; অর্থাৎ, কুলম্ব = অ্যাম্পিয়ার × সময়।

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

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

৭। তড়িৎ বিভব (Electric Potential) : কোনো পরিবাহীর মাধ্যমে ইলেকট্রনের প্রবাহ থাকলে তখন ঐ মাধ্যমের নির্দিষ্ট এলাকা জুড়ে তড়িৎ ক্ষেত্রের প্রভাব কার্যকর থাকে। এরূপ তড়িৎ ক্ষেত্রের কোনো বিন্দুতে অসীম দূরত্ব থেকে একটি একক ধনাত্মক তড়িৎ চার্জকে আনতে যে পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হয়, তাকে ঐ বিন্দুর তড়িৎ বিভব বলে। তড়িৎ বিভবের SI একক হলো ভোল্ট (volt) এবং এর প্রতীক হলো V। তড়িৎ বিভব $(V) = \frac{\text{সম্পাদিত কাজ (J)}}{\text{চার্জের পরিমাণ (C)}} = JC^{-1}$

শিক্ষার্থীর কাজ :
প্রশ্ন ৪.৫ : 0.1M HCl দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করতে পারে; কিন্তু 0.1M সুক্রোজ দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করতে পারে না কেন; তা তড়িৎ পরিবহনের শর্তসহ ব্যাখ্যা কর। [অনুধাবনভিত্তিক]

৪.৪ ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের প্রথম সূত্র
Faraday's First Law of Electrolysis

তড়িৎ বিশ্লেষণ : তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল কালে আয়নদ্বয়ের জারণ-বিজারণ ঘটে, তড়িৎ বিশ্লেষ্য যৌগটি উপাদানে বিশ্লেষিত হয়। এরূপ পরিবর্তনকে **তড়িৎবিশ্লেষণ** (Electrolysis) বলে।

তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন বিভব : বিজ্ঞানী মাইকেল ফ্যারাডে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহিত করে লক্ষ করেন যে, একটি ন্যূনতম মাত্রার চেয়ে সামান্য বেশি পরিমাণ তড়িৎ বিভব প্রয়োগ করলেই তখন ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ চলতে থাকে। **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ক্ষেত্রে তড়িৎ প্রবাহের প্রয়োজনীয় তড়িৎ বিভবের এ ন্যূনতম মাত্রাকে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন বিভব** (decomposition potential) বলে। বিয়োজন বিভবের চেয়ে সামান্য বেশি পরিমাণে তড়িৎ বিভব প্রয়োগ করলেই তখন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের জারণ-বিজারণের ফলে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটে।

তড়িৎ বিশ্লেষণের সাথে রাসায়নিক পরিবর্তনের মাত্রিক পরিমাণ সম্পর্কে ফ্যারাডের দুটি বিখ্যাত সূত্র আছে। এখানে ফ্যারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণের প্রথম সূত্রটি আলোচনা করা হলো।

ফ্যারাডের প্রথম সূত্র : তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় যে কোনো তড়িৎদ্বারে সংঘটিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার পরিমাণ অর্থাৎ কোনো তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা দ্রবীভূত পদার্থের পরিমাণ প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণের সমানুপাতিক।

কোনো পদার্থের তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় যদি 1 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ t সেকেন্ড সময় তড়িৎ কোষে প্রবাহিত হয়। তবে ঐ সময়ে Q কুলম্ব পরিমাণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত হওয়ার ফলে Wg ভরের একটি পদার্থ তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত বা দ্রবীভূত হয়। তাই ফ্যারাডের প্রথম সূত্র মতে,

$W \propto Q$

বা, $W = ZQ$ ... (i)

আবার, $Q = I \times t$ ... (ii)

সুতরাং $W = ZIt$ ... (iii)

MCQ-4.1: ক্রোমিয়াম সালফেট দ্রবণে তিন ফ্যারাডে বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে কত গ্রাম Cr জমা হবে? [Cr = 52] [ঢা. বো. ২০১৫]

(ক) 17.33g (খ) 52g
(গ) 62g (ঘ) 70g

এখানে Z একটি স্থির সংখ্যা যা পদার্থের ধর্মের ওপর নির্ভর করে এবং একে সে পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক (Electrochemical equivalent) বলা হয়। যখন Q = 1 কুলম্ব, তখন $W = Z \times 1$ coulomb, বা, Z = W g $coulomb^{-1}$ হয়ে থাকে।

রাসায়নিক তুল্যাঙ্কের একক : ফ্যারাডের ১ম সূত্র মতে, W = ZQ

$\therefore Z = \frac{W}{Q} = \frac{\text{গ্রাম}}{\text{কুলম্ব}}$

∴ মৌলের রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক Z এর একক হলো গ্রাম. কুলম্ব$^{-1}$ ($g.C^{-1}$)

তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক : তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় এক কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে কোনো পদার্থের যত পরিমাণ অ্যানোডে দ্রবীভূত বা ক্যাথোডে সঞ্চিত হয়, তাকে সেই পদার্থের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বলা হয়। যেমন,

(১) সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক হচ্ছে 0.001118 g $coul^{-1}$;

(২) হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক হচ্ছে 0.000010447g $coul^{-1}$।

$Cu \rightarrow 0.000329\ g\ e^{-1}$

$O_2 \rightarrow 0.0000829\ g\ e^{-1}$

MCQ 4.2: নিচের বক্তব্যটি মনোযোগ সহকারে পড়।
ফ্যারাডের সূত্রটি শতভাগ প্রযোজ্য হবে নিম্নোক্ত ক্ষেত্রে; যেমন–
(i) সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য (ii) দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য (iii) গ্রাফাইটের ক্ষেত্রে
কোনটি সঠিক হবে?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

MCQ 4.3: ফ্যারাডের সূত্র মতে তড়িৎ বিশ্লেষণকালে তড়িৎদ্বার ক্যাথোডে সঞ্চিত পদার্থের পরিমাণ তিনটি বিষয় বা ফ্যাক্টরের ওপর নির্ভর করে। যেমন-
(i) বিদ্যুতের মাত্রা (I) (ii) বিদ্যুৎ প্রবাহের সময় (t) এবং (iii) ধনাত্মক আয়নের চার্জ সংখ্যা।
কোনটি সঠিক হবে?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

শিক্ষার্থীর কাজ :
প্রশ্ন ৪.৬(ক) : হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক হলো $0.000010447 g\ C^{-1}$ ব্যাখ্যা কর।
প্রশ্ন ৪.৬(খ) : সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $0.001118 gC^{-1}$ হয় কেন; ব্যাখ্যা কর। [অনুধাবনভিত্তিক]
প্রশ্ন ৪.৬(গ) : Fe এর তুল্যাঙ্ক $2.894 \times 10^{-4} g\ C^{-1}$ এবং $1.929 \times 10^{-4}\ gC^{-1}$ হতে পারে। ব্যাখ্যা কর।
প্রশ্ন ৪.৬(ঘ) : Cu এর তুল্যাঙ্ক $6.586 \times 10^{-4}\ g\ C^{-1}$ এবং $3.293 \times 10^{-4}\ gC^{-1}$ হতে পারে। ব্যাখ্যা কর।

জেনে নাও : (১) মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক মৌলটির পারমাণবিক ভর ও নির্দিষ্ট জারণ অবস্থা বা যৌগ গঠনে ব্যবহৃত যোজ্যতা সংখ্যার ওপর নির্ভর করে।

(২) স্থির যোজ্যতা বা স্থির জারণ অবস্থার মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক স্থির থাকে। কিন্তু একাধিক যোজ্যতা বা জারণ সংখ্যার মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক তাদের যোজনী বা জারণ সংখ্যার ওপর নির্ভর করে ভিন্ন ভিন্ন হয়।

যেমন, মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, $Z = \frac{\text{পারমাণবিক ভর}}{\text{যোজনী} \times 96473C}$

স্থির যোজ্যতার মৌল :

মৌল	পাঃ ভর	যৌগে মৌলটির যোজ্যতা	তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, Z
H	1.0079	1 (HCl)	$1.0447 \times 10^{-5}\ gC^{-1}$
O	15.9994	2 (H_2O)	$8.292\perp \times 10^{-5}\ gC^{-1}$
Cl	35.4530	1 (HCl)	$3.6749 \times 10^{-4}\ gC^{-1}$
Ag	107.868	1(AgCl)	$1.1181 \times 10^{-3}\ gC^{-1}$

পরিবর্তনশীল যোজ্যতার মৌল :

মৌল	পাঃ ভর	যৌগে মৌলটির যোজ্যতা	তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক, Z
Fe	55.845	2 (FeO)	$2.894 \times 10^{-4}\ gC^{-1}$
Fe	55.845	3 ($FeCl_3$)	$1.929 \times 10^{-4}\ gC^{-1}$
Cu	63.546	1 (CuCl)	$6.586 \times 10^{-4}\ gC^{-1}$
Cu	63.546	2 (CuO)	$3.293 \times 10^{-4}\ gC^{-1}$

(৩) মৌলের রাসায়নিক তুল্যভর : মৌলের পারমাণবিক ভরকে ঐ মৌলের যৌগ গঠনে ব্যবহৃত যোজ্যতা সংখ্যা দ্বারা ভাগ করলে, যে সংখ্যা পাওয়া যায় তাকে ঐ মৌলের রাসায়নিক তুল্যভর বলে। রাসায়নিক তুল্য ভরকে রাসায়নিক তুল্যাঙ্কও বলে। যেমন $CuSO_4$ যৌগে কপারের ব্যবহৃত যোজনী হলো 2 এবং Cu এর পারমাণবিক ভর হলো 63.51

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

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

$CuSO_4$ এর আণবিক ভর হলো 159.5।

$\therefore CuSO_4$ এর তুল্যভর = $(159.5 \div 2) = 79.75$। তদ্রূপ,

H_2SO_4 এর তুল্যভর = $(98 \div 2) = 49$; Na_2CO_3 এর তুল্যভর = $(106 \div 2) = 53$।

(৫) তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও গ্রাম রাসায়নিক তুল্য ভরের মধ্যে সম্পর্ক :

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

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

৪.৪.১ ফ্যারাডের সূত্রের প্রযোজ্যতা ও সীমাবদ্ধতা

Applicability and Limitation of Faraday's Law

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

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

৪.৪.২ ফ্যারাডের সূত্র প্রয়োগে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমাণ নির্ণয়

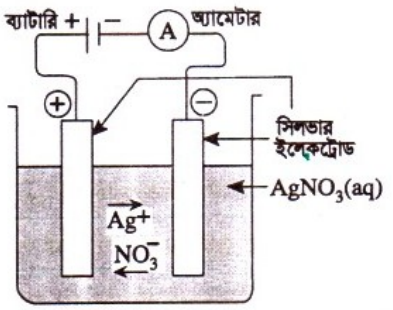
To Determine Amount of Electrolytic Substance From Faraday's Law

চিত্র-৪.৭ এর তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষটিতে অ্যানোড ও ক্যাথোডরূপে দুটি সিলভার ইলেকট্রোড এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) দ্রবণ ব্যবহৃত হয়েছে। প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাপের জন্য অ্যামেটার ব্যবহৃত হয়েছে। এখন সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) এর জলীয় দ্রবণে বিদ্যুৎ চালনা করলে তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ক্যাথোডে সিলভার ধাতু জমা হয়। নিম্নরূপে ক্যাথোডে সিলভার আয়ন (Ag^+) বিজারিত হয়।

$$Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$$

1 মোল 1 মোল 1 মোল

এ সমীকরণ মতে বোঝা যায় যে, 1 মোল সিলভার আয়ন 1 মোল ইলেকট্রন দ্বারা বিজারিত হয়ে 1 মোল সিলভার পরমাণু উৎপন্ন করে। আবার উৎপন্ন সিলভারের পরিমাণ সার্কিট বা বর্তনীতে প্রবাহিত ইলেকট্রনের সংখ্যার সমানুপাতিক অর্থাৎ বর্তনীতে প্রবাহিত মোট বিদ্যুৎ বা বিদ্যুৎ চার্জের সমানুপাতিক। আবার 1 মোল সিলভার পরমাণুর ভর 108 g এবং এর মধ্যে N_A সংখ্যক (অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা 6.022×10^{23}টি) সিলভার পরমাণু আছে। কিন্তু 1 মোল ইলেকট্রনেও সমসংখ্যক ইলেকট্রন থাকে। একটি ইলেকট্রনের চার্জ হলো = 1.602×10^{-19} কুলম্ব। অতএব 1 মোল ইলেকট্রনের মোট চার্জ = $1.602 \times 10^{-19} \times 6.022 \times 10^{23}$ C = 96473 C = 96500 C (প্রায়)।



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

ফ্যারাডে (Faraday) : এক মোল ইলেকট্রনের মোট চার্জ হলো 96,500 কুলম্ব। এ পরিমাণ বিদ্যুৎ চার্জকে এক ফ্যারাডে চার্জ বলা হয় এবং একে F দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

∴ IF = 96500C বিদ্যুৎ চার্জ।

1 মোল সিলভার (Ag) উৎপাদনের জন্য 1F বিদ্যুৎ চার্জ প্রয়োজন।

∴ x মোল সিলভার (Ag) উৎপাদনের x × F বিদ্যুৎ চার্জ প্রয়োজন।

সুতরাং তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ প্রবাহিত বিদ্যুৎ চার্জের সমানুপাতিক।

MCQ-4.4: এক ফ্যারাডে বলতে কী বোঝায়?
(ক) 96500টি e^-
(খ) 96500টি e^- এর চার্জ
(গ) 6.022×10^{23}টি e^- এর চার্জ
(ঘ) N_A সংখ্যক ইলেকট্রন

অর্থাৎ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ থেকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

৪.৪.৩ ফ্যারাডের সূত্রের তাৎপর্য

Significance of Faraday's Lawe

১। পরমাণুর ইলেকট্রনীয় গঠন ও রাসায়নিক বন্ধনের ইলেকট্রনীয় তত্ত্ব জানার পরে ফ্যারাডের সূত্রসমূহ পরিষ্কারভাবে বোঝা যায়। যে কোন মৌলের পরমাণুর নিউক্লিয়াসে মৌলটির পারমাণবিক সংখ্যার সমান সংখ্যক প্রোটন থাকে। একটি পরমাণুতে সাধারণ অবস্থায় প্রোটনের সমান সংখ্যক ইলেকট্রন থাকে, যারা নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে পরিভ্রমণ রত।

২। কোন পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন বর্জন করা হলে সে পরমাণুতে একটি নিট ধনাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়; অপরদিকে একটি পরমাণু অন্য কোন পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ করলে তাতে একটি ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়।

৩। একটি পরমাণু বা পরমাণুগুচ্ছ যখন তড়িৎ নিরপেক্ষ থাকে না, অর্থাৎ তাতে যখন নিট ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধানের সৃষ্টি হয়, তখন তাকে আয়ন বলা হয়।

৪। যদি কোন পরমাণু n সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন করে, তখন n^+ আধানবিশিষ্ট ক্যাটায়নের সৃষ্টি হয়। আবার কোন পরমাণু n সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করলে n^- আধানবিশিষ্ট অ্যানায়নের সৃষ্টি হয়।

৫। সাধারণভাবে একটি ধাতু ও অধাতু পরস্পরের সাথে বিক্রিয়া করার সময় ধাতু পরমাণু থেকে এক বা একাধিক ইলেকট্রন অধাতু পরমাণুতে স্থানান্তরিত হয়। এভাবে আয়নিক যৌগসমূহ গঠিত হয়। যেমন Na ও Cl পরমাণুর মধ্যে

বিক্রিয়ার সময় সোডিয়াম পরমাণু থেকে একটি ইলেকট্রন ক্লোরিন পরমাণুতে স্থানান্তরিত হয়। অর্থাৎ Na^+ ও Cl^- আয়নের সৃষ্টি হয়। $Na = Nar^+ + e^-$; $Cl + e^- = Cl^-$। আয়নিক যৌগের স্ফটিকে আয়নসমূহ কেলাস ল্যাটিসে আবদ্ধ থাকে।

৬। দ্রবণে বা গলিত অবস্থায় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নগুলো মুক্ত অবস্থায় চলাচল করে। তখন তাদের পক্ষে তড়িৎ পরিবহন সম্ভব হয়। তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় আয়নিক যৌগ গঠনের বিপরীত প্রক্রিয়া সম্পন্ন হয়। অর্থাৎ ক্যাথোডে ক্যাটায়ন প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রহণ করে আধান বা চার্জবিহীন পরমাণুতে পরিণত হয়। যেমন,

$$Na^+ + e^- \longrightarrow Na$$

আবার অ্যানোডে অ্যানায়ন প্রয়োজনীয় সংখ্যক ইলেকট্রন ত্যাগ করে আধানবিহীন পরমাণুতে পরিণত হয় এবং পরে অণু গঠন করে। অথবা দ্রাবকের সাথে বা তড়িৎদ্বারের সাথে বিক্রিয়া করতে পারে। যেমন,

$$Cl^- \longrightarrow Cl + e^-,\ Cl + Cl \longrightarrow Cl_2,\ Na^+ + OH^- \longrightarrow NaOH$$

৭। তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় একটি একযোজী ক্যাটায়ন বা অ্যানায়ন যথাক্রমে একটি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করে। যোজনী n হলে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন n টি ইলেকট্রন যথাক্রমে গ্রহণ ও বর্জন করে।

৮। আবার ক্যাটায়নের এক মোল পরিমাণের মধ্যে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যক N_A টি ক্যাটায়ন থাকে। তাই n যোজনী বিশিষ্ট এক মোল ক্যাটায়ন এক মোল পরমাণু তৈরিতে nN_A টি ইলেকট্রন প্রয়োজন হয়। একই ভাবে m যোজনী বিশিষ্ট এক মোল অ্যানায়ন থেকে এক মোল পরমাণু পেতে mN_A সংখ্যক ইলেকট্রন বর্জন করতে হয়।

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

তড়িৎ বিশ্লেষণ থেকে জানা যায়, ক্যাথোডে 1 মোল Ag. 1 মোল Cu এবং 1 মোল Cr এর সঞ্চিত হওয়ার কালে যথাক্রমে 96500 C, 2×96500 C এবং 3×96500 C বিদ্যুৎ প্রয়োজন হয়। এ সব তথ্য নিম্নোক্ত সমীকরণের সাথে সামঞ্জস্যপূর্ণ। যেমন,

Ag^+	+	e^-	⟶	Ag;	এক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রয়োজন $1 \times 96500C = 1$ F
1 মোল		1 মোল		1 মোল	
Cu^{2+}	+	$2e^-$	⟶	Cu;	এক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রয়োজন 2×96500 C = 2 F
1 মোল		2 মোল		1 মোল	
Cr^{3+}	+	$3e^-$	⟶	Cr;	এক্ষেত্রে বিদ্যুৎ প্রয়োজন 3×96500 C = 3F
1 মোল		3 মোল		1 মোল	

সুতরাং 1 মোল এক–ধনাত্মক আয়নকে বিজারিত করতে 1 F বিদ্যুৎ প্রয়োজন।
1 মোল দ্বি–ধনাত্মক আয়নকে বিজারিত করতে 2 F বিদ্যুৎ প্রয়োজন।
1 মোল ত্রি–ধনাত্মক আয়নকে বিজারিত করতে 3 F বিদ্যুৎ প্রয়োজন।

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

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

১০। ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে ইলেকট্রনের চার্জ গণনা করা সম্ভব।

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

এক মোল ক্যাটায়নের সংখ্যা হলো অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা N_A

একটি ইলেকট্রনের চার্জ = e^-

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

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৮ : 5 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার তড়িৎ 60 মিনিট ধরে $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে চালনা করলে তড়িৎদ্বারে কী পরিমাণ কপার সঞ্চিত হবে? [Cu = 63.5]

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

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

$$\therefore \text{প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ, } Q = I \times t = 5 \times 60 \times 60\ C \text{ বা, } Q = \frac{5 \times 60 \times 60}{965000}\ F = \frac{36 \times 5}{965}\ F$$

কপার সালফেট ($CuSO_4$) এর দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণে Cu^{2+} আয়ন নিম্নরূপে বিজারিত হয়।

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$$

2F 1 মোল = 63.5 g Cu

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.৯ : $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে 160 mA বিদ্যুৎ 40 min. যাবৎ চালনা করা হলো। তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত কপার পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় কর।

সমাধান : প্রশ্নমতে, $t = 40 \times 60$ সেকেন্ড। বিদ্যুতের মাত্রা, $1 = 160\ mA = 0.16A$

$$\therefore \text{প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ, } Q = 1 \times t = (0.16 \times 40 \times 60)\ C = \frac{384}{96500}\ F$$

$CuSO_4$ দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে Cu^{2+} আয়ন নিম্নরূপে বিজারিত হয় :

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$$

2F 1 মোল

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

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

$$= 1.198159585 \times 10^{21} \text{টি Cu পরমাণু (উত্তর)}$$

সমাধানকৃত সমস্যা– ৪.১০ : সালফিউরিক এসিডের লঘু জলীয় দ্রবণের মধ্য দিয়ে প্লাটিনাম তারের মাধ্যমে ১ ঘণ্টা বিদ্যুৎ প্রবাহিত করায় আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে 250 mL হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিদ্যুতের মাত্রা কত ছিল?

সমাধান : প্রশ্নমতে, উৎপন্ন H_2 গ্যাসের আয়তন (আদর্শ তাপমাত্রা ও চাপে) 250 mL = 0.250 L

আবার 1 মোল $H_2 = 1.008 \times 2$ g H_2

অর্থাৎ 22.4 L $H_2 = 1.008 \times 2$ g H_2

$\therefore$ 0.250 L $H_2 = \dfrac{1.008 \times 2 \times 0.250}{22.4}$ g $H_2 = 0.0225$ g H_2

বিদ্যুৎ বিশ্লেষণ কালে H^+ এর বিজারণ নিম্ন সমীকরণ মতে ঘটে :

$$\underset{\text{1 মোল}}{H^+} + \underset{\text{1 মোল}}{e^-} \rightarrow \frac{1}{2} H_2$$

1 মোল হাইড্রোজেন পরমাণু = 1.008 g

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

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

আমরা জানি, $Q = I \times t$

$\therefore$ বিদ্যুতের মাত্রা, $I = \dfrac{Q}{t} = \dfrac{2154.0178C}{60 \times 60s} = 0.5983$ A (প্রায়)। **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা : ৪.১১ : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত পানিতে Pt তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে 3.0A বিদ্যুৎ 2 ঘণ্টা যাবৎ প্রবাহিত করা হলো। এতে কত গ্রাম পানি তড়িৎ বিশ্লেষিত হবে এবং STP তে কত আয়তনের H_2 গ্যাস ও O_2 গ্যাস উৎপন্ন হবে?

সমাধান : লঘু H_2SO_4 মিশ্রিত পানিতে Pt তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণকালে জারণ বিজারণ বিক্রিয়ার সমীকরণটি হলো নিম্নরূপ :

তড়িৎ বিয়োজন	:	$4H_2O$	$\longrightarrow$	$4H^+$	+	$4OH^-$
ক্যাথোডে বিজারণ	:	$4H^+ + 4e^-$	$\longrightarrow$	$2H_2$		
অ্যানোডে জারণ	:	$4OH^-$	$\longrightarrow$	$2H_2O$	+	$O_2 + 4e^-$
সামগ্রিক তড়িৎ বিশ্লেষণ	:	$2H_2O$	$\xrightarrow{4F}$	$2H_2$	+	O_2
		36g		2×22.4L (STP তে)		22.4L (STP তে)

প্রশ্নমতে, প্রবাহিত মোট বিদ্যুতের পরিমাণ, $Q = 1 \times t = 3.0 \times 2 \times 60 \times 60C = 21600C$

সমীকরণ মতে, পানিতে 4F বা, 4×96500C বিদ্যুৎ প্রবাহে 36g পানি বিশ্লেষিত হয়

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

STP তে উৎপন্ন H_2 গ্যাস ও O_2 গ্যাস এর আয়তন গণনা :

সমীকরণ মতে, 4F বা, 4×96500C বিদ্যুৎ প্রবাহে STP তে 2×22.4 L H_2 উৎপন্ন হয়।

$\therefore$ 21600C বিদ্যুৎ প্রবাহে STP তে $\frac{2 \times 22.4 \times 21600L}{4 \times 96500} = 2.5069L\ H_2$।

আবার, সমীকরণ মতে, উৎপন্ন O_2 গ্যাসের আয়তন H_2 গ্যাসের অর্ধেক হয়।

$\therefore$ উৎপন্ন O_2 গ্যাসের আয়তন = $(2.5069 \div 2)$ L = 1.25345L

উত্তর: পানি = 2.0145g, H_2 = 2.5069L, O_2 = 1.25345L

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

সমাধান : মনে করি, সময় = t সেকেন্ড।

এখানে সঞ্চিত সিলভারের পরিমাণ = 1.89 g

প্রবাহিত মোট বিদ্যুৎ, $Q = I \times t = 1.5 \times t$

এখানে সিলভার আয়ন (Ag^+) বিজারণের সমীকরণ নিম্নরূপ :

Ag^+	$+ e^-$	$\rightarrow$	Ag
1 মোল	1 মোল		1 মোল

আবার 1 মোল Ag (অর্থাৎ 107.88 g) সঞ্চিত হতে 1.0 মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন।

$\therefore$ 1,89 g সিলভার সঞ্চিত হতে $\frac{1.0 \times 1.89}{107.88}$ মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন।

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

আবার $Q = 1.5 \times t$;

$\therefore t = \frac{Q}{1.5} = \frac{1690.63C}{1.5A} = 1127.08$ see = 18 min 47.08 sec **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.১৩ : ক্রোমিয়াম (III) সালফেট দ্রবণে 0.120 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ কত সময় যাবৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে 1.00 g ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হবে?

সমাধান : ক্রোমিয়াম (III) আয়নের বিজারণের সমীকরণ নিম্নরূপ :

$Cr^{3+}(aq)$	$+ 3e^-$	$\longrightarrow$	Cr (s)
1 মোল	3 মোল		1 মোল

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

সুতরাং 1 g ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হতে 3/52 মোল ইলেকট্রন প্রয়োজন হবে।

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.১৪ : ক্রোমিয়াম (III) সালফেট দ্রবণে 0.0422 A বিদ্যুৎ 1 hr যাবৎ প্রবাহিত করার ফলে ক্যাথোডে 0.0275 g ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হয়। ক্রোমিয়াম আয়নের চার্জ কত? [Cr = 52.0]

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

প্রবাহিত মোট বিদ্যুতের পরিমাণ, $Q = I \times t = 0.0422 \times 60 \times 60C$

$$= 151.92\ C = \frac{151.92}{96500}\ F$$

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

Cr^{n+}	$+ ne^-$	$\longrightarrow$	Cr
1 মোল	n মোল		1 মোল

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

$\therefore$ 1.0 মোল ক্রোমিয়াম সঞ্চিত হতে দরকার $= \frac{151.92}{96500 \times 0.00053}$ F বিদ্যুৎ

$$= \frac{151.92}{51.145}\ F = 2.97\ F \approx 3\ F$$

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

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.১৫ : 2 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ 1 ঘণ্টা যাবৎ সিরিজ সংযোগে $AgNO_3$ দ্রবণ, $CuSO_4$ দ্রবণ ও $Cr_2(SO_4)_3$ দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে চালনা করা হয়। প্রতিটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে সঞ্চিত ধাতুর পরিমাণ নির্ণয় কর। [Ag = 108, Cu = 63.5, Cr = 52]

সমাধান : সংশ্লিষ্ট বিজারণ বিক্রিয়া নিম্নরূপে ক্যাথোডে ঘটে;

(i) $Ag^+(aq) + e^- \longrightarrow Ag(s)$ — 1F, 1 মোল

(ii) $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ — 2F, 1 মোল

(iii) $Cr^{3+}(aq) + 3e^- \longrightarrow Cr(s)$ — 3F, 1 মোল

প্রশ্নমতে, $t = 1 \times 60 \times 60s$

প্রবাহিত বিদ্যুতের পরিমাণ,

$Q = I \times t = 2 \times 60 \times 60C$

$= \frac{2 \times 60 \times 60\ F}{96500} = \frac{72F}{965}$

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

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

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

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

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

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

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

শিক্ষার্থীর কাজ : ফ্যারাডের সূত্রভিত্তিক গণনা :

সমস্যা-৪.৯ : $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে 5 অ্যাম্পিয়ার শক্তির বিদ্যুৎ 30 মিনিট যাবৎ চালনা করা হলো। ক্যাথোডে কী পরিমাণ নিকেল জমা হবে? [Ni = 58.7] [উ: 2.737g]

সমস্যা-৪.১০ : অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড ও ক্রায়োলাইটের গলিত মিশ্রণে 1.0×10^5 A বিদ্যুৎ 8.0h যাবৎ চালনা করলে কত কিলোগ্রাম অ্যালুমিনিয়াম উৎপাদিত হবে? [উ: 268.6 kg]

সমস্যা-৪.১১ : চট্টগ্রামের দত্ত জুয়েলার্স মেয়েদের জন্য ইমিটেশন চেইন তৈরি করে। কম দামের ধাতুর তৈরি 10 টি চেইনের ওপর গোল্ডের প্রলেপ দিতে গোল্ড লবণের (Au^{3+}) দ্রবণে গোল্ড অ্যানোড ব্যবহার করে 5.0A বিদ্যুৎ 10 মিনিট যাবৎ চালনা করা হয়। প্রতি 10 g গোল্ডের দাম 40,000 টাকা হলে প্রতি চেইনে কত টাকার গোল্ড ব্যবহৃত হয়েছে। [Au = 196.97] [উ: 816.40 টাকা]

সমস্যা-৪.১২(ক) : $FeSO_4$ এর দ্রবণে 250A বিদ্যুৎ 40 মিনিট চালনা করলে ক্যাথোডে কত গ্রাম ধাতু জমা হবে। [উ: 173.47g] [দি. বো. ২০১৫]

সমস্যা- ৪.১২ (খ) : $FeSO_4$ এর দ্রবণে 5A বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করলে কী পরিমাণ ধাতু ক্যাথোডে জমা হবে? [উ: 0.868g] [কু. বো.২০১৬]

সমস্যা- ৪.১৩ (ক) : এক ধাতব সালফেট দ্রবণে 0.5 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ 1 ঘণ্টা চালনা করলে ক্যাথোডে 0.59 গ্রাম ধাতু জমা হয়। ধাতুটির তুল্যভর কত হবে? [উ: 31. 63g]

সমস্যা- ৪.১৩ (খ) : $AgNO_3$ এর দ্রবণে 3A বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করলে ক্যাথোডে 2.015 g সিলভার সঞ্চিত হয়। সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক ও রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। [উ: 1.119×10^{-3} gC^{-1}, 108.02g]

সমস্যা- ৪.১৩ (গ) : $CuSO_4$ এর দ্রবণে 30 মিনিট যাবৎ 0.5A বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোডে 0.2964 গ্রাম কপার জমা হয়। কপারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কত? [উ: 0.000329g C^{-1}]

সমস্যা- ৪.১৩ (ঘ) : $CuSO_4$ এর দ্রবণে 0.25A বিদ্যুৎ 1 ঘণ্টা চালনা করলে 0.295 g কপার ক্যাথোডে জমা হয়। কপারের তুল্যাঙ্ক ভর কত? [উ: 31.63g]

সমস্যা-৪.১৪ (ক) : একটি একযোজী ধাতব আয়ন 1.60245×10^{-19} C বিদ্যুৎ পরিবহন করলে তবে ঐ ধাতুর 1g মোল আয়ন কী পরিমাণ বিদ্যুৎ পরিবহন করবে? [উ: 96.499.5 C]

সমস্যা-৪.১৪ (খ) : গলিত $CaCl_2$ থেকে তড়িৎ বিশ্লেষণ পদ্ধতিতে 20.0 g ক্যালসিয়াম ধাতু নিষ্কাশনে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রয়োজন হবে? [উ: 96500 C]

সমস্যা-৪.১৫ (ক) : একটি $AgNO_3$ দ্রবণে 50 min যাবৎ 0.20 অ্যাম্পিয়ার শক্তিসম্পন্ন বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে কত পরিমাণ সিলভার সঞ্চিত হবে? [Ag = 108] [উ: 0.6715 g]

সমস্যা-৪.১৫ (খ) : $AgNO_3$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে 5 অ্যাম্পিয়ার শক্তির বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করা হলো। এতে কত পরিমাণ সিলভার ও কয়টি সিলভার পরমাণু সঞ্চিত হবে? [উ: 3.3575 g, $187.211713 \times 10^{20}$]

সমস্যা–৪.১৬ (ক) : $CuSO_4$ এর দ্রবণে 15 min. সময় যাবৎ 5A বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ কপার জমা হবে? [Cu = 63.5]

[উ: 1.48 g Cu (প্রায়)]

সমস্যা–৪.১৬ (খ) : তুঁতের জলীয় দ্রবণে 0.5A মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ 10 min ধরে চালনা করলে কী পরিমাণ কপার ও কয়টি কপার পরমাণু ক্যাথোডে জমা হবে?

[উ: 0.0987 g, $936.0179528 \times 10^{18}$]

সমস্যা–৪.১৭ (ক) : $CuSO_4$ দ্রবণে 2 অ্যাম্পিয়ার মাত্রার বিদ্যুৎ প্রবাহ কতক্ষণ চালনা করলে ক্যাথোডে 2.368 g কপার সঞ্চিত করে? [Cu = 63.54]

[উ: 59.94 min বা, 60 min]

সমস্যা–৪.১৭ (খ) : গলিত $AlCl_3$ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্য দিয়ে 1.5A শক্তির বিদ্যুৎ কত সময় যাবৎ চালনা করলে ক্যাথোডে 1.6 g Al ধাতু জমা হবে? (Al এর পাঃ ভর = 27)

[উ: 3.177 hrs]

সমস্যা–৪.১৮ (ক) : H_2SO_4, এর লঘু দ্রবণের মধ্য দিয়ে 2.5 অ্যাম্পিয়ার শক্তির বিদ্যুৎ কতক্ষণ চালনা করলে আদর্শ তাপমাত্রায় ও চাপে 600 mL হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হবে?

[উ: 34.46 min]

সমস্যা–৪.১৮ (খ) : H_2SO_4 মিশ্রিত পানির মধ্য দিয়ে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে 1.5 ঘণ্টা বিদ্যুৎ প্রবাহিত করায় আদর্শ তাপমাত্রায় ও চাপে 500 mL হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়। বিদ্যুতের শক্তিমাত্রা কত ছিল?

[উ: 0.7978 A]

সমস্যা–৪.১৮ (গ) : H_2SO_4 মিশ্রিত পানির মধ্য দিয়ে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের মাধ্যমে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে STP তে 500 mL H_2 গ্যাস পাওয়া গেল। এতে কত কুলম্ব বিদ্যুৎ চালনা করা হয়।

[উ: 4308.036C]

সমস্যা–৪.১৮ (ঘ) : এসিড মিশ্রিত পানির মধ্য দিয়ে 10A বিদ্যুৎ 3 মিনিট 13 সেকেন্ড ধরে চালনা করলে কত পরিমাণ পানি বিয়োজিত হবে? STP তে কত আয়তনের H_2 গ্যাস ও O_2 গ্যাস উৎপন্ন হবে?

[উ: পানি = 0.18g, H_2 = 0.224L, O_2 = 0.112L]

সমস্যা–৪.১৮ (ঙ) : 100 সেকেন্ড ধরে 10A বিদ্যুৎ এসিড মিশ্রিত পানিতে চালনা করলে STP তে কত আয়তন H_2 ও O_2 উৎপন্ন হবে?

[উ: H_2 = 116 mL, O_2 = 58 mL]

সমস্যা- ৪.১৯ (ক) : একটি গোল্ড লবণের দ্রবণ থেকে 2.6267 গ্রাম গোল্ড মুক্ত করতে যে পরিমাণ তড়িৎ ব্যয়িত হয়, ঐ একই পরিমাণ তড়িৎ দ্বারা $CuSO_4$ দ্রবণে কপার অ্যানোড ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ করলে 1.26g কপার দ্রবীভূত হয়। গোল্ড লবণটিতে গোল্ডের জারণ সংখ্যা নির্ণয় কর। [Cu = 63, Au = 197]

[উ: Au এর জারণ সংখ্যা = + 3]

সমস্যা-৪. ১৯. (খ) : $AgNO_3$ এক জলীয় দ্রবণে যে পরিমাণ বিদ্যুৎ চালনা করলে 10 গ্রাম Ag তড়িৎদ্বারে জমা হয়, একই পরিমাণ বিদ্যুৎ গোল্ড লবণের দ্রবণে চালনা করলে 6.08 গ্রাম Au তড়িৎদ্বারে জমা হয়। ঐ গোল্ড লবণে গোল্ডের আধান কত? [Ag = 108, Au = 197]

[উ: +3]

সমস্যা- ৪.২০. (ক) : 1 ফ্যারাডে তড়িৎ প্রবাহে কত গ্রাম ফেরাস আয়ন ও ফেরিক আয়ন চার্জ মুক্ত হবে? [Fe = 56]

[উ: ফেরাস = 28g; ফেরিক = 18, 66 g]

সমস্যা- ৪.২০. (খ) : 1 মোল $Cr_2O_7^{2-}$ আয়নকে Cr^{3+} আয়নে বিজারিত করতে কত কুলম্ব বিদ্যুতের প্রয়োজন হবে?

[উ: 5.79×10^5 কুলম্ব]

সমস্যা- ৪. ২০ (গ) : CrO_3 এর অম্লীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে নিম্ন সমীকরণ মতে Cr উৎপন্ন করা যায় :

$$CrO_3\,(aq) + 6H^+ + 6e^- \longrightarrow Cr(s) + 3H_2O$$

এক্ষেত্রে 12.5 A তড়িৎ প্রবাহ কত সেকেন্ড যাবৎ চালনা করলে 15 g Cr উৎপন্ন হবে? [Cr = 52]

[উ: 13361.5s]

সমস্যা- ৪.২১(ক) : 0.5L আয়তনের 2M $Ni(NO_3)_2$ দ্রবণের মধ্য দিয়ে 3.7A শক্তির বিদ্যুৎ 6.0 ঘণ্টা যাবৎ চালনা করা হলে তড়িৎ বিশ্লেষণের পর ঐ দ্রবণের ঘনমাত্রা কত হবে? [Ni = 58.7] [উঃ 1.172 M]

সমস্যা- ৪.২১(খ) একটি অ্যালুমিনিয়াম শিল্পে দৈনিক 20 টন Al ধাতু উৎপাদন করে। যদি দৈনিক সময় 30000 সেকেন্ড কার্যকাল হয়, তবে এতে দৈনিক কত ফ্যারাডে বিদ্যুৎ ও কত শক্তির বিদ্যুৎ প্রয়োজন হবে?

