DAILY ASSAM

অধ্যায়

3

বিদ্যুৎৰসায়ন
Electrochemistry

উদ্দেশ্য (Objectives)

এই অধ্যায়ৰপৰা নিম্নোক্ত বিষয় সম্বন্ধে সবিশেষ জানিব পাৰিবা—

- বিদ্যুৎৰাসায়নিক কোষ— গেলভেনীয় কোষ আৰু বিদ্যুৎ বিশ্লেষণী কোষৰ মাজৰ পাৰ্থক্য
- গেলভেনীয় কোষৰ emf গণনাৰ বাবে নাৰ্ন্‌ষ্ট সমীকৰণৰ প্ৰয়োগ— কোষৰ প্ৰমাণ বিভৱৰ সংজ্ঞা
- কোষৰ প্ৰমাণ বিভৱ, কোষ বিক্ৰিয়াৰ গীবছ্ শক্তি আৰু সাম্য ধ্ৰুৱকৰ মাজৰ সম্বন্ধ
- আয়নীয় দ্ৰৱৰ বিশিষ্ট ৰোধ (ρ), বিশিষ্ট পৰিবাহিতা (κ) আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ (Λ_m) সংজ্ঞা
- আয়নীয় (বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ) আৰু ইলেকট্ৰনিক পৰিবাহিতাৰ মাজৰ পাৰ্থক্য
- বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰৱৰ পৰিবাহিতা জোখা পদ্ধতি আৰু এনে দ্ৰৱৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতা গণনা
- বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰৱৰ গাঢ়তাৰ সৈতে বিশিষ্ট পৰিবাহিতা আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ পৰিৱৰ্তনৰ কাৰণ— অসীম লঘুতাত ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ (Λ_m^o) সংজ্ঞা
- ক'লৰাশ্ব সূত্ৰ আৰু ইয়াৰ প্ৰয়োগ
- বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰ মাত্ৰাত্মক অধ্যয়ন
- কিছুমান প্ৰাইমাৰি আৰু ছেকেণ্ডাৰি বেটাৰি আৰু ইন্ধন কোষৰ নিৰ্মাণ
- বিদ্যুৎৰাসায়নিক পদ্ধতি হিচাপে ক্ষয়ীভৱনৰ ব্যাখ্যা।

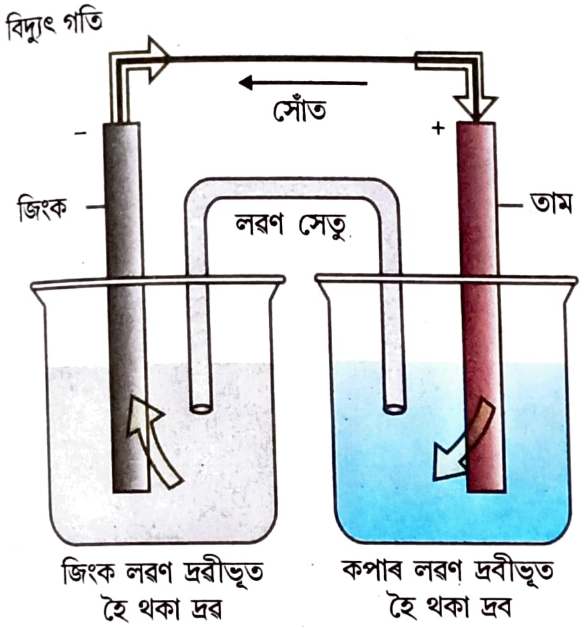
Chemical reactions can be used to produce electrical energy. Conversely, electrical energy can be used to carry out chemical reactions that do not proceed spontaneously.