[1 টন = 1000 kg এবং Al = 26.98] [উঃ 2.22387×10^6F; 7.15×10^6 A]

সমস্যা- ৪.২২(ক) : নিকেল আয়নের দ্রবণে 160 মিনিট যাবৎ 0.1A শক্তির বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে 0.295 g নিকেল জমা হয়। ঐ নিকেল আয়নের চার্জ কত? [Ni = 58.7] [উঃ Ni^{2+}]

সমস্যা- ৪.২২ (খ) : $AgNO_3$ ও $Cu(NO_3)_2$ এর দুটি পৃথক দ্রবণকে সিরিজে সংযুক্ত করে তাদের মধ্য দিয়ে কিছুক্ষণ বিদ্যুৎ প্রবাহিত করা হয়। এ সময় দ্বিতীয় দ্রবণ থেকে 0.705 g কপার সঞ্চিত হলে প্রথম দ্রবণ থেকে কী পরিমাণ সিলভার সঞ্চিত হবে? [Ag = 108, Cu = 63.5] [উঃ 2,398 g]

সমস্যা- ৪.২৩ : $M'SO_4$ দ্রবণ ও $M''SO_4$ দ্রবণে 50 কুলম্ব বিদ্যুৎ চালনা করলে ভিন্ন ভিন্ন তড়িৎদ্বারে ভিন্ন ভিন্ন পরিমাণ পদার্থ সঞ্চিত হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। [ব.বো. ২০১৬]

[M' = 108, M'' = 52] [উঃ তুল্যভরের ভিন্নতার কারণে]

সমস্যা- ৪.২৪ (ক) : কোনো $CuSO_4$ দ্রবণে প্লাটিনাম তড়িৎদ্বারের সাহায্যে 1 ঘণ্টা যাবৎ 1.25A বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে কতগুলো Cu পরমাণু জমা পড়বে? [উঃ 14.04×10^{21}টি]

সমস্যা- ৪.২৪ (খ) : একটি ধাতব তারে 1A বিদ্যুৎ প্রবাহিত হচ্ছে। এক সেকেন্ডে এ তারের কোনো একটি বিন্দুর মধ্য দিয়ে কত সংখ্যক ইলেকট্রন প্রবাহিত হবে? [উঃ 6.241×10^{18}টি]

সমস্যা- ৪.২৪ (গ) : Al লবণের দ্রবণে 2 কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহিত হলে ক্যাথোডে কত সংখ্যক Al পরমাণু জমা পড়বে? [উঃ 4.16×10^{18}]

সমস্যা-৪.২৫ (ক): 30 মিনিট যাবৎ 1.5A বিদ্যুৎ কোনো লবণের জলীয় দ্রবণে চালনা করলে ক্যাথোডে 0.8898 g ধাতু সঞ্চিত হয়। ধাতুটির যোজ্যতা 2 হলে এর পারমাণবিক ভর কত হবে? [উঃ 63.592]

সমস্যা- ৪,২৫ (খ) : একটি ধাতুর পারমাণবিক ভর 112। ধাতুটির লবণের জলীয় দ্রবণে 1.5A বিদ্যুৎ 15 মিনিট চালনা করলে ক্যাথেডে 0.788 g ধাতু জমা হয়। ঐ লবণটিতে ধাতুটির যোজ্যতা কত? [উঃ 2]

৪.৪.৩ দ্রবণে আয়নিক যৌগের তড়িৎ বিশ্লেষণ, ইলেকট্রোড বিক্রিয়া

Electrolysis of Aqueous Electrolytes and Electrode Reaction

যখন কোন গলিত তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে একটি মাত্র ক্যাটায়ন ও একটি মাত্র অ্যানায়ন থাকে যেমন গলিত NaCl, তখন ইলেকট্রোড বিক্রিয়া লেখা সহজ। তখন তড়িৎ বিশ্লেষণকালে ক্যাটায়নটি ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে ধাতুতে পরিণত হয় এবং অন্যানায়নটি অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করে চার্জ নিরপেক্ষ পরমাণুতে রূপান্তরিত হয়।

কিন্তু আয়নিক যৌগের জলীয় দ্রবণে একাধিক ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন থাকে। যেমন $CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণে নিম্নোক্ত সমীকরণ মতে দুটি ক্যাটায়ন বা ধনাত্মক আয়ন যেমন H^+, Cu^{2+} এবং দুটি অ্যানায়ন বা ঋণাত্মক আয়ন যেমন OH^-, SO_4^{2-} থাকে।

$$H_2O(l) \rightleftharpoons H^+(aq) + OH^-(aq)$$

$$CuSO_4(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

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

(১) তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে সংশ্লিষ্ট আয়নের অবস্থান;

(২) তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়নের ঘনমাত্রার প্রভাব;

(৩) তড়িৎ কোষে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি তড়িৎদ্বারের প্রভাব।

১। তড়িৎ রাসায়নিক সারি (Electrochemical series) : তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় বিভিন্ন আয়নের চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতার উপর ভিত্তি করে আয়নসমূহকে একটি সারিতে সাজানো হয়েছে, তাকে **তড়িৎ রাসায়নিক সারি** বলা হয়। এ সারিটি বিজারণ বিভবের উচ্চক্রম অনুসারে সজ্জিত। **সহজে বিজারণযোগ্য ক্যাটায়নটি এ সারিতে সবচেয়ে নিচে স্থান পেয়েছে।** [এক্ষেত্রে নিচের ২নং ও ৩নং শর্ত অপরিবর্তিত থাকতে হবে।] উল্লেখ্য ধনাত্মক আয়ন বা ক্যাটায়নের সারিতে সবচেয়ে অধিক সক্রিয় ধাতুটি সারির প্রথমে রয়েছে এবং নিচের দিকে ক্রমান্বয়ে কম সক্রিয় মৌলমূহ স্থান পেয়েছে। অর্থাৎ **যেকোন থেকে কোন আয়ন চার্জমুক্ত হওয়ার প্রবণতা তার সক্রিয়তার বিপরীত।**

সারণি ৪.২ : তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজের একাংশ

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

ব্যাখ্যা : কোন তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে Na^+ ও K^+ আয়ন উপস্থিত থাকলে তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় প্রথমে Na^+ ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে চার্জমুক্ত হবে। দ্রবণের সমস্ত Na^+ চার্জমুক্ত হওয়ার পর K^+ আয়নের চার্জমুক্ত হওয়ার সুযোগ হবে। কারণ তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে Na^+ এর স্থান K^+ এর নিচে।

$$Na^+ + e^- \longrightarrow Na; \quad K^+ + e^- \rightarrow K$$

অনুরূপভাবে দ্রবণে Cl^- আয়ন ও I^- আয়ন থাকলে তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় প্রথমে I^- আয়ন অ্যানোডে ইলেকট্রন ত্যাগ করে চার্জমুক্ত হবে। এরূপে সব I^- আয়ন চার্জমুক্ত হওয়ার পর Cl^- আয়নের চার্জমুক্ত হওয়ার সুযোগ হবে।

$2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$; $2Cl^- \longrightarrow Cl_2 + 2e^-$

২। সমধর্মী আয়নের ঘনমাত্রার প্রভাব : আবার তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে কোন আয়নের অবস্থানের অগ্রাধিকারের চেয়ে ঐ আয়নের ঘনমাত্রার প্রভাব বেশি কার্যকরী হয়। যেমন, 0.1M NaCl এর জলীয় দ্রবণে ঋণাত্মক আয়ন OH^- এর ঘনমাত্রা থাকে 10^{-7} মোল L^{-1} এবং Cl^-এর ঘনমাত্রা থাকে 0.1 মোল L^{-1} অর্থাৎ Cl^- এর ঘনমাত্রা OH^- এর ঘনমাত্রার চেয়ে 10^6 গুণ বেশি। তড়িৎ রাসায়নিক সারিতে OH^- আয়নের অবস্থান Cl^- আয়নের নিচে হওয়ায় OH^- আয়ন আগে চার্জমুক্ত হওয়া উচিত; কিন্তু ঘনমাত্রা বেশি থাকায় Cl^- আয়ন আগে চার্জমুক্ত হয়ে থাকে। একই নিয়মে $PbCl_2$ এর জলীয় দ্রবণে Pb^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা H_3O^+ আয়নের ঘনমাত্রার চেয়ে অনেক বেশি থাকায় তড়িৎ বিশ্লেষণের সময় H_3O^+ এর পরিবর্তে Pb^{2+} আয়ন ক্যাথোডে চার্জমুক্ত হয়।

৩। তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি : তড়িৎ কোষে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের প্রকৃতি অনেক সময় তড়িৎ রাসায়নিক সারির অগ্রাধিকার নিয়মের ব্যতিক্রম ঘটায়। যেমন, NaCl এর জলীয় দ্রবণে (দুটি ধনাত্মক আয়ন H^+ ও Na^+ থাকে) প্লাটিনাম তড়িৎদ্বার ব্যবহার করে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটালে ক্যাথোডে তড়িৎ রাসায়নিক সারির অগ্রাধিকার মতে H^+ আয়ন, চার্জমুক্ত হয়ে H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে। কিন্তু ক্যাথোডরূপে পারদ ব্যবহৃত হলে তখন H^+ এর পরিবর্তে Na^+ আয়ন আগে চার্জমুক্ত হয়। কারণ এক্ষেত্রে Na^+ আয়ন পারদের সাথে মিশে গিয়ে পারদ সংকর Hg.Na তৈরি করে; ফলে Na^+ আয়নের বিজারিত হওয়ার প্রবণতা বেড়ে যায়।

শিক্ষার্থীর কাজ :

প্রশ্ন- ৪.৭ : নিচের প্রশ্নগুলো অনুধাবন করে উত্তর দাও।

(ক) কোনো দ্রবণে Fe^{2+} ও Al^{3+} আয়ন আছে। এ দ্রবণে বিদ্যুৎ চালনা করলে কোন আয়নটি ক্যাথোডে ইলেকট্রন গ্রহণ করে চার্জ মুক্ত হবে? ব্যাখ্যা কর।

(খ) কোনো দ্রবণে Zn^{2+} ও Cu^{2+} আয়ন আছে। ঐ দ্রবণে বিদ্যুৎ চালনা করলে কোন আয়নটি আগে চার্জ মুক্ত হবে ব্যাখ্যা কর।

(গ) কোনো জলীয় দ্রবণে Cl^- ও I^- আয়ন আছে। বিদ্যুৎ চালনা করলে কোন আয়নটি অ্যানোডে আগে চার্জ মুক্ত হবে?

(ঘ) 0.1M NaCl এর জলীয় দ্রবণে Cl^- ও OH^- আয়ন দুটিই থাকে। বিদ্যুৎ বিশ্লেষণ কালে কোন আয়নটি আগে চার্জমুক্ত হবে তা ব্যাখ্যা কর।

(ঙ) $PbCl_2$ এর লঘু দ্রবণে Pb^{2+} আয়ন ও H^+ আয়ন উভয়ই থাকে। বিদ্যুৎ বিশ্লেষণের ফলে কোন আয়নটি আগে চার্জ মুক্ত হবে তা ব্যাখ্যা কর।

(চ) গাঢ় NaCl এর দ্রবণ বা ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণের বিক্রিয়াগুলো লেখ। এক্ষেত্রে ক্যাথোডটি মারকারি (Hg) ও অ্যানোডটি লোহার তৈরি।

৪.৪.৪ শিল্পক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষণের ব্যবহার
Uses of Electrolysis in Industry

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

১। ডাউন পদ্ধতিতে গলিত NaCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণে সোডিয়াম ধাতু নিষ্কাশন।

২। মারকারি ক্যাথোড সেলে NaCl এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে কস্টিক সোডা NaOH, H_2, ক্লোরিন উৎপাদন।

৩। NaCl এর জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে সোডিয়াম ক্লোরেট (I), NaClO উৎপাদন।

৪। গলিত $CaCl_2$ ও গলিত $MgCl_2$ এর তড়িৎ বিশ্লেষণে যথাক্রমে Ca ধাতু ও Mg ধাতু নিষ্কাশন।

৫। বিশুদ্ধ বক্সাইট বা অ্যালুমিনা (Al_2O_3) এর তড়িৎ বিশ্লেষণে অ্যালুমিনিয়াম ধাতু নিষ্কাশন।

৬। তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রক্রিয়ায় ইলেকট্রোপ্লেটিং বা তড়িৎ প্রলেপন পদ্ধতিতে বিভিন্ন ধাতুর উপর নিকেল ও ক্রোমিয়ামের প্রলেপ দেয়া হয়।

৪.৫ ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ
Reactivity Series of Metals

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

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

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

$$\overset{0}{2Li}(s) + \overset{+1\ -2\ +1}{2H-O-H}\ (l) \xrightarrow{\leq 25^\circ C} \overset{+1\ -2\ +1}{2LiO-H} + \overset{0}{H_2}\ (g)$$

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

$$\overset{0}{2Al}(s) + \overset{+1\ -2\ +1}{6H-O-H}\ (l) \xrightarrow{\leq 100^\circ C} \overset{+3\ -2+1}{2Al(O-H)_3}\ (s) + \overset{0}{3H_2}\ (g)$$

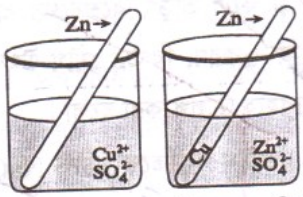
এদের চেয়ে কম সক্রিয় ধাতু যেমন নিকেল ও টিন (Sn) স্টিমের সাথেও বিক্রিয়া করে না; লঘু এসিড দ্রবণের সাথে এরা বিক্রিয়া করে। কারণ পানির চেয়ে এসিডের দ্রবণে H^+ আয়নের ঘনমাত্রা বেশি থাকে।

$$\overset{0}{Ni}(s) + 2\overset{+1}{H^+}(aq) \longrightarrow \overset{+2}{Ni^{2+}}(aq) + \overset{0}{H_2}\ (g)$$

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

অধিক সক্রিয় ধাতু দ্বারা দ্রবণে অন্য ধাতব আয়নকে প্রতিস্থাপন :

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



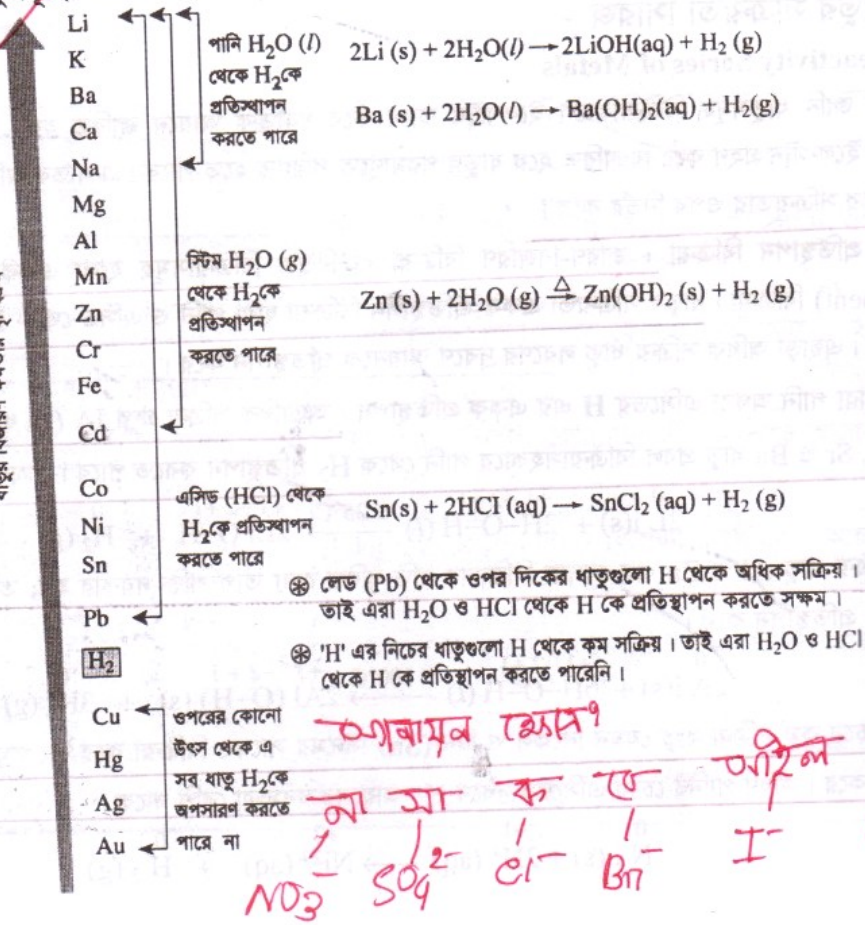
চিত্র ৪.৮ : ধাতুর সক্রিয়তা পরীক্ষা

$$Cu^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) + \overset{0}{Zn}(s) \longrightarrow \overset{0}{Cu} + Zn^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$$

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

যেমন—

সারণি-৪.৩ : ধাতুসমূহের সক্রিয়তা সিরিজ



$2Li(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2LiOH(aq) + H_2(g)$

$Ba(s) + 2H_2O(l) \rightarrow Ba(OH)_2(aq) + H_2(g)$

$Zn(s) + 2H_2O(g) \xrightarrow{\Delta} Zn(OH)_2(s) + H_2(g)$

$Sn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow SnCl_2(aq) + H_2(g)$

⊛ লেড (Pb) থেকে ওপর দিকের ধাতুগুলো H থেকে অধিক সক্রিয়। তাই এরা H_2O ও HCl থেকে H কে প্রতিস্থাপন করতে সক্ষম।

⊛ 'H' এর নিচের ধাতুগুলো H থেকে কম সক্রিয়। তাই এরা H_2O ও HCl থেকে H কে প্রতিস্থাপন করতে পারেনি।

ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজের গুরুত্ব :

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

(২) এ সক্রিয়তা সিরিজ থেকে জানা যায়, ওপরে স্থান প্রাপ্ত অধিক সক্রিয় ধাতুটি সিরিজে এর নিচে অবস্থিত কম সক্রিয় ধাতুর লবণের দ্রবণে ঐ কম সক্রিয় ধাতুর আয়নকে একক প্রতিস্থাপিত করতে পারে। অর্থাৎ ঐ আয়নকে বেশি সক্রিয় ধাতু বিজারিত করতে পারে। যেমন, Mg ধাতু দ্বারা $ZnSO_4$ লবণের Zn^{2+} আয়নকে, Zn ধাতু দ্বারা $FeSO_4$ এর Fe^{2+} আয়নকে এবং Fe দ্বারা $CuSO_4$ এর Cu^{2+} আয়নকে বিজারিত করতে পারে।

$ZnSO_4(aq)$	$\rightarrow Zn^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$	$FeSO_4(aq)$	$\rightarrow Fe^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq)$
$Mg(s) + Zn^{2+}(aq)$	$\rightarrow Mg^{2+}(aq) + Zn(s)$	$Zn(s) + Fe^{2+}(aq)$	$\rightarrow Zn^{2+}(aq) + Fe(s)$
$\therefore Mg(s) + ZnSO_4(aq)$	$\rightarrow MgSO_4(aq) + Zn(s)$	$\therefore Zn(s) + FeSO_4(aq)$	$\rightarrow ZnSO_4(aq) + Zn^{2+}(aq)$

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

$$Cu^{2+}(aq) + 2KI(aq) \longrightarrow Cu(s) + I_2(aq) + 2K^+(aq)$$

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

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

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

জেনে নাও :

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

$$3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$
$$3Hg + 8HNO_3 \longrightarrow 3Hg(NO_3)_2 + 2NO + 4HzO$$
$$3Ag + 4HNO_3 \longrightarrow 3Ag\,NO_3 + NO + 2H_2O$$

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

$$3HCl + HNO_3 \longrightarrow 2H_2O + \underset{\text{নাইট্রোসিল ক্লোরাইড}}{NOCl} + 2[Cl] \ldots\ldots \times 3$$

$$2Au + 6[Cl] \longrightarrow 2AuCl_3$$
$$2AuCl_3 + 2HCl \longrightarrow 2HAuCl_4$$

৪.৬। ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষা
Comparative Reactivity Tests of Metals

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

শিক্ষার্থীর কাজ : ব্যবহারিক **(Practical)** **পরীক্ষা নং : ১৫** **তারিখ : .....** **পরীক্ষার নাম : ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষা**	সময় : ১ পিরিয়ড

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

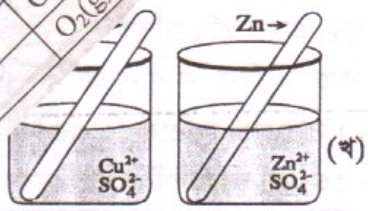
প্রয়োজনীয় রাসায়নিক পদার্থ : (১) Zn ধাতুর পাত (২) $ZnSO_4$ দ্রব
(৩) Cu ধাতুর পাত, (৪) $CuSO$

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি : (১) বিকার-২টি।

কাজের ধারা : (১) নিচের চিত্র-৪.৯(ক) মতে ১টি বিকা ...তুর পাত ডুবাও এবং কিছুক্ষণ রেখে দাও।

(২) দ্বিতীয় বিকারটিতে $ZnSO_4$ দ্রবণ নিয়ে C ডুবাও এবং কিছুক্ষণ রেখে দাও; (চিত্র-৪.৯(খ)।

(৩) দশ মিনিট পর প্রথম বিকারে (ক) দ্রবণের নীল বর্ণ হালকা নীল হয়েছে হয়েছে। এর কারণ জিংক পাতে হয়েছে। বিক্রিয়াটি হলো : বিজারণ।



চিত্র ৪.৯ : ধাতুর তুলনামূলক সক্রিয়তা পরীক্ষা

$\longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

(৪) অপরদি... অপরিবর্তিত রয়েছে অর্থাৎ Cu পরমাণু Zn^{2+} আয়নকে বিজারিত করতে পারে নি...

সি... Zn ক্যাথোডে ...ধিক সক্রিয় প্রমাণিত।

তড়িৎ বিশ্লেষ্য	দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষণের ফলে ক্যাথোডে এবং অ্যানোডে উৎপন্ন বস্তুঃ		
		ক্যাথোডে	অ্যানোডে
গলিত NaCl	তড়িৎ বিশ্লেষ্য	Na(M)	$Cl_2(g)$
NaCl এর জলীয় দ্রবণ	$CuSO_4$ দ্রবণ	$H_2(g)$	$Cl_2(g)$
$CuSO_4$ এর জলীয় দ্রবণ	গলিত $PbCl_2$	Cu(M)	$O_2(g)$
H_2SO_4 এর জলীয় দ্রবণ	KNO_3 এর জলীয় দ্রবণ	$H_2(g)$	$O_2(g)$
	NaOH এর জলীয় দ্রবণ	Pb(M)	Cu(II) আয়ন
		$H_2(g)$	$Cl_2(g)$
		$H_2(g)$	$O_2(g)$
		$H_2(g)$	$O_2(g)$

f. 09

নীল দ্রবণে জিংক দণ্ড ডুবলে কিছু সময় পরে দ্রবণের নীল বর্ণ ক্রমশ হালকা হতে থাকে

৪.৭ জারণ অর্ধবিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া

Oxidation Half reaction and Reduction Half reaction

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

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

বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া : রিডক্স বিক্রিয়ায় জারক কর্তৃক ইলেকট্রন গ্রহণের ফলে এর সংশ্লিষ্ট মৌলের পরমাণুটি বিজারিত হয়। এতে জারকের সংশ্লিষ্ট পরমাণুর O.N হ্রাস পায়, একে **বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া** বলে। যেমন–

বিকারে নেয়া $CuSO_4$ দ্রবণে জিংক ধাতুর পাত ডুবালে তখন জিংক (Zn) ধাতু ও Cu^{2+} (aq) আয়ন এর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটে এবং প্রমাণিত হয় Zn ধাতুর সক্রিয়তা Cu ধাতুর সক্রিয়তার চেয়ে বেশি। অর্ধবিক্রিয়ার সাহায্যে বিক্রিয়াটি নিম্নরূপে লেখা যায়।

$$Zn\ (s) \longrightarrow Zn^{2+}\ (aq) + 2e^- \quad \ldots\ldots \quad [\text{জারণ অর্ধবিক্রিয়া}]$$

$$Cu^{2+}\ (aq) + 2e^- \longrightarrow Cu\ (s) \quad \ldots\ldots \quad [\text{বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া}]$$

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

রিডক্স বিক্রিয়া ও গ্যালভানিক কোষ : লক্ষ্য কর, পূর্বের চিত্র ৪.৯-এ জারক ও বিজারকের মধ্যে সংশ্লিষ্ট রিডক্স বিক্রিয়াটি (Zn/Cu^{2+}) ঘটেছে একই বিকারে এবং দ্রবণের মাধ্যমে। তাই ঐ ক্ষেত্রে বিদ্যুৎ উৎপন্ন করা সম্ভব নয়। কিন্তু রিডক্স বিক্রিয়ার দুটি অর্ধবিক্রিয়াকে পৃথক পাত্রে সংঘটিত করে বাহ্যিক পরিবাহী তার দ্বারা যুক্ত করলে, তখনই পরিবাহীর মাধ্যমে ইলেকট্রনের প্রবাহ বিজারক (Zn) থেকে জারক (Cu^{2+}) এর দিকে ঘটবে। **এরূপে ইলেকট্রন প্রবাহই গ্যালভানিক কোষে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর করা হয়।** তখন উপরোক্ত দুটি অর্ধবিক্রিয়া দুটি পৃথক পাত্রে সংঘটিত করা হয়।

জারণ-অর্ধকোষ ও বিজারণ-অর্ধকোষ :

যে পাত্রে জারণ অর্ধবিক্রিয়া ঘটে, এটিকে **জারণ অর্ধ-কোষ** বলে এবং যে পাত্রে বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া ঘটে, সেটিকে **বিজারণ অর্ধকোষ** বলে। প্রতিটি অর্ধকোষে **তড়িৎদ্বার** (electrode) রূপে ধাতব দণ্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণ (1M দ্রবণ) বা **তড়িৎ বিশ্লেষ্য** (electrolyte-এ) ডুবিয়ে রাখা হয়। দুই অর্ধকোষ (half-cell)-কে **লবণ** সেতু (salt-bridge) দ্বারা যুক্ত করা হয়। তখন পূর্ণ তড়িৎ কোষ সৃষ্টি হয়। NH_4NO_3/Na_2SO_4

লবণ সেতু : তড়িৎ কোষে ব্যবহৃত লবণ সেতু হলো KCl বা KNO_3 দ্রবণ ভর্তি উল্টানো U-আকৃতির কাচনল। এটির দু'মুখে তুলা ভর্তি থাকে। লবণসেতুর দু'বাহু বা দু'প্রান্ত দুট অর্ধকোষে ডুবানো থাকে। (চিত্র-৪.১০)

লবণ সেতুর ভূমিকা : লবণ সেতুর নিম্নোক্ত ভূমিকা রয়েছে।

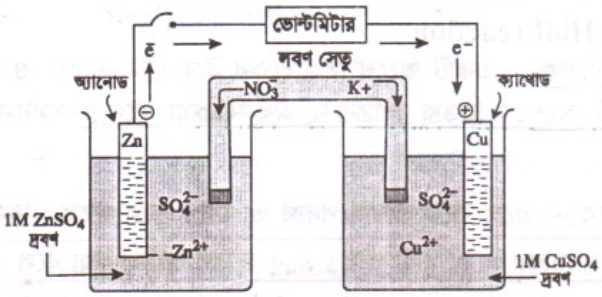
(১) দুটি অর্ধকোষের পরোক্ষ সংযোগকারীরূপে লবণ সেতু ভূমিকা রাখে।

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

কোষ বিভব বা তড়িৎ কোষে বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি : জারণ অর্ধকোষ বা অ্যানোডকে বাহ্যিক বর্তনীরূপে কপার তার ও ভোল্টমিটারসহ বিজারণ অর্ধকোষ বা ক্যাথোডের সাথে সুইচের মাধ্যমে যুক্ত করলে উভয় তড়িৎদ্বারের বিভব পার্থক্যের কারণে বিদ্যুৎ প্রবাহ ভোল্টমিটারে 1.1V রেকর্ড হয়। এটিই হলো বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টিকারী গ্যালভানিক কোষ।

Cathod : ধনাত্মক হলে → ধাতু জমা হয়
ঋণাত্মক হলে → H_2 জমা হতে

Anode : Always অ্যানোডে জারণ হয়।



চিত্র ৪.১০ : গ্যালভানিক কোষ (ডেনিয়েল কোষ)।

চিত্র ৪.১১ : জিংক-কপার কোষ।

গ্যালভানিক তড়িৎ কোষে নিরূপ অর্ধবিক্রিয়া দুটি ঘটে :

অ্যানোডে জারণ অর্ধবিক্রিয়া : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow (Cu(s)$

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

কোষ বিভব : কোষের অ্যানোডের জারণ বিভব ও ক্যাথোডের বিজারণ বিভবের সমষ্টি হলো **কোষ বিভব** বা **কোষটির তড়িচ্চালক বল** (electro motive force বা, emf)। ভোল্টমিটারে রেডর্কৃত প্রমাণ অবস্থায় কোষটির emf = 1.10V.

তড়িৎ কোষের emf কে অর্থাৎ E_{cell} কে নিম্নরূপে লেখা হয়।

$\therefore E_{cell} = E_{anode(ox)} + E_{cathode(red)}$

$= E_{anode(ox)} - E_{cathode(ox)}$

$= E_{cathode(red)} - E_{anode(red)}$

এক্ষেত্রে $E_{anode(ox)}$ = অ্যানোডের জারণ বিভব

$E_{cathode(ox)}$ = ক্যাথোডের জারণ বিভব

$E_{anode(red)}$ = অ্যানোডের বিজারণ বিভব

$E_{canthode(red)}$ = ক্যাথোডের বিজারণ বিভব

যেমন সারণি ৪.৩–এ দেয়া প্রমাণ তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব মতে, জিংক-কপার কোষটির emf হবে : $E_{cell} = E_{cathode} - E_{anode} = [0.34 - (-0.76)]V = (0.34 + 0.76)\ V = 1.10V$

MCQ-4.5 : শিক্ষার্থীর কাজ : নিচের বক্তব্য মনোযোগ সহকারে পড়। লবণ সেতুর তিনটি ভূমিকা হলো নিম্নরূপ:
(i) গ্যালভানিক কোষের বর্তনী পূর্ণ করা, (ii) উভয় অর্ধকোষে ধনাত্মক আয়ন সংখ্যা সমান রাখা,
(iii) উভয় অর্ধকোষে বৈদ্যুতিক চার্জের নিরপেক্ষতা বজায় রাখা।
কোনটি সঠিক হবে?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৪.৭.১ তড়িৎদ্বার ও তড়িৎকোষ লেখার সাংকেতিক চিহ্ন ও রীতি

Notations and Conventions of Writing Electrodes and Cells

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

$Zn(s) \mid Zn^{2+}(aq)$ বা, $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$ বা, $Zn(s), Zn^{2+}(aq)$

(২) অর্ধকোষকে প্রথমে তড়িৎদ্বার ও পরে তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে লিখলে এক্ষেত্রে জারণ ক্রিয়া ঘটে বোঝায় এবং এটিকে **জারণ অর্ধকোষ** বলে। কিন্তু প্রথমে তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও পরে তড়িৎদ্বার হিসেবে লিখলে তখন বিজারণ ক্রিয়া ঘটে বোঝায় এটিকে **বিজারণ অর্ধকোষ** বলে। যেমন,

জারণ অর্ধকোষ : $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$; $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$ (জারণ)

বিজারণ অর্ধকোষ : $Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$; $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$ (বিজারণ)

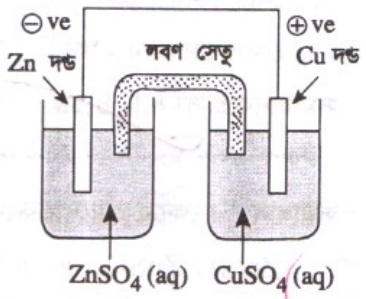
(৩) জারণ-বিজারণ তড়িৎদ্বারে অথবা গ্যাসবিশিষ্ট তড়িৎদ্বারে যেখানে নিষ্ক্রিয় ধাতুকে যেমন, Pt, Au ইত্যাদিকে বৈদ্যুতিক সংযোগের জন্য ব্যবহার করা হয়, সে ক্ষেত্রেও বিধি (ক) ও (খ) ব্যবহৃত হয়। যেমন,

$Pt, H_2(g)/H^+(aq)$; $\frac{1}{2} H_2(g) \longrightarrow H^+(aq) + e^-$ (জারণ)

$Pt. Fe^{2+}(aq)/Fe^{3+}(aq)$, $Fe^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{3+}(aq) + e^-$ (জারণ)

$Fe^{3+}(aq)/Fe^{2+}(aq), Pt$ $Fe^{3+}(aq) + e^- \longrightarrow Fe^{2+}(aq)$ (বিজারণ)

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



চিত্র ৪.১২ : একটি কোষ (লবণ সেতুসহ)

কোষ সংকেত বা কোষ ডায়াগ্রাম হলো নিম্নরূপ :

$Zn(s)/ ZnSO_4(aq) \mid CuSO_4(aq) /Cu(s)$

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

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

$Zn(s)/ZnSO_4(aq) \parallel CuSO_4(aq)/Cu(s)$

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

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

বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

যোগ করে, পূর্ণ কোষ বিক্রিয়া : $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

কোষ বিক্রিয়া ও কোষ ডায়াগ্রাম সম্পর্কিত সমস্যা ও সমাধান

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.১৬ : $Fe(s)/Fe^{2+}(aq)$ ও $Cu(s)/Cu^{2+}(aq)$ ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎ কোষ ডায়াগ্রাম ও কোষ বিক্রিয়া লেখ।

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

বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

∴ মোট কোষ বিক্রিয়া হলো : $(Fe(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + Cu(s)$

∴ মোট ডায়াগ্রাম হলো : $Fe(s)/Fe^{2+}(aq)|\ Cu^{2-}(aq)/Cu(s)$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.১৭ : $Zn(s)\ /\ ZnSO_4(aq)|\ CuSO_4(aq)\ /\ Cu(s)$ এ কোষটির কোষ বিক্রিয়া লেখ।

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

বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

∴ মোট কোষ বিক্রিয়া হলো : $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.১৮ : $Fe(s)/FeSO_4(aq)$ এবং Pt, $H_2/H_2SO_4(aq)$ ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎ কোষের ডায়াগ্রাম ও কোষ বিক্রিয়া লেখ।

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

বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো : $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

∴ মোট কোষ বিক্রিয়া হলো : $Fe(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Fe^{2+}(aq) + H_2(g)$

কোষ ডায়াগ্রাম হলো : $Fe(s)/FeSO_4(aq)\ ||\ H_2SO_4\ (aq)H_2\ Pt.$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.১৯ : নিম্নোক্ত কোষ বিক্রিয়া থেকে কোষ ডায়াগ্রাম লেখ।

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$$

সমাধান : এক্ষেত্রে অ্যানোডরূপে জিংক ইলেকট্রোড $Zn(s)/ZnSO_4(aq)$ সমন্বয়ে লবণ সেতুসহকারে কোষ ডায়াগ্রাম হলো : $Zn(s)\ /\ ZnSO_4(aq)\ ||\ H_2SO_4(aq)\ /\ H_2(g),\ Pt$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.২০ : নিম্নোক্ত কোষ বিক্রিয়া থেকে কোষ ডায়াগ্রাম বা কোষ সংকেত লেখ।

$Mg(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow MgSO_4(aq) + Cu(s)$

সমাধান : এক্ষেত্রে অ্যানোডরূপে Mg-ইলেকট্রোড $Mg(s)\ /\ MgSO_4(aq)$ এবং ক্যাথোডরূপে Cu-ইলেকট্রোড $Cu(s)\ /\ CuSO_4(aq)$ সমন্বয়ে কোষ ডায়াগ্রামটি হলো : $Mg(s)\ /\ MgSO_4(aq)|\ CuSO_4(aq)\ /\ Cu(s).$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.২১ : $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$ এবং $Ag(s)/Ag^+(aq)$ ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত তড়িৎকোষ ডায়াগ্রাম ও কোষ বিক্রিয়া লেখ।

সমাধান : এক্ষেত্রে Ag ধাতু অপেক্ষা Zn ধাতু অধিক সক্রিয় হওয়ায় Zn-ইলেকট্রোডে অ্যানোড এবং Ag-ইলেকট্রোডকে ক্যাথোড রূপে ব্যবহার করে তড়িৎ কোষটি তৈরি করতে হবে।

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

বিজারণ-অর্ধেকোষ বিক্রিয়া হলো: $2Ag^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Ag(s)$

মোট কোষ বিক্রিয়া হলো : $Zn(s) + 2Ag^+(ag) \div Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$

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

শিক্ষার্থীর কাজ : তড়িৎ কোষের অর্ধ বিক্রিয়াভিত্তিক গণনা :

সমস্যা-৪.২৬ : নিচের তড়িৎ কোষের অর্ধকোষ বিক্রিয়াসহ কোষ বিক্রিয়া লেখ।

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

(খ) $Zn\ (s)/Zn^{2+}\ (aq)\ ||\ H^+\ (aq)/H_2\ (g),\ Pt$

সমস্যা- ৪.২৭ : নিচের গ্যালভানিক কোষগুলোর অর্ধকোষ বিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া লেখ :

(ক) $Cu/Cu^{2+} \parallel Ag^{+}/Ag$

(খ) $Zn/Zn^{2+} \parallel Ag^{+}/Ag$

(গ) $Cr/Cr^{3+} \parallel Pb^{2+}/Pb$

সমস্যা- ৪.২৮ : নিচের রিডক্স বিক্রিয়াগুলো থেকে গ্যালভানিক কোষগুলোর কোষ সংকেত বা কোষ ডায়াগ্রাম লেখ :

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

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

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

৪.৭.২ তড়িৎদ্বার বিভব

Electrode Potential

যেকোনো তড়িৎ রাসায়নিক কোষের দুটি অর্ধকোষের প্রত্যেকটিতে একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও একটি ধাতব দণ্ড থাকে। প্রতিটি অর্ধকোষের ধাতব দণ্ডকে একক তড়িৎদ্বার বলে। **প্রতিটি একক তড়িৎদ্বারের বৈদ্যুতিক বিভব থাকে, একে তড়িৎ দ্বার বিভব বলে।**

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

তড়িৎদ্বার বিভবের একক : তড়িৎদ্বার বিভবের একক হলো ভোল্ট (V)

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

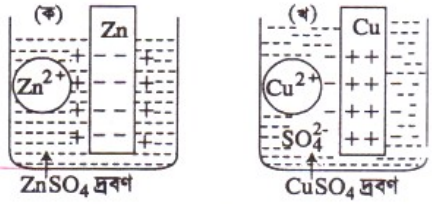
$$M(s) \rightleftharpoons M^{n+}(aq) + ne^{-}$$

প্রত্যেকটি তড়িৎদ্বারের পৃষ্ঠতলে ইলেকট্রন ত্যাগ বা ইলেকট্রন গ্রহণ এ দুটি বিপরীতমুখী প্রবণতার পরিমাণ কখনো সমান হয় না, তাই ধাতব দণ্ড ও এর দ্রবণের আয়নের মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক বিভব সৃষ্টি হয়। এ বিভবকে **তড়িৎদ্বার বিভব** বলা হয়।

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

জিংক ইলেকট্রোড। এর বেলায় জিংক পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা বেশি। তাই Zn-দণ্ডের বহিঃস্তরে জমা হওয়া ইলেকট্রনের ঋণাত্মক চার্জের এবং এর খুব নিকটে সংযোগস্থলের দ্রবণে জিংক ক্যাটায়ন (Zn^{2+}) এর ধনাত্মক চার্জের একটি বৈদ্যুতিক দ্বি-স্তর (electrical double layer) সাম্যাবস্থায় থাকে। ফলে জিংক দণ্ড ও জিংক আয়নের

সংযোগ স্থলে নির্দিষ্ট মানের ইলেকট্রনীয় চাপ বা ঋণাত্মক তড়িৎ শক্তি সৃষ্টি হয়। একে জিংক ইলেকট্রোডের বিভব বা জারণ বিভব বলে। চিত্র-৪.১৩(ক)] $Zn(s) \rightleftharpoons Zn^{2+}(aq) + 2e^-$



চিত্র ৪.১৩ : ইলেকট্রোড বিভব

অপরদিকে ধাতব পরমাণুর সক্রিয়তা বা ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা কম হলে এর 'দ্রবণ-চাপ' কম হয় এবং এর আয়নের 'অস্‌মোটিক-চাপ' বেশি হয়। তখন **ঐ তড়িৎদ্বারটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত হয়ে ক্যাথোডরূপে কাজ করে**। যেমন, কপার ইলেক্‌ট্রোড এর বেলায় Cu-পরমাণুর ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতার চেয়ে Cu^{2+} আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণের প্রবণতা বেশি। তাই Cu দণ্ডের বহিঃস্তরে জমা হওয়ায় Cu^{2+} আয়নের ধনাত্মক চার্জের এবং এর সংযোগস্থলের দ্রবণে ঋণাত্মক সালফেট (SO_4^{2-}) আয়নের চার্জের একটি বৈদ্যুতিক দ্বি-স্তর সাম্যাবস্থা তৈরি করে ধনাত্মক তড়িৎ শক্তি সৃষ্টি হয়। একে কপার ইলেকট্রোডের বিভব বা বিজারণ বিভব বলে [চিত্র-৪.১৩(খ)] $Cu(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

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

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

MCQ-4.6: তড়িৎদ্বার বিভব নির্ভর করে নিম্নোক্ত বিষয়ের ওপর-(i) ধাতব দণ্ডের প্রকৃতি; (ii) তাপমাত্রা (iii) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা
কোনটি সঠিক?
(ক) i ও ii, (খ) ii ও iii (গ) i ও iii, (ঘ) i, ii ও iii

MCQ-4.7: নিচের কোন্ তড়িৎদ্বার জারণ অর্ধকোষ বোঝায়?
(ক) Zn^{2+}/Zn (খ) Zn/Zn^{2+}
(গ) Cu^{2+}/Cu (ঘ) H^+/H_2, Pt

৪.৮ তড়িৎদ্বার বিভব ও ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ
Electrode Potential and Reactivity Series of Metals

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

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

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

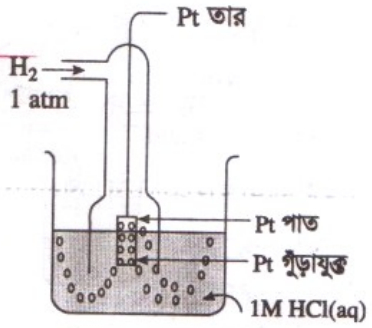
প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের গঠন : প্রমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস তড়িৎদ্বারের বেলায় বিশুদ্ধ H_2 গ্যাসকে 1.0 atm চাপে 25°C তাপমাত্রায় 1.0 M H^+ আয়নের দ্রবণে ডুবানো নিষ্ক্রিয় ধাতু প্লাটিনাম পাতের সংস্পর্শে চালনা করা হয় ; [চিত্র: ৪.১৪]। প্লাটিনাম ধাতু H_2 গ্যাস শোষণ করে। শোষিত অবস্থায় নিম্নরূপ অর্ধকোষ বিক্রিয়া চলতে থাকে এবং তড়িৎদ্বার বিভবকে 0.0V ধরা হয়।

$$H_2\,(g, 1atm) \longrightarrow 2H^+\,(aq, 1M) + 2e^- \qquad E^\theta = 0.0V$$

$$2H^+\,(aq, 1M) + 2e^- \longrightarrow H_2\,(g, 1\ atm) \qquad E^\theta = 0.0V$$

H-তড়িৎদ্বার ডায়াগ্রাম : নিষ্ক্রিয় তড়িৎদ্বার প্লাটিনাম সহযোগে **হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারকে নিম্নরূপে লেখা হয়।**

$$Pt\,(s).\ H_2\,(g)\,(1atm)/\ H^+\,(aq)\,(1M) \qquad E^\theta = 0.0V$$



চিত্র ৪.১৪ : H_2তড়িৎদ্বার

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

সেকেন্ডারি বা গৌণ নির্দেশক তড়িৎদ্বার (Secondary Reference Electrode): দৈনন্দিন বিভিন্ন ইলেকট্রোডের বিভব মাপার জন্য প্রাইমারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার রূপে প্রমাণ H-তড়িৎদ্বার (S.H.E) ব্যবহার করা সুবিধাজনক নয়। কারণ এর মধ্যে (১) 25°C তাপমাত্রায় সব সময় HCl দ্রবণের ঘনমাত্রা 1.0M রাখা যায় না; এবং (২) ঐ HCl দ্রবণে 1 atm চাপে বিশুদ্ধ H_2 গ্যাস চালনা করা সম্ভব হয় না। তাই S.H.E. এর পরিবর্তে S.H.E. দ্বারা সঠিকভাবে নির্ধারিত তড়িৎ বিভব যুক্ত কিছু 'ধাতু ও ধাতুর অদ্রবণীয় লবণ তড়িৎদ্বার বা অর্ধকোষকে প্রয়োগ ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়। এরূপ তড়িৎদ্বার বা অর্ধকোষকে **সেকেন্ডারি বা গৌণ নির্দেশক তড়িৎদ্বার'** বলে। যেমন–

(i) ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার, (ii) সিলভার-সিলভার ক্লোরাইড তড়িৎদ্বার।

প্রমাণ H-তড়িৎদ্বার সহযোগে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারের বিভব নির্ণয় :

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

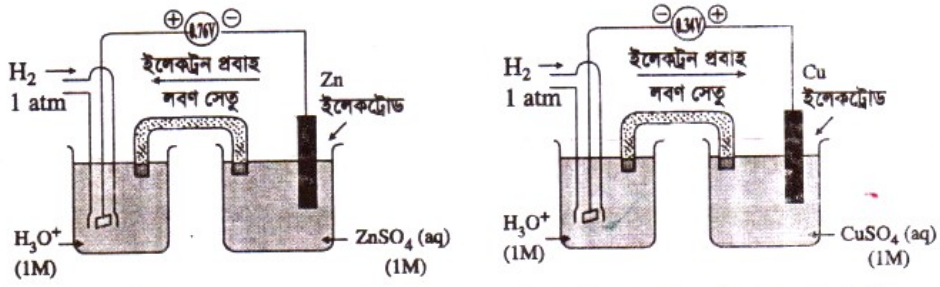
$\therefore E^{\theta}_{cell} = E^{\theta}_{Zn/Zn^{2+}} + E^{\theta}_{H^+/H_2} = (E^{\theta}_{Zn/Zn^{2+}} + 0.0)V = 0.76V$

$E^{\theta}_{H^+/H_2} = 0.00V = E^{\theta}_{H_2/H^+}$

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

$\therefore$ কোষ বিক্রিয়াটি হলো : $Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$. $E^{\theta}_{cell} = 0.76V$

তড়িৎ কোষ সংকেত হলো : $Zn/Zn^{2+}(aq) \parallel H^+(aq)/H_2(1\ atm).\ Pt$
অ্যানোড ক্যাথোড



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

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

$\therefore E^{\theta}_{cell} = E^{\theta}_{H_2/H^+} + E^{\theta}_{Cu^{2+}/Cu} = (0.0 + E^{\theta}_{Cu^{2+}/Cu} = 0.34V$

$\therefore$ Cu-ইলেকট্রোডের বিজারণ বিভব, $E^{\theta}_{Cu^{2+}/Cu} = 0.34V$ এবং জারণ বিভব $E^{\theta}_{Cu/Cu^{2+}} = -0.34V$

$\therefore$ কোষ বিক্রিয়াটি হলো : $2H(g) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 2H^+(aq) + Cu(s)$ $E^{\theta}_{cell} = 0.34V$

তড়িৎকোষ সংকেত হলো : $Pt.\ H_2(1\ atm)/H^+(aq) \parallel Cu^{2+}(aq)/Cu$
অ্যানোড ক্যাথোড

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

ধাতুসমূহের জারণ-বিজারণ প্রবণতার তুলনা বা আপেক্ষিক সক্রিয়তা সম্বন্ধে ধারণা পাওয়ার জন্য এবং তড়িৎকোষে অ্যানোড ও ক্যাথোড নির্বাচনের সুবিধার্থে বিভিন্ন ধাতুর বিজারণ বিভবের মানসমূহকে ক্রম বৃদ্ধি অনুসারে সারিবদ্ধ করা হয়েছে। ধাতুর আয়নসমূহের (ধাতুসমূহের) বিজারণ প্রবণতার এ সারিকে ধাতুসমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব (25°C) বা তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজ বা ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ বলা হয়, (সারণি-৪.৪)।

সারণি-৪.৪ : ধাতুসমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব (25°C) বা সক্রিয়তা সিরিজ (নিচের দিকে ক্রম হ্রাস)

তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোড	তড়িৎদ্বার অর্ধবিক্রিয়া	E°(V) (at 25°C)
Li^+/Li	$Li^+ (aq) + e^- \rightleftharpoons Li (s)$	− 3.04
K^+/K	$K^+ (aq) + e^- \rightleftharpoons K (s)$	− 2.92
Ca^{2+}/Ca	$Ca^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons Ca (s)$	− 2.87
Na^+/Na	$Na^+ (aq) + e^- \rightleftharpoons Na (s)$	− 2.71
Mg^{2+}/Mg	$Mg^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons Mg (s)$	− 2.36
Al^{3+}/Al	$Al^{3+} (aq) + 3e^- \rightleftharpoons Al (s)$	− 1.66
Zn^{2+}/Zn	$Zn^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons Zn (s)$	− 0.76
Cr^{3+}/Cr	$Cr^{3+} (aq) + 3e^- \rightleftharpoons Cr (s)$	−0.74
Fe^{2+}/Fe	$Fe^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons Fe (s)$	− 0.44
Cd^{2+}/Cd	$Cd^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons Cd (s)$	− 0.40
Co^{2+}/Co	$Co^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons Co (s)$	− 0.28
Ni^{2+}/Ni	$Ni^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons Ni (s)$	− 0.25
Sn^{2+}/Sn	$Sn^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons Sn (s)$	− 0.14
Pb^{2+}/Pb	$Pb^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons Pb (s)$	− 0.13
$H^+/H_2.Pt$	$2H^+ (aq) + 2e^- \rightleftharpoons H_2 (s)$	0.00
Cu^{2+}/Cu	$Cu^{2+} (aq) - 2e^- \rightleftharpoons Cu (s)$	+ 0.34
Hg_2^{2+}/Hg	$Hg_2^{2+} (aq) + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg (l)$	+ 0.79
$Ag+/Ag$	$Ag+ (aq) + e^- \rightleftharpoons Ag (s)$	+ 0.80
Au^{3+}/Au	$Au^{3+} (aq) + 3e^- \rightleftharpoons Au (s)$	+ 1.42

জারকের শক্তিমাত্রা বৃদ্ধি

বিজারকের শক্তিমাত্রা বৃদ্ধি

জেনে রাখো :

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

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

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

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা ৪.২২ : স্বতঃস্ফূর্ত কোষ বিক্রিয়াভিত্তিক

সারণি-৪.৪ অনুসরণ করে ব্যাখ্যা কর; প্রমাণ অবস্থায় Pb^{2+} (aq) আয়ন, Al(s) অথবা Cu(s) দ্বারা বিজারিত হবে কিনা? 25°C-এ প্রতিটি কোষ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে emf (E^0_{cell}) এর মান গণনা কর।

দক্ষতা : সক্রিয়তা সিরিজ মতে, কোনো বিজারক এর নিচে স্থান প্রাপ্ত যে কোনো ধাতব আয়ন জারককে বিজারিত করতে পারে; কিন্তু এর ওপরের স্থানের ধাতব আয়ন জারককে বিজারিত করতে পারে না। জারণ অর্ধবিক্রিয়া ও বিজারণ অর্ধবিক্রিয়ার বিভব মানের যোগফল হবে প্রতিটি কোষ বিক্রিয়ার emf (E^0_{cell})।

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

$$[Al(s) \longrightarrow Al^{3+}(aq) + 3e^-] \times 2 \quad \text{(জারণ অর্ধবিক্রিয়া)} \quad E^o = +1.66V$$
$$[Pb^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb(s)] \times 3 \quad \text{(বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া)} \quad E^o = -0.13V$$
$$2Al(s) + 3Pb^{2+}(aq \longrightarrow 3Pb(s) + 2Al^{3+}(aq) \quad \text{কোষ বিক্রিয়া} \quad E^0_{cell} = +1.53V$$

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

$$Cu(s) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^- \quad \text{(জারণ অর্ধবিক্রিয়া)} \quad E^o = -0.34V$$
$$Pb^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb(s) \quad \text{(বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া)} \quad E^o = -0.13V$$
$$Cu(s) + Pb^{2+}(aq) \longrightarrow Pb(s) + Cu^{2+}(aq) \quad \text{কোষ বিক্রিয়া} \quad E^0_{cell} = -0.47V$$

এক্ষেত্রে কোষের emf (E^0_{cell}) এর মান ঋণাত্মক হওয়ায় কোষ বিক্রিয়া স্বতঃফূর্তভাবে ঘটেনি। অর্থাৎ Pb^{2+} আয়ন Cu(s) দ্বারা বিজারিত হবে না।

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.২৩ : নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে কীনা ব্যাখ্যা কর।

$$An(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$$

যদি $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$, এবং $E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34V$|

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

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

$\therefore E^0_{\text{কোষ}} = [0.34 - (0.76)]V$

$E_{\text{কোষ}} = + 1.1V$

প্রশ্নমতে,

$E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$

$E^0_{Cu^{2+}/Cu} + 0.34V$

কোষের emf ধনাত্মক হওয়ায় প্রদত্ত বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে।

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.২৪ : নিচের কোষটির জন্য অ্যানোডে বিক্রিয়া, ক্যাথোডে বিক্রিয়া ও সর্বমোট কোষ বিক্রিয়া লেখ। Pt, $Cl_2(g)$ / $Cl^-(aq)$ || $Fe^{2+}(aq)$, $Fe^{3+}(aq)$, Pt

যদি $E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2-}} = + 0.770V$; $E^0_{Cl_2/Cl^-} = + 1.358V$ হয়, তবে তুমি যেভাবে কোষটি লিখেছ, তা স্বতঃস্ফূর্ত তবে কিনা যুক্তি দাও এবং না হলে তা কীভাবে স্বতঃস্ফূর্ত হবে বোঝাও।

সমাধান : প্রদত্ত কোষটির মাঝখানের খাড়া রেখার বাম দিকের ইলেকট্রোডটি অ্যানোড এবং ডানদিকের ইলেকট্রোডটি ক্যাথোড। Pt, Cl_2 (g) / Cl^-(aq), || Fe^{2+}(aq), Fe^{3+}(aq), Pt

অ্যানোডে জারণ বিক্রিয়া : $2Cl^-(aq) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ বিক্রিয়া : $2Fe^{3+}(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq)$

সর্বমোট কোষ বিক্রিয়া : $2Fe^{3+}(aq) + 2Cl^-(aq), \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + Cl_2(g)$

কোষের e.m.f, $E^0_{cell} = E^0_{\text{ডান}} - E^0_{\text{বাম}}$

$= E^0_{Fe^{3+}/Fe^{2+}} - E^0_{Cl_2/Cl^-}$

$= + 0.770V - (+ 1.358V)$

$= - 0.588V$

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

$$2Fe^{2+}(aq) + Cl_2(g) \longrightarrow 2Fe^{3+}(aq) + 2Cl^-(aq)$$

সমাধানকৃত সমস্যা - ৪.২৫ : লঘু H_2SO_4 এসিড দ্রবণকে জিংক (Zn) ও কপার (Cu) ধাতুর মধ্যে কোন্ ধাতুর পাত্রে রাখা সম্ভব হবে ব্যাখ্যা কর।

দেয়া আছে, $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = - 0.76V$; $E_{Cu^{2+}/Cu} = + 0.34V$

সমাধান : আমরা জানি, H_2SO_4 দ্রবণে H^+ আয়ন থাকে। H^+ আয়নের প্রমাণ বিজারণ বিভব, $E^0_{H^+/\frac{1}{2}H_2} = 0.0V$

সুতরাং তিনটি তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভবের ক্রম হলো নিম্নরূপ :

$$E^0_{Zn^{2+}/Zn} < E^0_{H^+/\frac{1}{2}H_2} < E^0_{Cu^{2+}/Cu}$$

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

অপরদিকে, $E^0_{H^+/\frac{1}{2}H_2} < E^0_{Cu^{2+}/Cu}$ হওয়ায় H^+ আয়নকে Cu ধাতু বিজারিত করতে পারে না। অর্থাৎ H^+ আয়ন দ্বারা Cu জারিত হয় না। তাই Cu ধাতু লঘু H_2SO_4 দ্রবণে রিডক্স বিক্রিয়া মুক্ত থাকে। সুতরাং লঘু H_2SO_4 দ্রবণকে Cu ধাতুর পাত্রে রাখা যায়।

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.২৬ : লোহার পাত্রে $CuSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কি?

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

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

$$Fe(s)/FeSO_4(aq) \parallel CuSO_4(aq) / Cu(s)$$

অ্যানোড ক্যাথোড

এ কোষটির emf হলো, $E^0_{cell} - = E_{Cu^{2+}/Cu} - E_{Zn^{2+}/Zn}$

$= 0.34V - (-0.44)V$

$= +0,78V$

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

৪.৮.১ সিস্টেমের কোনো প্রক্রিয়ার স্বতঃফূর্ততার সাথে গিব্‌স-এর মুক্ত শক্তি হ্রাসের সম্পর্ক

Relation beween Spontaneous Process & Decrease of Gibb's Free Energy

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

∴ সিস্টেম + পরিবেশ = বিশ্ব (universe)

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

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

এনট্রপির সংজ্ঞা : কোনো সিস্টেমের কণাগুলোর (অণু, পরমাণু, আয়ন ইত্যাদির) বিশৃঙ্খলতার মাত্রা পরিমাপ করার জন্য যে 'তাপ গতীয় অপেক্ষক' বিবেচনা করা হয়, তাকে ঐ সিস্টেমের এনট্রপি বলে। এনট্রপিকে S অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

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

গিব্‌সের মুক্ত-শক্তির ব্যবহার : স্থির চাপ ও তাপমাত্রায় সংঘটিত কোনো **প্রক্রিয়ায় স্বতঃস্ফূর্ততা নির্ণয়ের জন্য গিব্‌স মুক্ত শক্তি ব্যবহৃত হয়।** স্থির চাপে, TK তাপমাত্রায় সিস্টেমের মোট শক্তি এনথালপি (H) এর সমান। তখন এনট্রপির মান S হলে, সিস্টেমের অলভ্য শক্তির মান হয় $T \times S$।

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

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

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

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

কোনো গ্যালভানিক কোষ বা তড়িৎ-রাসায়নিক কোষে জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার ফলে তড়িৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। কোষের উভয় তড়িৎদ্বারকে পরিবাহীর মাধ্যমে যুক্ত করলে **উচ্চ তড়িৎদ্বার-বিভব যুক্ত ক্যাথোড থেকে অ্যানোডের দিকে পরিবাহীর মাধ্যমে তড়িতের প্রবাহ ঘটে**। তখন তড়িৎ কোষটি বৈদ্যুতিক কাজ সম্পাদন করে।

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

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

তড়িৎ প্রবাহিতজনিত কোষের সর্বাধিক কাজ (W_{max}) = প্রবাহিত তড়িতের পরিমাণ × কোষের তড়িচ্চালক বল।

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

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

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

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

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

$-\Delta G^\circ = n\ F\ E^0_{cell}$

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

(১) ΔG° = ঋণাত্মক (– ve) হলে, তখন কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবে।

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

(২) ΔG° = ধনাত্মক (+ V) হলে, তখন কোষ বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত হবে না।

এ অবস্থায় E_{cell} এর ঋণাত্মক (– Ve) হতে হবে।

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

শিক্ষার্থীর কাজ : স্বতঃস্ফূর্ত কোষ বিক্রিয়াভিত্তিক গণনা :

সমস্যা ৪.২৯ : প্রমাণ অবস্থায় নিম্নোক্ত বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে কিনা, তা E° এর মান দ্বারা প্রমাণ কর।

$3\ Ni\ (s) + 2Al^{3+}(aq) \longrightarrow 3Ni^{2+}(aq) + 2Al(s)$ **উ:** $E^0_{cell} = -1.41V$; তাই বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্ত হবে না।

দেয়া আছে, $E^0_{Ni^{2+}/Ni} = 0.25V$, $E^0_{Al/Al^{3+}} \square + = +1.66$

সমস্যা-৪.৩০ : Zn^{2+}/Zn এবং Cu^{2+}/Cu এর বিজারণ বিভব যথাক্রমে $-0.76V$ ও $+0.34V$ হলে নিচের বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে কিনা যুক্তি দেখাও।

$Cu\ (s) + Zn^{2+}\ (aq) \longrightarrow Cu^{2+}\ (aq) + Zn(s)$ **[উ:** $E^0_{cell} = -1.1V$, স্বতঃস্ফূর্ত হবে না।]

সমস্যা-৪.৩১ : জিংক ধাতুর পাত্রে $FeSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কিনা; তা ব্যাখ্যা কর।

এক্ষেত্রে Zn/Zn^{2+}

$= +0.76V$ এবং $Fe/Fe^{2+} = +0.44V$ **[উ:** $E^0_{cell} = +0.32V$, তাই রাখা যাবে না।]

সমস্যা- ৪.৩১ (খ) : জিংক ধাতুর পাত্রে $NiSO_4$ এর দ্রবণকে দীর্ঘকাল সংরক্ষণ করা যাবে কীনা, তা গাণিতিকভাবে মূল্যায়ন কর। $E^0_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25V; E_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$] [য. বো. ২০১৬ সি. বো. ২০১৬]

[উঃ $E_{cell} = +0.51V$, তাই রাখা যাবে না।]

সমস্যা- ৪.৩১ (গ) তামা বা কপার ধাতুর পাত্রে $MgSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কি? যুক্তি দাও।

দেয়া আছে, $E^0_{red}, Cu^{2+}/Cu = +0.34$ V; $E^0_{red}, Mg^{2+}/Mg = -2.3$V

[**উত্তর সংকেত :** কপার ধাতুর বিজারণ বিভব ম্যাগনেসিয়ামের চেয়ে বেশি অর্থাৎ কপার খাতুর জারণ বিভব Mg ধাতুর চেয়ে কম; তাই Cu পরমাণু থেকে ইলেকট্রন Mg^{2+} আয়নে যাবে না। সুতরাং কোন স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়া ঘটবে না। এক্ষেত্রে $E_{কোষ} = -2.64$ V। তাই স্বতঃস্ফূর্ত কোষ বিক্রিয়া ঘটবে না। তাই কপার ধাতুর পাত্রে $MgSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে।]

সমস্যা-৪.৩১ (ঘ) কপার ধাতুর পাত্রে $FeSO_4$ দ্রবণ রাখা যাবে কি?

দেয়া আছে $E^0_{Cu/Cu^{2+}} = -0.34$ V এবং

$E^0_{Fe/Fe^{2+}} = +0.44$ V

[**উত্তর সংকেত :** ৪.৩১ (গ) নং প্রশ্নের যুক্তির মত।]

সমস্যা- ৪.৩১ (ঙ) : $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$; এ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে কি?

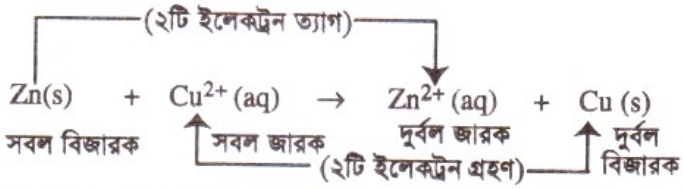
দেয়া আছে, Zn^{2+}/Zn এবং Cu^{2+}/Cu তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব হলো যথাক্রমে –0.76V এবং + 0.34V

[উঃ $E_{cell} = +1.1$V, বিক্রিয়া স্বতঃস্ফূর্ত ঘটবে।]

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

Red-Ox Reaction, Cell Potentials & Standard Cell Potentials

(১) রিডক্স (Red-Ox) বিক্রিয়া : প্রত্যেক রিডক্স বিক্রিয়া হলো দু'টি অর্ধবিক্রিয়ার সমষ্টি। এর প্রত্যেক পার্শ্বে একটি বিজারক ও একটি জারক উপাদান থাকে। যেমন জিংক-কপার বিক্রিয়ায় Zn ও Cu উভয়ই হলো বিজারক এবং Cu^{2+} আয়ন ও Zn^{2+} আয়ন হলো উভয় জারক। সবল বিজারক ও সবল জারক স্বতঃস্ফূর্তভাবে পরস্পর বিক্রিয়ায় যথাক্রমে দুর্বল জারক ও দুর্বল বিজারকে পরিণত হয়। যেমন–



জেনে নাও : এক্ষেত্রে এসিড-ক্ষারক কেমিস্ট্রির মিল রয়েছে। সবল এসিড ও সবল ক্ষারক স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিক্রিয়ায় যথাক্রমে দুর্বল ক্ষারক ও দুর্বল এসিড তৈরি করে। তখন কনজুগেট বা অনুবন্ধী অম্ল-ক্ষারকের মধ্যে একটি প্রোটনের পার্থক্য থাকে। তখন এসিডে বেশি প্রোটন থাকে; কিন্তু ক্ষারকে প্রোটন থাকে না। Red-Ox যুগলের বেলায় যেমন Zn ও Zn^{2+} আয়নের ক্ষেত্রেও এক বা একাধিক ইলেকট্রনের পার্থক্য থাকে। তখন বিজারিত উপাদানে (Zn) বেশি ইলেকট্রন থাকে; কিন্তু জারিত উপাদানে (Zn^{2+}) তা থাকে না। এসিড-ক্ষারক বিক্রিয়ায়, K_a ও K_b এর মান জেনে এসিড-ক্ষারকের সবলতা তুলনা করা হয়। অনুরূপভাবে Red-Ox বিক্রিয়ায় বিজারণ বিভব E^o এর মান জেনে জারক ও বিজারক তুলনা করা হয়।

সারণি-৪.৪ এ দেয়া তড়িৎদ্বারসমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব (E^o) এর মান থেকে জানা যায়, অধিক সবল জারক (সারণির বাম দিকের ক্যাটায়ন) এর অর্ধবিক্রিয়ার E^o এর মান তুলনামূলক বেশি (বেশি ধনাত্মক অথবা কম ঋণাত্মক) থাকে। অপরদিকে, অধিক সবল বিজারক (সারণির ডান দিকের ধাতু) এর অর্ধবিক্রিয়ার E^o এর মান তুলনামূলক কম (কম ধনাত্মক অথবা বেশি ঋণাত্মক) থাকে। সুতরাং 'প্রমাণ বিজারণ বিভব'-এর সারণি-৪.৪ অনুসারে, কোনো বিজারক (ডান দিকের) ও এর নিচে স্থান প্রাপ্ত জারক (বাম দিকে) এর মধ্যে স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়া ঘটবে ($E^o_{cell} > 0$)।

অপর কথায়, তড়িৎ কোষে স্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়ার জন্য অধিক সবল বিজারক (অ্যানোডরূপে) নিতে হবে সারণির ডানদিকে ওপর থেকে এবং জারক (ক্যাথোডরূপে) নিতে হবে সারণির বামদিকে নিচের থেকে। যেমন, Zn (ডান দিকে ওপরে) ও Cu^{2+} আয়ন (বাম দিকে নিচে) এর মধ্যে স্বতঃস্ফূর্ত কোষ বিক্রিয়া ঘটবে।

(২) কোষ বিভব : কোষ বিভবের সংজ্ঞা : কোনো তড়িৎ কোষে অ্যানোড বা ঋণাত্মক ইলেকট্রোড থেকে যে বিকর্ষণ বল দ্বারা ঋণাত্মক ইলেকট্রনসমূহ বিকর্ষিত হয়ে ক্যাথোডে বা ধনাত্মক ইলেকট্রোডের দিকে ধাবিত হয়, তাকে ঐ কোষের **বিভব বা emf** বলে। গাণিতিকভাবে, কোষ বিভব বা কোষের emf (E_{cell}) হলো অ্যানোডের জারণ বিভব ও ক্যাথোডের বিজারণ বিভব মানের সমষ্টির সমান।

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

কোষের emf তড়িৎদ্বারের ধাতুর (i) প্রকৃতি, (ii) দ্রবণে আয়নের ঘনমাত্রা ও (iii) দ্রবণের তাপমাত্রার ওপর নির্ভর করে। তাই তড়িৎদ্বারে 1.0 M দ্রবণ ও তাপমাত্রা 25°C স্থির রেখে তড়িৎদ্বারসমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব নির্ণয় করা হয়েছে (সারণি-৪.৪)।

(৩) প্রমাণ কোষ বিভব: প্রমাণ কোষ বিভবের সংজ্ঞা : প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বিশিষ্ট দুটি অর্ধকোষ সমন্বয়ে তৈরি করা তড়িৎ কোষের ক্যাথোড ও অ্যানোডের প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিজারণ বিভবের পার্থক্যের মানকে তড়িৎ কোষটির **প্রমাণ কোষ বিভব বলে। প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব** বলতে প্রতিটি অর্ধকোষে 25°C তাপমাত্রায় ও 1M ঘনমাত্রার তড়িৎ বিশ্লেষ্যে থাকা তড়িৎ দ্বারে সৃষ্ট তড়িৎ বিভবকে বোঝায়। প্রমাণ কোষ বিভব (E^o_{cell}) কে গাণিতিকভাবে নিম্ন সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

$$E^0_{cell} = E^0_{\text{cathode (red)}} \; E^0_{\text{anode (red)}}$$

জিংক-কপার তড়িৎ কোষের বিভব হবে নিম্নরূপ :

$$E^0_{cell} = E^o_{Cu^{2+}/Cu} - E^0_{Zn^{2+}/Zn}$$
$$= [0.34 - (-0.76)]V \qquad \text{[সারণি-৪..৪ থেকে তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভব মান নেয়া]}$$
$$= [0.34 + 0.76]V = 1.10V$$

শিক্ষার্থীর কাজ : কোষ বিভব নির্ণয় : প্রমাণ জারণ ও বিজারণ বিভব থেকে :

সমস্যা-৪.৩২ : Zn/Zn^{2+} এবং Ag/Ag^+ তড়িৎদ্বারের প্রমাণ জারণ বিভব + 0.76V এবং – 0.80V। তড়িৎ কোষটির বিভব মান গণনা কর। [উ: 1.56V]

সমস্যা-৪.৩৩ : নিচের কোষটির প্রমাণ কোষ বিভব 0.92V এবং Al^{3+}/Al এর প্রমাণ বিভব –1.66V হলে Cr^{3+}/Cr এর প্রমাণ বিজারণ বিভব কত হবে? Al (s)/Al^{3+} (aq) । Cr^{3+} (aq)/Cr (s)। [উ: –0.74V]

সমস্যা-৪.৩৪ : নিচের রাসায়নিক কোষটির কোষ বিভব গণনা কর।

$Mg(s)/Mg^{2+}(aq) \; | \; Cu^{2+}(aq)/Cu(s)$

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

জেনে নাও :

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

নেগেটিভ ইলেকট্রোড থেকে ইলেকট্রন স্বতঃস্ফূর্তভাবে পজিটিভ ইলেকট্রোডে প্রবাহিত হয় অর্থাৎ ইলেকট্রন প্রবাহ অধিকতর পজিটিভ তড়িৎ বিভবের ইলেকট্রোডমুখী হয়। তাই কোষ বিক্রিয়ার স্বতঃস্ফূর্ততা হলো ধনাত্মক কোষ বিভব অর্থাৎ

$E_{cell} > 0$।

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

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

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

কয়েকটি গ্যালভানিক বা ভোল্টায়িক কোষের কোষ বিভব হলো নিম্নরূপ :

(১) শুষ্ক কোষ বা ড্রাই ব্যাটারি (ফ্লাশ লাইট) : 1.50V
(২) লেড-এসিড কার ব্যাটারি (6 সেল =12V) : 2.00V
(৩) ক্যালকুলেটর ব্যাটারি (মার্কারি) : 1.30V
(৪) ক্যালকুলেটর সিলভার বাটন ব্যাটারি : 1.60V
(৫) লিথিয়াম-আয়ন ল্যাপটপ ব্যাটারি : 3.70V
(৬) হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল ব্যাটারি : 1.23V

নিকেল-অক্সাইড সঞ্চয়ী কোষ : 1.35 V

৪.১০ তড়িৎদ্বার ও কোষের বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট সমীকরণ

Nernst Equation Related to EMF of Electrodes & Cell

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

$$E_{Zn^{2+}/Zn} = E^0_{Zn^{2+}/Zn} + \frac{RT}{2F} \ln [Zn^{2+}(aq)]$$

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

MCQ-4.8: সক্রিয়তা সিরিজ মতে নিচের কোন্‌টি সঠিক? [ব. বো. ২০১৫]
(ক) Al > Ni (খ) Zn > Mg
(গ) Fe > Na (ঘ) Cu > Sn

ডেনিয়েল কোষ বিক্রিয়াটি হলো : $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \xrightarrow[\text{or, } 2F]{2e^-} Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

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

$$\therefore E_{cell} = \{E^{o}_{Cu^{2+}/Cu} + \frac{RT}{2F} \ln [Cu^{2+}(aq)]\} - \{E^{0}_{Zn^{2+}/Zn} + \frac{RT}{2F} \ln [Zn^{2+}(aq)]\}$$

$$= \left\{E^{o}_{Cu^{2+}/Cu} - E^{0}_{Zn^{2+}/Zn}\right\} + \frac{RT}{2F} \ln \frac{[Cu^{2+}(aq)]}{[Zn^{2+}(aq)]}$$

$$\therefore E_{cell} = E^{0}_{cell} - \frac{2.303RT}{2F} \log \frac{[Zn^{2+}(aq)]}{[Cu^{2+}(aq)]} \; ;$$

(ক) তড়িৎ কোষ বিভবের নার্নষ্ট সমীকরণ :

যে কোনো কেলভিন তাপমাত্রা (T) এবং অর্ধকোষদ্বয়ের তড়িৎবিশ্লেষ্যের যে কোনো মোলার ঘনমাত্রা সহকারে তৈরি করা তড়িৎ কোষের বিভব (E) এর সাথে প্রমাণ অবস্থায় ঐ অর্ধকোষ দ্বারা সৃষ্ট প্রমাণ কোষ বিভব (E°) এর সম্পর্কযুক্ত এক সমীকরণ **রসায়নবিদ নার্নস্ট** প্রতিষ্ঠা করেন। **কোষ বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট সমীকরণটি নিম্নরূপ :**

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

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

$$\therefore E_{cell} = E^{0}_{cell} - \frac{0.0592V}{n} \times \log Q$$

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

ডেনিয়েল কোষের বিক্রিয়া $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \xrightarrow[or,\ 2F]{2e^{-}} Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

∴ নার্নস্ট সমীকরণ মতে, $E_{cell} = E^{0}_{cell} - \frac{0.0592V}{2} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$; এখানে, $Q = \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$

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

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

প্রমাণ অবস্থায় ডেনিয়েল কোষের বিভব, $E^{\circ}_{cell} = 1.10V$।

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

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

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

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

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

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

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

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

MCQ-4.9: কোষের emf নির্ভর করে- [চ. বো. ২০১৫]
(i) আয়নের ঘনমাত্রার ওপর
(ii) গ্যাসের চাপের ওপর
(iii) ইলেকট্রোডের বিভব মানের ওপর
কোনটি সঠিক হবে?
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii
(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

* তড়িৎ রাসায়নিক কোষের উভমুখী সাধারণ বিক্রিয়াকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা যায় :

$$xA\ (s) + yB^{+}\ (aq) \overset{ne^-}{\rightleftharpoons} xA^{+}\ (aq) + yB\ (s)$$

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

$$E_{cell} = E^0_{cell} - \frac{2.303RT}{nF} \log \frac{[A^+]^x}{[B^+]^y}$$; [প্রমাণ অবস্থায় কঠিন পদার্থের সক্রিয়তা = 1; তাই শুধু উৎপাদ ও বিক্রিয়কের আয়নের ঘনমাত্রা বিবেচ্য]। এক্ষেত্রে, E_{cell} = কোষ বিভব (অপ্রমাণ অবস্থায়) ; E^0_{cell} = কোষের প্রমাণ বিভব; $R = 8.314\ JK^{-1}\ mol^{-1}$, T = কেলভিন তাপমাত্রা;

n = প্রতি মোল বিক্রিয়ায় স্থানান্তরিত ইলেকট্রনের মোলসংখ্যা; F = 96500C, [ ] = মোলার ঘনমাত্রা।

জেনে নাও :

**** অর্ধকোষের তড়িৎদ্বার বিভব সম্পর্কিত নার্নস্টের সমীকরণ :**

(১) তড়িৎদ্বারে জারণ ক্রিয়া সংঘটিত হলে, তখন IUPAC নিয়ম মতে তড়িৎদ্বারের জারণ বিভবের মান অর্ধকোষের তড়িৎদ্বার বিভব প্রকাশ করা হয়। যেমন, একটি অর্ধকোষের জারণ বিক্রিয়া :

$$M_1 \longrightarrow M_1^{n+} + ne^- \ldots\ldots\ldots (1)$$

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

IUPAC নিয়ম মতে ধাতুর সক্রিয় ভর $M_1 = 1$ ধরা হয়। তখন 25°C তাপমাত্রায়-

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

যেহেতু $E_{red} = -E^0_{ox}$ হয়, $\therefore E_{red} = -E_{ox} = -E^0_{ox} + \frac{0.0592V}{n} \log [M_1^{n+}]$

$\therefore E_{red} = E^0_{red} + \frac{0.0592V}{n} \log [M_1^{n+}]$

(২) $Zn/Zn^{2+} \parallel H^+/H_2, Pt$ কোষের EMF গণনায় নার্নস্টের সমীকরণ :

অ্যানোডে জারণ : $Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ : $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

কোষ বিক্রিয়া : $Zn + 2H^+ \longrightarrow Zn^{2+} + H_2$

$\therefore E_{cell} = E^0_{cell} - \frac{0.0592V}{2} \log \frac{[Zn^{2+}] \times P_{H_2}}{[H^+]^2}$; P_{H_2} = atm এককে H_2 এর চাপ।

সমাধানকৃত সমস্যা– ৪.২৭ : 25°C তাপমাত্রায় 0.5M $ZnSO_4$ দ্রবণে Zn তড়িৎদ্বার ডুবালে তখন ঐ তড়িৎদ্বারের বিভব কত হবে নির্ণয় কর। $[E^0_{Zn/Zn^{2+}} = +0.76V]$

সমাধান : নার্নস্টের তত্ত্ব মতে, Zn দন্ডটি Zn^{2+} আয়নের দ্রবণে ডুবালে জারণ ক্রিয়া ঘটবে।

$$Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$$

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

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

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

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.২৮ : 25°C তাপমাত্রায় নিচের কোষটির কোষ বিভব গণনা কর।

$$Ni(s)/Ni^{2+}(0.1M) \parallel Ag^+ (0.2M) / Ag(s)$$

দেয়া আছে, $E^0_{Ni^{2+}/Ni} = -0.25V$; $E^0_{Ag^+/Ag} = +0.80V$

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

সমাধান : নার্নস্টের সমীকরণ মতে তড়িৎ কোষের কোষ বিভব সমীকরণ :

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

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ:

অ্যানোডে জারণ : $Ni(s) \longrightarrow Ni^{2+}(aq) + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ : $2Ag^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2Ag(s)$

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

এক্ষেত্রে, $n = 2$, [উৎপাদ আয়ন] $= [Ni^{2+}] = 0.1M$ (প্রশ্নমতে)

[বিক্রিয়ক আয়ন] = $[Ag^+] = 0.2M$ (প্রশ্নমতে)

$$\therefore E_{cell} = E^0_{cell} - \frac{0.0592V}{2} \log \frac{[Ni^{2+}]}{[Ag^+]^2} \; ; E_{cell} = E^0_{cathode} - E^0_{anode} - 0.029\ V \log \frac{0.1}{(0.2)^2}$$

$$\therefore E_{cell} = [0.80 - (-0.25)]V - 0.0296V \times (-0.3979)$$

$$= 1.05V + 0.011777V = 1.062V$$

∴ কোষটির বিভব হলো 1.062V (উত্তর)

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.২৯ : 25°C তাপমাত্রায় নিচের কোষটির কোষ বিভব (emf) গণনা কর।

$$Cd/Cd^{2+}\ (0.02M) \parallel H^+\ (0.2M) / H_2\ (0.5\ atm), Pt$$

দেয়া আছে, $E_{Cd^{2+}/Cd} = -0.402V$

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

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

$$E_{cell} = E^0_{cell} - \frac{0.0592V}{n} \log \frac{[Cd^{2+}] \times P_{H_2}}{[H^+]^2}$$

P_{H_2} = atm এককে H_2 এর চাপ

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ :

অ্যানোডে জারণ : $Cd \longrightarrow Cd^{2+} + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ : $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $Cd + 2H^+ \xrightarrow{2e^-} Cd^{2+} + H_2$

এক্ষেত্রে, n = 2, $[Cd^{2+}] = 0.02M$, $[H^+] = 0.2M$, $P_{H_2} = 0.5$ atm

$E^0_{Cd^{2+}/Cd} = -0.402V$, $E^0_{2H+/H_2} = 0.0V$

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

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

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

∴ কোষটির বিভব মান হলো = 0.41982V (উত্তর)

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.৩০ : 25°C তাপমাত্রায় নিচের কোষটির কোষ বিভব গণনা কর।

$$Cr(s)/Cr^{3+}\ (0.3M) \parallel Cu^{2+}\ (0.15\ M)/Cu(s)$$

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

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

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

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

সংশ্লিষ্ট বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ :

অ্যানোডে জারণ : $Cr(s) \longrightarrow Cr^{3+}(aq) + 3e^- \ldots\ldots \times 2$

ক্যাথোডে বিজারণ : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s) \ldots\ldots \times 3$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $2Cr(s) + 3\,Cu^{2+}(aq) \xrightarrow{6e^-} 2Cr^{3+}(aq) + 3Cu(s)$

এক্ষেত্রে, $n = 6$, $[Cr^{3+}] = 0.3M$, $[Cu^{2+}] = 0.15M$

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

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

∴ কোষটির বিভব মান = 1.066V **(উত্তর)**

সমাধানকৃত সমস্যা-৪.৩১ : নিচের ডেনিয়েল কোষটির কোষ বিভব গণনা কর।

$Zn/ZnSO_4\,(0.1M \parallel CuSO_4\,(0.05M)/Cu$

25°C-এ $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$ এবং $E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34V$

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

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

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

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

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

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

তাপমাত্রা, $T = (25 + 273) = 298\ K$

$E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34V$ (প্রশ্নে দেয়া আছে)

ইলেকট্রনের মোলসংখ্যা, $n = 2$

$E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$ (প্রশ্নে দেয়া আছে);

বিদ্যুৎ চার্জ, $F = 96500C$

∴ মান বসিয়ে পাই;

কোষের তড়িচ্চালক বল, $E_{cell} = ?$

$$E_{cell} = 0.34V - (-0.76)V - \frac{2.303 \times 8.314 \times 298V}{2 \times 96500} \log \frac{0.10}{0.05}$$

$$= (1.10 - 0.02956 \times \log 2)V = (1.10 - 0.02956 \times 0.301)V$$

$$= (1.10 - 0.008897)V = 1.0911V$$

∴ এ কোষটির বিভব (EMF) = 1.0911V

শিক্ষার্থীর কাজ : কোষ বিভব নির্ণয় : নার্নষ্ট সমীকরণভিত্তিক গণনা :

সমস্যা-৪.৩৫ : নিচের রাসায়নিক বিক্রিয়ার তড়িৎ কোষটির কোষ বিভব গণনা কর।

$$Mg(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow Mg^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

এক্ষেত্রে $[Mg^{2+}] = 0.13M$ এবং $[Ag^+] = 1.0 \times 10^{-4}$ M। 25°C এ

$E_{Ag^+/Ag} = +0.80V$ এবং $E_{Mg^{2+}/Mg} = -2.36V$ [উ: 2.9495]

সমস্যা ৪.৩৬ : নিচের দেয়া কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষটির emf বের কর।