স্বতঃস্ফূৰ্ত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত নিৰ্গত শক্তিক বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিৱৰ্তিত কৰিব পাৰি। আনহাতে বিদ্যুৎ শক্তি প্ৰয়োগ কৰি অস্বতঃস্ফূৰ্ত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াও সংঘটিত কৰিব পাৰি। এনেবোৰ বিষয় সম্বন্ধীয় অধ্যয়নেই হ'ল বিদ্যুৎৰসায়ন। তাত্ত্বিক আৰু ব্যৱহাৰিক— উভয় দিশৰপৰাই বিদ্যুৎৰসায়ন অতি প্ৰয়োজনীয়। বহুতো ধাতু বিদ্যুৎৰাসায়নিক পদ্ধতিৰে আহৰণ কৰা হয়। তদুপৰি এই একে পদ্ধতিৰে ছ'ডিয়াম হাইড্ৰক্সাইড, ক্ল'ৰিন, ব্ৰ'মিন আৰু আন বহুতো পদাৰ্থ প্ৰস্তুত কৰা হয়। বেটাৰি আৰু ইন্ধন কোষত ৰাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিৱৰ্তিত হয়। এইবোৰ আমি বিভিন্ন যন্ত্ৰ, আহিলা আদিত ব্যৱহাৰ কৰোঁ। বিদ্যুতৰদ্বাৰা সংঘটিত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াসমূহ শক্তিৰ ফালৰপৰা মিতব্যয়ী; ইয়াৰদ্বাৰা প্ৰদূষণো কম হয়। সেইবাবে বিদ্যুৎৰসায়নৰ অধ্যয়ন অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ। বিশেষকৈ পৰিৱেশ-ৰক্ষাকাৰী প্ৰযুক্তি উদ্ভাৱনত বিদ্যুৎৰসায়নৰ গুৰুত্ব অপৰিসীম। আমাৰ স্নায়ৱিক সংবেদনো মূলতঃ এক বিদ্যুৎৰাসায়নিক পৰিঘটনা; অৰ্থাৎ কোষৰপৰা মগজুলৈ বা মগজুৰপৰা কোষলৈ সংবেদন পৰিচালিত হয় মূলতঃ বিদ্যুৎৰাসায়নিক প্ৰক্ৰিয়াৰে। গতিকে বিদ্যুৎৰসায়নৰ পৰিসৰ যথেষ্ট বিস্তৃত। এই অধ্যায়ত আমি বিদ্যুৎৰসায়নৰ কিছুমান অতি প্ৰয়োজনীয় প্ৰাথমিক ধাৰণাৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম।

3.1 বিদ্যুৎৰাসায়নিক কোষ (Electro-chemical Cells)

উচ্চতৰ মাধ্যমিক প্ৰথম বৰ্ষত তোমালোকে ডেনিয়েল কোষৰ (Daniell cell, চিত্ৰ 3.1) বিষয়ে অধ্যয়ন কৰিছা। ডেনিয়েল কোষত সংঘটিত হোৱা ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

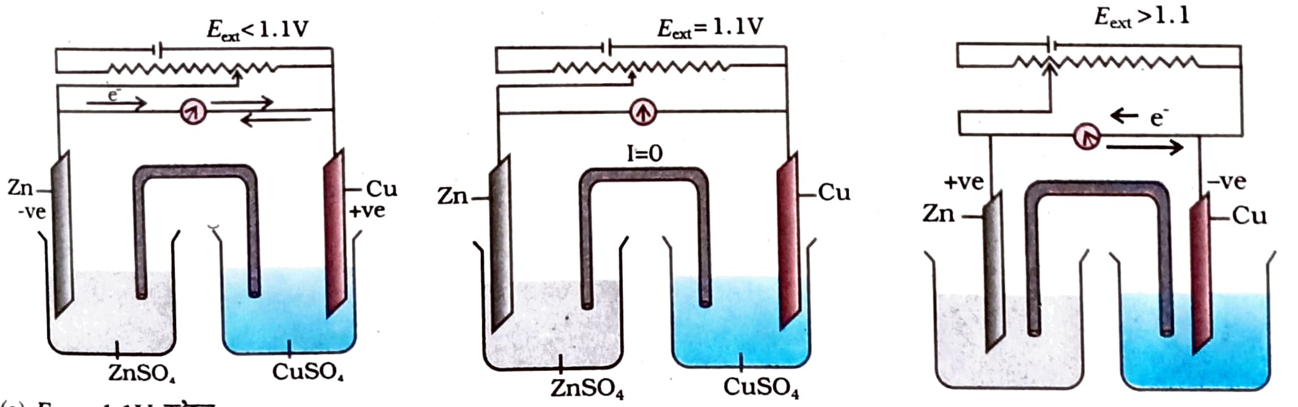
$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \qquad (3.1)$$



চিত্ৰ 3.1 : ডেনিয়েল কোষ — এই কোষত Zn আৰু Cu ৰ দণ্ড দুডাল প্ৰতিটো ধাতুৰ লৱণৰ দ্ৰৱত ডুবাই ৰখা হয়।

বিক্ৰিয়াটোত উৎপন্ন হোৱা ৰাসায়নিক শক্তিক ডেনিয়েল কোষৰ জৰিয়তে বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিবৰ্তিত কৰা হয়। এই কোষটোত Zn^{2+} আৰু Cu^{2+} আয়নৰ প্ৰত্যেকৰে গাঢ়তা 1 mol dm^{-3} হ'লে কোষটোৰ বৈদ্যুতিক বিভৱৰ মান 1.1 V হয়। এনে যি কোষত ৰাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিবৰ্তিত হয় সেই কোষক **গেলভেনীয় কোষ** (Galvanic cell) বা **ভ'ল্টীয় কোষ** (Voltaic cell) বোলা হয়। ডেনিয়েল কোষ হ'ল গেলভেনীয় কোষৰ এক উদাহৰণ।