A/A^{3+} (0.05M)|| B^{3+} (0.01M)/B^{2+} $E^o_{A/A^{3+}} = 1.66V$; $E^o_{B^{2+}/B^{3+}} = +0.77V$ [উ: 2.3373V]

সমস্যা ৪.৩৭ : নিচের দেয়া কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষটির emf বের কর।

Al/Al^{3+} (0.1M)| Ag^+ (0.01M)/Ag ; $E^o_{Al^{3+}/Al} = -1.66V$; $E^o_{Ag^+/Ag} = +0.80V$ [উ: 2.361V]

সমস্যা ৪.৩৮ : নিচের দেয়া কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষটির emf গণনা কর। [ঢা. বো. ২০১৫]

Fe/Fe^{2+} (1.0M)|| Cu^{2+} (2.0M)/Cu ; $E^o_{Fe^{2+}/Fe} = 0.44V$; $E^o_{Cu^{2+}/Cu} = +0.34V$, T = 298K

[উ: 0.7889V]

সমস্যা ৪.৩৯ : নিচের দেয়া কোষ ডায়াগ্রাম মতে কোষটির emf গণনা কর। [সি. বো. ২০১৫]

A/A^{2+}|| B^{2+}/B ; $E^o_{A/A^{2+}} = +0.80V$; $E^o_{B/B^{2+}} = +0.40V$ [উ: 0.40V]

সমস্যা ৪.৪০ : 25°c তাপমাত্রায় নিম্নোক্ত কোষের emf গণনা কর।

(ক) $Al(s) / Al^{3+}$ (0.25M)|| Sn^{2+} (0.15M) /Sn(s) [রা. বো. ২০১৬]

দেয়া আছে, $E^0_{Al^{3+}/Al} = -1.66V$; $E^0_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14V$ [উ: 1.508 V]

(খ) $Cr(s)/Cr^{3+}$ (0.2M)|| Sn^{2+} (0.15M) /Sn(s)

দেয়া আছে, $E^0_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74$ V; $E^0_{Sn^{2+}/Sn} = -0.14V$ [উ: 0.589 V]

(গ) $Zn(s)/Zn^{2+}$ (0.25M)|| Au^{3+} (0.2M)/Au

দেয়া আছে, $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.76V$; $E^0_{Au^{3+}/Au} = +1.42V$ [উ: 2.184 V]

(ঘ) $Fe(s)/Fe^{2+}$ (0.2M)|| H^+ (0.2M)/H_2 (0.5 atm), Pt

দেয়া আছে, $E^0_{Fe^{2+}/Fe} = -0.44V$ [উ: 0.428V]

(ঙ) $Cr(s)/Cr^{3+}$ (0.05M)|| H^+ (0.25M)/H_2 (0.6 atm), Pt [উ: 0.7125V]

দেয়া আছে– $E^o_{Cr^{3+}/Cr} = -0.74V$

৪.১১ তড়িৎদ্বার ও এর প্রকারভেদ
Electrodes & Their Types

তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোড বলতে অর্ধকোষে নিমজ্জিত ধাতব পাত বা দণ্ডকে বোঝানো হয়। যেমন ডেনিয়েল কোষে ব্যবহৃত Zn দণ্ড ও Cu দণ্ড হলো ঐ কোষের দুটি তড়িৎদ্বার। এদেরকে অ্যানোড ও ক্যাথোড বলা হয়। এরা সক্রিয় তড়িৎদ্বার, কারণ কোষ বিক্রিয়ায় এরা ইলেকট্রন আদান প্রদান করে। এছাড়া H-তড়িৎদ্বারে নিষ্ক্রিয় তড়িৎদ্বাররূপে Pt তার ব্যবহৃত হয়। তবে এক্ষেত্রে তড়িৎদ্বার বলতে অর্ধকোষকে বোঝানো হয়েছে। অর্ধকোষসমূহ গঠন অনুসারে পাঁচ প্রকার।

(১) ধাতু ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ, (২) ধাতু ও ধাতুর অদ্রবণীয় লবণ অর্ধকোষ, (৩) ধাতু-অ্যামালগাম ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ, (৪) একই ধাতুর দুটি ভিন্ন আয়নের জারণ-বিজারণ অর্ধকোষ, (৫) গ্যাস অর্ধকোষ।

১। ধাতু ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ : এরূপ অর্ধকোষে কোনো ধাতুর সংস্পর্শে ঐ ধাতুর আয়নের দ্রবণ থাকে। এ প্রকার অর্ধকোষকে M/M^{2+} (aq) প্রতীক দ্বারা লেখা হয়। ডেনিয়েল কোষের অর্ধকোষ দুটি এ শ্রেণির উদাহরণ; যেমন- $Zn(s)/Zn^{2+}(aq)$: $Cu(s)/Cu^{2+}(aq)$

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

$M(s) \rightleftharpoons M^{n+}(aq) + ne^-$ $Cu(s) \rightleftharpoons Cu^{2+}(aq) + 2e^-$

২। ধাতু ও ধাতুর অদ্রবণীয় লবণ অর্ধকোষ : এরূপ অর্ধকোষে কোনো ধাতুকে এর কোনো অদ্রবণীয় লবণের মধ্যে ঢুকিয়ে রেখে ঐ অদ্রবণীয় লবণের অ্যানায়ন সম্বলিত একটি যৌগের দ্রবণ যোগ করা হয়। যেমন, Ag তারকে অদ্রবণীয় AgCl(s) এর মধ্যে ঢুকিয়ে রেখে এতে HCl বা, NaCl দ্রবণ যোগ করে সৃষ্ট অর্ধকোষটি হয় :

$Ag(s), AgCl(s)/Cl^-(aq)$। এ শ্রেণির ক্যালোমেল অর্ধকোষটি হলো : $Hg(l), Hg_2Cl_2(s)/Cl^-(aq)$

অ্যানোডরূপে ক্যালোমেল অর্ধকোষ বিক্রিয়া : $2Hg(l) + 2Cl^- \rightleftharpoons Hg_2Cl_2(s) + 2e^-$

ক্যাথোডরূপে ক্যালোমেল অর্ধকোষ বিক্রিয়া : $Hg_2Cl_2(s) + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg(l) + 2Cl^-(aq)$

৩। ধাতু-অ্যামালগাম ও ধাতুর আয়ন অর্ধকোষ : অধিক সক্রিয় ধাতু ও পারদের (Hg) মিশ্রণ দ্বারা তৈরি ধাতু-অ্যামালগাম দণ্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণে ডুবিয়ে এরূপ অর্ধকোষ তৈরি করা হয়। তবে অ্যামালগাম ব্যবহার করায় ধাতুটির জারণ দ্বারা ধাতব আয়নে রূপান্তর নিয়ন্ত্রিত হয়। যেমন-সোডিয়াম অ্যামালগাম অর্ধকোষ Na. $Hg(s)/Na^+(aq)$

এক্ষেত্রে অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো: $Na.Hg(s) \rightleftharpoons Na^+(aq) + e^- + Hg(l)$

৪। জারণ-বিজারণ অর্ধকোষ : কোন অবস্থান্তর ধাতুর দুটি ভিন্ন জারণ-সংখ্যা বিশিষ্ট দুটি লবণের দ্রবণে একটি নিষ্ক্রিয় ধাতুর (Pt বা Au) তার বৈদ্যুতিক পরিবাহীরূপে ডুবিয়ে এরূপ অর্ধকোষ তৈরি করা হয়। যেমন,

অর্ধকোষ :	**জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া :**
$Pt, Fe^{2+}(aq)/Fe^{3+}(aq)$	$Fe^{2+}(aq) \rightleftharpoons Fe^{3+}(aq) + e^-$
$Au, Sn^{2+}(aq)/Sn^{4+}(aq)$	$Sn^{2+}(aq) \rightleftharpoons Sn^{4+}(aq) + 2e^-$

৫। গ্যাস অর্ধকোষ : এরূপ অর্ধকোষে নিষ্ক্রিয় ধাতুর (Pt) তারকে H_2 বা Cl_2 গ্যাসের যৌগের দ্রবণে ডুবিয়ে রেখে 25°C ও 1 atm চাপে ঐ গ্যাসটিকে ঐ দ্রবণে বুদবুদ আকারে চালনা করা হয়। যেমন হাইড্রোজেন অর্ধকোষ।

অর্ধকোষ :

Pt, $H_2(g)$ (1atm)/H^+ (aq) (1M)

Pt, Cl_2 (g) (atm)/Cl^- (aq) (1M)

জারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া :

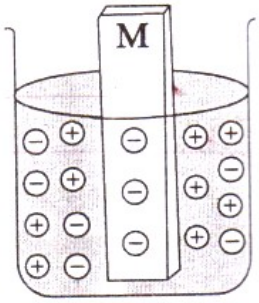
$H_2(g) \rightleftharpoons 2H^+(aq) + 2e^-$

$2Cl^-(aq) \rightleftharpoons Cl_2(g) + 2e^-$

৪.১২ ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠন

Metal-Metal-ion Electrode Formation

কোনো ধাতুর পাত বা দণ্ডকে ঐ ধাতুর লবণের দ্রবণে ডুবালে তখন ধাতব দণ্ডের কেলাসে থাকা ধাতুর আয়ন ল্যাটিস বা কেলাস জালি ত্যাগ করে ক্যাটায়নরূপে দ্রবণে প্রবেশের প্রবণতা দেখায়। একে **'দ্রবণ চাপ'** বলে। এ অবস্থায় ক্যাটায়নের চার্জের সমসংখ্যক ইলেকট্রন ধাতব দণ্ডে অতিরিক্ত থাকে। তাই ধাতব দণ্ডটি ঋণাত্মক চার্জযুক্ত হয়। ক্যাটায়নসমূহ পানি অণুর সাথে যুক্ত হয়ে হাইড্রেটেড আয়নরূপে থাকে। অপরদিকে লবণের দ্রবণে থাকা হাইড্রেটেড ক্যাটায়নসমূহ ধাতব দণ্ডে থাকা অতিরিক্ত ইলেকট্রন গ্রহণ করে ধাতব দণ্ডে পরমাণুরূপে যুক্ত হতে চায়। একে ক্যাটায়নের **'অসমোটিক চাপ'** বলে। এরূপ প্রবণতার ফলে কম সক্রিয় ধাতুর দণ্ডটি ধনাত্মক চার্জযুক্ত হতে পারে।



চিত্র ৪.১৬: ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার।

$M(s) \rightleftharpoons M^{n+}(aq) + n\bar{e}$

প্রতিটি তড়িৎদ্বারে ধনাত্মক আয়ন ও ধাতব পরমাণুর মধ্যে স্বতঃ জারণ-বিজারণ এ দুটি বিপরীতমুখী প্রবণতার পরিমাণ কখনো সমান হয় না। তাই ধাতব দণ্ড ও এর লবণের দ্রবণের ক্যাটায়নের মধ্যে একটি **তড়িৎ বিভব** সৃষ্টি হয়। এ বিভবকে **তড়িৎদ্বার বিভব** বলে। অধিক সক্রিয় ধাতুর বেলায় দ্রবণ চাপ বেশি ও অসমোটিক চাপ কম হয়। তখন তড়িৎদ্বারটি অ্যানোডরূপে কাজ করে; যেমন জিঙ্ক তড়িৎদ্বার। অপরদিকে, কম সক্রিয় ধাতুর বেলায় 'দ্রবণ চাপ' কম ও অসমোটিক চাপ বেশি হয়। ফলে তড়িৎদ্বারটি ক্যাথোডরূপে কাজ করে; যেমন কপার তড়িৎদ্বার।

শিক্ষার্থীর কাজ : **ব্যবহারিক (Practical)**

পরীক্ষা নং-১৬ **সময় : ১ পিরিয়ড**

তারিখ :

পরীক্ষার নাম : ধাতু-ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বার গঠন।

মূলনীতি : পরিষ্কার জিংক ধাতুর পাতকে জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4$) এর দ্রবণে ডুবালে জিঙ্ক ধাতুর পাত ও জিঙ্ক লবণের দ্রবণের সংযোগস্থলে Zn পরমাণু ও Zn^{2+} আয়নের মধ্যে রিডক্স বিক্রিয়ার ফলে তড়িৎ বিভব সৃষ্টি হয়। এরূপ Zn ধাতু ও Zn^{2+} আয়নের সমাবেশকে জিঙ্ক-জিঙ্ক আয়ন তড়িৎদ্বার বলা হয়। তদ্রুপ Cu ধাতুর পাত ও $CuSO_4$ দ্রবণের বেলায় Cu ধাতু ও Cu^{2+} আয়নের সমাবেশকে কপার-কপার আয়ন তড়িৎদ্বার বলে।

প্রয়োজনীয় উপকরণ :

(১) এক প্রান্তে ছিদ্র করা জিঙ্ক ধাতুর পাত বা দণ্ড, একটি (4 ইঞ্চি), (২) জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4$), (৩) এক প্রান্তে ছিদ্র করা কপার ধাতুর পাত বা দণ্ড—একটি (4 ইঞ্চি), (৪) কপার সালফেট ($CuSO_4$), (৪) পানি।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি :

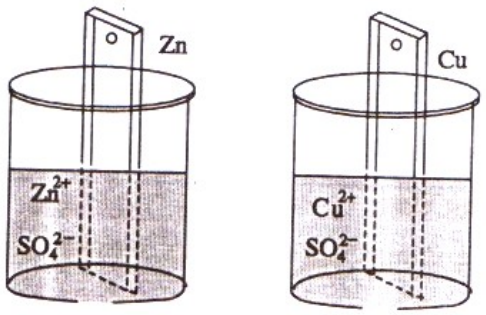
(১) বিকার-২টি (250 mL), (২) ব্যালেন্স, (৩) মেজারিং সিলিন্ডার 200–500 mL (৪) গ্লাস রড।

কাজের ধারা :

১। জিঙ্ক-তড়িৎদ্বার তৈরি করার জন্য 200 mL 0.1M $ZnSO_4$ দ্রবণ প্রস্তুত কর। এর জন্য 1 mol $ZnSO_4$ (=161.4g) এর এক-পঞ্চাশাংশ (1/50) পরিমাণ অর্থাৎ (161.4 ÷ 50) =) 3.23g $ZnSO_4$ পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স (বা 2-ডিজিট ব্যালেন্স)-এ মেপে নাও।

২। অনুরূপভাবে কপার-তড়িৎদ্বার তৈরি করার জন্য 200 mL 0.1M $CuSO_4$ দ্রবণ প্রস্তুত কর। এর জন্য 1 mol $CuSO_4$ (= 159.6g) এর এক-পঞ্চাশাংশ (1/50) পরিমাণ অর্থাৎ (159.6 ÷ 50 =) 3.20g $CuSO_4$ পল-বুঙ্গি ব্যালেন্স (বা 2 ডিজিট ব্যালেন্স)-এ মেপে নাও।

৩। প্রথম 250 mL বিকারে 3.23g $ZnSO_4$ নাও এবং দ্বিতীয় 250 mL বিকারে 3.20g $CuSO_4$ নাও। এখন প্রতিটি বিকারে মেজারিং সিলিন্ডার দ্বারা 200 mL পানি যোগ কর এবং গ্লাস রড দিয়ে নেড়ে $ZnSO_4$ লবণ দ্রবীভূত কর। এরপর গ্লাস রডটি ধুয়ে নাও এবং একইভাবে $CuSO_4$ দ্রবণটি তৈরি কর। লক্ষ কর $ZnSO_4$ দ্রবণটি বর্ণহীন; কিন্তু $CuSO_4$ দ্রবণটি হালকা নীল।



চিত্র ৪.১৭ : জিঙ্ক-জিঙ্ক আয়ন তড়িৎদ্বার (Zn/Zn^{2+}) ও কপার-কপার আয়ন তড়িৎদ্বার (Cu/Cu^{2+})

৪। এখন হালকা নীল বর্ণের $CuSO_4$ এর দ্রবণে কপার পাত বা কপার দণ্ডটি ডুবাও। বর্ণহীন $ZnSO_4$ এর দ্রবণে জিঙ্কের পাত বা জিঙ্ক দণ্ডটি ডুবাও। এরূপে জিঙ্ক ধাতু-জিঙ্ক আয়ন (Zn/Zn^{2+}) তড়িৎদ্বার এবং কপার ধাতু-কপার আয়ন (Cu/Cu^{2+}) তড়িৎদ্বার দুটি তৈরি হয়ে গেল।

৫। এ তড়িৎদ্বার দুটি সংরক্ষণ কর। পরবর্তী পরীক্ষার জন্য এ তড়িৎদ্বার দুটি ব্যবহার করা যাবে।

৪.১৩ রাসায়নিক কোষ গঠন করে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর

To Convert Chemical Energy into Electrical Energy by Forming a Cell

ভোল্টায়িক সেল বা গ্যালভানিক সেলে সংঘটিত স্বতঃস্ফূর্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া থেকে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। কোষ বিক্রিয়া মতে, উচ্চ শক্তির বিক্রিয়কসমূহ এবং নিম্নশক্তির উৎপাদসমূহের মধ্যে রাসায়নিক অভ্যন্তরীণ শক্তির পার্থক্য যত বেশি হয়, সে পরিমাণ রাসায়নিক অভ্যন্তরীণ শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। প্রতিটি ধাতু-ধাতব আয়ন অর্ধকোষের প্রমাণ বিজারণ বিভব নির্ণীত আছে। উভয় অর্ধকোষের প্রমাণ বিজারণ বিভব থেকে নিম্ন সমীকরণ মতে কোষ বিভব (E^o_{cell}) গণনা করা যায়। $E^o_{cell} = E^o_{cathode\ (red)} - E^o_{anode\ (red)}$

শিক্ষার্থীর কাজ : **ব্যবহারিক (Practical)**

পরীক্ষা নং-১৭ **সময় : ১ পিরিয়ড**

তারিখ : .....

পরীক্ষার নাম : কোষ গঠন করে রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর।

মূলনীতি : জিঙ্ক-জিঙ্ক আয়ন তড়িৎদ্বারকে অ্যানোডরূপে ও কপার-কপার আয়ন তড়িৎদ্বারকে ক্যাথোডরূপে লবণ সেতুর মাধ্যমে সংযোগ দিয়ে পরে অ্যানোড প্রান্তকে কপার তার দিয়ে ভোল্টমিটারের ঋণাত্মক প্রান্তে এবং ক্যাথোড প্রান্তকে ভোল্টমিটারের ধনাত্মক প্রান্তে সংযোগ করলে উভয় তড়িৎদ্বারে ধাতু-ধাতব আয়নের মধ্যে সংঘটিত রিডক্স বিক্রিয়ার নির্গত রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ বিদ্যুৎ প্রবাহ ভোল্টমিটারে শক্তি প্রকাশ করে; বিদ্যুৎ বালবে আলো দেয়।

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

বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া: (Cu^{2+}/Cu) : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

$(Zn, Zn^{2+} || Cu^{2+}, Cu)$ এর কোষ বিক্রিয়া : $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

প্রয়োজনীয় উপকরণ :

(১) জিঙ্ক তড়িৎদ্বার, (২) কপার তড়িৎদ্বার, (৩) লবণসেতু, (৪) কপার তার, (৫) ভোল্টমিটার, (৬) বিকার, (৭) তুলো, (৮) ত্রিকোণাকার ফাইল (file), (৯) কাচনল, (১০) বার্নার।

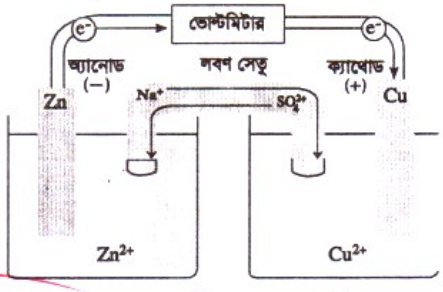
কাজের ধারা :

১। **লবণ সেতু তৈরি :** একটি কাচ নল নাও। বুনসেন বার্নারে কাচ নলটিকে উত্তপ্ত করে চিত্রের মতো U আকৃতির নল তৈরি কর।

২। সোডিয়াম সালফেট (Na_2SO_4) এর 100 mL 0.1M দ্রবণ তৈরি কর। এজন্য 1.5g Na_2SO_4 ওজন করে বিকারে নিয়ে 100 mL পানিতে দ্রবণ তৈরি কর। এখন U আকৃতির নলের মধ্যে ঐ 0.1M Na_2SO_4 দ্রবণ ঢেলে পূর্ণ কর এবং নলের দু'মুখে তুলোর প্যাড দিয়ে বন্ধ কর। লবণ সেতু তৈরি হয়ে গেল।

৩। **তড়িৎ কোষ গঠন :** আগের দিনের পরীক্ষায় (পরীক্ষা নং ১৬) তৈরি করা জিঙ্ক ধাতু-জিঙ্ক আয়ন তড়িৎদ্বার ও কপার ধাতু-কপার আয়ন তড়িৎদ্বার দুটির মধ্যে চিত্র মতে লবণ সেতু দিয়ে সংযোগ স্থাপন কর।

৪। চিত্র মতে জিঙ্ক তড়িৎদ্বারকে কপার তার দিয়ে ভোল্টমিটারের ঋণাত্মক প্রান্তে সংযোগ দাও এবং কপার তড়িৎদ্বারকে কপার তার দিয়ে ভোল্টমিটারের ধনাত্মক প্রান্তের সাথে সংযোগ দাও।



চিত্র ৪.১৮ : জিঙ্ক-কপার তড়িৎকোষ।

৫। এবার লক্ষ কর, ভোল্টমিটারে বিদ্যুৎ প্রবাহ ঘটেছে এবং 1.1V রেকর্ড হয়েছে। কিছুক্ষণ পর লক্ষ কর, জিঙ্ক তড়িৎদ্বারটিতে জারণ ক্রিয়ার ফলে এটি ক্ষয় হয়ে যাচ্ছে এবং কপার তড়িৎদ্বারটিতে

কপার পরমাণু জমা হয়ে আকারে বেড়ে ওঠছে। এক্ষেত্রে Cu^{2+} আয়ন বিজারিত হয়ে কপার তড়িৎদ্বারে জমা হয়েছে। সুতরাং তড়িৎ কোষে বিদ্যুৎ উৎপাদন Redox বিক্রিয়ার শক্তির পরিবর্তন বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়েছে।

৪.১৪ এক ও দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ

Electrochemical Cells with Single & Double Compartments

তড়িৎ কোষের প্রকারভেদ : তড়িৎ কোষ দুই প্রকারের হয়। যেমন,

(১) তড়িৎ রাসায়নিক কোষ (Electrochemical Cells) : এরা এক ও দ্বিপ্রকোষ্ঠবিশিষ্ট হতে পারে।

(২) তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ (Electrolytic Cell) : এরা এক প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট হয়ে থাকে।

তড়িৎ রাসায়নিক কোষের সংজ্ঞা : যে কোষে রাসায়নিক জারণ বিজারণ বিক্রিয়ার ফলে রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে পরিণত হয়, তাকে **তড়িৎ রাসায়নিক কোষ** বলে। এ ধরনের কোষকে গ্যালভানিক কোষ বা ভোল্টায়িক কোষও বলে। এ ধরনের কোষের উদাহরণ হলো– (১) ডেনিয়েল কোষ, (২) শুষ্ক কোষ বা ড্রাই সেল।

তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠনের দিক থেকে দুই শ্রেণিতে বিভক্ত। যেমন,

(১) এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ হলো শুষ্ক কোষ বা ড্রাইসেল।

(২) দুই প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ হলো গ্যালভানিক কোষ।

আবার রাসায়নিক কোষকে স্বতঃস্ফূর্ততার দিক থেকে দুই শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যেমন,

(১) প্রাইমারি কোষ বা প্রাথমিক কোষ; যেমন গ্যালভানিক কোষ, শুষ্ক কোষ।

(২) গৌণ বা সেকেন্ডারি কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ ; যেমন লেড-এসিড স্টোরেজ ব্যাটারি, নিকেল অক্সাইড সঞ্চয়ী কোষ।

প্রাইমারি কোষ : যে তড়িৎ রাসায়নিক কোষ নিজের রাসায়নিক শক্তি থেকে সরাসরি তড়িৎ বা বিদ্যুৎ উৎপন্ন করে তড়িৎ প্রবাহ বজায় রাখে, তাকে প্রাথমিক কোষ বা **প্রাইমারি কোষ** বলে। যেমন ডেনিয়েল কোষ, শুষ্ক কোষ।

সেকেন্ডারি কোষ বা সঞ্চয়ী কোষ : যে তড়িৎ রাসায়নিক কোষে বাইর থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিরূপে সঞ্চিত করা হয় এবং পরে ঐ রাসায়নিক শক্তিকে পুনরায় বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়, তাকে গৌণ বা **সেকেন্ডারি কোষ** বা **সঞ্চয়ী কোষ** বলে। যেমন লেড-এসিড স্টোরেজ ব্যাটারি।

(ক) দুই প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ : গ্যালভানিক কোষ

গ্যালভানিক কোষের সাধারণ গঠন ও কার্যপ্রণালি:

(১) গ্যালভানিক কোষে সাধারণত দুটি পাত্র ব্যবহৃত হয়। প্রতিটি পাত্রে একটি উপযুক্ত তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও একটি ধাতব তড়িৎদ্বার আংশিক নিমজ্জিত থাকে।

(২) প্রতিটি পাত্রে ব্যবহৃত তড়িৎ বিশ্লেষ্য ও অর্ধ নিমজ্জিত তড়িৎদ্বার সমন্বয়ে একটি **অর্ধকোষ** সৃষ্টি হয়। যেমন ডেনিয়েল কোষে অর্ধকোষ দুটি হলো $Zn(s)/ZnSO_4(aq)$ এবং $Cu(s)/CuSO_4(aq)$। জিংক তড়িৎদ্বার অ্যানোড ও কপার তড়িৎদ্বার ক্যাথোড রূপে কাজ করে।

(৩) অর্ধকোষ দুটিকে একটি লবণ সেতু (KCl দ্রবণ ভর্তি U টিউব) দ্বারা এবং তড়িৎদ্বার দুটিকে একটি পরিবাহী (যেমন কপার তার) দ্বারা যুক্ত করলে পরিবাহী তারের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ (ইলেকট্রন প্রবাহ) শুরু হয়। ডেনিয়েল

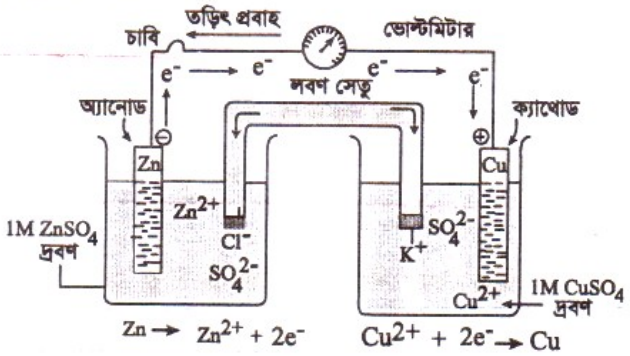
কোষে জিংক তড়িৎদ্বার থেকে মুক্ত ইলেকট্রন পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কপার তড়িৎদ্বারের দিকে দেখানো হয়। **কিন্তু বাস্তবে এবং প্রচলিত নিয়ম মতে বহির্বর্তনী দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ ক্যাথোড (Cu তড়িৎদ্বার) থেকে অ্যানোড (Zn তড়িৎদ্বার) এর দিকে ঘটে।**

(৪) তড়িৎ প্রবাহ চলাকালীন দুই অর্ধকোষের যেটিতে জারণ ঘটে, তাকে জারণ অর্ধকোষ (যেমন Zn তড়িৎদ্বার) এবং যে অর্ধকোষে বিজারণ ঘটে, তাকে বিজারণ অর্ধকোষ (যেমন Cu তড়িৎদ্বার)। জারণ অর্ধকোষ থেকে নির্গত ইলেকট্রন বিজারণ অর্ধকোষে শোষিত হয়।

(৫) এরূপে তড়িৎ রাসায়নিক কোষে জারণ-বিজারণ দ্বারা রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। নিচে গ্যালভানিক কোষের উদাহরণ স্বরূপ ডেনিয়েল কোষের গঠন ও কার্য প্রণালি বর্ণনা করা হলো।

ডেনিয়েল কোষের গঠন ও কার্যপ্রণালি :

কোষের গঠন : ডেনিয়েল কোষে দুটি অর্ধকোষের জন্য দুটি বিকার ব্যবহার করা হয়। একটি বিকারে 1.0M $ZnSO_4$ দ্রবণ নিয়ে এর মধ্যে একটি Zn দণ্ড আংশিকভাবে ডোবানো হয়। অপর বিকারে 1.0M $CuSO_4$ দ্রবণ নিয়ে এর মধ্যে একটি Cu দণ্ড আংশিকভাবে ডোবানো হয়। উভয় বিকারের দ্রবণে একটি লবণ সেতু উল্টোভাবে ডুবিয়ে দ্রবণ দুটির মধ্যে সংযোগ করা হয়। এবার Cu ধাতু ও Zn ধাতুর দণ্ড দুটিকে কপার তার দ্বারা একটি ভোল্ট মিটার ও চাবির মাধ্যমে যুক্ত করা হয়। এখন কোষটিতে **রিডক্স বিক্রিয়া** চলতে থাকবে।



চিত্র ৪.১৯ : ডেনিয়েল কোষ

ডেনিয়েল কোষের কার্যপ্রণালি :

ডেনিয়েল কোষে $Zn/ZnSO_4$ অর্ধকোষটি জারণ অর্ধকোষ এবং $CuSO_4/Cu$ অর্ধকোষটি বিজারণ অর্ধকোষ।

জারণ অর্ধকোষে বিক্রিয়া : জারণ অর্ধকোষে Zn দণ্ডের Zn পরমাণু দুটি করে ইলেকট্রন Zn দণ্ডে রেখে Zn^{2+} আয়নরূপে $ZnSO_4$ দ্রবণে দ্রবীভূত হতে থাকলে Zn দণ্ডটি ক্ষয় প্রাপ্ত হয়। তখন Zn পরমাণুর জারণ ঘটে। Zn দণ্ডটি তড়িৎ কোষের অ্যানোড রূপে কাজ করে।

অ্যানোডে জারণ বিক্রিয়া : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

অ্যানোডে জমাকৃত ইলেকট্রন পরিবাহী দিয়ে ক্যাথোড বা Cu দণ্ডের দিকে প্রবাহিত হবে।

বিজারণ অর্ধকোষে বিক্রিয়া : বিজারণ অর্ধকোষে $CuSO_4$ দ্রবণের Cu^{2+} আয়ন Cu দণ্ডে আগত ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে কপার দণ্ডে জমা হতে থাকে। তখন Cu দণ্ডটির ভর বৃদ্ধি পায়। কপার দণ্ডটি থেকে Cu^{2+} আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করায় Cu দণ্ডটিতে ইলেকট্রন শোষিত হয়। তাই Cu-দণ্ডটি ক্যাথোড রূপে কাজ করে।

ক্যাথোডে বিজারণ বিক্রিয়া : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

ডেনিয়েল কোষে সংঘটিত কোষ বিক্রিয়া :

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

বিজারণ অর্ধকোষ বিক্রিয়া : $Cu(s) + 2e^- \longrightarrow Cu(s)$

মোট কোষ বিক্রিয়া : $Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s)$

ডেনিয়েল কোষের কোষ বিভব : যেহেতু এক্ষেত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঘনমাত্রা 1M আছে, সেহেতু 25°C তাপমাত্রায় কোষটির ভোল্টমিটারে 1.1V প্রদর্শিত হবে।

ডেনিয়েল কোষে লবণ সেতুর ভূমিকা :

(১) লবণ সেতুটি দুটি অর্ধকোষের মধ্যে সংযোগ স্থাপন করে একটি পূর্ণ কোষ গঠন করেছে।

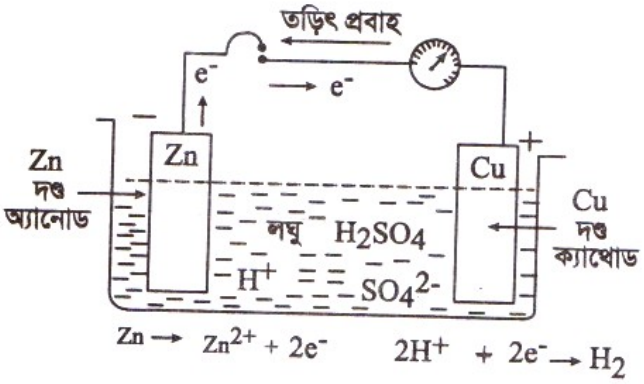
(২) কোষ বিক্রিয়া চলতে থাকলে, তখন অ্যানোডে $ZnSO_4$ এর দ্রবণে Zn পরমাণু Zn^{2+} আয়নরূপে দ্রবীভূত হওয়ার কারণে ধনাত্মক Zn^{2+} আয়নের ঘনমাত্রা ঋণাত্মক SO_4^{2-} আয়নের ঘনমাত্রার চেয়ে বেশি থাকে।

অপর দিকে ক্যাথোডে $CuSO_4$ দ্রবণে Cu^{2+} আয়ন বিজারিত হয়ে Cu পরমাণু রূপে Cu দণ্ডে জমা হওয়ায় ঐ দ্রবণে ধনাত্মক Cu^2 আয়নের তুলনায় ঋণাত্মক SO_4^{2-} আয়নের ঘনমাত্রা বেশি থাকে। এর ফলে অ্যানোডে ধনাত্মক চার্জযুক্ত আয়নের এবং ক্যাথোডে ঋণাত্মক চার্জযুক্ত আয়নের ঘনমাত্রা বেশি হয়। তখন উভয় তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণে তড়িৎ-নিরপেক্ষতা থাকে না। তাই তড়িৎ বিশ্লেষ্য দুটিতে **তড়িৎ নিরপেক্ষতা স্থির রাখার** জন্য লবণ সেতুর মধ্যে থাকা তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের ঋণাত্মক আয়ন (যেমন Cl^- আয়ন) অ্যানোডের দ্রবণে এবং এর ধনাত্মক আয়ন (যেমন K^+ আয়ন) ক্যাথোডের দ্রবণে প্রবেশ করে। ফলে উভয় তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তড়িৎ নিরপেক্ষতা বজায় থাকে।

(৩) লবণ সেতু কোষের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মধ্যে তড়িৎ নিরপেক্ষতা বজায় রেখে তড়িৎ প্রবাহ অক্ষুণ্ন রাখতে সাহায্য করেছে।

(খ) এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ : সরল ভোল্টায়িক কোষ :

কোষের গঠন : (১) সরল ভোল্টায়িক কোষে (Simple Voltaic Cell-এ) একটি মাত্র পাত্র যেমন একটি বিকার ব্যবহার করা হয়। (২) বিকারের মধ্যে একটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য যেমন লঘু H_2SO_4 দ্রবণ নিয়ে ঐ দ্রবণে দুটি তড়িৎদ্বার যেমন Zn দণ্ড ও Cu দণ্ডকে আংশিক নিমজ্জিত করে রাখা হয়। (৩) এরপর ঐ তড়িৎদ্বার দুটিকে পরিবাহী তার (যেমন Cu তার) দ্বারা যুক্ত করলে এক প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠিত হয়।



চিত্র : ৪.২০ সরল ভোল্টায়িক কোষ

কোষের কার্য-প্রণালি : সরল ভোল্টায়িক কোষে Zn/H^+ অর্ধকোষটি জারণ অর্ধকোষ এবং H^+/Cu অর্ধকোষটি বিজারণ অর্ধকোষরূপে কাজ করে।

জারণ অর্ধ কোষে বিক্রিয়া : লঘু H_2SO_4 এসিড জলীয় দ্রবণে আয়নিত হয়ে H^+ আয়ন ও SO_4^{2-} আয়নরূপে থাকে

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

এসিড দ্রবণে H^+ আয়নের সংস্পর্শে Zn দণ্ডের Zn পরমাণু দুটি করে ইলেকট্রন Zn. দণ্ডে রেখে Zn^{2+} আয়নরূপে এসিড দ্রবণে দ্রবীভূত হয়। তখন Zn পরমাণুর জারণ ঘটে এবং Zn দণ্ডটি অ্যানোডরূপে কাজ করে।

অ্যানোডে জারণ : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

অ্যানোডে জমাকৃত ইলেকট্রন পরিবাহী দিয়ে ক্যাথোড বা Cu দণ্ডের দিকে প্রবাহিত হয়।

বিজারণ অর্ধকোষে বিক্রিয়া : বিজারণ অর্ধকোষে লঘু H_2SO_4 এসিড দ্রবণের H^+ আয়ন Cu দণ্ডে আগত ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়ে প্রথমে H পরমাণু এবং পরে H_2 অণু রূপে মুক্ত হয়। যেহেতু Cu দণ্ডে ইলেকট্রন শোষিত হয়, সেহেতু Cu দণ্ড ক্যাথোডরূপে কাজ করে।

ক্যাথোডে বিজারণ : $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

কোষের সামগ্রিক বিক্রিয়া :

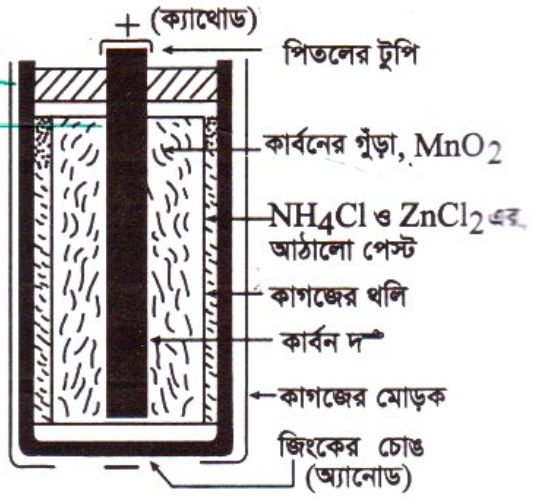
অ্যানোডে জারণ : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ : $2H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow H_2(g)$

মোট কোষ বিক্রিয়া : $Zn(s) + 2H^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$

(গ) এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট শুষ্ক কোষ বা ড্রাই সেল (Dry Cell)

শুষ্ক কোষ হলো একটি প্রাথমিক কোষ বা প্রাইমারি সেল, যা লেকল্যান্স বিদ্যুৎ কোষের একটি ভিন্ন রূপ। এ বিশেষ লেক্ল্যান্স কোষে বিদ্যুৎ উত্তেজক হিসেবে NH_4Cl এর পেস্ট এবং ক্যাথোডের গায়ে H_2 গ্যাস দ্বারা পোলারন বা ছদন নিবারক হিসেবে জারকরূপে কঠিন ম্যাঙ্গানিজ ডাই অক্সাইড (MnO_2) ব্যবহৃত হয় বলে একে **শুষ্ক কোষ** বলে।



চিত্র : ৪.২১ শুষ্ক কোষ

কোষের গঠন : শুষ্ক বিদ্যুৎ কোষে জিংক অর্থাৎ দস্তার তৈরি একটি একমুখ বদ্ধ ফাঁপা চোঙকে বহিঃপাত্র হিসেবে ব্যবহার করা হয় যা ঋণাত্মক পাত বা অ্যানোড হিসেবে কাজ করে। চোঙটিকে একটি কাগজের মোড়কে ঢেকে রাখা হয়। এ চোঙের ঠিক মাঝখানে একটি কার্বন দণ্ড (কোষের নিষ্ক্রিয় তড়িৎদ্বার রূপে) কোষের ধনাত্মক পাত বা ক্যাথোড হিসেবে কাজ করে। কার্বন দণ্ডের মাথায় একটি পিতলের টুপি থাকে। এ কার্বন দণ্ডটি আলকাতরাযুক্ত কাগজের উপর খাড়াভাবে বসানো থাকে, ফলে কার্বন দণ্ড থেকে দস্তার কণা

চোঙ বিচ্ছিন্ন থাকে। এর চারপাশে কাগজের থলিতে MnO_2 ও গুঁড়া কার্বনের একটি আঠালো পেস্ট থাকে। কাগজের থলি সচ্ছিদ্র পাত্রের কাজ করে এবং কার্বন গুঁড়া ব্যবহারের ফলে ক্যাথোডের পৃষ্ঠতলের ক্ষেত্রফল বেড়ে যায়। দস্তার চোঙ ও কাগজের থলির মাঝে আঠালো স্টার্চের গুঁড়া, NH_4Cl ও সামান্য $ZnCl_2$ এর একটি পেস্ট থাকে, যা MnO_2 কে ভেজা রাখতে সাহায্য করে। কোষের উপরের মুখে পিচ বা গালা স্তর থাকে। এ কোষের E.M.F. প্রায় 1.5 Volt।

কোষ বিক্রিয়া :

অ্যানোডে পরিবর্তন : $Zn(s) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2e^-$

ক্যাথোডে পরিবর্তন : $2NH_4^+(aq) + 2e^- \longrightarrow 2NH_3(g) + H_2(g)$

সমাগ্রিক কোষ বিক্রিয়া : $Zn(s) + 2NH_4^+(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + 2NH_3(g) + H_2(g)$

উৎপন্ন H_2 গ্যাস MnO_2 দ্বারা জারিত হয়ে পানি এবং উৎপন্ন NH_3 পানিতে দ্রবীভূত হয়।

$$2MnO_2(s) + H_2(g) \longrightarrow Mn_2O_3(s) + H_2O(l)$$

সুতরাং শুষ্ক কোষের কোষ সংকেত বা সেল ডায়াগ্রাম নিম্নরূপ :

$$Zn(s)/Zn^{2+}(aq) \,|\, 2NH_4^+(aq), [2NH_3(aq) + H_2(g)]/C(gr); \qquad E = 1.5V.$$

শুষ্ক কোষের ব্যবহার : সাইকেলের আলো, রেডিও, টর্চ লাইট প্রভৃতিতে এটি ব্যবহৃত হয়। বাজারে এটি ব্যাটারি নামে পরিচিত।

৪.১৪.১ এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ

Electrolytic Cell with Single Compartment

তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের সংজ্ঞা : যে তড়িৎ কোষে কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের গলিত তরলে অথবা জলীয় দ্রবণে বাহ্যিক উৎস থেকে তড়িৎ প্রবাহ চালনা করে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নগুলোকে জারণ বিজারণ বিক্রিয়ার মাধ্যমে নতুন পদার্থে পরিণত করা হয়, তাকে **তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ** বলে। এ প্রক্রিয়াটিকে **তড়িৎ বিশ্লেষণ** বলে। **তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে তড়িৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তর করা হয়।**

তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের গঠন : (১)তড়িৎ অপরিবাহী একটি পাত্রে যথোপযুক্ত দুটি তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোড বিন্যস্ত করে রাখা হয়। ইলেকট্রোড হিসেবে গ্রাফাইট দণ্ড, লোহার দণ্ড, নিকেল দণ্ড ও ক্ষেত্র বিশেষে ক্যাথোডরূপে মারকারি ব্যবহৃত হয়। (২) ঐ পাত্রে তড়িৎ বিশ্লেষ্য যৌগের গলিত তরল অথবা জলীয় দ্রবণ রেখে বাইরে থেকে তড়িৎ চালনা করে তড়িৎ বিশ্লেষণ ঘটানো হয়।

(৩) তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের অ্যানোড ও ক্যাথোডকে যথাক্রমে তড়িৎ উৎসের (যেমন ব্যাটারির) ধনাত্মক প্রান্ত ও ঋণাত্মক প্রান্তের সাথে যুক্ত করা হয়। [দ্রষ্টব্য তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের তড়িৎদ্বারের ধনাত্মক (+ ve) ও ঋণাত্মক (– ve) প্রাপ্ত তড়িৎ রাসায়নিক কোষের বিপরীত হয়। এক্ষেত্রে ধনাত্মক অ্যানোডে ঋণাত্মক আয়নের ইলেকট্রন বর্জনের মাধ্যমে জারণ ঘটে। তাই ঋণাত্মক আয়নকে **অ্যানায়ন** বলে।। অনুরূপভাবে ঋণাত্মক ক্যাথোডে ধনাত্মক আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণের মাধ্যমে বিজারণ ঘটে। তাই ধনাত্মক আয়নকে **ক্যাটায়ন বলে**।] উদাহরণস্বরূপ :

(i) বিগলিত NaCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণে Na ধাতু ও Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করা হয়।

(ii) NaCl এর গাঢ় জলীয় দ্রবণ বা ব্রাইনের তড়িৎ বিশ্লেষণে NaOH, H_2 ও Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করা হয়।

(ক) বিগলিত NaCl এর তড়িৎ বিশ্লেষণ : Na ধাতু ও Cl_2 উৎপাদন : ডাউন পদ্ধতি

মূলনীতি : আধুনিক ডাউন পদ্ধতিতে বিগলিত সোডিয়াম ক্লোইডকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করা হয়। ফলে ক্যাথোডে সোডিয়াম ধাতু ও অ্যানোডে ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$NaCl(l) \longrightarrow Na^+(l) + Cl^-(l)$$

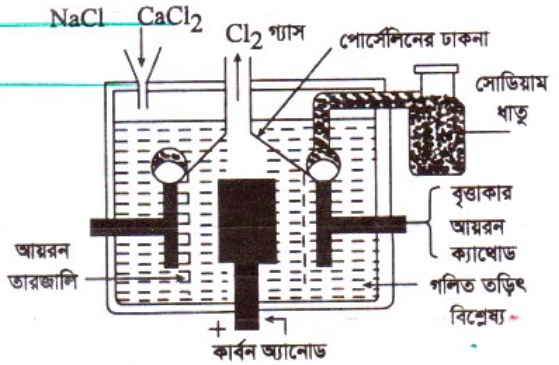
ক্যাথোডে বিজারণ : $Na^+(l) + e^- \longrightarrow Na(l)$

অ্যানোডে জারণ : $2Cl^-(l) \longrightarrow Cl_2(g) + 2e^-$

NaCl এর গলনাঙ্ক 801°C। এত উচ্চ তাপমাত্রায় উৎপন্ন সোডিয়াম ধাতু (স্ফুটনাঙ্ক 883°C) বাষ্পীভূত হয়ে থাকে। তাই NaCl এর সাথে বিগালকরূপে $CaCl_2$ মিশ্রিত করলে 600°C তাপমাত্রায় NaCl এর বিগলিত তরল উৎপন্ন হয়। ফলে বিভিন্ন অসুবিধা দূর হয়। নিম্নতর তাপমাত্রা বহাল রাখা কম ব্যয়সাধ্য।

পদ্ধতির বর্ণনা : লোহার তৈরি একটি ট্যাংকে সোডিয়াম ক্লোরাইড (42%) ও ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের (58%) একটি মিশ্রণ নিয়ে বৈদ্যুতিক পদ্ধতিতে 600°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করে গলানো হয়। একটি শক্ত ও প্রশস্ত গ্রাফাইট কার্বন অ্যানোড হিসেবে ট্যাংকের নিচ থেকে ভেতরের দিকে প্রবেশ করানো থাকে। এই অ্যানোডকে বেষ্টন করে কিছু দূরে একটি বৃত্তাকার শক্ত লোহার পাত ক্যাথোড হিসেবে কাজ করে।

ক্যাথোডের উপরের অংশটুকু একটি ঢাকনার সাহায্যে আবৃত করে রাখা হয়। এ ঢাকনার উপরে একটি পাইপ থাকে, যেন উৎপন্ন সোডিয়াম এ পাইপ দিয়ে বাইরে কেরোসিন পূর্ণ পাত্রে জমা হয়। পোর্সেলিনের একটি বড় গম্বুজাকৃতি ঢাকনাকে অ্যানোডের ঠিক ওপরে রাখা হয়। এর ভেতর দিয়ে উৎপন্ন Cl_2 গ্যাস বের হয়। অ্যানোড ও ক্যাথোডের মাঝখানে। একটি তারজালি থাকে, যেন ক্যাথোডে উৎপন্ন সোডিয়াম অ্যানোডের দিকে যেতে না পারে। এ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে সোডিয়াম আয়ন বিজারিত হয়ে সোডিয়াম ধাতুতে পরিণত হয়। অপরদিকে অ্যানোডে ক্লোরাইড আয়ন জারিত হয়ে ক্লোরিন গ্যাস নির্গম পথে বের হয়।



চিত্র : ৪.২২ গলিত NaCl থেকে সোডিয়াম ধাতুর নিষ্কাশন

তড়িৎ বিশ্লেষণ চলার সময় লোহার ট্যাংকের উপরের একটি পথ দিয়ে নতুন NaCl যোগ করে গলিত মিশ্রণের পরিমাণ একই রাখা হয়।

সোডিয়াম ধাতু সংরক্ষণ : সোডিয়াম ধাতুকে নিষ্ক্রিয় তরল কেরোসিনের মধ্যে সংরক্ষণ করা হয়।

জেনে নাও :

NaCl এর পরিবর্তে $CaCl_2$ ব্যবহার করে Ca ধাতু নিষ্কাশন এবং $MgCl_2$ ব্যবহার করে Mg ধাতু নিষ্কাশন সম্ভব।

(খ) NaCl এর গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণ : NaOH, Cl_2, H_2 উৎপাদন :

মূলনীতি : সোডিয়াম ক্লোরাইড বা খাদ্য লবণ (NaCl) এর গাঢ় জলীয় দ্রবণকে **ব্রাইন** বলে। এই দ্রবণে NaCl সোডিয়াম আয়ন ও ক্লোরাইড আয়ন রূপে পৃথক হয়। একই সাথে পানিও কিছুটা বিয়োজিত হয়। যেমন,

$$NaCl\ (aq) \longrightarrow Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$$
$$H_2O\ (l) \longrightarrow H^+\ (aq) + OH^-\ (aq)$$

NaCl-এর জলীয় দ্রবণে Na^+, Cl^-, H^+ এবং OH^- বর্তমান থাকে। NaCl এর গাঢ় জলীয় দ্রবণে তড়িৎ প্রবাহিত করলে দ্রবণে উপস্থিত ধনাত্মক সোডিয়াম আয়ন (Na^+) ও হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ক্যাথোডে আকৃষ্ট হয়; H^+ এর বিজারণ বিভব বেশি হওয়ায় ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয় এবং H_2 গ্যাসে পরিণত হয়। কিন্তু ব্রাইনে OH^- আয়নের তুলনায় Cl^- আয়নের ঘনমাত্রা অনেক বেশি হওয়ায় অ্যানোডে OH^- আয়ন জারিত না হয়ে Cl^- আয়ন জারিত হয়ে Cl_2 গ্যাসরূপে মুক্ত হয়।

ক্যাথোডে বিজারণ : $2H^+\ (aq) + 2e^- \longrightarrow H_2\ (g)$

অ্যানোডে জারণ : $2Cl^-\ (aq) \longrightarrow Cl_2\ (g) + 2e^-$

ক্যাথোডের কাছে দ্রবণে ক্রমাগতভাবে সঞ্চিত Na^+ আয়ন ও OH^- আয়ন সংযোগে NaOH উৎপন্ন হয়।

$$Na^+\ (aq) + OH^-(aq) \longrightarrow NaOH\ (aq)$$

অসুবিধা : এ প্রক্রিয়ার অসুবিধা হলো অ্যানোডে উৎপন্ন Cl_2 গ্যাস এবং ক্যাথোডে উৎপন্ন NaOH দ্রবণ পরস্পরের সংস্পর্শে সোডিয়াম ক্লোরাইড (NaCl) ও সোডিয়াম হাইপোক্লোরাইট (NaClO) সৃষ্টি করে। ফলে NaOH এর অপচয় ঘটে।

$$2NaOH\ (aq) + Cl_2\ (aq) \xrightarrow{25°C} NaCl\ (aq) + NaClO\ (aq) + H_2O\ (l)$$

অপচয় রোধ : NaOH এর এরূপ পরিচয় রোধ করার জন্য বিশেষ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ যেমন নেলসন সেলে ক্যাথোড ও অ্যানোডকে পরস্পর থেকে অ্যাসবেস্টস কাগজের ডায়াফ্রাম বা পর্দা দ্বারা পৃথক করে রাখা হয়।

জেনে নাও :

ধাতুর লবণের জলীয় দ্রবণে যেমন NaCl এর জলীয় দ্রবণে দুটি করে ক্যাটায়ন (Na^+, H^+) ও দুটি অ্যানায়ন (Cl^-, OH^-) থাকে। তাই ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষণে সারণি ৪.২ অনুসারে বিভিন্ন উৎপাদ পাওয়া যায়। যেমন,

(১) তড়িৎ রাসায়নিক সিরিজে (সারণি ৪.২) ক্যাটায়নের অবস্থান H^+ আয়নের ওপরে হলে ক্যাথোডে H_2 উৎপন্ন হয়।

(২) কিন্তু ক্যাটায়নের অবস্থান H^+ আয়নের নিচে হলে ক্যাথোডে ধাতু জমা হয় যেমন, Cu^{2+}, Ag^+, Au^{3+} আয়ন।

(৩) মধ্যম সক্রিয় ধাতুর আয়ন যেমন, Zn^{2+}, Fe^{2+} এর গাঢ় জলীয় দ্রবণের বেলায় ধাতুর ক্যাটায়নের ঘনমাত্রা বেশি থাকার কারণে ক্যাথোডে ধাতু জমা হয়, H_2 উৎপন্ন হয় না।

(৪) ধাতুর ক্লোরাইড, ব্রোমাইড ও আয়োডাইডের গাঢ় জলীয় দ্রবণের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বেলায় অ্যানোডে যথাক্রমে Cl_2, Br_2 ও I_2 উৎপন্ন হয়।

(৫) ধাতুর নাইট্রেট ও সালফেট (NO_3^-, SO_4^{2-}) আয়নের লঘু জলীয় দ্রবণে অ্যানোডে O_2 গ্যাস মুক্ত হয়।

৪.১৪.২ তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ ও গ্যালভানিক কোষের বৈশিষ্ট্য ও পার্থক্য

Differential Properties of Electrolytic Cell & Galvanic Cell

এক প্রকোষ্ঠবিশিষ্ট ইলেকট্রোলাইটিক সেল বা তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ এবং দ্বিপ্রকোষ্ঠবিশিষ্ট গ্যালভানিক কোষ বা ভোল্টায়িক কোষে নিম্নরূপ বৈশিষ্ট্য ও পার্থক্য আছে।

(১) গ্যালভানিক কোষে স্বতঃস্ফূর্ত রিডক্স বিক্রিয়ার রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। তড়িৎ কোষ বিক্রিয়া মতে উভয় তড়িৎদ্বারের রাসায়নিক বিভব পার্থক্যই বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি করে। এক্ষেত্রে উচ্চ শক্তির বিক্রিয়কসমূহ থেকে নিম্নশক্তির উৎপাদ সৃষ্টি এবং অতিরিক্ত নির্গত রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়। এ প্রক্রিয়ায় 'উৎপন্ন বিদ্যুৎ শক্তি' পরিবেশের ওপর ক্রিয়া করে (the system does work on the surroundings) অর্থাৎ পরিবেশে শক্তি যোগান দেয়। যেমন গ্যালভানিক কোষের এ বিদ্যুৎ শক্তি টর্চ লাইট, CD-প্লেয়ার ও বিভিন্ন বৈদ্যুতিক যন্ত্রের বিদ্যুৎ চাহিদা (load) পূরণ করতে ব্যাটারিরূপে ব্যবহৃত হয়।

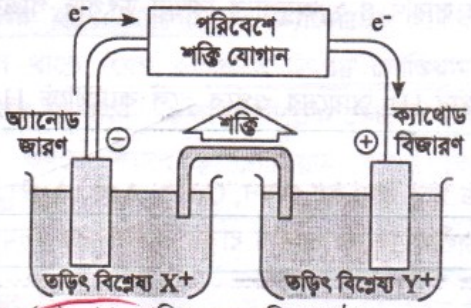
(২) ইলেকট্রোলাইটিক সেলে বা তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে অস্বতঃস্ফূর্ত রিডক্স বিক্রিয়াকে বাহ্যিক বিদ্যুৎ শক্তি দ্বারা সক্রিয় করা হয়। এক্ষেত্রে তড়িৎ কোষ বিক্রিয়ায় নিম্নশক্তির বিক্রিয়কসমূহে বাহ্যিক উৎসের বিদ্যুৎ শক্তি যোগান দিয়ে উচ্চশক্তির উৎপাদে পরিণত করা হয়। তখন ঐ রিডক্স বিক্রিয়াটি ঘটাতে বাহ্যিক বিদ্যুৎ শক্তি ব্যয়িত হয়। অর্থাৎ এক্ষেত্রে 'বাহ্যিক পরিবেশ শক্তি' তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের প্রক্রিয়ার ওপর ক্রিয়া করে; (the surroundings do work on the system)। যেমন ইলেকট্রোপ্লেটিং, Al-ধাতু নিষ্কাশন, ব্লিস্টার কপার তড়িৎ বিশোধন ইত্যাদিতে ইলেকট্রোলাইটিক সেল ব্যবহৃত হয়। [উভয় শ্রেণির তড়িৎকোষে গঠনগত কিছু সাদৃশ্য চিত্র-৪.২৩ (ক. খ) থেকে বোঝা যাবে।]

(১) প্রত্যেক তড়িৎ কোষে সংশ্লিষ্ট তড়িৎ বিশ্লেষ্যের জলীয় দ্রবণে দু'টি করে তড়িৎদ্বার বা ইলেকট্রোড ডুবানো থাকে। এ তড়িৎদ্বার দুটির মাধ্যমে গ্যালভানিক কোষের বেলায় বিদ্যুৎ বাহ্যিক পরিবেশে এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের বেলায় ঐ তড়িৎ কোষে প্রবাহিত হয়। কোষের অর্ধবিক্রিয়ার প্রকৃতির ওপর নির্ভর করে তড়িৎদ্বার দুটিকে অ্যানোড ও ক্যাথোড রূপে চিহ্নিত করা হয়।

গ্যালভানিক কোষ

(i) স্বতঃস্ফূর্ত রিডক্স বিক্রিয়া থেকে শক্তি উৎপন্ন হয়।

(ii) সিস্টেম (এর শক্তি) পরিবেশের ওপর ক্রিয়া করে।



চিত্র-৪.২৩(ক): গ্যালভানিক কোষ(দ্বিপ্রকোষ্ঠ)।

(iii) জারণ অর্ধবিক্রিয়া (অ্যানোডে) :

$X(s) \longrightarrow X^+(aq) + e^-$

বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া (ক্যাথোডে) :

$Y^+(aq) + e^- \longrightarrow Y(s)$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া :

$X(s) + Y^+(aq) \longrightarrow X^+(aq) + Y(s)$

এক্ষেত্রে X হলো অধিক সক্রিয় বিজারক এবং Y^+ হলো অধিক সক্রিয় জারক।

ইলেকট্রোলাইটিক কোষ বা তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ

(i) অস্বতঃস্ফূর্ত রিডক্স বিক্রিয়া ঘটাতে শক্তি শোষিত হয়।

(ii) পরিবেশ (বিদ্যুৎ সাপ্লাই) সিস্টেমের ওপর ক্রিয়া করে।

চিত্র ৪.২৩(খ): ইলেকট্রোলাইটিক কোষ (এক প্রকোষ্ঠ)।

(iii) জারণ অর্ধবিক্রিয়া (অ্যানোডে) :

$A^-(aq) \longrightarrow A(s) + e^-$

বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া (ক্যাথোডে) :

$B^+(aq) + e^- \longrightarrow B(s)$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া :

$A^-(aq) + B^+(aq) \longrightarrow A(s) + B(s)$

এক্ষেত্রে A^- ও B^+ আয়নদ্বয় হলো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিদ্যুৎ পরিবাহী আয়ন।

(২) গ্যালভানিক কোষে, জারণ অর্ধবিক্রিয়া ঋণাত্মক অ্যানোডে ঘটে। অধিক সক্রিয় বিজারক বা সক্রিয় ধাতু ইলেকট্রন ত্যাগ করে জারিত হয় এবং ঐ সব ইলেকট্রন অ্যানোড থেকে বাইরে পরিবাহীর মাধ্যমে কোষ ত্যাগ করে।

বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া ধনাত্মক ক্যাথোডে ঘটে। অ্যানোড থেকে পরিবাহীর মাধ্যমে আসা ইলেকট্রন ক্যাথোডের মাধ্যমে কোষে প্রবেশ করে এবং জারক পদার্থ (ধাতব আয়ন) ঐ ইলেকট্রন গ্রহণ করে বিজারিত হয়।

অপরদিকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে জারণ অর্ধবিক্রিয়া ধনাত্মক অ্যানোডে ঘটে, তখন তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ঋণাত্মক আয়ন ধনাত্মক অ্যানোডে ইলেকট্রন বর্জন করে। আবার এক্ষেত্রে বিজারণ অর্ধ বিক্রিয়া ঋণাত্মক ক্যাথোডে ঘটে; তখন বাইরের বিদ্যুৎ সাপ্লাই থেকে আসা ইলেকট্রনকে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের ধনাত্মক আয়ন শোষণ করে।

(৩) চিত্র ৪.২৩ (ক) ও (খ) থেকে জানা যায় গ্যালভানিক কোষ ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের অ্যানোড ও ক্যাথোডে বিদ্যুৎ চার্জের প্রকৃতি ভিন্ন। উভয় কোষে ধাতব পরমাণু ও ধাতব আয়নের জারণ প্রক্রিয়ায় নির্গত **ইলেকট্রনের উৎস ভিন্ন** হওয়ায় এরূপ পার্থক্য ঘটেছে। উভয় কোষের জারণ অর্ধবিক্রিয়া থেকে তা সুস্পষ্ট হবে। যেমন, গ্যালভানিক কোষে অ্যানোড **ঋণাত্মক;** কিন্তু তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে অ্যানোড **ধনাত্মক** হয়। গ্যালভানিক কোষে ক্যাথোড **ধনাত্মক;** কিন্তু তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে ক্যাথোড **ঋণাত্মক** হয়।

৪.১৫ রিচার্জেবল (লেড স্টোরেজ ও লিথিয়াম) ব্যাটারি

Rechargeable (Lead Storage & Lithium) Battery

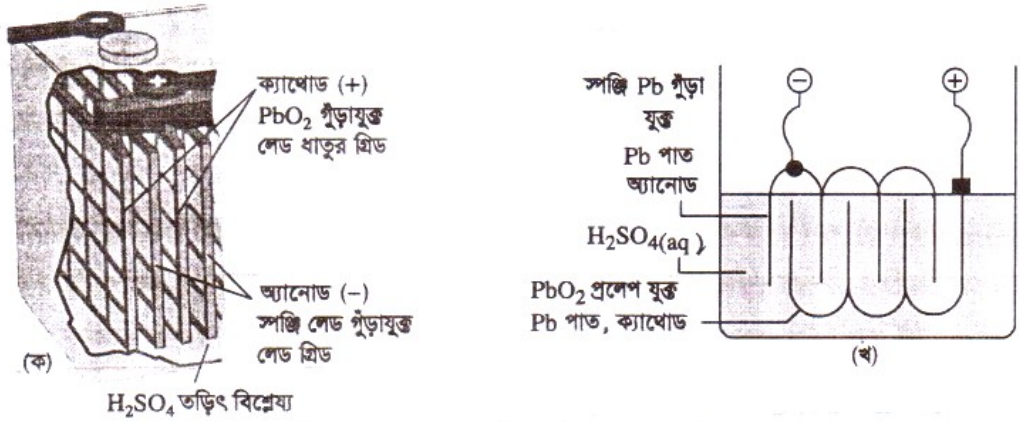
তোমরা নবম-দশম শ্রেণির রসায়নে ড্রাইসেল বা ব্যাটারি সম্বন্ধে জেনেছ। এটি **প্রাইমারি কোষ;** এটিকে রিচার্জ করা যায় না। প্রাইমারি কোষের উপাদানসমূহ এদের সাম্য-ঘনমাত্রায় পৌঁছলে এটি নিষ্ক্রিয় বা মৃত (dead) হয়। অপরদিকে লেড স্টোরেজ ব্যাটারি, লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি হলো রিচার্জেবল ব্যাটারি; এদেরকে সেকেন্ডারি ব্যাটারি বা গৌণ কোষ বা **সঞ্চয়ী কোষ** বলে। সেকেন্ডারি ব্যাটারি প্রথমত গ্যালভানিক কোষরূপে ক্রিয়াশীল; কিন্তু রিচার্জের বেলায় ইলেকট্রোলাইটিক কোষ শ্রেণিভুক্ত হয়। তখন বাইর থেকে বিদ্যুৎশক্তি প্রবাহিত করে অস্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়াকে সংঘটিত করে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিরূপে সঞ্চিত করা হয়। পরে ঐ সঞ্চিত রাসায়নিক শক্তিকে কোষ বিক্রিয়ারূপে পুনরায় বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করে ব্যবহার করা হয়। সুতরাং এক্ষেত্রে কোষ বিক্রিয়াটির উভমুখিতা অবস্থা নির্ভর হয়ে থাকে। এখন লেড-এসিড ব্যাটারি ও লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারির গঠন, কার্য প্রণালি ও রিচার্জ প্রক্রিয়া আলোচনা করা হবে।

(১) লেড-এসিড স্টোরেজ ব্যাটারি (Lead-Acid Storage Battery) :

এ শ্রেণিভুক্ত লেড-এসিড কার ব্যাটারিতে ছয়টি কোষ সমান্তরাল সংযোগে যুক্ত থাকে। প্রতিটি কোষ থেকে প্রায় 2.0V হিসেবে মোট প্রায় 12V বিদ্যুৎ কার-ব্যাটারিতে উৎপন্ন হয়। **লেড-এসিড কার ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ প্রায় 0.001 ওহম।**

কোষের গঠন : প্রতিটি কোষে ইলেকট্রোডরূপে দুটি লেড ধাতুর গ্রিড (grid) বা লেড ধাতুর ঝাঁঝরি জালি থাকে। অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত গ্রিডে অধিক পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রযুক্ত স্পঞ্জি Pb ধাতুর গুঁড়া এবং ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত গ্রিডে অধিক পৃষ্ঠতল ক্ষেত্রযুক্ত PbO_2 গুঁড়া যুক্ত থাকে। এসব গ্রিড ডুবানো অবস্থায় থাকে তড়িৎ-বিশ্লেষ্যরূপে ব্যবহৃত প্রায় ~4.5M H_2SO_4 দ্রবণে (বা, 38% w/w H_2SO_4 দ্রবণ, ঘনত্ব 1.29g/cm^3)। গ্লাস-ফাইবার শিট দ্বারা গ্রিডগুলো পৃথক ও অন্তরীত অবস্থায় থাকে। তড়িৎ প্রবাহ সৃষ্টির সময় অ্যানোডের Pb ধাতু জারিত হয়ে লেড (II) সালফেটরূপে অ্যানোডে

লেগে থাকে। উভয় ইলেকট্রোড H_2SO_4 এর দ্রবণে ডুবানো থাকে বলে এ কোষটির ডায়াগ্রাম হলো : Pb, $PbSO_4/H_2SO_4$ (aq)/PbO_2, Pb



চিত্র ৪.২৪ : লেড-এসিড স্টোরেজ ব্যাটারি।

কার্যপ্রণালি : (১) কোষটি থেকে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হওয়ার সময় বা ডিস্‌চার্জের সময় গ্যালভানিক কোষ হিসেবে নিম্নরূপ অর্ধবিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া ঘটে :

(–) অ্যানোডে জারণ : $Pb(s) + HSO_4^-(aq) \longrightarrow PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2e^-$ $E^o = 0.3V$

(+) ক্যাথোডে বিজারণ : $PbO_2(s) + 3H^+(aq) + HSO_4^-(aq) + 2e^- \longrightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$, $E^o = 1.7V$

কোষ বিক্রিয়া: $Pb(s) + PbO_2(s) + 2H^+(aq) + 2HSO_4^-(aq) \longrightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$, $E^o = 2.0V$

লক্ষ্যণীয় : (১) উভয় বিক্রিয়াতে HSO_4^- আয়ন অংশগ্রহণ করেছে। SO_4^{2-} আয়ন অংশ নেয়নি; কারণ সবল এসিড দ্রবণে SO_4^{2-} মূলক প্রোটনযুক্ত থাকে। (২) উভয় অর্ধবিক্রিয়ায় উৎপাদরূপে Pb^{2+} আয়ন উৎপন্ন হয়েছে। অ্যানোডে Pb এর জারণে Pb^{2+} আয়ন এবং ক্যাথোডে PbO_2 এর বিজারণে Pb^{2+} আয়ন উৎপন্ন হয়েছে। পরে Pb^{2+} আয়ন HSO_4^- এর সাথে বিক্রিয়া করে উভয় ইলেকট্রোডে অদ্রবণীয় $PbSO_4(s)$ রূপে উৎপন্ন হয়ে লেগে থাকে।

রিচার্জ প্রক্রিয়া : ব্যবহারের ফলে ব্যাটারির emf. 1.17V এর কম হলে রিচার্জ করা হয়। কোষটির রিচার্জের সময়, ইলেকট্রোলাইটিক কোষের মতো বাহ্যিক একমুখী বিদ্যুৎ শক্তি (বা direct current) কোষে প্রবাহিত করে অস্বতঃস্ফূর্ত বিক্রিয়াটিকে সংঘটিত করা হয়। তখন ব্যাটারির ইলেকট্রোড দুটিকে পাওয়ার সাপ্লাইয়ের সাথে পূর্বের বিপরীত ক্রমে যুক্ত করা হয়। পূর্বের অ্যানোডে বিদ্যুৎ যোগান (supply) হওয়ায় এতে বিজারণ ঘটে। তাই এটি হবে ঋণাত্মক ও ক্যাথোড। এ বিক্রিয়াটি গ্যালভানিক কোষে সংঘটিত বিক্রিয়ার বিপরীত। এ বিক্রিয়ার সফলতার মূলে রয়েছে কঠিন উৎপাদ $PbSO_4$ ইলেকট্রোডে লেগে থাকার কারণে। যেমন,

(–) ক্যাথোডে বিজারণ : $PbSO_4(s) + H^+(aq) + 2e^- \longrightarrow Pb(s) + HSO_4^-(aq)$

(+) অ্যানোডে জারণ : $PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow PbO_2(s) + 3H^+(aq) + HSO_4^-(aq) + 2e^-$

মোট বিক্রিয়া : $2PbSO_4(s) + 2H_2O(l) \longrightarrow Pb(s) + PbO_2(s) + 2H^+(aq) + 2HSO_4^-(aq)$

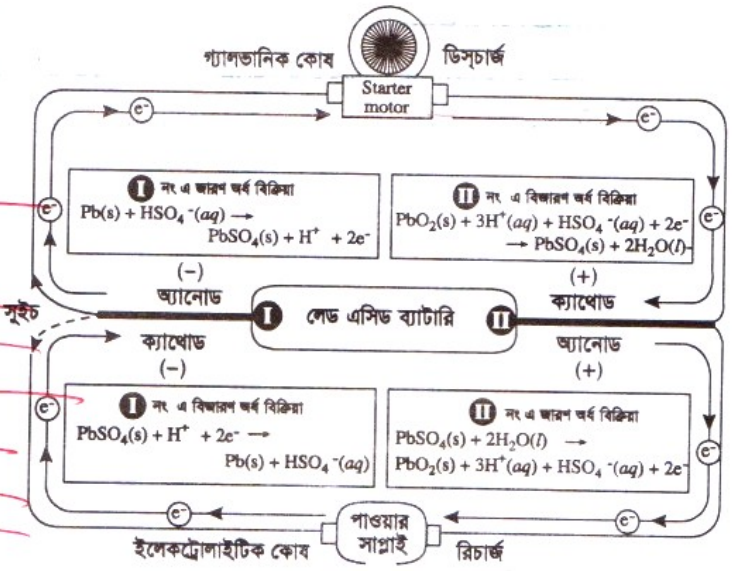
এ লেড-এসিড ব্যাটারি কয়েক বছর রিচার্জ প্রক্রিয়ায় ব্যবহার করা যায়। পরে ক্রমান্বয়ে স্পঞ্জি $PbSO_4$এর কেলাস আকারে বড় ও শক্ত হয়ে ওঠে। তখন $PbSO_4$ কে বিদ্যুৎ প্রবাহ দ্বারা Pb ও PbO_2 এ রূপান্তর করা সম্ভব হয় না; অর্থাৎ ঐ লেড-এসিড ব্যাটারি রিচার্জেবল থাকে না; পরিত্যাজ্য হয়ে পড়ে।

ব্যাটারির ডিস্‌চার্জের সময় পানি উৎপন্ন হওয়ায় H_2SO_4 এর ঘনত্ব কমে যায়। তাই সময় মতো হাইড্রোমিটার দিয়ে H_2SO_4 মিশ্রণের ঘনত্ব দেখা হয়। আবার রিচার্জের সময় পানি বিশ্লেষিত হয়ে H_2 ও O_2 উৎপন্ন হয় এবং পানি কমে যায়। তাই সময় মতো ব্যাটারিতে বিশুদ্ধ পানি যোগ করে H_2SO_4 এর ঘনত্ব 2.39 এর নিচে রাখতে হয়।

লক্ষ্য কর : এক্ষেত্রে দুটি ইলেকট্রোডের অবস্থান ও ইলেকট্রন প্রবাহের দিক বিপরীত হয়। এটি বোঝার জন্য e^- এর উৎস কোথায় দেখ।

(১) গ্যালভানিক কোষে অ্যানোডে জারণ ক্রিয়ায় e^- উৎপন্ন হয় (generate); তাই এটি ঋণাত্মক। ক্যাথোডে e^- ব্যয় হয় (consume); তাই এটি ধনাত্মক।

(২) ইলেকট্রোলাইটিক কোষের বাইরের উৎস থেকে e^- পূর্বের অ্যানোডে যোগান (supply) হয় এবং বিজারণ ঘটায়; তাই এটি ক্যাথোড ও ঋণাত্মক। পূর্বের ক্যাথোড থেকে এখন e^- অপসারিত (remove) হয়; তাই এটি অ্যানোড ও ধনাত্মক হয়।



চিত্র ৪.২৫ : লেড-এসিড ব্যাটারিতে গ্যালভানিক কোষ ও ইলেকট্রোলাইটিক কোষদ্বয়ে বিক্রিয়াসমূহ।

(২) লিথিয়াম ব্যাটারি ও লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি (Lithium & Lithium-Ion Batteries, LIB)

লিথিয়াম ব্যাটারি ও লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি নামে দু'ধরনের ব্যাটারি আছে।

লিথিয়াম ব্যাটারি প্রাইমারি ব্যাটারি এবং রিচার্জেবল নয়। লিথিয়াম ব্যাটারিতে লিথিয়ামকে অ্যানোড ও ইলেকট্রোলাইট বা তড়িৎ বিশ্লেষ্যরূপে অজলীয় জৈব দ্রাবকে (যেমন অ্যাসিটোনাইট্রাইলে CH_3CN) লিথিয়াম পারক্লোরেট, $LiClO_4$ দ্রবণ এবং ক্যাথোডরূপে প্রায় ক্ষেত্রে MnO_2 অথবা সিলভার ভ্যানাডিয়াম অক্সাইড ($Ag_2V_4O_{11}$) ব্যবহৃত হয়। এ সব ধাতুর অক্সাইডের কেলাস গঠনে অসংখ্য Li^+ আয়ন শোষিত (absorb) থাকে। (Energy/mass) অনুপাত অনুসারে লিথিয়াম ব্যাটারির উচ্চ কোষ বিভব, (E^o) মান রয়েছে; মাত্র 6.94g লিথিয়াম থেকে 1 mol ইলেকট্রন বা 1F বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়। প্রাইমারি লিথিয়াম ব্যাটারির ইলেকট্রোড বিক্রিয়ায় অ্যানোডে লিথিয়াম ধাতুর জারণ ঘটে এবং ক্যাথোডে MnO_2 এর বিজারণ ঘটে।

কার্যপ্রণালি : অ্যানোডে জারণের পর সৃষ্ট সলভেটেড লিথিয়াম আয়ন $Li^+(soln)$ কোষের ভেতরে অ্যানোড থেকে ক্যাথোডের দিকে যায়। তখন বহিঃবর্তনী দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহিত হয়।

অ্যানোডে জারণ : $xLi\ (s) \longrightarrow xLi^{+}\ (soln) + xe^{-}$

ক্যাথোডে বিজারণ : $MnO_2\ (s) + xLi^{+}\ (soln) + xe^{-} \longrightarrow Li_xMnO_2\ (s)$

সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া : $MnO_2(s) + xLi(s) \longrightarrow Li_x\ MnO_2(s)$

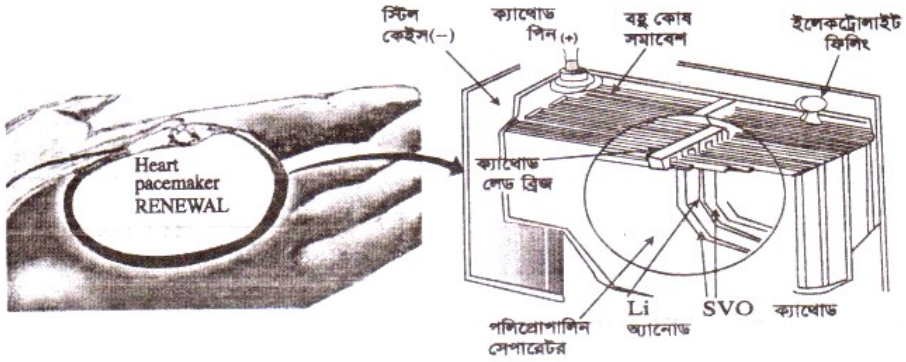
সিলভার ভ্যানাডিয়াম অক্সাইড (SVO) ক্যাথোডরূপে ব্যবহৃত হলে ইলেকট্রোড বিক্রিয়া নিম্নরূপ হয় :

অ্যানোডে জারণ : $7Li(s) \longrightarrow 7Li^{+}\ (soln) + 7e^{-}$

ক্যাথোডে বিজারণ : $Ag_2V_4O_{11}(s) + 7Li^{+}\ (soln) + 7e^{-} \longrightarrow Li_7Ag_2V_4O_{11}(s)$

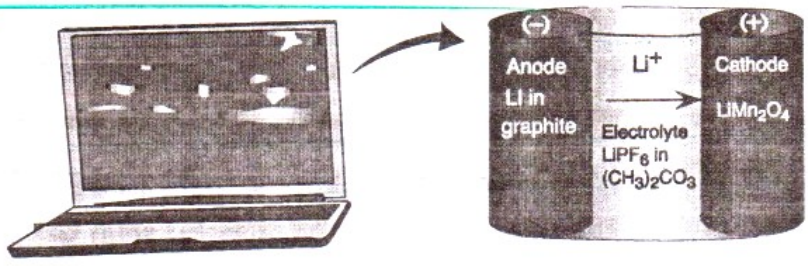
সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া : $Ag_2V_4O_{11}\ (s) + 7\ Li(s) \longrightarrow Li_7Ag_2V_4O_{11}(s)$

কিন্তু লিথিয়াম ব্যাটারি রিচার্জেবল নয় এবং দাহ্য ইলেকট্রোলাইট থাকায় এটির কিছু বিপজ্জনক অসুবিধাও রয়েছে। লিথিয়াম ব্যাটারি হালকা, পরিবেশ দূষণ কম ঘটায় ও কয়েক বছর দীর্ঘস্থায়ী। ক্যালকুলেটর, ঘড়ি ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়। হার্টপেচমেকাররূপে লিথিয়াম SVO ব্যাটারি ব্যবহৃত হয়।



চিত্র ৪.২৬: লিথিয়াম ব্যাটারি।

অপরদিকে **সেকেন্ডারি লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি** রিচার্জেবল ব্যাটারি। এটি হলো লিথিয়াম ব্যাটারির সেকেন্ডারি সংস্করণ। লিথিয়াম ব্যাটারি ও লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারির মধ্যে পার্থক্য হলো অ্যানোডের প্রকৃতিতে। লিথিয়াম ব্যাটারিতে অ্যানোড হলো লিথিয়াম (Li) ধাতু। অপরদিকে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারিতে অ্যানোড হলো দুই গ্রাফাইট শিটে আবদ্ধ Li-পরমাণু অর্থাৎ লিথিয়ামযুক্ত গ্রাফাইট (Li_xC_6); যাতে লিথিয়াম আয়ন আছে এবং এ কারণে লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি নামকরণ হয়েছে। এতে ক্যাথোড হলো লিথিয়াম মেটাল অক্সাইড যেমন লিথিয়াম ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড ($LiMn_2O_4$) অথবা লিথিয়াম কোবাল্ট অক্সাইড ($LiCoO_2$) অথবা লিথিয়াম আয়রন ফসফেট ($LiFePO_4$) এবং তড়িৎ বিশ্লেষ্য বা ইলেকট্রোলাইট হলো জৈব দ্রাবক যেমন ডাইমিথাইল কার্বনেট ও ইথাইল মিথাইল কার্বনেট মিশ্রণে লিথিয়াম হেক্সাফ্লোরো ফসফেট ($LiPF_6$) এর 1M দ্রবণ।



চিত্র-৪.২৭ : লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি।

(৪) সহজ প্রাপ্যতা (Availability) : তুলনামূলক কম দামে লেড স্টোরেজ ব্যাটারি সর্বত্র পাওয়া যায়।

(খ) লেড-স্টোরেজ ব্যাটারি ব্যবহারে অসুবিধাসমূহ

Disadvantages in Lead-storage Battery

(১) এসিড বার্ন বিপদ : লেড-স্টোরেজ ব্যাটারিতে 36–38% (w/w) H_2SO_4 এর জলীয় দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। এই H_2SO_4 এর সংস্পর্শে ত্বকের বার্ন ক্ষত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে। তাই লেড-স্টোরেজ ব্যাটারি ব্যবহারে অত্যধিক সতর্ক থাকা উচিত।

(২) রিচার্জকালে দাহ্য H_2 গ্যাস নির্গমন : লেড-স্টোরেজ ব্যাটারি রিচার্জের সময় কিছু পরিমাণ ইলেকট্রোলাইট বাষ্পীভূত হয়ে যায় এবং ব্যাটারির খোলা মুখ দিয়ে দাহ্য H_2 গ্যাস বের হতে পারে। তাই রিচার্জকালে লেড-স্টোরেজ ব্যাটারির নিকটে আগুন বা জ্বলন্ত শিখা রাখা যাবে না।