ধৰা, ডেনিয়েল কোষটোৰ সৈতে বিদ্যুতৰ বাহ্যিক উৎস সংযোগ কৰা হৈছে (চিত্ৰ 3.2 a)। বাহ্যিক উৎসটো এনেদৰে সংযোগ কৰা হৈছে যাতে ইয়াৰ বিভৱ আৰু কোষটোৰ বিভৱ পৰস্পৰে পৰস্পৰৰ বিপৰীতে কাম কৰে। এতিয়া ধৰা, বাহ্যিক বিভৱৰ মান লাহে লাহে বঢ়াই যোৱা হৈছে। দেখা যাব যে বাহ্যিক বিভৱৰ মান 1.1 V নোহোৱালৈকে (1.1 V তকৈ কম) কোষ বিক্ৰিয়া সংঘটিত হৈ থাকে। কিন্তু বাহ্যিক বিভৱৰ মান 1.1 V হোৱাৰ লগে



(a) E_{ext} < 1.1V হ'লে

(i) Zn ৰপৰা Cu লৈ ইলেকট্ৰন প্ৰবাহিত হয়; অৰ্থাৎ Cu ৰপৰা Zn লৈ বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হয়।

(ii) এন'ডত Zn দ্ৰৱীভূত হয় আৰু কেথ'ডত Cu জমা হয়।

(b) E_{ext} = 1.1V হ'লে

(i) ইলেকট্ৰন বা বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত নহয়।

(ii) কোনো ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া সংঘটিত নহয়।

(c) E_{ext} > 1.1V হ'লে

(i) Cu ৰপৰা Zn লৈ ইলেকট্ৰন প্ৰবাহিত হয়; অৰ্থাৎ Zn ৰপৰা Cu লৈ বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হয়।

(ii) Zn ইলেকট্ৰ'ডত Zn উৎপন্ন হয় আৰু Cu-ইলেকট্ৰ'ডত Cu দ্ৰৱীভূত হয়।

চিত্ৰ 3.2 : কোষ বিভৱৰ বিপৰীতে বাহ্যিক বিভৱ (E_{ext}) প্ৰয়োগ কৰাৰ ফলত ডেনিয়েল কোষৰ ক্ৰিয়া।

লগে বিক্ৰিয়াটো স্তব্ধ হয়; অৰ্থাৎ কোনো বিক্ৰিয়া নঘটে (চিত্ৰ 3.2 b)। সেই অৱস্থাত বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত নহয়। আনহাতে বাহ্যিক বিভৱৰ মান 1.1 V তকৈ অলপমান বাঢ়িলেও কোষ বিক্ৰিয়া বিপৰীত দিশত সংঘটিত হয় (চিত্ৰ 3.2 c)। এই অৱস্থাত কোষটো এটা **বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষলৈ** (electrolytic cell) পৰিৱৰ্তিত হ'ব। বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষত বিদ্যুৎ শক্তিৰদ্বাৰা অস্বতঃস্ফূৰ্ত বিক্ৰিয়া সংঘটিত কৰা হয়।

গেলভেনীয় কোষ আৰু বিদ্যুৎ বিশ্লেষণী কোষ— এই দুয়োবিধক একেলগে বিদ্যুৎৰাসায়নিক (electrochemical) কোষ বোলা হয়। দুয়োবিধ কোষেই অতি প্ৰয়োজনীয়।

3.2 গেলভেনীয় কোষ (Galvanic Cells)

স্বতঃস্ফূৰ্ত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰপৰা পোৱা ৰাসায়নিক শক্তি বিদ্যুৎ শক্তিলৈ ৰূপান্তৰিত কৰা বিদ্যুৎৰাসায়নিক কোষেই হ'ল গেলভেনীয় কোষ। স্বতঃস্ফূৰ্ত বিক্ৰিয়া এটাৰপৰা কাৰ্য্য কৰিব পৰা যিখিনি শক্তি পোৱা যায় সেয়া গীব্‌ছৰ মুক্ত শক্তিৰ পৰিৱৰ্তনৰ (ΔG) সমান। গেলভেনীয় কোষত এই শক্তিখিনি (ΔG) বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিৱৰ্তিত হয়। এই বিদ্যুৎ শক্তিৰে দৈনন্দিন প্ৰয়োজনীয় নানা বৈদ্যুতিক সঁজুলি চলাব পাৰি।

আমি ইতিমধ্যে ডেনিয়েল কোষৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিছোঁ। ডেনিয়েল কোষত সংঘটিত হোৱা স্বতঃস্ফূৰ্ত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

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

ইয়াত $Zn(s)$ৰ জাৰণ আৰু $Cu^{2+}(aq)$ৰ বিজাৰণ হৈছে। সেয়েহে বিক্ৰিয়াটোক আমি দুটা অৰ্ধ বিক্ৰিয়াৰ (half reaction) সমষ্টি বুলি বিবেচনা কৰিব পাৰোঁ—

(i) $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu(s)$ (বিজাৰণ অৰ্ধ বিক্ৰিয়া) (3.2)

(ii) $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (জাৰণ অৰ্ধ বিক্ৰিয়া) (3.3)

ডেনিয়েল কোষৰ দুটা অংশত এই বিক্ৰিয়া দুটা সংঘটিত হয়। বিজাৰণ অৰ্ধ বিক্ৰিয়াটো কপাৰ ইলেকট্ৰ'ডত আৰু জাৰণ অৰ্ধ বিক্ৰিয়াটো জিংক ইলেকট্ৰ'ডত ঘটে। এই ইলেকট্ৰ'ড দুডালেই হ'ল কোষটোৰ দুই অংশ। প্ৰতিটো অংশকে (বা, ইলেকট্ৰ'ডকে) **অৰ্ধ কোষ** (half cell) বা **ৰেডক্স যুগ্ম** (redox couple) বোলা হয়। কোষটোত কপাৰ ইলেকট্ৰ'ডক বিজাৰণ অৰ্ধ কোষ (reduction half cell) আৰু জিংক ইলেকট্ৰ'ডক জাৰণ অৰ্ধ কোষ (oxidation half cell) বুলিব পাৰি।

ডেনিয়েল কোষত থকা কপাৰ আৰু জিংক ইলেকট্ৰ'ডৰ লেখীয়া আন বহুতো ইলেকট্ৰ'ড (বা, অৰ্ধ কোষ) প্ৰস্তুত কৰা হৈছে। সাধাৰণতে কোনো এক ধাতুৰ দণ্ড এডাল বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰৱত ডুবাই ৰাখি ইলেকট্ৰ'ড বা অৰ্ধ কোষ প্ৰস্তুত কৰা হয়। এনেদৰে প্ৰস্তুত কৰা যিকোনো দুটা অৰ্ধকোষ লগ লগাই এটা গেলভেনীয় কোষ সাজিব পাৰি। দুয়োটা অৰ্ধকোষৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰৱ দুটাক লৱণ সেতুৰে (salt bridge, চিত্ৰ 3.1) সংযোগ কৰিলে গেলভেনীয় কোষ পোৱা যায়। দুয়োটা অৰ্ধকোষত থকা ধাতুৰ দণ্ড দুডালক বাহ্যিকভাৱে তাঁৰ এডালেৰে সংযোগ

কৰিলে জাৰণ অৰ্ধ কোষৰপৰা বিজাৰণ অৰ্ধ কোষলৈ ইলেকট্ৰনৰ সোঁত ব'ব। অৰ্থাৎ বাহ্যিক সংযোগ ডালেৰে (external connection) এডাল ইলেকট্ৰ'ডৰপৰা আনডাল ইলেকট্ৰ'ডলৈ বিদ্যুৎ প্ৰবাহিত হ'ব। এটা কথা মনত ৰাখিবা, কেতিয়াবা একেটা বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰৱতে দুডাল ধাতুৰ দণ্ড ডুবাই ৰাখি কোষ প্ৰস্তুত কৰা হয়। তেনে ক্ষেত্ৰত লৱণ সেতুৰ প্ৰয়োজন নহয়।