(৩) ইলেকট্রোলাইট লেভেল সমস্যা (Electrolyte Levels) : লেড-স্টোরেজ ব্যাটারিতে H_2SO_4 এসিড ঢালার একটি মুখ থাকে। ব্যাটারির রিচার্জের সময় এ ইলেকট্রোলাইট কোনো একটি সেলে কিছু পরিমাণে বাষ্পীভূত হয়ে এসিড লেভেল সাধারণ অবস্থা থেকে কমে গেলে তখন ব্যাটারি সঠিকভাবে কাজ করে না। তখন ডিস্টিল্ড ওয়াটার ঐ সেলে যোগ করে এসিড লেভেল ঠিক রাখতে হয়।

(৪) ভারী ব্যাটারি বহন করতে সমস্যা (Troubles to Carry Heavy Battery) : লেড স্টোরেজ ব্যাটারিতে 38% H_2SO_4 এসিড দ্রবণে অনেকগুলো লেড ধাতুর পাত ও লেড অক্সাইড ইলেকট্রোড নিমজ্জিত থাকে। লেড স্টোরেজ ব্যাটারির ওজন 30–60 পাউন্ড হয়ে থাকে। এত ভারী লেড ব্যাটারিকে তুলতে গিয়ে অসতর্কতাবশত পেশিতে ব্যথা বা আহত হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

(৫) পরিবেশের দূষণ (Environmental Pollution) : লেড-স্টোরেজ ব্যাটারি বর্জ্যরূপে ফেলে দিলে লেড ধাতু মাটিতে দূষণ সৃষ্টি করে। লেড আয়ন (Pb^{2+}) মাটি থেকে খাদ্য শৃঙ্খলে প্রবেশ করে মানুষের দেহে বিভিন্ন প্রকার রোগ সৃষ্টি করে থাকে।

৪.১৬.১ লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারে সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ

Advantages & Disadvantages in Lithium Batteries

লিথিয়াম ব্যাটারি দু'প্রকার; যেমন প্রাইমারি লিথিয়াম ব্যাটারি যেখানে লিথিয়াম ধাতু অ্যানোডরূপে ব্যবহৃত হয়। এটি রিচার্জেবল নয়। অপরটি হলো লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি। এটিতে অ্যানোড হলো লিথিয়ামযুক্ত গ্রাফাইট (Li_xC_6); এটি রিচার্জেবল ব্যাটারি।

(ক) লিথিয়াম ব্যাটারির সুবিধাসমূহ (Advantages in Lithium Battery) :

(১) ওজনে হালকা (Lightness) : লেড ধাতু ও নিকেল ধাতু দিয়ে তৈরি ব্যাটারির তুলনায় লিথিয়াম ব্যাটারি হাল্কা। তাই মোটর কারে এটি ব্যবহারযোগ্য।

(২) পরিবেশ দূষণ, পাওয়ার ও স্থায়িত্ব (Pollution, Power, Durability) : নিকেল ও লেড ধাতু থেকে তৈরি ব্যাটারির তুলনায় লিথিয়াম ব্যাটারি দীর্ঘস্থায়ী হওয়ায়, এটি তুলনামূলক কম বর্জ্যরূপে মাটিতে যুক্ত হয়। লিথিয়াম ব্যাটারির পাওয়ার (power) অন্য যেকোনো ব্যাটারির পাওয়ারের তুলনায় বেশি।

কার্যপ্রণালি : ডিস্‌চার্জিং কালে সলভেটেড লিথিয়াম আয়ন [Li^+ (soln)] যখন কোষের ভেতরে অ্যানোড থেকে ক্যাথোডের দিকে যায় তখন বহিঃবর্তনী দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহিত হয়, (চিত্র-৪.১৯)। তখন নিম্নরূপ বিক্রিয়া ঘটে :

অ্যানোডে জারণ : $Li_xC_6(s) \longrightarrow xLi^+ (soln) + 6C (s) + xe^-$ $\quad E^\circ = 3.04V$

ক্যাথোডে বিজারণ : $Li_{1-x} CoO_2 (s) + xLi^+ (soln) + xe^- \longrightarrow LiCoO_2 (s)$ $\quad E^\circ = 0.66V$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $Li_xC_6 (s) + Li_{1-x} CoO_2 (s) \longrightarrow LiCoO_2 (s) + 6C (s)$ $\quad E^\circ_{cell} = 3.7V$

রিচার্জ প্রক্রিয়া : রিচার্জের বেলায়, কোষ বিক্রিয়াটি বিপরীতভাবে ঘটে। যেমন,

$$LiCoO_2 (s) + 6C (s) \longrightarrow Li_x C_6(s) + Li_{1-x} CoO_2 (s)$$

লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি ব্যবহৃত হয় সেল ফোন, ল্যাপটপ-কম্পিউটার, ডিজিট্যাল ক্যামেরা ও পাওয়ার টুলস্ বা যন্ত্রপাতিতে। বর্তমানে লেড এসিড ব্যাটারির পরিবর্তে LIB ব্যবহৃত হয়। (যেমন, Tesla Motors electric car -এ, speed 130 mph)।

শিক্ষার্থীর কাজ :

সমস্যা-৪.৪১ : নিম্নোক্ত কোষের অর্ধবিক্রিয়া ও কোষবিক্রিয়া লেখ।

(ক) $Zn (s)/Zn^{2+} (aq) \,|\, H^+ (aq)/H_2 (g), Pt$

(খ) লেড-এসিড রিচার্জেবল ব্যাটারি,

(গ) $Zn (s)/Zn^{2+} (aq)$ এবং $Ag(s)/Ag^+ (aq)$ ইলেকট্রোডসহ কোষ গঠন ও কোষ বিক্রিয়া লেখ।

(ঘ) প্রাইমারি লিথিয়াম ব্যাটারি,

(ঙ) লিথিয়াম-আয়ন রিচার্জেবল ব্যাটারি।

৪.১৬ লেড স্টোরেজ এবং লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহারের সুবিধা ও অসুবিধা

Advantages & Disadvantages in Lead Storage & Lithium Batteries

(ক) লেড স্টোরেজ ব্যাটারি ব্যবহারে সুবিধাসমূহ (Advantages of Lead storage Battery)

(১) নিম্ন অভ্যন্তরীণ রোধ (Low internal resistance) : লেড স্টোরেজ ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ প্রায় 0.001 ohms। অপরদিকে ঘড়িতে ব্যবহৃত লিথিয়াম ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ প্রায় 100 ohms। অভ্যন্তরীণ রোধ কম হওয়ায়, লেড স্টোরেজ ব্যাটারি থেকে শুরুতে উচ্চ বিদ্যুৎ শক্তি পাওয়া যায়। কার-ইঞ্জিনে প্রয়োজনীয় উচ্চ বিদ্যুৎ শক্তি লেড স্টোরেজ ব্যাটারি থেকে পাওয়া যায় বলে কার-ইঞ্জিন স্টার্ট করা সহজ হয়। কিন্তু লেড স্টোরেজ ব্যাটারির 12V এর সমতুল্য আটটি **1.5V ড্রাইসেল বা শুষ্ক কোষ (AA) এর অভ্যন্তরীণ রোধ বেশি হওয়ায় এর থেকে কার ইঞ্জিন স্টার্ট করার প্রয়োজনীয় বিদ্যুৎ শুরুতেই পাওয়া যায় না বলে শুষ্ক কোষ এক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয় না।**

(২) রিচার্জেবল ব্যাটারি (Rechargeable) : সাধারণ ব্যাটারি যেমন শুষ্ক কোষ, অ্যালকালাইন কোষ ইত্যাদিকে রিচার্জ করা যায় না। লেড-এসিড ব্যাটারিকে রিচার্জ করে বার বার ব্যবহার করা সম্ভব।

(৩) চার্জ লেভেল পরীক্ষা (Checking charge levels) : অ্যালকালাইন ব্যাটারি, লিথিয়াম অথবা নিকেল-ক্যাডমিয়াম ব্যাটারি ইত্যাদি চার্জ লেভেল পরীক্ষা করে ব্যাটারির অবস্থা জানার সুবিধা নেই; কিন্তু লেড-স্টোরেজ ব্যাটারির চার্জ লেভেল জানা যায়। কারণ এর মধ্যে ব্যবহৃত H_2SO_4 এর ঘনত্ব হাইড্রোমিটার দ্বারা মেপে চার্জ লেভেল জানা যায়। একটি পূর্ণ চার্জযুক্ত লেড স্টোরেজ ব্যাটারিতে H_2SO_4 এর ঘনত্ব $1.29\ g/cm^3$ এর বেশি থাকে। H_2SO_4 এর ঘনত্ব কমলে ব্যাটারির চার্জ লেভেল কমার নির্দেশ করে।

(খ) লিথিয়াম ব্যাটারির অসুবিধাসমূহ

Disadvantages in Lithium Battery

(১) রিচার্জেবল নয় (Not Rechargeable) : লিথিয়াম ব্যাটারি রিচার্জেবল না হওয়ায়, একবার ব্যবহার শেষে পরিত্যাজ্য বা বর্জ্য হয়। আবার ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতিতে যুক্ত থাকলে, তখন এটি প্রতিস্থাপন করা যায় না। ফলে ইলেকট্রনিক যন্ত্রটিই বর্জ্য হয়ে যায়।

(২) বিপজ্জনক ফুটা বা লীক্ (Leak) হওয়া : বৈদ্যুতিক যন্ত্রে ব্যবহৃত অবস্থায় লিথিয়াম ব্যাটারিতে লীক বা ফুটা হলে ঐ বৈদ্যুতিক যন্ত্র উত্তপ্ত ও পরে আগুন জ্বলে ওঠে। যেমন 2006 সালে Dell Computer Company এদের ল্যাপটপের একটি ব্যাচ বাজার থেকে তুলে নিতে বাধ্য হয়; কারণ ঐ ল্যাপটপে ব্যবহৃত লিথিয়াম ব্যাটারিতে ফুটা হওয়ার প্রবণতা দেখা গিয়েছিল।

(৩) কমার্শিয়াল স্টোরেজে অসুবিধা : লিথিয়াম ব্যাটারিগুলো সংস্পর্শে থাকলে ফ্রিকশন বা সংঘর্ষের কারণে পরিবেশে বিষাক্ত গ্যাস সৃষ্টি করে। পানি-বাষ্পের সংস্পর্শে করোশন বা ধাতুক্ষয় ঘটে এবং H_2 গ্যাস নির্গত করে।

(গ) লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি ব্যবহারে সুবিধাসমূহ

Advantages in Lithium-Ion Battery

(১) বহনযোগ্য ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতিতে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়। লেড-এসিড ব্যাটারি ভারী এবং সহজে বহনযোগ্য নয়; কিন্তু লিথিয়াম-আয়ন রিচার্জেবল ব্যাটারি সহজে বহনযোগ্য।

(২) লেড-এসিড ব্যাটারির সমপরিমাণ ভোল্টেজ বিদ্যুৎ লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি থেকে পাওয়া যায়। তাই যান্ত্রিক গঠন কৌশল অপরিবর্তিত রেখে লেড-এসিড ব্যাটারির পরিবর্তে লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি ব্যবহার সহজে করা যায়।

(ঘ) লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি ব্যবহারে অসুবিধাসমূহ

Disadvantages in Lithium-Ion Battery

লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারিতে দাহ্য প্রকৃতির ইলেকট্রোলাইট অধিক চাপে থাকে। তাই এটি অবস্থাভেদে বিপজ্জনক হতে পারে। তাই এটিতে গঠনগত নিরাপদ ব্যবস্থা রয়েছে। তবুও কোনো কোনো কোম্পানির তৈরি লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি থেকে দুর্ঘটনার সংবাদে ঐ কোম্পানির লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারির ব্যাচ বাজার থেকে তুলে নেয়া হয়েছে। লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি ব্যবহার শেষে আগুনে ফেলা যাবে না। এতে বিস্ফোরণ ঘটবে।

৪.১৭ ফুয়েল সেল ও এর প্রকারভেদ

Fuel Cells & Their Types

ফুয়েল সেলের সংজ্ঞা : ফুয়েল সেল হলো এক প্রকার গ্যালভানিক সেল। ফুয়েল সেলের বিক্রিয়ক দুটির মধ্যে একটি বিক্রিয়ক হলো জ্বালানি উপাদান বা ফুয়েল যেমন H_2 গ্যাস অথবা মিথানল (CH_3OH)। অপরটি হলো অক্সিজেন গ্যাস। এক্ষেত্রে ফুয়েল বা জ্বালানির রাসায়নিক শক্তি সরাসরি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত হয়।

সাধারণ হাইড্রোকার্বন জ্বালানি যেমন মিথেন, প্রোপেন, বিউটেন ইত্যাদিকে সরাসরি এক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায় না। স্টিম-হাইড্রোকার্বন রিফরমিক পদ্ধতিতে এদেরকে 1100°C-এ Ni প্রভাবকের উপস্থিতিতে প্রথমে **সংশ্লেষ গ্যাস** (CO +

$3H_2$) এবং পরে **ওয়াটার গ্যাস শিফট বিক্রিয়া** দ্বারা 400°C-এ অধিক H_2 গ্যাস ও CO_2 গ্যাসে পরিণত করা হয়। সবশেষে ক্ষার দ্বারা CO_2 শোষণ করা হয়। অপরদিকে **সংশ্লেষ গ্যাস** থেকে 250 atm চাপে ও 350°C-এ প্রভাবক ZnO, Cr_2O_3 এর উপস্থিতিতে মিথানল ফুয়েল তৈরি করা হয়।

ফুয়েল সেল ও সাধারণ ব্যাটারির মধ্যে গঠনগত পার্থক্য হলো—

(১) ব্যাটারি বা কোষের মধ্যে নির্দিষ্ট পরিমাণ জারক ও বিজারক আবদ্ধ থাকে।

(২) কিন্তু ফুয়েল সেলে বিক্রিয়ক দুটিকে বাইরের কনটেইনার থেকে অনবরত প্রবাহিত করা হয়।

(৩) ব্যাটারির 'জীবনকাল' (Life time) নির্দিষ্ট; কিন্তু ফুয়েল সেলের 'জীবনকাল' ফুয়েল প্রবাহের ওপর নির্ভরশীল ও অনির্দিষ্ট।

(ক) ফুয়েল ভিত্তিক ফুয়েল সেলের শ্রেণিবিভাগ:

ফুয়েল সেল দু'প্রকার : যেমন,

(১) হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেল ও

(২) মিথানল-অক্সিজেন ফুয়েল সেল।

MCQ. 4. 10 : তড়িৎ কোষের অ্যানোডে ঘটে— [য. বো. ২০১৫]

(ক) ধাতব আয়ন আগমন (খ) বিজারণ

(গ) ধাতব আয়ন নির্গমন (ঘ) জারণ

প্রাথমিক অবস্থায় হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেলে তড়িৎ বিশ্লেষ্য বা ইলেকট্রোলাইটরূপে জলীয় KOH দ্রবণ 80°C-এ ব্যবহৃত হয়। বর্তমানে-এ উত্তপ্ত জলীয় KOH দ্রবণের পরিবর্তে বিশেষ পলিমার মেমব্রেন (membrane) ব্যবহৃত হয়; যা অ্যানোড (–ve) থেকে প্রোটনকে ক্যাথোডে বহন করে নিয়ে যায়। এজন্য হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেলকে **প্রোটন-এক্সচেঞ্জ** মেমব্রেন (PEM) ফুয়েল সেল বলা হয়। [PEM fuel cell = Proton Exchange membrane fuel cell]

অনুরূপভাবে মিথানল-অক্সিজেন ফুয়েল সেলে সরাসরি মিথানল (CH_3OH) এর জলীয় দ্রবণ ফুয়েল হিসেবে অ্যানোডে ব্যবহৃত হয় বলে এটিকে 'direct methanol fuel cell (DMFC) বলা হয়।

DMFC এর সুবিধাসমূহ : ওজনে হালকা DMFC এ ব্যবহৃত ফুয়েল সহজলভ্য এবং নিরাপদ হওয়ায় H_2 গ্যাসের তুলনায় বাণিজ্যিক সংরক্ষণে অধিক সুবিধাজনক। এছাড়া সাধারণ ব্যবহৃত ব্যাটারির তুলনায় DMFC এর রয়েছে উচ্চ এনার্জি ঘনত্ব (energy density)।

উল্লেখ্য, ফুয়েলরূপে হাইড্রোকার্বন সরাসরি ব্যবহার করা যায় না। এদেরকে প্রথমে স্টিম-হাইড্রোকার্বন রিফরমিক প্রক্রিয়ায় H_2 গ্যাসে পরিণত করতে হয়।

(খ) ইলেকট্রোলাইটভিত্তিক ফুয়েল সেলের শ্রেণিবিভাগ :

ফুয়েল সেলকে ব্যবহৃত ইলেকট্রোলাইট ও তাপমাত্রার ওপর ভিত্তি করে নিম্নোক্ত শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়।

ফুয়েল সেলের প্রকার	ব্যবহৃত ইলেকট্রোলাইট ও তাপমাত্রা	ব্যবহৃত ফুয়েল	তড়িৎদ্বারে জ্বালানি (ফুয়েল)সহ অর্ধ বিক্রিয়া
১। হাইড্রোজেন অক্সিজেন ফুয়েল সেল বা PEM ফুয়েল সেল	১। পলিমার মেমব্রেন, PEM তাপমাত্রা : 80°C	বিজারক : H_2 জারক : O_2	অ্যানোডে : $2H_2(g) \rightarrow 4H^+(aq) + 4e^-$ ক্যাথোডে : $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(g)$
২। মিথানল অক্সিজেন ফুয়েল সেল DMFC	২। পলিমার মেমব্রেন, PEM তাপমাত্রা : 80°C	বিজারক : CH_3OH জারক : O_2	অ্যানোডে: $2CH_3OH+2H_2O \rightarrow 2CO_2+12H^+ + 12e^-$ ক্যাথোডে: $3O_2 + 12H^+ + 12e^- \rightarrow 6H_2O$
৩। Alkali Fuel cell বা, AFC	৩। KOH দ্রবণ, তাপমাত্রা : 150°C	বিজারক : H_2 জারক : O_2	অ্যানোডে: $2H_2(g) + 4\,OH^-(aq) \rightarrow 4H_2O(g) + 4e^-$ ক্যাথোডে : $O_2(g) + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-(aq)$
৪। Phosphoric acid ফুয়েল সেল, PAFC	H_3PO_4 এসিড তাপমাত্রা : 180°C	বিজারক : H_2 জারক : O_2	অ্যানোডে: $2H_2(g) \longrightarrow 4H^+(aq) + 4e^-$ ক্যাথোডে : $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(g)$
৫। Molten carbonate Fuel Cell, MCFC	৫। লিথিয়াম-পটাসিয়াম কার্বনেট, $LiKCO_3$ তাপমাত্রা : 650°C	বিজারক : H_2 জারক : O_2	অ্যানোডে: $2H_2 + 2CO_3^{2-}(l) \rightarrow 2H_2O+2CO_2 + 4e^-$ ক্যাথোডে: $O_2 + 2CO_2 + 4e^- \rightarrow 2\,CO_3^{2-}(l)$
৬। Solid Oxide Fuel Cell, SOFC	এ সেলে নিকেল সিরামিক কম্পোজিট অ্যানোড ও লিথিয়াম স্ট্রনসিয়াম ম্যাগনেটাইট ক্যাথোড রূপে এবং 800–1000°C এ ইলেকট্রোলাইটরূপে জিরকোনিয়াম অক্সাইড (ZrO_2) ব্যবহৃত হয়। একমাত্র এ সেলে অক্সাইড আয়ন (O^{2-}) ক্যাথোড থেকে অ্যানোডে ইলেকট্রোলাইট দ্বারা বাহিত হয়। অ্যানোডে জারণ : $H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^-$. ক্যাথোডে বিজারণ : $\frac{1}{2}\,O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$		

৪.১৭.১ ফুয়েল সেলের অ্যানোড, ক্যাথোড ও ফুয়েল

Anode, Cathode & Fuel in Fuel Cells

ফুয়েল সেল হলো এক প্রকার যান্ত্রিক কৌশল (device); এর মধ্যে রাসায়নিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করা হয়। **সাধারণ গ্যালভানিক কোষের মতো ;**

প্রতিটি ফুয়েল সেলে (১) দুটি ইলেকট্রোড বা তড়িৎদ্বার থাকে। একটি হলো অ্যানোড বা ঋণাত্মক তড়িৎদ্বার এবং অপরটি হলো ক্যাথোড বা ধনাত্মক তড়িৎদ্বার ;

এছাড়া (২) একটি বিজারক (H_2/CH_3OH) ও একটি জারক (O_2) থাকে (চিত্র-৪.২৮)।

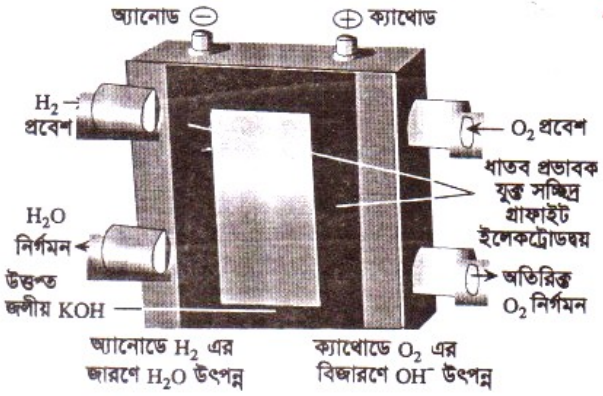
(৩) ইলেকট্রোড দুটিতে সংঘটিত রিডক্স বিক্রিয়া দ্বারা ফুয়েল থেকে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয়।

এছাড়া **ব্যতিক্রম হলো,**

(১) প্রত্যেক ফুয়েল সেলে একটি ইলেকট্রোলাইট বা তড়িৎ বিশ্লেষ্য তরল পদার্থ থাকে। এটি ফুয়েল সেলের ভেতরে চার্জযুক্ত কণাকে যেমন H^+ আয়নকে এক ইলেকট্রোড (যেমন অ্যানোড) থেকে অপর ইলেকট্রোডে (যেমন ক্যাথোডে) পরিবহন করে।

(২) গ্রাফাইট কার্বন নির্মিত অ্যানোড ও ক্যাথোড প্রত্যেক ইলেকট্রোডে বিক্রিয়ার সক্রিয়ণ শক্তি হ্রাসের জন্য একটি প্রভাবকের সূক্ষ্ম কণা যেমন ন্যানো কণার ধাতব প্রভাবক Pt/Ni থাকে।

(৩) অ্যানোডে ফুয়েল হিসেবে হাইড্রোজেন গ্যাস অথবা মিথানলের দ্রবণ ব্যবহৃত হয়। জারক হিসেবে ক্যাথোডে অক্সিজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।



নিট বিক্রিয়ায় H_2 ও O_2 থেকে H_2O উৎপন্ন হয়।

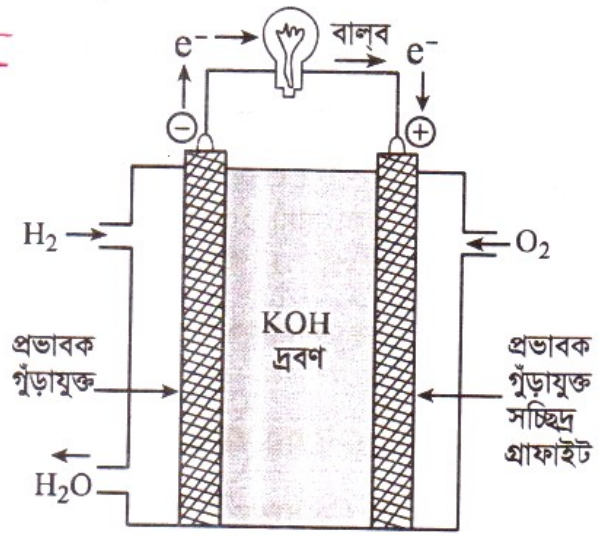
চিত্র ৪.২৮ : ফুয়েল সেল।

৪.১৮ হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের গঠন ও সংঘটিত বিক্রিয়া

Construction of H_2 –Fuel Cell & Its Reaction

চাঁদে অবতরণকারী এপোলো নভোযানে বিদ্যুতের উৎসরূপে হাইড্রোজেন অক্সিজেন ফুয়েল সেল সর্বপ্রথম ব্যবহৃত হয়।

H_2 ফুয়েল সেলের গঠন : H_2–O_2 ফুয়েল সেল বা জ্বালানি কোষ 'বেকোন কোষ' (Becon Cell) নামেও পরিচিত। ফুয়েল সেলে সূক্ষ্ম ছিদ্রের (Porous) গ্রাফাইট ইলেকট্রোড দুটিতে Ni, Pt, Ag ধাতুর গুঁড়া অথবা, CoO প্রভাবকরূপে আবদ্ধ থাকে। পৃথক দুটি ইলেকট্রোড কম্পার্টমেন্টের মধ্যে একটি H_2 গ্যাস ও অপরটিতে O_2 গ্যাস চালনা করা হয়। উভয় ইলেকট্রোড উত্তপ্ত (150°C) জলীয় KOH দ্রবণে (ইলেকট্রোলাইট) ডুবানো অবস্থায় থাকে; [চিত্র ৪.২৯] (i) ফুয়েল H_2 গ্যাস ধাতব প্রভাবক দ্বারা শোষিত হয়ে তড়িৎ বিশ্লেষ্য KOH দ্রবণের সংস্পর্শে আসলে অ্যানোডে H_2 এর জারণ ঘটে এবং ইলেকট্রন বহিঃবর্তনী দিয়ে প্রবাহিত হয়। ক্যাথোডে O_2 বিজারিত হয়।



চিত্র ৪.২৯ : হাইড্রোজেন-অক্সিজেন ফুয়েল সেল।

হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের অর্ধবিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়ার সমীকরণ নিম্নরূপ। সমগ্র কোষ বিক্রিয়ায় H_2 ও O_2 গ্যাস থেকে পানি উৎপন্ন হয়।

অ্যানোডে জারণ : $2H_2(g) + 4OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$ $E^o = +0.83V$

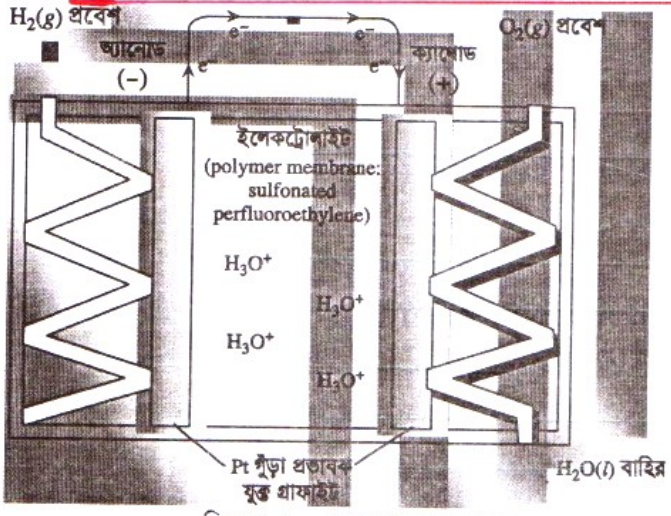
ক্যাথোডে বিজারণ : $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$ $E^o = +0.40V$

সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া : $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$ $E^o = +1.23V$

৪.১৮.১ PEM ফুয়েল সেল : পরিবেশ বান্ধব H_2 ফুয়েল সেল

Proton Exchange Membrance Fuel Cell

বর্তমানে পরিবেশবান্ধব এবং ইলেকট্রিক যানবাহনে ব্যবহারযোগ্য H_2 ফুয়েল সেলে ইলেকট্রোলাইট জলীয় KOH এর পরিবর্তে বিশেষ পলিমার মেমব্রেন (membrane) ব্যবহৃত হয়; যা প্রোটনকে অ্যানোড থেকে বহন করে ক্যাথোডে নিয়ে যায় (চিত্র-৪.৩০)। এরূপ ফুয়েল সেলকে প্রোটন এক্সচেঞ্জ মেমব্রেন (PEM) ফুয়েল সেল বলা হয়।



চিত্র-৪.৩০ : PEM ফুয়েল সেল।

MCQ-4.11 : H_2 ফুয়েল সেলে অ্যানোড ও ক্যাথোডরূপে নিচের কোন্‌টি ব্যবহৃত হয়?

[সি. বো. ২০১৫]

(ক) Ni (খ) Ag

(গ) Pt (ঘ) গ্রাফাইট

MCQ-4.12: H_2 ফুয়েল সেলের বেলায়–

(i) অ্যানোড গ্রাফাইটের

(ii) ক্যাথোড গ্রাফাইটের

(iii) Pt ন্যানো কণা প্রভাবক।

নিচের কোনটি সঠিক?

(ক) i ও ii (খ) ii ও iii

(গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও i

PEM fuel Cell (Proton Exchange Membrane fuel Cell)-এ ফুয়েল হিসেবে H_2 গ্যাসকে 80°C তাপমাত্রায় বিজারকরূপে ব্যবহার করা হয়। **PEM ফুয়েল সেলের অর্ধবিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ :**

অ্যানোডে (H_2 ইলেকট্রোড) : $2H_2(g) \longrightarrow 4H^+(aq) + 4e^-$

ক্যাথোডে (O_2 ইলেকট্রোড) : $O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \longrightarrow 2H_2O(l)$

সামগ্রিক কোষ বিক্রিয়া : $2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$ $E^o = 1.23V$

PEM ফুয়েল সেলে গ্রাফাইটের উভয় তড়িৎদ্বারে Pt ধাতুর ন্যানো কণা মিশ্রিত থাকে। উভয় ইলেকট্রোড পলিমার ইলেকট্রোলাইট পারফ্লোরো ইথিলিন $(-F_2C-CF_2-)_n$ শিকল মেমব্রেন দ্বারা যুক্ত থাকে। এ শিকলে সালফোনিক এসিড মূলক (RSO_3^-) যুক্ত থাকে; এ ঋণাত্মক মূলকটি অ্যানোড থেকে প্রোটনকে H_3O^+ আয়ন রূপে ক্যাথোডে পরিবহন করে।

PEM ফুয়েল সেলে বিক্রিয়ার মেকানিজম : অ্যানোডে Pt ধাতু দ্বারা শোষিত প্রতি দুই অণু H_2 বিযোজিত ও জারিত হয়ে চারটি H^+ আয়ন ও চারটি ইলেকট্রন (e^-) উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন ইলেকট্রন বহিঃবর্তনীতে এবং H^+ আয়ন পানিযুক্ত হয়ে হাইড্রোনিয়াম (H_3O^+) আয়নরূপে ইলেকট্রোলাইটের মাধ্যমে ক্যাথোডে স্থানান্তরিত হয়।

ক্যাথোডে, Pt-ধাতু প্রভাবক দ্বারা শোষিত প্রতি অণু O_2 একটি ইলেকট্রন ক্যাথোড থেকে গ্রহণ করে O_2^- আয়নে পরিণত হয় এবং H_3O^+ আয়ন থেকে একটি প্রোটন গ্রহণ করে HO_2 বা, H–O–O গঠন করে। এরপর দ্বিতীয় ইলেকট্রন ও প্রোটন গ্রহণ করে H_2O অণু ও O পরমাণু সৃষ্টি করে। ঐ O পরমাণু একই নিয়মে প্রথমে $\bar{O}H$ আয়ন এবং পরে দ্বিতীয় H_2O অণু সৃষ্টি করে। উৎপন্ন H_2O সেল থেকে মুক্ত হয়।

৪.১৮.২ হাইড্রোজেন-ফুয়েল সেলের সুবিধা

Advantages in Hydrogen Fuel Cell

(১) **ক্রমাগত শক্তির উদ্ভব :** জ্বালানি কোষ বা ফুয়েল সেলে যতক্ষণ জ্বালানি সরবরাহ করা হয় ততক্ষণই ক্রমাগত বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হতে থাকে। মহাকাশ অভিযানে ব্যবহৃত কৃত্রিম উপগ্রহে বছরের পর বছর যাবৎ বিদ্যুৎ ও বিশুদ্ধ পানি সরবরাহ এ হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল থেকে পাওয়া গেছে।

(২) **দুষণমুক্ত কার্য :** হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল হলো **একটি গ্রিনার অর্থাৎ পরিবেশবান্ধব বিদ্যুৎ উৎপাদনকারী কৌশল** বা জেনারেটর। হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল থেকে নির্গত বিশুদ্ধ পানি পরিবেশের কোনো অসুবিধা করে না।

(৩) **উচ্চ কার্যক্ষমতা :** হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে ফুয়েলের রাসায়নিক শক্তি অর্থাৎ বন্ধন শক্তির প্রায় 75% ব্যবহারযোগ্য বিদ্যুৎ শক্তিতে পরিণত হয়। অপরদিকে কয়লাভিত্তিক বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে 40% এবং গ্যাসোলিন জ্বালানি ব্যবহৃত কার ইঞ্জিনে মাত্র 25% ব্যবহারযোগ্য শক্তি পাওয়া যায়।

(৪) **নবায়নযোগ্য জ্বালানির উৎস :** এক্ষেত্রে সোলার বিদ্যুৎ দ্বারা পানির বিদ্যুৎ বিশ্লেষণ করে H_2 গ্যাস উৎপাদন উত্তম ফলদায়ক হবে। নিকট ভবিষ্যতে হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলের বিভিন্ন ক্ষেত্রে যেমন বৈদ্যুতিক যানবাহন পরিচালনায়, বাণিজ্যিক প্রতিষ্ঠানে, আবাসিক বাসাবাড়ি প্রভৃতিতে ব্যবহার পরিবেশ দূষণ রোধে পূর্ণ সহায়ক হবে। তবে সম্পূর্ণ সাফল্য নির্ভর করে ফুয়েল H_2 গ্যাসের উৎসের ওপর।

(৫) এছাড়া হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল উৎপাদন-ব্যয় ন্যূনতম সীমায় আনার জন্য উন্নত মানের মেমব্রেন তড়িৎবিশ্লেষ্য পরিবাহী ও অধিক কার্যকর ইলেকট্রোড-ক্যাটালিস্ট উদ্ভাবন প্রচেষ্টা অব্যাহত আছে।

(৬) বর্তমানে জাপানে টোকিও ইলেকট্রিক পাওয়ার কোম্পানি 11 মেগাওয়াট ফুয়েল সেল পাওয়ার প্ল্যান্ট কার্যকর করেছে এবং এ পাওয়ার প্ল্যান্ট থেকে 4000 বাসাবাড়িতে বিদ্যুৎ সরবরাহ করা হচ্ছে।

শিক্ষার্থীর কাজ :

প্রশ্ন-৪.৯ : ফুয়েল সেল ও ব্যাটারির মধ্যে কী কী সাদৃশ্য এবং কী কী বৈসাদৃশ্য রয়েছে তা ব্যাখ্যা কর।

প্রশ্ন-৪.১০ : নিম্নোক্ত ফুয়েল সেলের প্রমাণ কোষ বিভব কত?

(ক) এপোলো নভোযানে ব্যবহৃত হাইড্রোজেন অক্সিজেন ফুয়েল সেল।

(খ) বৈদ্যুতিক যানবাহনে ব্যবহৃত PEM ফুয়েল সেল।

প্রশ্ন-৪.১১ : হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল একটি পরিবেশ বান্ধব গ্রিনার ; -এর ব্যাখ্যা দাও।

প্রশ্ন-৪.১২ : জীবাশ্ম জ্বালানির তুলনায় হাইড্রোজেন ফুয়েল সেল ব্যবহার অধিক সুবিধাযুক্ত, ব্যাখ্যা কর।

হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলভিত্তিক গণনা :

সমাধানকৃত সমস্যা– ৪.৩২ : একটি হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে H_2 ও O_2 গ্যাসের রিডক্স বিক্রিয়ার ফলে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। এক্ষেত্রে কোষের অ্যানোডে H_2 গ্যাস জারিত ও ক্যাথোডে O_2 গ্যাস বিজারিত হয়। STP তে 112L H_2 গ্যাস ফুয়েল সেলে 18 মিনিট যাবৎ বিক্রিয়া করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান কত হবে?

দক্ষতা : H_2 ফুয়েল সেলের কোষ বিক্রিয়া লিখতে হবে।

সমাধান : H_2 ফুয়েল সেলে জারণ-বিজারণের অর্ধকোষ বিক্রিয়া হলো :

অ্যানোডে জারণ : $2H_2 + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O + 4e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ : $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

আমরা জানি, STP তে 22.4 L H_2 = 1 mol H_2

$\therefore$ STP তে 112 L $H_2 = \dfrac{1 \times 112 \text{ mol}}{22.4} = 5 \text{ mol } H_2$

H_2 ফুয়েল সেলের অ্যানোডে জারণ বিক্রিয়া মতে,

2 mol H_2 এর জারণে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয় = $4F = 4 \times 96500C$

$\therefore$ 5 mol H_2 এর জারণে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয় = $\dfrac{4 \times 96500 \times 5C}{2}$

$= 965000C$

আবার পরিবাহিতে প্রবাহীত মোট তড়িৎ, $Q = I \times t$

$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহের গড় মান, $I = \dfrac{Q}{t} = \dfrac{965000C}{18 \times 60s} = 893.5 \text{ Amp.}$

সমাধানকৃত সমস্যা- ৪.৩৩ : একটি H_2 জ্বালানি কোষে H_2 ও O_2 গ্যাসের রিডক্স বিক্রিয়ায় বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। STP তে 65 L H_2 গ্যাস ঐ কোষে 15 মিনিট যাবৎ বিক্রিয়া করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড়মান কত হবে? উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের সবটাই $CuSO_4$ দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ Cu ধাতু জমা হবে?

দক্ষতা : H_2 ফুয়েল সেল মতে উৎপন্ন বিদ্যুৎ এর পরিমাণ গণনা করে শেষে Cu^{2+} আয়নের বিজারণ বিক্রিয়া ব্যবহৃত হবে।

সমাধান : H_2 ফুয়েল সেলের বিক্রিয়া হলো নিম্নরূপ :

অ্যানোডে জারণ : $2H_2 + 4OH^- \longrightarrow 4H_2O + 4e^-$

ক্যাথোডে বিজারণ : $O_2 + 2H_2O + 4e^- \longrightarrow 4OH^-$

সমগ্র কোষ বিক্রিয়া : $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$

আমরা জানি, STP তে 22.4 L H_2 = 1 mol H_2

$\therefore$ STP তে 65 L $H_2 = \dfrac{1 \times 65 \text{ mol}}{22.4} = 2.90 \text{ mol } H_2$

H_2 ফুয়েল সেলের অ্যানোডে জারণ বিক্রিয়া মতে,

2 mol H_2 এর জারণে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয় = $4F = 4 \times 96500C$

$\therefore$ 2.9 mol H_2 এর জারণে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হয় $= \frac{4 \times 96500 \times 2.9}{2}$ C $= 559700C$

আবার পরিবাহীতে প্রবাহিত মোট তড়িৎ, $Q = I \times t$

$\therefore$ তড়িৎ প্রবাহের গড় মান, $I = \frac{Q}{t} = \frac{559700C}{15 \times 60s} = 621.89A$

তড়িৎ-বিশ্লেষ্য কোষে বিজারণ বিক্রিয়া হলো : $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

$2F \qquad 63.55g$

$\therefore$ 2F বা $2 \times 96500C$ তড়িৎ প্রবাহে ক্যাথোডে জমা হয় 63.55g Cu

$\therefore$ 559700C তড়িৎ প্রবাহে ক্যাথোডে Cu জমা হয় $= \frac{63.55 \times 559700}{2 \times 96500}$ g

$= 184.295g$ Cu

উত্তর : তড়িৎ প্রবাহের গড় মান 621.89A; সঞ্চিত Cu = 184.295g

শিক্ষার্থীর কাজ : H_2 ফুয়েল সেলভিত্তিক সমস্যা :

সমস্যা- ৪.৪২ : H_2 ফুয়েল সেলে H_2 ও O_2 গ্যাসের জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার ফলে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়। ফুয়েল গ্যাসের পরিমাণের ওপর উৎপন্ন বিদ্যুৎ-এর পরিমাণ নির্ভর করে। নিম্নোক্ত অবস্থায় H_2 ফুয়েল সেলে বিদ্যুৎ উৎপন্ন হওয়ার গড় মান হিসাব কর।

(ক) STP তে 89.6L H_2 গ্যাস 20 মিনিট যাবৎ H_2 ফুয়েল সেলে প্রবাহিত করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান কত হবে? [উঃ 643.33A]

(খ) STP তে কত আয়তনের H_2 গ্যাস 30 মিনিট যাবৎ ফুয়েল সেলে প্রবাহিত করলে তড়িৎ প্রবাহের গড় মান 680A হবে? [উঃ 142. 06L H_2]

(গ) SATP তে কত আয়তনের H_2 গ্যাস 15 মিনিট যাবৎ ফুয়েল সেলে প্রবাহিত করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান 650A হবে? [উঃ 75.135 45 L H_2]

(ঘ) 20°C তাপমাত্রায় ও 1 atm চাপে 96.16 L H_2 কত সময় ধরে ফুয়েল সেলে চালনা করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান 857.8A হবে? [উঃ 899.98 sec]

(ঙ) STP তে 67L H_2 গ্যাস 15 মিনিট ধরে ফুয়েল সেলে চালনা করলে উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের গড় মান কত? উৎপন্ন তড়িৎ প্রবাহের সমস্তটাই $CuSO_4$ দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষে চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ কপার ধাতু জমা পড়বে? [উঃ 641.4A; Cu = 190.078g]

৪.১৯ pH মিটারের সাহায্যে কোনো দ্রবণের pH নির্ণয় কৌশল

Measurement of pH of a solution by pH Meter

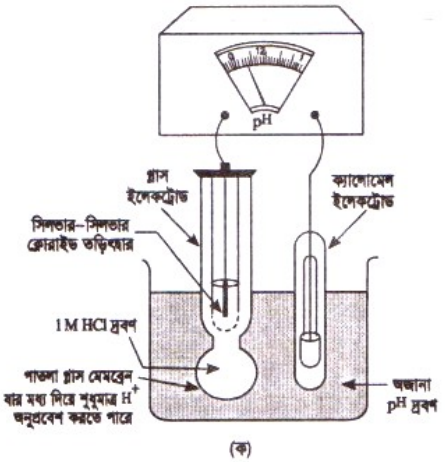
pH মিটারের গঠন : কোনো দ্রবণের অম্লত্ব বা pH মাপার সহজতম পদ্ধতি হচ্ছে pH মিটারের ব্যবহার। pH মিটার হচ্ছে একটি যন্ত্র, যার ভেতর একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষ সৃষ্টি হয়। এর একটি ইলেকট্রোড যেমন গ্লাস ইলেকট্রোড হাইড্রোজেন আয়নের প্রেক্ষিতে উভমুখী, এ গ্লাস ইলেকট্রোডকে **কোনো দ্রবণে নিমজ্জিত করলে যে ইলেকট্রোড বিভবের সৃষ্টি হয়, তা দ্রবণের হাইড্রোজেন আয়নের ঘনমাত্রার বা pH-এর ওপর নির্ভরশীল**। এক্ষেত্রে নার্নস্ট সমীকরণভিত্তিক 'concentration cell' এর মূলনীতি কার্যকর রয়েছে। এ যন্ত্রে এ বিভব মাপার জন্য সূক্ষ্ম ভোল্টমিটার যুক্ত থাকে এবং এতে এমন ব্যবস্থা থাকে যেন রেকর্ডারে এ বিভব বা পটেনসিয়াল মান না দেখিয়ে সরাসরি pH-এর মান দেখানো হয়।

গ্লাস ইলেকট্রোড pH মিটার : একটি গ্লাস ইলেকট্রোড ও একটি প্রমাণ ক্যালোমেল ইলেকট্রোড (নির্দেশক ইলেকট্রোড) সমন্বয়ে কোষ গঠন করে এতে সূক্ষ্ম ভোল্টমিটার সংযোগ করা থাকে এবং রেকর্ডারে ভোল্ট এককের পরিবর্তে pH দেখানো হয় বলে তাকে গ্লাস ইলেকট্রোড pH মিটার বলে। প্রাথমিকভাবে সাধারণত একটি জ্ঞাত pH বিশিষ্ট দ্রবণে pH মিটারের গ্লাস ইলেকট্রোড নিমজ্জিত করে রেকর্ডারকে ক্রমাঙ্কিত বা প্রমিতকরণ করা হয় এবং পরে অজ্ঞাত pH বিশিষ্ট দ্রবণে এ ইলেকট্রোড নিমজ্জিত করে রেকর্ডার হতে দ্রবণে pH মান পাঠ করা হয়। এ গ্লাস ইলেকট্রোডের গ্লাস মেমব্রেনটি বিশেষ উপাদানের যেমন 72% SiO_2, 22% Na_2O এবং 6% CaO এর তৈরি কাচ দ্বারা গঠিত।

এরূপ pH মিটার যন্ত্রে ব্যবহৃত গ্লাস ইলেকট্রোড তৈরিতে গ্লাস মেমব্রেন (বা গ্লাসের পাতলা সচ্ছিদ্র পর্দা) যুক্ত একটি পাত্রে নির্দিষ্ট pH এর অম্লীয় দ্রবণ (1M HCl) নিয়ে এর মধ্যে সিলভার-সিলভার ক্লোরাইড (Ag/AgCl(s) তড়িৎদ্বার স্থাপন করা হয়। গ্লাস মেমব্রেন দিয়ে শুধুমাত্র H^+ আয়ন অনুপ্রবেশ করতে পারে।

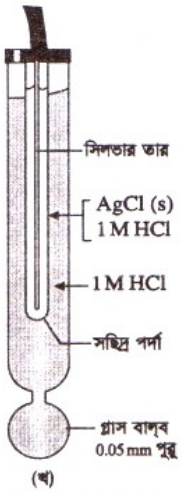
pH মিটারের গ্লাস ইলেকট্রোড ও নির্দেশক ক্যালোমেল ইলেকট্রোড সমন্বয়ে গঠিত কোষটিকে নিম্নরূপে লেখা হয়।

Ag (s), AgCl(s)/HCl (1M) (glass) (পরীক্ষণীয় অজানা) pH দ্রবণ 1 KCl (1M)/Hg_2Cl_2 (s), Hg (*l*)



(ক)

চিত্র-৪.৩১ (ক) : গ্লাস ইলেকট্রোড ও নির্দেশক ক্যালোমেল ইলেকট্রোড সমন্বয়ে pH মিটার।



(খ)

গ্লাস ইলেকট্রোড।

pH মিটারের ব্যবহার : অজানা pH দ্রবণের pH নির্ণয়ের সময় এ pH মিটারটি সরাসরি ঐ দ্রবণে স্থাপন করা হয় এবং রেকর্ডার থেকে সরাসরি দ্রবণের pH জানা যায়।

pH নির্ণয় : যে দ্রবণের pH নির্ণয় করা হবে তার মধ্যে ভোল্টমিটার যুক্ত ইলেকট্রোড দুটি স্থাপন করা হয়। পরীক্ষাধীন দ্রবণের ও গ্লাস ইলেকট্রোডের মধ্যে pH পার্থক্য ঘটলে বৈদ্যুতিক বিভব পার্থক্য সৃষ্টি হয়। নির্দেশক ও গ্লাস ইলেকট্রোডের মধ্যকার বিভব পরীক্ষাধীন দ্রবণের pH এর সাথে পরিবর্তিত হতে থাকে। এ বিভবের মান pH মিটারের অন্তর্গত ভোল্টমিটার হতে সরাসরি pH মানরূপে পাওয়া যায়। তারপর গৃহীত pH মানটি pH এর সমীকরণে ব্যবহার করে দ্রবণের মোলার ঘনমাত্রাও নির্ণয় করা যায়। যেহেতু $pH = -\log [H^+]$

সারণি-৪.৫ : আয়ন সিলেকটিভ ইলেকট্রোড দ্বারা পরিমাপযোগ্য আয়ন

নির্দিষ্ট আয়ন		বিশেষ নমুনায় উপস্থিত
(1) NH_3, NH_4^+	:	শিল্প বর্জ্য-পানি, সামুদ্রিক পানি
(2) CO_2, HCO_3^-	:	রক্ত, ভূপৃষ্ঠের পানি
(3) F^- আয়ন	:	পানীয় জল, প্রস্রাব, মাটি, শিল্পে আবদ্ধ গ্যাস
(4) Br^- আয়ন	:	শস্য, উদ্ভিদ কোষ
(5) I^- আয়ন	:	দুধ, ফার্মাসিউটিক্যাল
(6) NO_3^- আয়ন	:	পানীয় জল, মাটি, সার
(7) K^+ আয়ন	:	রক্তের সিরাম, মাটি, মদ
(8) H^+ আয়ন	:	ল্যাবরেটরি দ্রবণ, প্রাকৃতিক পানি, মাটি

pH ইলেকট্রোড বা গ্লাস ইলেকট্রোড হলো আয়ন-সিলেকটিভ ইলেকট্রোড (ion-selective or ion specific electrode)। এক্ষেত্রে Specialized membrane ব্যবহার করা হয়। বায়োলজিকেল, শিল্পক্ষেত্রের ও পরিবেশ সংশ্লিষ্ট বিভিন্ন আয়নের ঘনমাত্রা পরিমাপের জন্য বিভিন্ন আয়ন সিলেকটিভ ইলেকট্রোড তৈরি করা হয়। বর্তমানে পিকোমোলার থেকে ফেম্‌টোমোলার (10^{-12}–10^{-15}M) ঘনমাত্রার আয়ন পরিমাপের ইলেকট্রোড ব্যবহৃত হয়। ৪.৪নং সারণিতে বিভিন্ন নমুনায় শনাক্তকরণ ও পরিমাপযোগ্য নির্দিষ্ট আয়ন উল্লেখ করা হলো।

এ অধ্যায়ের সার-সংক্ষেপ

Recapitulation

- **তড়িৎ পরিবাহী (Electrical conductor) :** যে সব পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ চলাচল করতে পারে, তারা তড়িৎ পরিবাহী। যেমন, সব ধাতু, গ্রাফাইট, গলিত অবস্থায় লবণসমূহ হচ্ছে পরিবাহী।
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী :** যে সব যৌগ বিগলিত বা দ্রবীভূত অবস্থায় তাদের ধনাত্মক ও ঋণাত্মক আয়ন দ্বারা তড়িৎ পরিবহন করে এবং সে সাথে রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, তাদেরকে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী বলা হয়।
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা :** তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার কালে আয়নগুলো দ্বারা তড়িৎ বহনের বিরুদ্ধে ঐ পরিবাহী যে বাধা সৃষ্টি করে, তাকে ঐ পরিবাহীর রোধ (R) বলে। তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর রোধের ব্যস্তানুপাতিক হলো ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা (L)। এক্ষেত্রে $L = \frac{1}{R}$। পরিবাহিতার একক ohm^{-1}.

- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা :** 1 cm দূরে থাকা ও $1cm^2$ ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট দুটি তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী অংশের তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণের পরিবাহিতাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা বলে। আপেক্ষিক পরিবাহিতাকে κ (kappa) অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়। $\kappa = L \times \frac{l}{A}$, L = দ্রবণের পরিবাহিতা, l = দুই তড়িৎদ্বারের দূরত্ব, A = প্রতিটি তড়িৎদ্বারের cm এককে ক্ষেত্রফল (cm^2)।
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা :** কোনো তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এক গ্রাম তুল্যভর পরিমাণের দ্রবণকে এক সেন্টিমিটার দূরত্বে থাকা দুটি উপযুক্ত তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী স্থানে রাখলে তড়িৎ প্রবাহে দ্রবণটির যে পরিবাহিতা হয়, তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্য পরিবাহিতা বলে। তুল্য পরিবাহিতাকে Λ (Lamda) অক্ষর দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এক্ষেত্রে $\Lambda = \kappa \times V$ হয়। $\Lambda = \kappa \times \frac{1000\ cm^3}{C}$
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহিতা :** তড়িৎ বিশ্লেষ্যের এক মোল পরিমাণের দ্রবণকে এক সেন্টিমিটার দূরত্বে থাকা দুটি উপযুক্ত তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী স্থানে রাখলে তড়িৎ প্রবাহে দ্রবণটির যে পরিবাহিতা হয়, তাকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহিতা বলে। মোলার পরিবাহিতাকে Λ_m প্রতীক দ্বারা প্রকাশ করা হয়।
  এক্ষেত্রে $\Lambda_m = \kappa \times \frac{1000\ cm^3}{M}$
- **অসীম লঘুতায় তুল্য পরিবাহিতা :** তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের দ্রবণকে পানি যোগ করে লঘু করতে থাকলে এর তুল্য পরিবাহিতা ক্রমশ বৃদ্ধি পেয়ে এমন একটি স্থির মানে পৌঁছে যে, ঐ দ্রবণটিকে আরো লঘু করলে সেটির তুল্য পরিবাহিতা মান আর বৃদ্ধি পায় না। তখন ঐ শেষ পরিবাহিতা মানটিকে ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের অসীম লঘুতায় তুল্য পরিবাহিতা (Λ_o) বলে। এক্ষেত্রে, $\Lambda_C = \Lambda_o - b\sqrt{C}$; b হলো ঐ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের একটি ধ্রুবক রাশি।
- **পরিবাহিতা কোষ :** একটি নির্দিষ্ট আয়তনের তড়িৎ বিশ্লেষ্যের রোধ মাপার জন্য নির্দিষ্ট ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট দুটি তড়িৎদ্বারকে নির্দিষ্ট ব্যবধানে কাচের পাত্রে রেখে যে কোষ ব্যবহার করা হয়, তাকে পরিবাহিতা কোষ বলে।
- **পরিবাহিতা কোষ ধ্রুবক :** কোনো পরিবাহিতা কোষের দুই তড়িৎদ্বারের মধ্যবর্তী দূরত্ব (l) এবং তড়িৎদ্বারের ক্ষেত্রফলের অনুপাতকে কোষ ধ্রুবক বলে। পরিবাহিতা কোষের কোষ ধ্রুবক = $\frac{l}{A}$।
- **তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা :** তরল মাধ্যমে তড়িৎ প্রবাহিত হওয়ার কালে তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নগুলোর গতির বাধাকে এ তড়িৎ বিশ্লেষ্যের রোধ।
- **ফ্যারাডে (Faraday) :** এক মোল ইলেকট্রন প্রবাহ দ্বারা যে মোট ঋণাত্মক বিদ্যুৎ চার্জ উৎপন্ন হয়, তাকে এক ফ্যারাডে বা ফ্যারাডে ধ্রুবক বলে। $1F = 96500C$
- **ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ :** ধাতুসমূহের ইলেকট্রন ত্যাগের প্রবণতা ক্রমঅনুসারে ধাতুসমূহকে ওপর থেকে নিচের দিকে একটি সারিতে বিন্যস্ত করা হয়েছে; ধাতুসমূহের এ সারিকে ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ বলে।
- **জারণ অর্ধকোষ :** তড়িৎ কোষের যে অর্ধকোষে জারণ ঘটে, তাকে জারণ অর্ধকোষ বলে।
- **বিজারণ অর্ধকোষ :** তড়িৎ কোষের যে অর্ধকোষে বিজারণ ঘটে, তাকে বিজারণ অর্ধকোষ বলে।
- **লবণসেতু :** দুটি অর্ধকোষের মধ্যে পরোক্ষ সংযোগের জন্য একটি বিশেষ লবণ যেমন KCl, KNO_3, Na_2SO_4, NH_4NO_3 ইত্যাদির সম্পৃক্ত দ্রবণ ভর্তি U-আকৃতির কাচ নলের উভয় মুখে তুলা বদ্ধ করে অর্ধকোষদ্বয়ের মধ্যে উল্টোভাবে ডুবিয়ে রাখা হয়। অর্ধকোষদ্বয়ের এরূপ পরোক্ষ সংযোগ মাধ্যমকে লবণসেতু বলে। লবণসেতু উভয় অর্ধকোষে বৈদ্যুতিক নিরপেক্ষতা বজায় রাখে।

- **তড়িৎদ্বার বিভব :** অর্ধকোষের তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আয়নের মধ্যে উভমুখী জারণ-বিজারণ বিক্রিয়ার ফলে যে বিভব তড়িৎদ্বারে সৃষ্টি হয়, তাকে তড়িৎদ্বার বিভব বলে।
- **প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব :** প্রমাণ অবস্থায় অর্থাৎ 25□C এ (গ্যাসের বেলায় 1 atm চাপে) 1M তড়িৎ বিশ্লেষ্যের সাথে তড়িৎদ্বারের যে বিভব সৃষ্টি হয়, তাকে প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বলা হয়।
- **কোষ বিভব :** তড়িৎ কোষের অ্যানোডের জারণ বিভব ও ক্যাথোডের বিজারণ বিভবের সমষ্টিকে কোষ বিভব বলে।
- **প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভব :** যেহেতু পূর্ণ তড়িৎকোষের e.m.f বা তড়িচ্চালক বল ঐ তড়িৎকোষে ব্যবহৃত তড়িৎদ্বারের বিজারণ বিভবের পার্থক্যের সমান, তাই অজানা তড়িৎদ্বারের বিভব মান গণনার সুবিধার্থে প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের বিভবের মান শূন্য ধরা হয়। তখন হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার যুক্ত তড়িৎকোষের তড়িচ্চালক বল বা e.m.f এর মানই ঐ কোষে যুক্ত অজানা তড়িৎদ্বারটির বিভব মান বোঝায়। হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারকে নিম্নরূপে প্রকাশ করা হয়—

$$Pt, H_2(g)\ (latm) \mid H^+(aq\ 1M\ HCl), \qquad E^o = 0.0V$$

- **প্রাইমারি কোষ :** যে তড়িৎ কোষে রাসায়নিক শক্তি স্বতঃস্ফূর্তভাবে বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তরিত হয়, তাকে প্রাইমারি কোষ বলে।
- **সেকেন্ডারি কোষ :** যে তড়িৎ কোষে বাইর থেকে বিদ্যুৎ প্রবাহিত করে বিদ্যুৎ শক্তিকে রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তর করে সঞ্চিত রাখা হয়, তাকে সেকেন্ডারি কোষ বলে।
- **ফুয়েল সেল :** ফুয়েল সেল হলো বিশেষ ধরনের গ্যালভানিক সেল। এরূপ সেলে ফুয়েল হিসেবে H_2 গ্যাস অথবা মিথানলকে Ni অথবা Pt ধাতু যুক্ত গ্রাফাইট অ্যানোডে প্রভাবকীয় জারণ ঘটানো হয় এবং ক্যাথোডে O_2 গ্যাসকে চালনা করে প্রভাবকীয় বিজারণ ঘটিয়ে পানি তৈরি করা হয়। ফুয়েল সেলে ব্যবহৃত জারক ও বিজারকের (ফুয়েলের) প্রবাহমানতার কারণে ফুয়েল সেলকে flow battery বলা হয়।

অনুশীলনী–৪

চতুর্থ অধ্যায় : তড়িৎ রসায়ন

(ক) জ্ঞানস্তর ভিত্তিক প্রশ্নাবলি (এক নজরে) :

(১) তড়িৎ পরিবাহী সংক্রান্ত প্রশ্নাবলি :

১। তড়িৎ পরিবাহী কী?

২। তড়িৎ অপরিবাহী বা ইনসুলেটর কী?

৩। তড়িৎ সুপরিবাহী কী?

৪। অর্ধপরিবাহী বা সেমি কনডাক্টর কী?

৫। সুপার কনডাক্টর কী?

৬। তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী কী?

৭। তীব্র বা সবল তড়িৎ বিশ্লেষ্য কাকে বলে?

৮। দুর্বল তড়িৎ বিশ্লেষ্য কাকে বলে?

৯। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের পরিবাহিতা কাকে বলে?

১০। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা কী?

১১। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুল্যপরিবাহিতা কী?

১২। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের মোলার পরিবাহিতা কী?

১৩। পরিবাহিতা কোষ কী?

১৪। পরিবাহিতা কোষ ধ্রুবক কী?

১৫। তড়িৎ বা বিদ্যুৎ পরিমাপের একক কী?

১৬। তড়িৎ প্রবাহের একক কী?

১৭। কুলম্ব কী?

১৮। ফ্যারাডে কাকে বলে?

১৯। এক জুল বলতে কী বুঝ?

(২) তড়িৎ বিশ্লেষণের ফ্যারাডের সূত্র ও কোষ সংক্রান্ত প্রশ্নাবলি :

১। তড়িৎ বিশ্লেষ্যের বিয়োজন বিভব কী?

২। ফ্যারাডের প্রথম সূত্র কী?

৩। মৌলের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক কী?

৪। যৌগের তুল্যভর কী?

৫। ধাতুর তুল্যভর কী?

৬। সক্রিয়তা সিরিজ কী?

৭। জারণ অর্ধবিক্রিয়া কী?

৮। বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া কী?

৯। জারণ অর্ধকোষ কী?

১০। বিজারণ অর্ধকোষ কী?

১১। গ্যালভানিক কোষ বা ভোল্টার কোষ কী?

১২। গ্যালভানিক কোষের অ্যানোড কোন্‌টি?

১৩। গ্যালভানিক কোষের ক্যাথোড কোন্‌টি?

১৪। লবণ সেতু কী?

১৫। বিদ্যুৎ প্রবাহ মাপার যন্ত্রকে কী বলে?

১৬। কোষ বিভব বা emf কী?

১৭। প্রমাণ কোষ বিভব কী?

১৮। তড়িৎ কোষের emf গণনার সমীকরণ লেখ।

১৯। একক তড়িৎদ্বার বিভব কী?

২০। প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব কী?

২১। প্রাইমারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার কী?

২২। তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ বা ইলেকট্রোলাইটিক সেল কাকে বলে?

২৩। প্রাইমারি কোষ কী?

২৪। গৌণ কোষ বা সেকেন্ডারি ব্যাটারি কী?

২৫। লিথিয়াম ব্যাটারি কোন্ শ্রেণির কোষ?

২৬। লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি কোন্ শ্রেণির কোষ?

২৭। ফুয়েল সেল কী?

২৮। Flow battery কী?

২৯। PEM fuel cell কী?

৩০। DMFC কী?

৩১। ফুয়েল সেলে মেমব্রেনের ভূমিকা কী?

৩২। ফুয়েল সেলের অ্যানোড ও ক্যাথোড কিসের তৈরি?

৩৩। ফুয়েল সেলের অ্যানোডে কোন ফুয়েল থাকে?

৩৪। ফুয়েল সেলের ক্যাথোডে কোন ফুয়েল থাকে?

৩৫। ফুয়েল সেলের উভয় ইলেকট্রোডের মাঝখানে কী থাকে?

৩৬। H_2 ফুয়েল সেল বিক্রিয়াটি লেখ।

৩৭। PEM ফুয়েল সেলে ব্যবহৃত পলিমার মেমব্রেনের নাম কী?

৩৮। গ্লাস ইলেকট্রোড pH মিটার কী?

৩৯। গ্লাস ইলেকট্রোড কোন শ্রেণির ইলেকট্রোড?

৪০। pH ইলেকট্রোড কোন্ শ্রেণির ইলেকট্রোড?

(খ) অনুধাবন স্তরভিত্তিক প্রশ্নাবলি (এক নজরে) :

(১) পরিবাহী সংক্রান্ত প্রশ্নাবলি :

১। সুপার কনডাক্টরের বৈশিষ্ট্য সমূহ আলোচনা কর।

২। ইলেকট্রনীয় পরিবাহীর বৈশিষ্ট্য সমূহ আলোচনা কর।

৩। তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী সমূহের বৈশিষ্ট্য আলোচনা কর।

৪। ধাতব পরিবাহী বা ইলেকট্রনীয় পরিবাহী ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর মধ্যে পার্থক্য সমূহ লেখ।

৫। তড়িৎ বিশ্লেষ্য কীরূপে তড়িৎ পরিবহন করে তা ব্যাখ্যা কর।

৬। 0.1M HCl দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করতে পারে, কিন্তু 0.1M গ্লুকোজ দ্রবণ তড়িৎ পরিবহন করে না কেন ব্যাখ্যা কর।

৭। NaCl দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহী হয়, ব্যাখ্যা কর। [কু. বো. ২০১৫

(২) ফ্যারাডের সূত্র ও কোষ সংক্রান্ত প্রশ্নাবলি :

১। ফ্যারাডের ১ম সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা দাও।

২। হাইড্রোজেনের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0.000010447g/couloub-এর ব্যাখ্যা কর।

৩। Ag- এর তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0.001118g/coul; এর ব্যাখ্যা দাও। [ব. বো. ২০১৫]

৪। ফ্যারাডের সূত্রের প্রযোজ্যতা আলোচনা কর।

৫। ফ্যারাডের সূত্রের সীমাবদ্ধতা ব্যাখ্যা কর।

৬। ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে ইলেকট্রনের চার্জ গণনা কর।

৭। তড়িৎ বিশ্লেষণে এক মোল বিভিন্ন ধাতু সঞ্চিত করতে প্রয়োজনীয় বিদ্যুতের ফ্যারাডে এককে সম্পর্ক স্থাপন কর।

৮। তড়িৎ বিশ্লেষণ একটি জারণ-বিজারণ প্রক্রিয়া; ব্যাখ্যা কর।

৯। প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব বলতে কী বোঝায়?

১০। প্রাইমারি নির্দেশক তড়িৎদ্বারের গঠন প্রণালি আলোচনা কর।

১১। একক-প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া দ্বারাই ধাতুর সক্রিয়তা সিরিজ তৈরি হয়েছে; তা ব্যাখ্যা কর।

১২। স্বতঃস্ফূর্ত রিডক্স বিক্রিয়া থেকেই গ্যালভানিক কোষ তৈরি হয়েছে; তা ব্যাখ্যা কর।

১৩। লবণ সেতুর বৈশিষ্ট্যসমূহ বা ভূমিকা ব্যাখ্যা কর।

১৪। তড়িৎদ্বার বিভব কীরূপে সৃষ্টি হয়, তা ব্যাখ্যা কর।

১৫। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারের গঠন বর্ণনা কর।

১৬। তড়িৎ কোষ বিভবের নার্নস্ট সমীকরণ প্রতিষ্ঠা কর।

১৭। প্রমাণ অবস্থায়, ডেনিয়েল কোষের emf = 1.1V হয়। $[Zn^{2+}] = 1.0 \times 10^{-4}M$ এবং $[Cu^{2+}] = 2.0M$ হলে তখন ডেনিয়েল কোষের emf কত হবে?

১৮। ডেনিয়েল কোষের emf গণনা কর; যখন $[Zn^{2+}] = 0.1M$ এবং $[Cu^{2+}] = 0.05M$.

25°C-এর $E^0_{Zn/Zn^{2+}} = 0.76$ V এবং $E^0_{Cu/Cu^{2+}} = -0.34$V হয়।

১৯। গ্যালভানিক কোষ ও তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের ভিত্তি হলো বিপরীত; তা ব্যাখ্যা কর।

২০। এক প্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট ইলেকট্রোলাইটিক কোষ ও দ্বিপ্রকোষ্ঠ বিশিষ্ট গ্যালভানিক কোষের মধ্যে পার্থক্যসমূহ লেখ।

২১। লেড-এসিড স্টোরেজ ব্যাটারির বেলায় গ্যালভানিক কোষ বিক্রিয়াটি লেখ।

২২। লেড এসিড স্টোরেজ ব্যাটারির বেলায় ইলেকট্রোলাইটিক কোষ বিক্রিয়াটি লেখ।

২৩। লিথিয়াম –আয়ন ব্যাটারির কার্যপ্রণালি সমীকরণসহ লেখ।

২৪। লেড-স্টোরেজ ব্যাটারির সুবিধাসমূহ ব্যাখ্যা কর।

২৫ লিথিয়াম–আয়ন ব্যাটারির সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ লেখ।

১৭। লিথিয়াম–ব্যাটারির সুবিধা ও অসুবিধাসমূহ লেখ।

২৮। ফুয়েল সেল ও সাধারণ ব্যাটারির মধ্যে পার্থক্য কী?

২৯। ফুয়েল সেলের সাধারণ বৈশিষ্ট্যসমূহ লেখ।

৩০। অ্যালকালি H_2–ফুয়েল সেলের গঠন ও কার্যপ্রণালি লেখ।

৩১। PEM–H_2 ফুয়েল সেলের গঠন ও কার্যপ্রণালি লেখ।

৩২। H_2–ফুয়েল সেলের সুবিধাসমূহ লেখ।

৩৩। P^H মিটারের গঠন বর্ণনা কর।

৩৪। P^H মিটারে P^H নির্ণয় কীরূপে করা হয়?

Must be Read this Question All

গ-বিভাগ : বহুনির্বাচনি প্রশ্ন (MCQ)

❑ বহুনির্বাচনি প্রশ্ন

১। নিচের কোন্ তড়িৎদ্বার জারণ প্রক্রিয়া বোঝায়?

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

২। নিচের কোন্ তড়িৎদ্বার বিজারণ প্রক্রিয়া বোঝায়?

(ক) Fe/Fe^{2+} (খ) Cu^{2+}/Cu (গ) Zn/Zn^{2+} (ঘ) Pt. H_2/H^+

৩। অ্যানোডরূপী Zn/Zn^{2+} ($E^\theta = +0.76V$) এর সাথে নিচের কোন্‌টিকে ক্যাথোডরূপে ব্যবহার করা যাবে?

(ক) Co/Co^{2+} ($E^\theta = +0.28$) (খ) Mg/Mg^{2+} ($E^\theta = +2.36$)

(গ) Ca/Ca^{2+} ($E^\theta = +2.87$) (ঘ) Al^{3+}/Al ($E^\theta = -1.66$)

৪। A, B, C, D ধাতুসমূহের প্রমাণ বিজারণ বিভব হলো যথাক্রমে – 3.05V, –1.66V, 0.40V ও 0.80V। এদের কোন্‌টি অধিক সবল বিজারক হবে?

(ক) A (খ) B (গ) C (ঘ) D

৫। Zn ও Ag তড়িৎদ্বারের জারণ বিভব যথাক্রমে +0.76V ও –0.80V তবে; $Zn/Zn^{2+}|\ Ag^+/Ag$ কোষের emf হবে কোনটি?

(ক) –1.56V (খ) – 0.04V (গ) + 0.04V (ঘ) 1.56V

৬। Pt, H_2/H^+ অর্ধকোষটি কী প্রকারের অর্ধকোষ হবে?

(ক) অধাতব অর্ধকোষ (খ) গ্যাস অর্ধকোষ (গ) জারণ অর্ধকোষ (ঘ) জারণ-বিজারণ অর্ধকোষ

৭। নিচের কোন সেলটি পরিবেশবান্ধব হবে? [ঢা. বো. ২০১৫]

(ক) ফুয়েল সেল (খ) লেড সঞ্চয়ক ব্যাটারি

(গ) ক্যাডমিয়াম ব্যাটারি (ঘ) লিথিয়াস আয়ন ব্যাটারি

৮। H_2 ফুয়েল সেলের emf কত? [ঢা. বো. ২০১৫]

(ক) 0.76V (খ) 1.10V (গ) 1.23V (ঘ) 2.03V

৯। 27 g Al ক্যাথোডে জমা করতে কী পরিমাণ বিদ্যুৎ লাগবে? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) 1 F (খ) 3 F (গ) 13.5 F (ঘ) 27 F

১০। ক্যালোমেল তড়িৎদ্বারে কোনটি ব্যবহৃত হয়?

(ক) $HgCl_2$ (খ) Hg_2Cl_2 (গ) MnO_2 (ঘ) NH_4Cl

১১। $E_{Zn/Zn^{2+}} = +0.76$ V এবং $E_{Ag/Ag^+} = -0.799$ V. তড়িৎ কোষটির মোট বিভব কত? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) 1.559 V (খ) 1.459 V (গ) 1.669V (ঘ) 2.559 V

১২। Pt, H_2/H^+ এর সাথে কোনটি অ্যানোড হিসাবে উপযুক্ত? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) Zn^{2+}/Zn (খ) Ag^+/Ag (গ) Cu^{2+}/Cu (ঘ) Hg^{2+}/Hg

১৩। কোনটি প্রাইমারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) ক্যালোমেল (খ) গ্যাস তড়িৎদ্বার (গ) হাইড্রোজেন (ঘ) জারণ-বিজারণ

১৪। কোনটি জারণ-বিজারণ অর্ধকোষ? [ঢা. বো. ২০১৬]

(ক) Pt, Cl_2/Cl^- (খ) Ag. AgCl(s)/Cl (গ) Na . Hg/Na^+ (ঘ) Pt/Fe^{2+}, Fe^{3+}

১৫। $CuSO_4$ দ্রবণের মধ্যে 5000 mA তড়িৎ প্রবাহ 1 ঘণ্টা ধরে চালনা করলে কি পরিমাণ কপার জমা হবে? [কু. বো. ২০১৬]

(ক) 5.5222 g (খ) 5.7222 g (গ) 5.8222 g (ঘ) 5.9222 g

১৬। নিচের কোনটি শক্তিশালী বিজারক? [কু. বো. ২০১৬]

(ক) Na (খ) Li (গ) K (ঘ) Ag

১৭। লেড স্টোরেজ ব্যাটারিতে ব্যবহৃত হয়— [কু. বো. ২০১৬]

(ক) HNO_3 (খ) H_2SO_4 (গ) HCl (ঘ) CH_3COOH

১৮। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বারে অম্ল দ্রবণের ঘনমাত্রা থাকে— [কু. বো. ২০১৬]

(ক) 1.0M (খ) 0.1M (গ) 0.01 M (ঘ) 0.001 M

১৯। ফুয়েল সেলের ক্যাথোডে জ্বালানি হিসেবে ব্যবহৃত গ্যাসটি হলো— [কু. বো. ২০১৬]

(ক) হাইড্রোজেন গ্যাস (খ) পানি গ্যাস (গ) অক্সিজেন গ্যাস (ঘ) কার্বন ডাইঅক্সাইড গ্যাস

২০। গ্যাস ইলেকট্রোডে কোন ধাতু যুগল ব্যবহার করা হয়? [সি. চ. ২০১৬]

(ক) Hg, Au (খ) Hg, Pt (গ) Pt, Au (ঘ) Pt, V

২১। $AgNO_3$, দ্রবণের মধ্যদিয়ে 60 মিনিট যাবৎ 5 amp তড়িৎ চালনা করা হলে ক্যাথোডে কত গ্রাম Ag জমা হবে? [সি. বো. ২০১৬]

(ক) 8.766 (খ) 16.812 (গ) 20.145 (ঘ) 24.854

২২। কোনটি প্রাইমারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার? [রা. বো. ২০১৬]

(ক) ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার (খ) Ag/AgCl তড়িৎদ্বার

(গ) Zn তড়িৎদ্বার (ঘ) হাইড্রোজেন গ্যাস তড়িৎদ্বার

২৩। $ZnSO_4$ দ্রবণে 1.0 C চার্জ প্রবাহিত করলে অ্যানোডে দ্রবীভূত জিঙ্কের পরিমাণ কত হবে? [রা. বো. ২০১৬]

(ক) 3.4 7 g (খ) 0.0034 g (গ) 32.7 g (ঘ) 0.0348 g

২৪। চিনি ও গ্লুকোজ হলো—

(ক) তড়িৎবিশ্লেষ্য (খ) ইলেকট্রনীয় পরিবাহী (গ) তড়িৎঅবিশ্লেষ্য (ঘ) অধাতব পরিবাহী

২৫। তড়িৎ বিশ্লেষণকালে কোনটি আগে চার্জমুক্ত হবে? [য. বো. ২০১৬]

(ক) Cu^{2+} (খ) H^+ (গ) Pb^{2+} (ঘ) Na^+

২৬। লেড সঞ্চয়ী কোষে কোনটি তড়িৎ বিশ্লেষ্য হিসেবে ব্যবহৃত হয়?

(ক) H_2SO_4 (খ) $PbSO_4$ (গ) PbO (ঘ) PbO_2

২৭। কোনটি রিচার্জযোগ্য? [য. বো. ২০১৬]

(ক) লিথিয়াম ব্যাটারি (খ) লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারি (গ) শুষ্ক কোষ (ঘ) ক্ষারীয় ফুয়েল সেল

২৮। নিম্নের কোনটি ধাতু–ধাতব আয়ন তড়িৎদ্বারের উদাহরণ? [ব. বো. ২০১৬]

(ক) Ag(s), AgCl(s)/NaCl(aq) (খ) Hg(*l*). Hg_2Cl_2(s)/KCl(aq)

(গ) Ag(s)/$AgNO_3$(aq) (ঘ) Pt(s)/Fe^{2+}(aq), Fe^{3+}(aq)

২৯। তড়িৎ বিশ্লেষণকালে নিচের কোন আয়নটি আগে চার্জমুক্ত হয়? [ব. বো. ২০১৬]
(ক) Br^- (খ) NO_3^- (গ) OH^- (ঘ) Cl^-

৩০। $CuSO_4$ দ্রবণে 1 F চার্জ দ্বারা কতটুকু কপার সঞ্চিত হবে? [সি. বো. ২০১৬]
(ক) 23.0 g (খ) 26.52 g (গ) 31.75 g (ঘ) 33.68 g

৩১। কোষের e.mf নির্ণয়ের সূত্র কোনটি? [দি. বো. ২০১৬]
(ক) $E_{cell} = E_{anode(OX)} - E_{cathode(OX)}$ (খ) $E_{cell} = E_{anode(OX)} - E_{cathode(OX)}$
(গ) $E_{cell} = E_{node(Red)} - E_{cathode(Red)}$ (ঘ) $E_{cell} = E_{anode(OX)} + E_{cathode(OX)}$

৩২। $Zn(s) | Zn^{2+}(aq) || Cu^{2+}(aq) | Cu(s)$ কোষটির ক্যাথোডে সংঘটিত বিক্রিয়া কোনটি? [দি. বো. ২০১৬]
(ক) $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$ (খ) $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu$ (গ) $Zn^{2+} + 2e \rightarrow Zn$ (ঘ) $Cu \rightarrow Cu^{2+} + 2e$

৩৩। তামার প্রমাণ বিজারণ বিভব কত? [দি. বো. ২০১৬]
(ক) + 0.34 V (খ) + 0.80 V (গ) + 1.30 V (ঘ) + 1.36 V

৩৪। নিচের কোন সেলটি পরিবেশ বান্ধব? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) ফুয়েল সেল (খ) লেড-সঞ্চয়ক ব্যাটারি
(গ) ক্যাডমিয়াম ব্যাটারি (ঘ) লিথিয়াম-আয়ন ব্যাটারি

৩৫। কোনটি মুখ্য অনির্দেশক তড়িৎদ্বার? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার (খ) ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার
(গ) গ্লাস তড়িৎদ্বার (ঘ) ক্যাডমিয়াম তড়িৎদ্বার

৩৬। 1 cm^3 1 M অম্লীয় $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ দ্বারা জারিত করতে কত গ্রাম Fe(ll) আয়ন প্রয়োজন? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) $33.5 \times 10–2$ g (খ) 3.550 g (গ) 33.50 g (ঘ) 3.35×10^3 g

৩৭। নিচের সবচেয়ে কম সক্রিয় ধাতু কোনটি? [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) গোল্ড (খ) প্লাটিনাম (গ) সিলভার (ঘ) ক্রোমিয়াম

৩৮। ক্রোমিয়াম সালফেট দ্রবণে তিন ফ্যারাডে বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে সঞ্চিত ক্রোমিয়ামের পরিমাপ কত? (Cr-এর পারমাণবিক ভর 52) [ঢা. বো. ২০১৫]
(ক) 17.33 g (খ) 52 g (গ) 104 g (ঘ) 156 g

৩৯। 1 মোল অম্লীয় $KMnO_4$ রিডক্স বিক্রিয়ায় কত মোল ইলেকট্রন গ্রহণ করে?
(ক) 2 (খ) 3 (গ) 4 (ঘ) 5

৪০। মুখ্য নির্দেশক তড়িৎদ্বার হিসেবে ব্যবহৃত হয় কোনটি? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িৎদ্বার (খ) ক্যালোমেল তড়িৎদ্বার
(গ) গ্লাস তড়িৎদ্বার (ঘ) ক্যাডমিয়াম তড়িৎদ্বার

৪১। গাড়িতে ব্যবহৃত লেড সঞ্চয়ক কোষে মাঝে মাঝে পানি দেওয়া হয় কেন? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) কোষ শীতল রাখার জন্য (খ) দ্রবণের pH সঠিক রাখার জন্য
(গ) ব্যাটারির কার্যক্ষমতা ঠিক রাখার জন্য (ঘ) H_2SO_4 এর আপেক্ষিক গুরুত্ব সঠিক রাখার জন্য

৪২। 5 A বিদ্যুৎ 5 min ধরে $CuSO_4$ দ্রবণে প্রবাহিত করলে ক্যাথোডে কি পরিমাণ Cu সঞ্চিত হবে? [রা. বো. ২০১৫]
(ক) 9.87 g (খ) 4.96 g (গ) 0.985 g (ঘ) 0.496 g

৪৩। 'Milk of lime' বলা হয়— [য. বো. ২০১৫]

(ক) CaO (খ) $CaCO_3$ (গ) $Ca(OH)_2$ (ঘ) NaOH CaO

৪৪। লেড স্টোরেজ ব্যাটারির অভ্যন্তরীণ রোধ কত ওহম? [য. বো. ২০১৫]

(ক) 0.80 (খ) 0.50 (গ) 0.02 (ঘ) 0.01

৪৫। বিশুদ্ধ পানির pH কত? [য. বো. ২০১৫]

(ক) 6.50 (খ) 7.50 (গ) 7.00 (ঘ) 8.50

৪৬। তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য— [য. বো. ২০১৫]

(ক) অ্যানোডে অধাতু এবং ক্যাথোডে ধাতু জমা হয়

(খ) অ্যানোডে ধাতু এবং ক্যাথোডে অধাতু জমা হয়

(গ) ইলেকট্রন ক্যাথোড থেকে অ্যানোডে প্রবাহিত হয়

(ঘ) দ্রবণের ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে

৪৭। অ্যানোড তড়িৎদ্বারে ঘটে— [য. বো. ২০১৫]

(ক) ধাতব আয়ন আগমন (খ) ধাতব আয়ন নির্গমন (গ) বিজারণ (ঘ) জারণ

৪৮। $E°M_1^{2+} / M_1 = 0.34$ V এবং $E°M_2^{2+} / M = 2.30$ V অর্ধকোষ দুইটি দ্বারা গঠিত কোষের বিভব কত? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) – 1.96 V (খ) + 1.96 V (গ) – 2.64 V (ঘ) + 2.65 V

৪৯। $Al^{3+} + 3e^- \rightarrow$ Al-এ বিক্রিয়ায় 9 g Al ধাতু উৎপাদনে প্রয়োজনীয় বিদ্যুতের পরিমাণ কত? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) 1 F (খ) 3 F (গ) 9 F (ঘ) 27 F

৫০। লবণ সেতুতে নিচের কোন লবণটি ব্যবহৃত হয়? [কু. বো. ২০১৫]

(ক) $CaCl_2$ (খ) $CuCl_2$ (গ) KCl (ঘ) $Al_2(SO_4)_3$

৫১। $Zn/ZnSO_4$ (1.0 M) || $CuSO_4$(1.0 M)/Cu কোষটির ক্যাথোডে কোন বিক্রিয়াটি ঘটে? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) $Cu - 2e^- = Cu^{2+}$ (খ) $Zn - 2e^- = Zn^{2+}$

(গ) $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$ (ঘ) $Zn^{2+} + 2e^- = Zn$

৫২। লেড সঞ্চয়ী কোষে ব্যবহৃত H_2SO_4 এর আপেক্ষিক গুরুত্ব কত? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) 1.25 (খ) 1.20 (গ) 1.15 (ঘ) 1.10

৫৩। প্রমাণ হাইড্রোজেন তড়িদ্বারের বিভবের মান কত?