ধাতুৰ দণ্ড এডাল সেই ধাতুটোৰ আয়নযুক্ত দ্ৰৱত ডুবাই ৰাখি এক শ্ৰেণীৰ অৰ্ধকোষ প্ৰস্তুত কৰিব পাৰি। জিংক ইলেকট্ৰ'ড আৰু কপাৰ ইলেকট্ৰ'ড (চিত্ৰ 3.2) এই শ্ৰেণীৰ অৰ্ধকোষৰ উদাহৰণ। এনে অৰ্ধকোষৰ ধাতুৰ দণ্ড আৰু দ্ৰৱৰ সংযোগ স্থলত দুটা পৰস্পৰ বিপৰীতমুখী প্ৰক্ৰিয়া সংঘটিত হয়। ধাতুৰ দণ্ডডালত থকা পৰমাণুৰ আয়ন হিচাপে দ্ৰৱলৈ যোৱাৰ এটা প্ৰৱণতা থাকে। এনেদৰে পৰমাণু দ্ৰৱলৈ আয়ন হিচাপে গতি কৰিলে দণ্ডডালত ইলেকট্ৰন ৰৈ যাব আৰু সেইবাবে দণ্ডডাল ঋণাত্মকভাৱে আহিত হ'ব। দণ্ডডালৰপৰা আয়ন দ্ৰৱলৈ অহা সময়তে দ্ৰৱৰপৰাও দণ্ডডাললৈ ধাতুৰ আয়নে গতি কৰে। ইয়াৰ ফলত দণ্ডডালে ধনাত্মক আধান লাভ কৰিব পাৰে। এই দুই বিপৰীতমুখী প্ৰক্ৰিয়াৰ মাজৰ এক সাম্য প্ৰতিষ্ঠিত হয়। প্ৰক্ৰিয়া দুটাৰ ভিতৰত যিটোৰ প্ৰাবল্য বেছি সেই হিচাপে দ্ৰৱটো সাপেক্ষে ধাতুৰ দণ্ডডাল ধনাত্মক বা ঋণাত্মক আধানপ্ৰাপ্ত হয়। সেইবাবে দ্ৰৱ আৰু ধাতুৰ দণ্ডৰ মাজত বিভৱ ভেদৰ (potential difference) সৃষ্টি হয়। এই বিভৱ ভেদেই হ'ল **ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ** (electrode potential) । অৰ্ধকোষত থকা আয়নৰ গাঢ়তা একক (unity, 1 M) হ'লে ইয়াৰ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ হ'ব **প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ** (standard electrode potential)। IUPAC নীতি অনুসৰি আজি-কালি ইলেকট্ৰ'ড বিভৱক বিজাৰণ বিভৱ হিচাপে লিখা হয়; অৰ্থাৎ প্ৰমাণ বিজাৰণ বিভৱেই (standard electrode potential) হ'ল প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ।

আমি এতিয়ালৈ পালো যে গেলভেনীয় কোষ এটাত দুডাল ইলেকট্ৰ'ড (বা, অৰ্ধকোষ) থাকে। ইয়াৰে এটা অৰ্ধকোষত জাৰণ আৰু আনটোত বিজাৰণ ঘটে। আমি জানো যে যি ইলেকট্ৰ'ডত জাৰণ ঘটে সেয়া হ'ল **এন'ড** (anode) আৰু য'ত বিজাৰণ ঘটে সেয়া হ'ল **কেথ'ড** (cathode) । গেলভেনীয় কোষত থকা এন'ড আৰু কেথ'ডৰ বিভৱৰ মান একে হ'ব নোৱাৰে; অৰ্থাৎ ইয়াৰ এন'ড আৰু কেথ'ডৰ মাজত বিভৱৰ পাৰ্থক্য (বিভৱ ভেদ) আছে। সেই কাৰণে অৰ্ধকোষ দুটাত থকা ধাতুৰ দণ্ড দুডালক তাঁৰ এডালেৰে (বাহ্যিক সংযোগ, external connection) সংযোগ কৰিলে এন'ডৰপৰা কেথ'ডলৈ ইলেকট্ৰনৰ সোঁত বয়। ইলেকট্ৰন প্ৰবাহৰ বিপৰীত দিশটোৱেই হ'ল বিদ্যুৎ প্ৰবাহৰ দিশ।

গেলভেনীয় কোষ এটাৰ ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰ মাজৰ বিভৱ ভেদক কোষ বিভৱ (cell potential) বোলা হয়। কোষ বিভৱৰ ব্যৱহৃত এককটো হ'ল ভ'ল্ট (volt, V)। কেথ'ডৰ বিভৱৰ (বিজাৰণ বিভৱ) মানৰপৰা এন'ডৰ বিভৱৰ (বিজাৰণ বিভৱ) মান বিয়োগ কৰি কোষ বিভৱৰ মান উলিওৱা হয়। কোষটোত থকা ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰ

মাজত বিদ্যুৎ প্ৰৱাহিত নোহোৱা অৱস্থাত কোষ বিভব যিমান হয় তাকে কোষটোৰ **বিদ্যুৎচালক বল** (electromotive force, emf) বোলে।

সকলো গেলভেনীয় কোষৰ বাবে এটা উপস্থাপন ৰীতি আছে। এই ৰীতি অনুসৰি প্ৰতিটো অৰ্ধকোষত (বা, ইলেকট্ৰ'ডত) থকা ধাতু আৰু ইয়াৰ আয়নৰ (দ্ৰবত থকা) চিহ্ন দুটাৰ মাজত উলম্ব ৰেখা এডাল অঁকা হয়। এনেদৰে দুয়োটা অৰ্ধকোষ একে শাৰীত লিখি দুয়োটাৰ মাজত দুডাল উলম্ব ৰেখা একেলগে আঁকিব লাগে। এই উলম্ব ৰেখা যুগ্মই লৱণ সেতু নিৰ্দেশ কৰে। ৰীতি অনুসৰি যিটো অৰ্ধকোষত জাৰণ ঘটে (এন'ড) তাক বাওঁফালে আৰু যিটো অৰ্ধকোষত বিজাৰণ ঘটে (কেথ'ড) তাক সোঁফালে লিখিব লাগে। সেয়েহে এন'ডক বাওঁহাত ইলেকট্ৰ'ড (left hand electrode, LHE) আৰু কেথ'ডক সোঁহাত ইলেকট্ৰ'ড (right hand electrode, RHE) বোলা হয়। গতিকে কোষটোৰ বিদ্যুৎচালক বল (E_{cell}) নিম্নোক্ত ধৰণে লিখিব পাৰি—

$$E_{cell} = E_R - E_L$$

(E_R= সোঁহাত ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ, E_L = বাওঁহাত ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ)।

ওপৰৰ কথাখিনি আমি এটা উদাহৰণেৰে ব্যাখ্যা কৰিব পাৰোঁ। ধৰা, কোষ বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

$$Cu(s) + 2Ag^+(aq) \longrightarrow Cu^{2+}(aq) + 2\ Ag(s) \qquad (3.4)$$

ইয়াত সংঘটিত হোৱা অৰ্ধকোষ বিক্ৰিয়াসমূহ তলত দেখুওৱা হ'ল—

কেথ'ডত (বা, RHE ত) : $2Ag^+(aq) + 2e^- \rightarrow 2Ag(s)$ (বিজাৰণ) (3.5)

এন'ডত (বা, LHE ত) : $Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2e^-$ (জাৰণ) (3.6)

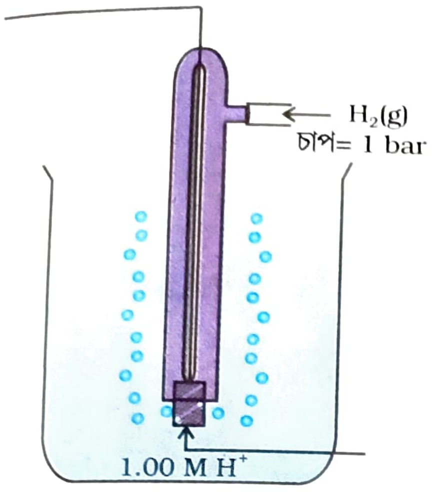
তোমালোকে নিশ্চয় মন কৰিছা যে (3.5) আৰু (3.6) ৰাসায়নিক সমীকৰণ দুটাক যোগ কৰিলে কোষ বিক্ৰিয়াৰ ৰাসায়নিক সমীকৰণটো (3.4) পোৱা যায়। এই বিক্ৰিয়াটো ব্যৱহাৰ কৰি সজা কোষটোত ছিলভাৰ ইলেকট্ৰ'ড হ'ব কেথ'ড আৰু কপাৰ ইলেকট্ৰ'ড হ'ব এন'ড। কোষটোক তলত দিয়া ধৰণে উপস্থাপন কৰা হয়—

$$Cu(s) | Cu^{2+}(aq) || Ag^+(aq) | Ag(s)$$

কোষটোৰ বিদ্যুৎচালক বল, $E_{cell} = E_R - E_L = E_{Ag^+|Ag} - E_{Cu^{2+}|Cu}$ (3.7)

3.2.1. ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান নিৰ্ণয় (Measurement of Electrode Potential)

তোমালোকে ইতিমধ্যে জানিছা যে প্ৰতিটো অৰ্ধকোষৰে বিভৱ আছে। আকৌ অৰ্ধকোষত থকা আয়নৰ গাঢ়তা একক হ'লে ইয়াৰ বিভৱক প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ বোলা হয়। কিন্তু সমস্যা হ'ল, প্ৰমাণ হওক বা নহওক, ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ প্ৰকৃত মান নিৰ্ণয় কৰিব নোৱাৰি; কোষ এটাত থকা অৰ্ধকোষ দুটাৰ বিভৱৰ পাৰ্থক্যহে জুখিব পাৰি। এই বিভৱ ভেদেই হ'ল কোষটোৰ বিদ্যুৎচালক বল (emf)। এতিয়া ধৰা, কোষটোত থকা ইলেকট্ৰ'ড (অৰ্ধকোষ) দুডালৰ ভিতৰত এডালৰ বিভৱৰ কিবা এটা মান আমি ধৰি লৈছো। তেনে ক্ষেত্ৰত এইডাল ইলেকট্ৰ'ড সাপেক্ষে আনডালৰ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান পোৱা যাব। স্বীকৃত ৰীতি অনুসৰি প্ৰমাণ হাইড্ৰ'জেন



চিত্ৰ 3.3 : প্ৰমাণ হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ড (SHE)

ইলেকট্ৰ'ডৰ (standard hydrogen electrode, SHE) বিভৱৰ মান সকলো উষ্ণতাতে শূন্য বুলি ধৰা হৈছে। চিত্ৰ 3.3 ত এডাল প্ৰমাণ হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ড দেখুওৱা হৈছে।