(ক) + 1.00 V (খ) – 1.34 V (গ) 0V (ঘ) + 0.76 V

৫৪। নিম্নের কোন ফুয়েল সেলে তরল ইলেকট্রোলাইট অনুপস্থিত? [চ. বো. ২০১৫]

(ক) PEMFC (খ) AFC (গ) PAFC (ঘ) MCFC

৫৫। হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে অ্যানোড ও ক্যাথোড হিসেবে নিচের কোনটি ব্যবহৃত হয়? [সি. বো. ২০১৫]

(ক) Ni (খ) Ag (গ) Pt (ঘ) গ্রাফাইট

৫৬। বিগলিত NaCl, $MgCl_2$, $AlCl_3$ ও $SnCl_4$ এর ভেতর দিয়ে 1 F বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে কোন ধাতুর মোলসংখ্যা সর্বাধিক জমা হবে? [সি. বো. ২০১৫]

(ক) Na (খ) Mg (গ) Al (ঘ) Sn

৫৭। স্টোরেজ ব্যাটারির মাধ্যমে কোন ভারী ধাতুটি খাদ্য-শৃংখলে প্রবেশ করে? [সি. বো. ২০১৫]

(ক) Cd (খ) As (গ) Pb (ঘ) Cr

৫৮। সিলভার নাইট্রেট দ্রবণের মধ্য দিয়ে 1.2 A বিদ্যুৎ কতক্ষণ চালনা করলে ক্যাথোডে 1.61 g সিলভার জমা হবে? [ব. বো. ২০১৫]

(ক) 40 মিনিট (খ) 30 মিনিট (গ) 25 মিনিট (ঘ) 20 মিনিট

৫৯। মিথাইল অরেঞ্জ নির্দেশকের pH পরিসর কত? [ব. বো. ২০১৫]

(ক) 1.2 – 2.8 (খ) 3.1 – 4.4 (গ) 5.5 – 7.5 (ঘ) 7.2 – 8.8

৬০। তড়িৎ রাসায়নিক সক্রিয়তা সিরিজের নিম্নের কোনটি সঠিক? [ব. বো. ২০১৫]

(ক) Al > Ni (খ) Zn > Mg (গ) Fe > Na (ঘ) Cu > Sn

৬১। শুষ্ক কোষের তড়িচ্চালক বলের মান কত? [দি. বো. ২০১৫]

(ক) + 1.2 V (খ) + 1.3 V (গ) + 1.4 V (ঘ) + 1.5 V

৬২। $E^0_{Zn/Zn^{2+}} = 0.76V$, $E^0_{H/H^+} = 0$. তড়িৎদ্বার দ্বারা গঠিত তড়িৎ কোষের সংকেত [দি. বো. ২০১৫]

(ক) $Zn_{(s)}Zn^{2+} \parallel H^+(aq)/H_2, Pt$

(খ) $Zn/Zn^{2+}(aq) \parallel H^+(aq)/H_2, (1\ atm), Pt$

(গ) $Pt, (1\ atm)\ H_2/H^+(aq) \parallel Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$

(ঘ) $Pt, H_2/H^+(aq) \parallel Zn^{2+}(aq)/Zn(s)$

৬৩। $AgNO_3$ দ্রবণে 5 amp তড়িৎ 10 মিনিট চালনা করা হলে ক্যাথোডে কি পরিমাণ সিলভার জমা হবে? [দি. বো. ২০১৫]

(ক) 0.559 g (খ) 1.462 g (গ) 3.360 g (ঘ) 3.388 g

৬৪। লবণ সেতুতে নিচের কোন যৌগটি ব্যবহার করা যাবে? [দি. বো. ২০১৫]

(ক) KNO_3 (খ) KNO_2 (গ) $KMnO_4$ (ঘ) $K_2Cr_2O_7$

*** বহুপদি সমাপ্তিসূচক প্রশ্ন :**

৬৫। ব্লিচিং পাউডারের সংকেতে Cl পরমাণুর জারণ-অবস্থা হলো—

i. +1 ii. 0 iii. –1

(ক) i (খ) ii (গ) i ও iii (ঘ) i ও iii

৬৬। তড়িৎ রাসায়নিক কোষ সম্পর্কিত তথ্যগুলো নিম্নরূপ :

i. রাসায়নিক শক্তি তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তর

ii. অ্যানোড ধনাত্মক

iii. অ্যানোড থেকে মুক্ত ইলেকট্রন বর্তনীতে প্রবাহিত হয়

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

৬৭। ফ্যারাডের সূত্র কোন পরিবাহীর ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হবে?

i. ইলেকট্রনীয় পরিবাহীর ক্ষেত্রে

ii. তড়িৎ বিশ্লেষ্য পরিবাহীর ক্ষেত্রে

iii. গলিত অ্যালুমিনার ক্ষেত্রে

নিচের কোন্‌টি সঠিক?

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

৬৮। কপার ও জিঙ্ক এর প্রমাণ বিজারণ বিভব যথাক্রমে + 0.34 ভোল্ট ও − 0.76 ভোল্ট হলে কোনগুলো সত্য?

(i) কপার জিঙ্কের চেয়ে শক্তিশালী জারক

(ii) কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করলে কপার অধঃক্ষিপ্ত হবে

(iii) কোষে জিঙ্ক অ্যানোড হিসেবে কাজ করে

নিচের কোনটি সঠিক? [ঢা. বো. ২০১৬]

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

৬৯। ফ্যারাডের সূত্রটি প্রযোজ্য—

(i) ধাতু নিষ্কাশনে

(ii) তড়িৎ প্রলেপনে

(iii) ধাতু বিশুদ্ধকরণে

নিচের কোনটি সঠিক? [য. বো. ২০১৬]

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

৭০। $E^0_{Ag/Ag^+} = +1.32V$ $E^0_{H/H^+}, = 0\ (V)$

তড়িদ্বার দুটি দ্বারা গঠিত কোষের সংকেত কোনটি?

(i) $Ag(s)/Ag^+(aq) \parallel H^+\ (1M)/H_2(g);$ 1 atm. Pt

(ii) $Ag(s)\ /Ag^+\ (aq) \parallel H^+(aq)/H_2(g);$ 1 atm. Pt

(iii) $Ag(s)\ /Ag^+\ (aq) \parallel H^+.H_2(g);$ Pt

নিচের কোনটি সঠিক? [সি. বো. ২০১৬]

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

৭১। হাইড্রোজেন ফুয়েল সেলে—

(i) কার্যদক্ষতা 60%

(ii) জ্বালানি হিসেবে হাইড্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়

(iii) অ্যালকালির ঘনমাত্রা অপরিবর্তিত থাকে

নিচের কোনটি সঠিক? [দি. বো. ২০১৫]

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

৭২। কোনটি স্বতঃস্ফূর্ততার শর্ত?
(i) E^0_{cell} এর মান + হলে
(ii) ΔG° এর মান – হলে
(iii) ΔG° এর মান + হলে
নিচের কোনটি সঠিক? [য. বো. ২০১৫]
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭৩। রিডক্স বিক্রিয়ার উদাহরণ—
(i) $Na + Cl_2 \longrightarrow NaCl$
(ii) $FeCl_2 + Cl_2 \longrightarrow FeCl_3$
(iii) $NH_4OH + HCl \longrightarrow NH_4Cl + H_2O$
নিচের কোনটি সঠিক? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭৪। প্রমাণ হাইড্রোজেন গ্যাস তড়িদ্বার তৈরির শর্ত—
(i) দ্রবণের ঘনমাত্রা 1 mol L^{-1}
(ii) গ্যাসের চাপ 1 atm
(iii) তাপমাত্রা 298 K
নিচের কোনটি সঠিক? [কু. বো. ২০১৫]
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭৫। কোষের তড়িচ্চালক বল—
(i) আয়নের ঘনমাত্রার উপর নির্ভরশীল
(ii) গ্যাসের চাপের উপর নির্ভরশীল
(iii) জারণ ও বিজারণ বিভবের উপর নির্ভরশীল
নিচের কোনটি সঠিক? [চ. বো. ২০১৫]
(ক) i ও ii (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৭৬। সেকেন্ডারি নির্দেশক তড়িৎদ্বার হলো—
(i) Pt, H_2 (1 atm)/H^+ (1M)
(ii) Ag(s), AgCl(s)/HCl(aq)
(iii) Hg(*l*), Hg_2Cl_2(s)/KCl(aq)
নিচের কোনটি সঠিক? [সি. বো. ২০১৫]
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

❑ **অভিন্ন তথ্যভিত্তিক প্রশ্ন :**

* Cu-ইলেকট্রোডের বিভব মান নির্ণয় করতে প্রমাণ H-ইলেকট্রোডসহকারে ভোল্টমিটার সংযোগ করে দেখা গেল কোষটির emf 0.34V এবং H-ইলেকট্রোড থেকে Cu-ইলেকট্রোডে ইলেকট্রন প্রবাহিত হচ্ছে। সুতরাং কোষটির সমীকরণ হলো নিম্নরূপ। উদ্দীপকের তথ্য মতে নিচের ৭৭ ও ৭৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

$2H(g) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 2H^+(aq) + Cu(s) \quad E^\theta_{cell} = 0.34V$

৭৭। উদ্দীপক কোষটির অ্যানোডের জারণ বিক্রিয়াটি হলো কোনটি?

(ক) $2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$ (খ) $2H \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ (গ) $Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^-$ (ঘ) $Cu^{2+} + 2e^- \longrightarrow Cu$

৭৮। Cu/Cu^{2+} ইলেকট্রোডটির বিভব মান কত হবে?

(ক) 0.34V (খ) 0.17V (গ) – 0.34V (ঘ) – 0.17V

* নিচের উদ্দীপকটি হতে ৭৯ ও ৮০ নং প্রশ্নের উত্তর দাও : [রা. বো. ২০১৬]

কোষ বিক্রিয়া : $H_2(g) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow 2H^+(aq) + Cu_{(s)}$; $E_{কোষ} = 0.34$ V

৭৯। উদ্দীপক কোষে অ্যানোডের জারণ বিক্রিয়া কোনটি?

(ক) $2H^+ + 2e^- = H_2$ (খ) $Cu = Cu^{2+} + 2e^-$ (গ) $H_2 = 2H^+ + 2e^-$ (ঘ) $Cu^{2+} + 2e^- = Cu$

৮০। $E_{Cu/Cu^{2+}}$ তড়িদ্দ্বারের বিভব মান কত?

(ক) 0.34 V (খ) – 0.34 V (গ) 0.17V (ঘ) – 0.17 V

* উদ্দীপকের আলোকে ৮১ ও ৮২ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

(i) $M^{2+}(aq) + e^- \longrightarrow M(s)$; $E^0_{M^{2+}/M} = 0.34$ V

(ii) $N(s) \rightarrow N^{2+}(aq) + 2e^-$; $E^0_{N/N^{2+}} = -0.80$ V.

৮১। কোন কোষ ডায়াগ্রামটি সঠিক?

(ক) $M(s), M^{2+}(aq) \parallel N^{2+}(aq), N_{(s)}$ (খ) $M(s), M^{2+}(aq) \parallel N_{(s)}: N^{2+}(aq)$

(গ) $N(s), N^{2+}(aq) \parallel M^{2+}(aq), M_{(s)}$ (ঘ) $N(s), N^{2+}(aq) \parallel M_{(s)}, M^{2+}(aq)$

৮২। কোষটির emf কত? [য. বো. ২০১৬]

(ক) 1.14 V (খ) 0.46 V (গ) – 0.46 V (ঘ) – 1.20 V

* জিঙ্ক ও আয়রন ধাতু দ্বারা একটি তড়িৎ রাসায়নিক কোষ গঠন করা হলো। কোষটির ক্ষেত্রে জিঙ্ক ও আয়রনের প্রমাণ বিজারণ বিভব যথাক্রমে, – 0.76 V এবং – 0.44 V.

উদ্দীপকের আলোকে ৮৩ ও ৮৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :

৮৩। উদ্দীপক কোষটির সেল বিভবের মান— [কু. বো. ২০১৬]

(ক) + 0.32 V (খ) – 0.32 V (গ) + 1.20 V (ঘ) – 1.20 V

৮৪। উল্লিখিত তথ্যের আলোকে—

(i) আয়রনের পাত্রে জিঙ্ক লবণের দ্রবণ দীর্ঘকালীন রাখা যাবে না

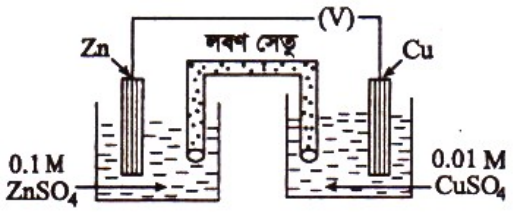
(ii) কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটবে

(iii) Zn ক্ষয়প্রাপ্ত হবে

নিচের কোনটি সঠিক?

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

* উদ্দীপকটির আলোকে ৮৫ ও ৮৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



৮৫। উদ্দীপকের কোষটির জন্য— [সি. বো. ২০১৬]

(i) $E_{cell} = E^0_{Zn/Zn^{2+}} + E^0_{Cu/Cu^{2+}}$ (ii) $E_{cell} = E^0_{Zn/Zn^{2+}} - E^0_{Cu^{2+}/Cu}$ (iii) $E_{cell} = E^0_{Cu^{2+}/Cu} - E^0_{Zn^{2+}/Zn}$

নিচের কোনটি সঠিক?

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

৮৬। ডান অর্ধকোষ উপেক্ষা করে $Fe/FeSO_4$, অর্ধকোষ ব্যবহার করা হলে কোষ বিভব কত ভোল্ট হবে?

(ক) + 1.2 (খ) – 1.2 (গ) + 0.32 (ঘ) – 0.32

* জিঙ্ক পাত্রে $FeSO_4$ দ্রবণ রাখা হলো। জিঙ্ক ও আয়রনের প্রমাণ বিজারণ বিভব যথাক্রমে –0.76 V এবং – 0.44 V.

উদ্দীপক অনুসারে নিম্নে ৮৭ ও ৮৮ নং প্রশ্নের উত্তর দাও : [ব. বো. ২০১৬]

৮৭। উদ্দীপকে উৎপন্ন কোষটির কোষ বিভব এর মান—

(ক) + 0.32 V (খ) – 0.32 V (গ) + 1.20 V (ঘ) – 1.20 V

৮৮। উদ্দীপকে উৎপন্ন কোষটির ক্ষেত্রে–

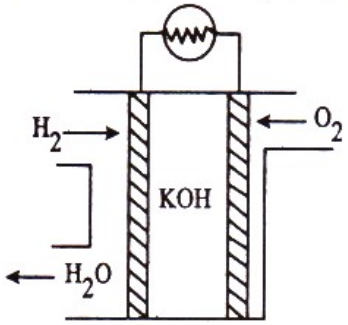
(i) জিঙ্ক পাত্রটি ক্যাথোড হিসাবে কাজ করে (ii) কোষ বিক্রিয়াটি স্বতঃস্ফূর্তভাবে ঘটে

(iii) জিঙ্ক পাত্রটি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

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

* নিচের উদ্দীপকের চিত্রটি লক্ষ্য কর এবং ৮৯ ও ৯০ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



[ঢা. বো. ২০১৫

৮৯। কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান কত?

(ক) 0.76 V (খ) 1.10 V (গ) 1.23 V (ঘ) 2.03 V

৯০। সঠিক কোষ বিক্রিয়া কোনটি?

(ক) $2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ (খ) $2H_2O \longrightarrow 2H_2 + O_2$

(গ) $H_2 + O_2 \longrightarrow H_2O_2$ (ঘ) $H_2O + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow H_2O_2$

* নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং ৯১ ও ৯২ নং প্রশ্নর উত্তর দাও :

$Zn_{(s)}/Zn^{2+}$ (aq) $E^\circ = + 0.76$ V

$Fe_{(s)}/Fe^{2+}$ (aq) $E^\circ = + 0.44$ V

$Cu_{(s)}/Cu^{2+}$ (aq) $E^\circ = - 0.34$ V [রা. বো. ২০১৫]

তড়িৎদ্বার তিনটি দ্বারা গঠিত দুটি কোষ হলো–

$Zn_{(s)}/Zn^{2+}$ (aq) || Fe^{2+} (aq)/$Fe_{(s)}$

$Zn_{(s)}/Zn^{2+}$ (aq) || Cu^{2+} (aq)/$Cu_{(s)}$

৯১। গঠিত কোষসমূহে কোন তড়িৎদ্বার হতে ধনাত্মক আয়ন দ্রবণে প্রবেশ করবে?

(ক) $Cu_{(s)}/Cu^{2+}$ (aq) এবং $Fe_{(s)}/Fe^{2+}$ (aq) (খ) $Cu_{(s)}/Cu^{2+}$ (aq)

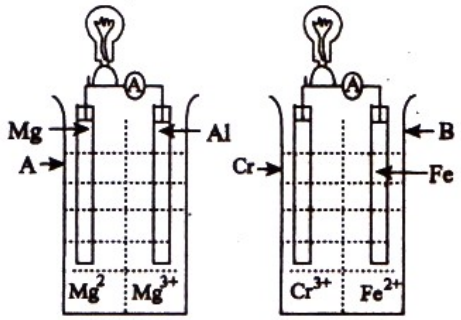
(গ) $Fe_{(s)}/Fe^{2+}$ (aq) (ঘ) $Zn_{(s)}/Zn^{2+}$ (aq)

৯২। কোষ দুটিতে কোষ বিভবের মান যথাক্রমে—

(ক) + 1.20 V, + 0.42 V (খ) + 0.32 V, + 0.42 V

(গ) + 0.32 V, + 1.10 V (ঘ) – 0.32V, – 0.10 V

উদ্দীপকটি লক্ষ কর এবং ৯৩ ও ৯৪ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



$E^0_{Mg/Mg^{2+}} = + 2.37$ (V)

$E^0_{Cr/Cr^{3+}} = + 0.77$ (V)

$E^0_{Al/Al^{3+}} = + 1.66$ (V)

$E^0_{Fe/Fe^{2+}} = + 0.44$ (V)

৯৩। উদ্দীপকের ক্ষেত্রে—

(i) A উজ্জ্বল আলো প্রদর্শন করে

(ii) B উজ্জ্বল আলো প্রদর্শন করে

(iii) উভয় ক্ষেত্রে তাপ শক্তি তড়িৎ শক্তিতে পরিণত হয়

নিচের কোনটি সঠিক?

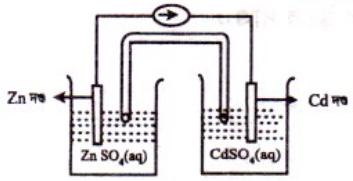
(ক) i ও ii (খ) ii ও iii (গ) i ও iii (ঘ) i, ii ও iii

৯৪। উদ্দীপকের ধাতব পরমাণুসমূহের অধাতব প্রকৃতির ক্রম—

(ক) Al > Fe > Cr > Mg (খ) Mg > Al > Cr > Fe

(গ) Al > Cr > Fe > Mg (ঘ) Fe > Cr > Al > Mg

* নিচের উদ্দীপকটি লক্ষ্য কর এবং ৯৫ ও ৯৬ নং প্রশ্নের উত্তর দাও :



দেয়া আছে

$E^0_{Zn/Zn^{2+}} = 0.76$

$E^0_{Cd^{2+}/Cd} = -0.40$ V

৯৫। উদ্দীপকের কোষটির তড়িচ্চালক বলের মান কত?

(ক) 1.16 Volt (খ) 0.76 Volt (গ) 0.40 Volt (ঘ) 0.36 Volt

৯৬। প্রদত্ত কোষের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য হবে—

(i) ক্যাডমিয়াম পাত্রে জিংক আয়নের দ্রবণ রাখা যাবে

(ii) Zn অ্যানোড হিসেবে কাজ করে

(iii) কোষটির কোষ ডায়াগ্রাম $Zn_{(s)}/Zn^{2+}(aq) \parallel Cd(s)/Cd^{2+}(aq)$

নিচের কোনটি সঠিক?

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

* নিচের কোষ বিক্রিয়াটির আলোকে ৯৮ ও ৯৯ নম্বর প্রশ্নের উত্তর দাও :

$Zn_{(s)} + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu_{(s)}$ [E = + 1.1 V]

৯৭। বিক্রিয়াটি কোন ধরনের কোষের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য? [দি. বো. ২০১৫]

(ক) শুষ্ককোষ (খ) লেকল্যান্স কোষ (গ) ড্যানিয়েল কোষ (ঘ) তড়িৎ বিশ্লেষ্য কোষ

৯৮। কোষটিতে $E^0_{Zn^{2+}/Zn} = -0.67$ V হলে—

(i) $E^0_{Cu^{2+}/Cu} = +0.43$ V হবে

(ii) Zn দণ্ড থেকে Cu দণ্ডে তড়িৎ প্রবাহিত হয়

(iii) কোষটি উভমুখী কোষে পরিণত করা যায়

নিচের কোনটি সঠিক?

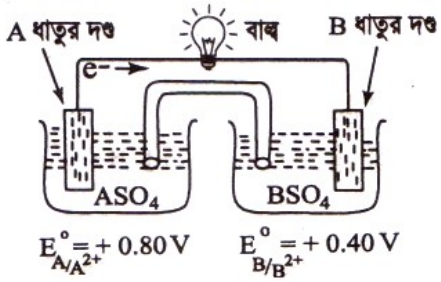
(ক) i (খ) i ও iii (গ) ii ও iii (ঘ) i, ii ও iii

উত্তরমালা :

১। খ	২। খ	৩। ক	৪। ক	৫। ঘ	৬। খ	৭। ক	৮। গ	৯। খ	১০। খ
১১। ক	১২। ক	১৩। গ	১৪। ঘ	১৫। ঘ	১৬। খ	১৭। খ	১৮। ক	১৯। গ	২০। গ
২১। গ	২২। ঘ	২৩। খ	২৪। গ	২৫। ক	২৬। ক	২৭। খ	২৮। গ	২৯। গ	৩০। গ
৩১। ক	৩২। খ	৩৩। ক	৩৪। ক	৩৫। ঘ	৩৬। ক	৩৭। ক	৩৮। খ	৩৯। ঘ	৪০। ক
৪১। ঘ	৪২। ঘ	৪৩। গ	৪৪। গ	৪৫। গ	৪৬। গ	৪৭। ঘ	৪৮। খ	৪৯। ক	৫০। গ
৫১। গ	৫২। গ	৫৩। গ	৫৪। ক	৫৫। ঘ	৫৬। ক	৫৭। গ	৫৮। ঘ	৫৯। খ	৬০। ক
৬১। ঘ	৬২। খ	৬৩। গ	৬৪। ক	৬৫। গ	৬৬। গ	৬৭। খ	৬৮। খ	৬৯। ঘ	৭০। ক
৭১। খ	৭২। ক	৭৩। ক	৭৪। ঘ	৭৫। ঘ	৭৬। খ	৭৭। খ	৭৮। গ	৭৯। গ	৮০। খ
৮১। ক	৮২। খ	৮৩। ক	৮৪। খ	৮৫। গ	৮৬। গ	৮৭। ক	৮৮। খ	৮৯। গ	৯০। ক
৯১। ঘ	৯২। গ	৯৩। ক	৯৪। ঘ	৯৫। ঘ	৯৬। ক	৯৭। গ	৯৮। ক		

ঘ-বিভাগ : সৃজনশীল প্রশ্ন (CQ)

১। নিচের চিত্রভিত্তিক উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও :



(ক) জারণ অর্ধকোষ কী? ১

(খ) প্রাইমারি স্ট্যান্ডার্ড কোষের গঠন ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের তড়িৎ রাসায়নিক কোষটির প্রমাণ তড়িচ্চালক বল গণনা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের বিজারণ অর্ধকোষের তড়িৎ বিশ্লেষ্য দ্রবণটিকে জিংক ধাতুর পাত্রে রাখা যাবে কীনা তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

[$E^0_{Zn/Zn^{2+}} = +0.76V$]

২। নিচের উদ্দীপকের মর্ম মতে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও: [ব. বো. ২০১৫]

রসায়ন ল্যাব প্রদর্শক মহোদয় তামার পাত্রে নিকেল লবণের একটি দ্রবণকে সংরক্ষণ করতে বললে ল্যাব সহকারী ভুল করে তা একটি দস্তার পাত্রে রেখে দিলেন। নিকেল ও দস্তার জারণ বিভব যথাক্রমে +0.25V এবং 0.76V।

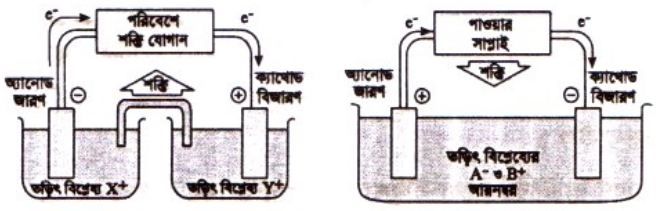
(ক) লবণ সেতু কী? ১

(খ) সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক $0.001118gC^{-1}$ বলতে কী বোঝায়?

(গ) উদ্দীপকের লবণের দ্রবণে 60 মিনিট যাবৎ 0.1A বিদ্যুৎ চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ ধাতু জমা হবে? ৩

(ঘ) উদ্দীপকে উল্লেখিত তড়িৎ বিশ্লেষ্যটি দীর্ঘ দিন জিংকের পাত্রে সংরক্ষণ করা যাবে কী? তা কোষের emf এর সাহায্যে ব্যাখ্যা কর। ৪

৩। নিচের ডায়াগ্রামভিত্তিক উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও:



(ক) ফ্যারাডের ১ম সূত্রটি লেখ। ১

(খ) ব্যাখ্যা কর, $CaCl_2$ এর জলীয় দ্রবণ কীরূপে বিদ্যুৎ পরিবহন করে? ২

(গ) উদ্দীপক মতে, A-কোষের একটি উদাহরণ, এটির কোষ ডায়াগ্রাম, অর্ধকোষ ও পূর্ণ কোষ বিক্রিয়া লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপক B কোষের শ্রেণিভুক্ত আধুনিক একটি কোষ যা সেল ফোন ও ল্যাপটপে ব্যবহৃত হয়, এর গঠন ও কার্য প্রণালি ব্যাখ্যা কর। ৪

৪। নিচের সারণির বিজারণ বিভব বিবেচনায় রেখে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া				E^o (V)	বিজারণ অর্ধবিক্রিয়া				E^o (V)
A^+	+	e^-	$\rightarrow A$	0.80	C_2	+	$2e^-$	$\rightarrow 2C^-$	0.17
B^{2+}	+	$2e^-$	$\rightarrow B$	0.38	D^{3+}	+	$3e^-$	$\rightarrow D$	–1.36

(ক) তড়িৎ বিশ্লেষ্য কী? ১

(খ) উদ্দীপকের কোন রাসায়নিক পদার্থ সবচেয়ে সবল জারক ও সবচেয়ে সবল বিজারক? ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) B^{2+} দ্বারা কোন পদার্থ জারিত এবং D দ্বারা কোন্ পদার্থসমূহ বিজারিত হবে সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপক মতে, 1.53V বিদ্যুৎ বিভবের কোষটির কোষ সমীকরণ লেখ এবং কোষ বিভব গণনা কর। ৪

৫। প্রকৌশলী সুমন নাগ সাম্প্রতিক একটি ইলেকট্রনিক্স কোম্পানিতে যোগদান করেছেন। কোম্পানিটি প্রধানত রিচার্জেবল ব্যাটারি তৈরি ও বাজারজাত করে থাকে। অন্যান্য কোম্পানির সাথে প্রতিযোগিতায় দিন দিন তারা পিছিয়ে যাচ্ছিল। সমস্যাটি অনুসন্ধানে দেখা গেল যে, লেড স্টোরেজ ব্যাটারির কারণে ব্যবহারকারীরা কিছু সমস্যায় পড়ছে, এজন্যই তারা মুখ ফিরিয়ে নিচ্ছে। সমস্যা নিরসনে সুমন লিথিয়াম ব্যাটারি ব্যবহার করলেন এবং বর্তমানে কোম্পানিটি সুনামের সাথে এগিয়ে যাচ্ছে।

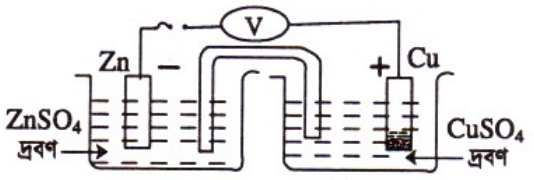
(ক) কোষের বিভব সংক্রান্ত নার্নস্ট (Nernst) সমীকরণটি লেখ। ১

(খ) হাইড্রোজেন-ফুয়েল সেলকে পরিবেশবান্ধব সেল বলা হয় কেন?—ব্যাখ্যা কর। ২

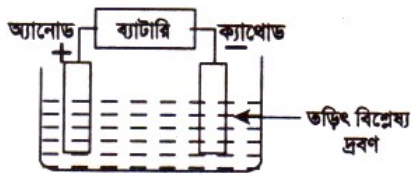
(গ) সুমন যোগদানের পূর্বে কোম্পানিতে যে ব্যাটারিটি ব্যবহৃত হতো তার গঠন ও কোষ বিক্রিয়াদ্বয় লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপকে উল্লিখিত ব্যাটারিদ্বয়ের সুবিধা-অসুবিধার তুলনা কর। ৪

৬। নিচের উদ্দীপকের চিত্র দুটি অনুধাবন কর এবং সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।



চিত্র : ক



চিত্র : খ

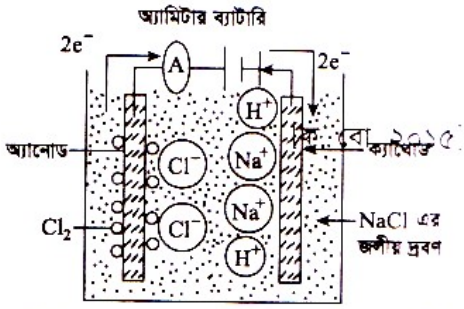
(ক) প্রমাণ তড়িৎদ্বার বিভব কী? ১ [রা. বো. ২০১৫]

(খ) ফুয়েল সেল ও সাধারণ ব্যাটারির মধ্যে সাদৃশ্য ও বৈসাদৃশ্যসমূহ কী? ২

(গ) উদ্দীপকের চিত্র-'ক' মতে রাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিতে রূপান্তর ঘটেছে, — এ উক্তির সত্যতা ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের চিত্র-'ক' ও চিত্র -'খ' উভয় তড়িৎ কোষের মধ্যে বৈশিষ্ট্যসমূহের তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

৭। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।



(ক) লবণ সেতু কী? ১

(খ) NaCl দ্রবণ তড়িৎ বিশ্লেষণ পরিবাহী হয়; ব্যাখ্যা কর। ২

(গ) উদ্দীপকে $CaCl_2$ ব্যবহার করা হলে তখন কী কী উৎপন্ন হতো? কোষ বিক্রিয়ার মাধ্যমে তা দেখাও। ৩

[ঢা. বো. ২০১৬]

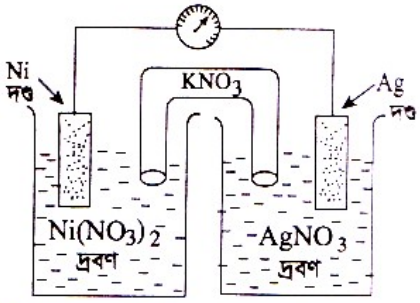
(ঘ) উদ্দীপকের দ্রবণে যে ক্ষার উৎপন্ন হয়, তার তড়িৎ বিশ্লেষণের মূলনীতি লেখ এবং তড়িৎ কোষে সম্পাদিত বিক্রিয়া বিশ্লেষণ কর। ৪

[ঢা. বো. ২০১৬]

৮। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

Ni, Ag ও Zn এর প্রমাণ বিজারণ বিভব হলো

$-0.25V, +0.799V, -0.77\ V$



(ক) প্রইমারি কোষ কী? ১

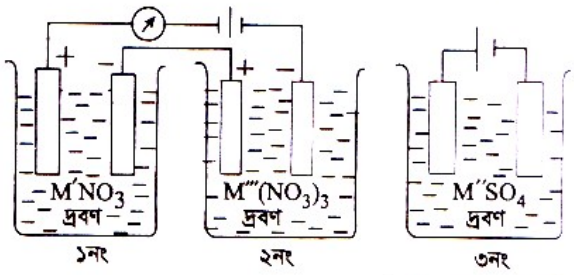
(খ) ফ্যারাডের সূত্রের সাহায্যে ইলেকট্রনের চার্জ গণনা কর। ২

(গ) উদ্দীপকের কোষটিতে সংঘটিত অর্ধকোষ বিক্রিয়া ও কোষ বিক্রিয়া লেখা। [সি. বো. ২০১৬] ৩

(ঘ) উদ্দীপকের অ্যানোডের দ্রবণটিকে জিংকের পাত্রে সংরক্ষণ করা যাবে কীনা তা গাণিতিকভাবে মূল্যায়ন কর। [সি. বো. ২০১৬] ৪

৯। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

[পরমাণবিক ভর $M' = 108, M'' = 63.5, M''' = 52$]



(ক) ধাতু তুল্যভর কী? ১

(খ) তড়িৎ বিশ্লেষণে এক মোল বিভিন্ন ধাতু সঞ্চিত করতে প্রয়োজনীয় বিদ্যুতের ফ্যারাডে এককে সম্পর্ক স্থাপন কর। ২

(গ) $M''SO_4$ দ্রবণের pH এর মান 7 এর চেয়ে কম কেন তা ব্যাখ্যা কর। ৩

[ব. বো. ২০১৬]

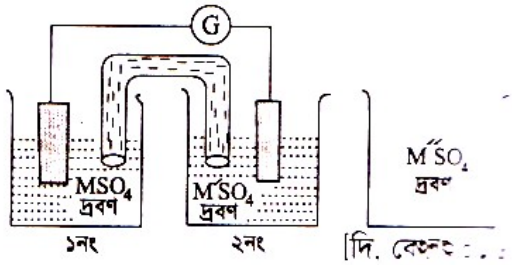
(ঘ) উদ্দীকের ১ন ও ২নং কোষে 50 কুলম্ব বিদ্যুৎ প্রবাহিত করলে বিভিন্ন তড়িৎদ্বারে সঞ্চিত পদার্থের পরিমাণ বিভিন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর। ৪

[ব. বো. ২০১৬]

১০। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন করে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

$E^0_{M/M^{2+}} = +0.76V,\ E^0_{M'/M'^{2+}} = -0.36V,$

$E^0_{M''/M''^{2+}} + 1.66V$



(ক) তড়িৎ বিশ্লেষ্যের আপেক্ষিক পরিবাহিতা কী? ১

(খ) H_2 ফুয়েল সেলর সুবিধাগুলো লেখ। ২

(গ) উদ্দীকের তড়িৎ কোষটির কোষবিভব গণনা কর। ৩

[দি. বোর্ড]

(ঘ) উদ্দীপকে ২ নং দ্রবণকে সরিয়ে ঐ স্থানে ৩ নং দ্রবণের পাত্র রাখা যাবে কিনা তা গাণিতিকভাবে বিশ্লেষণ কর। ৪

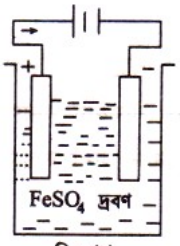
[দি. বো.]

১১। নিচের উদ্দীপকটি অনুধাবন কওে সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাওঃ

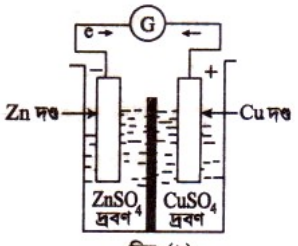
(ক) পরিবাহিতা কোষ ধ্রুবক কী? ১

(খ) সিলভারের তড়িৎ রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক 0.001118 g C^{-1} বলতে কী বোঝ? ২

(গ) উদ্দীপকের চিত্র ১ নং কোষে 50 A বিদ্যুৎ 10 মিনিট চালনা করলে ক্যাথোডে কী পরিমাণ ধাতু সঞ্চিত হবে? ৩ [কু. বো. ২০১৬]



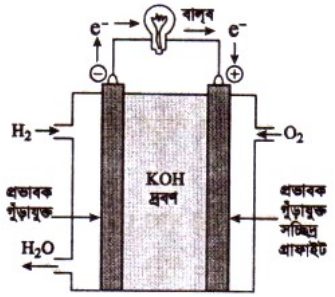
চিত্র-(১)



চিত্র-(২)

(ঘ) উদ্দীপক চিত্র ১ নং ও চিত্র ২ নং দুটি তড়িৎ কোষ হলেও এদের শক্তির রূপান্তরের ধরন ভিন্ন, তা বিশ্লেষণ কর।৪ [কু. বো. ২০১৬]

১২। রিডক্স বিক্রিয়ার মাধ্যমে গ্যালভানিক কোষে বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি করা সম্ভব হলেও বিক্রিয়কের ঘনমাত্রা হ্রাসের সাথে বিদ্যুতের ভোল্টেজও হ্রাস পায়। তাই বর্তমানে বিদ্যুৎ কোষে ডিজাইনে ও বিক্রিয়ক ব্যবহারে পরিবর্তন ঘটিয়ে অবিরত নির্দিষ্ট ভোল্টেজের বিদ্যুৎ উৎপাদনের গ্রিনার পদ্ধতি ব্যবহৃত হচ্ছে। নিচে এরূপ একটি বিদ্যুৎ কোষ দেখানো হলো।



(ক) ফ্যারাডে কী? ১

(খ) সেকেন্ডারি লিথিয়াম আয়ন ব্যাটারির কার্যপ্রণালি সমীকরণসহ লেখ। ২

(গ) উদ্দীপকের কোষটির অ্যানোড, ক্যাথোড ও ব্যবহৃত বিক্রিয়কের বিক্রিয়াসহ ব্যাখ্যা কর। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের কোষটির তড়িৎদ্বার, তড়িৎ বিশ্লেষ্য-এর সাথে গ্যালভানিক কোষের তড়িৎদ্বার ও তড়িৎ বিশ্লেষ্যের তুলনামূলক আলোচনা কর। ৪

১৩। দুটি রিচার্জেবল ব্যাটারি হলো A ও B। ব্যাটারি A ব্যবহৃত হয় IPS, মোটর গাড়িতে এবং ব্যাটারি B ব্যবহৃত হয় ল্যাপটপ, সেলফোন ইত্যাদিতে। এ উদ্দীপকের আলোকে নিচের সংশ্লিষ্ট প্রশ্নের উত্তর দাও।

(ক) ফুয়েল সেল কী? ১ [ব. বো. ২০১৫]

(খ) লবণ সেতুর বৈশিষ্ট্যসমূহ ব্যাখ্যা কর। ২ [ঢা. বো. ২০১৫; য. বো. ২০১৫]

(গ) উদ্দীপকের A কোষটির বিক্রিয়া লেখ। ৩

(ঘ) উদ্দীপকের A কোষটির তুলনায় B কোষ অধিক পরিবেশ বান্ধব; তা বিশ্লেষণ কর। ৪