প্ৰমাণ হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডত প্লেটিনাম ব্লেকেৰে (platinum black) প্ৰলেপ দিয়া প্লেটিনামৰ পাত এটুকুৰা থাকে। পাতখন এছিডৰ দ্ৰৱত ডুবাই ৰাখি হাইড্ৰ'জেন গেছ প্ৰবাহিত কৰা হয়। এছিডৰ দ্ৰৱত হাইড্ৰ'জেন আয়নৰ গাঢ়তা 1M (1 ম'লাৰ) আৰু হাইড্ৰ'জেন গেছৰ চাপ 1 bar কৰা হয়। তেনে ক্ষেত্ৰত ইলেকট্ৰ'ডডাল হ'ব প্ৰমাণ হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ড।

হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডক নিম্নোক্ত ধৰণে উপস্থাপন কৰিব পাৰি—

$$H^+ (aq) \mid H_2(g) \mid Pt(s)$$

এই ইলেকট্ৰ'ডত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

$$H^+ (aq) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2(g)$$

প্ৰমাণ হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ড আৰু আন যি কোনো এডাল ইলেকট্ৰ'ড লৱণ সেতুৰে লগ লগাই কোষ এটা সাজিব পাৰি। আন ইলেকট্ৰ'ডডালৰ জাৰিত আৰু বিজাৰিত ৰূপ দুটাৰ গাঢ়তা একক হ'লে কোষটোৰ প্ৰমাণ বিদ্যুৎচালক বল ($E^{\ominus}_{cell}$) হ'ব –

$$E^{\ominus}_{cell} = E^{\ominus}_{R} = - E^{\ominus}_{L}$$

উদাহৰণ হিচাপে নিম্নোক্ত কোষটো বিবেচনা কৰা হ'ল—

$$Pt(s) \mid H_2(g,\ 1\ atm) \mid H^+ (aq,\ 1\ M) \parallel Cu^{2+} (aq,\ 1\ M) \mid Cu\ (s)$$

দেখা যায় যে বাহ্যিক সংযোগ ঘটালে এই কোষটোত হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডৰপৰা বাহ্যিক সংযোগেৰে কপাৰ ইলেকট্ৰডলৈ ইলেকট্ৰ'ন প্ৰৱাহিত হয়। পৰীক্ষাৰদ্বাৰা এই কোষটোৰ $E^{\ominus}_{cell}$ ৰ মান 0.34 V পোৱা গৈছে। গতিকে কোষটোৰ ক্ষেত্ৰত আমি পাম—

$$0.34V = E^{\ominus}_{Cu^{2+}|Cu} - E^{\ominus}_{H^+|H_2}$$

প্ৰমাণ হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডৰ বিভৱ 0.00 V বুলি ধৰি লোৱা হয় বাবে $E^{\ominus}_{Cu^{2+}|Cu} = 0.34$ V হ'ব। প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ এই মান নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াৰ বাবে—

$$Cu^{2+}(aq,\ 1M) + 2e^- \rightarrow Cu\ (s)$$

আনহাতে প্ৰমাণ হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডৰ সৈতে জিংক ইলেকট্ৰ'ড সংযোগ কৰিও কোষ এটা সাজিব পাৰি। এই কোষটোত পিছে জিংক ইলেকট্ৰ'ডৰপৰা

হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডলৈহে ইলেকট্ৰনে গতি কৰে। সেইবাবে এইবাৰ জিংক ইলেকট্ৰ'ডডাল এন'ড আৰু হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডডাল কেথ'ড হ'ব। কোষটোক তলত দিয়া ধৰণে উপস্থাপন কৰিব পাৰি—

$$Zn(s) \mid Zn^{2+} (aq, 1M) \parallel H^+ (aq, 1M) \mid H_2(g, 1bar) \mid Pt(s)$$

পৰীক্ষাৰদ্বাৰা এই কোষৰ $E^{\ominus}_{cell}$ ৰ মান 0.76V পোৱা গৈছে। গতিকে,

$$0.76V = E^{\ominus}_{H^+ \mid H_2} - E^{\ominus}_{Zn^{2+} \mid Zn}$$

যিহেতু $E^{\ominus}_{H^+ \mid H_2} = 0.00V$ বুলি ধৰা হৈছে, সেইবাবে $E^{\ominus}_{Zn^{2+} \mid Zn} = -0.76$ V হ'ব। জিংক ইলেকট্ৰ'ডৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ এই মানো নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াৰ বাবে হ'ব—

$$Zn^{2+} (aq, 1 M) + 2e^- \rightarrow Zn(s)$$

গতিকে দেখা গ'ল যে প্ৰমাণ হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ড সাপেক্ষে Cu– ইলেকট্ৰ'ডৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ ধনাত্মক যদিও Zn– ইলেকট্ৰ'ডৰ ক্ষেত্ৰত ইয়াৰ মান ঋণাত্মক। Cu– ইলেকট্ৰ'ডৰ ধনাত্মক বিভৱৰ অৰ্থ হ'ল, H^+ আয়নতকৈ Cu^{2+} আয়ন সহজে বিজাৰিত হয়; অৰ্থাৎ হাইড্ৰ'জেন গেছে Cu^{2+} আয়নক Cu লৈ বিজাৰিত কৰে। কিন্তু H^+ আয়নে Cu ৰ জাৰণ ঘটাব নোৱাৰে। সেই কাৰণে HCl ত Cu দ্ৰবীভূত নহয়। অৱশ্যে নাইট্ৰিক এছিডত (HNO_3) থকা নাইট্ৰেট আয়নে Cu ক জাৰিত কৰিব পাৰে। একেদৰে Zn– ইলেকট্ৰ'ডৰ ঋণাত্মক বিভৱৰ অৰ্থ এই যে H^+ আয়নে Zn ৰ জাৰণ ঘটাব পাৰে; বা জিংকে H^+ আয়নক বিজাৰিত কৰিব পাৰে।

ওপৰত উল্লেখ কৰা অৰ্ধকোষৰ (বা ইলেকট্ৰ'ড) উপৰি আন বহুতো ইলেকট্ৰ'ড আমি সাজিব পাৰোঁ। প্ৰতিডাল ইলেকট্ৰ'ডৰে প্ৰমাণ বিভৱৰ মানো নিৰ্ণয় কৰা হৈছে। ইয়াৰে যি কোনো দুডাল ইলেকট্ৰ'ড লৱণ সেতুৰে সংযোগ কৰি এটা কোষ প্ৰস্তুত কৰিব পাৰি। কোষটোত যিডাল ইলেকট্ৰ'ডৰ বিভৱৰ মান কম সেইডাল বাওঁহাত ইলেকট্ৰ'ড (LHE) আৰু যাৰ বেছি সেইডাল হ'ব সোঁহাত ইলেকট্ৰ'ড (RHE)।

উপৰিউক্ত ৰীতি অনুসৰি চিত্ৰ 3.1 ত দেখুওৱা ডেনিয়েল কোষক প্ৰমাণ অৱস্থাত তলত দিয়া ধৰণে উপস্থাপন কৰিব পাৰি—

$$Zn(s) \mid Zn^{2+} (aq, 1M) \parallel Cu^{2+} (aq, 1M) \mid Cu(s)$$

কোষটোত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়া তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি—

LHE ত বিক্ৰিয়া : $Zn (s) \longrightarrow Zn^{2+} (aq) + 2e^-$

RHE ত বিক্ৰিয়া : $Cu^{2+}(aq) + 2e^- \longrightarrow Cu (s)$

এই বিক্ৰিয়া দুটা যোগ কৰিলে কোষ বিক্ৰিয়া (cell reaction) পোৱা যায়—

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

* *অৰ্ধকোষৰ প্ৰমাণ বিভৱৰ মান নিৰ্ণয়ৰ বাবে এইখন পুথিত লিখা পদ্ধতিটো সহজ আৰু সুবিধাজনক হোৱাৰ উপৰিও ছাত্ৰ-ছাত্ৰীৰ মনত পদ্ধতিটোৱে খু-দুৱনিৰ সৃষ্টি নকৰে। সেইবাবে ইয়াত এই পদ্ধতিটো লিখা হৈছে।*

কোষটোৰ প্ৰমাণ বিদ্যুৎচালক বল,

$$E^\ominus_{cell} = E^\ominus_R - E^\ominus_L$$
$$= E^\ominus_{Cu^{2+}|Cu} - E^\ominus_{Zn^{2+}|Zn}$$
$$= 0.34\ V - (-\ 0.76\ V) = 1.10\ V$$

কিছুমান অৰ্ধকোষত প্লেটিনাম বা গ'ল্ডৰ লেখীয়া ধাতুক নিষ্ক্ৰিয় ধাতু হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এনে ধাতুৱে বিক্ৰিয়াত অংশগ্ৰহণ নকৰে; ই ইলেকট্ৰন পৰিবহন কৰে আৰু ইয়াৰ পৃষ্ঠত জাৰণ বা বিজাৰণ বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডত প্লেটিনাম (Pt) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডক $Pt(s) | H_2(g) | H^+(aq)$ ধৰণে উপস্থাপন কৰিব পাৰি। এই অৰ্ধকোষত (বা ইলেকট্ৰ'ডত) সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

$$H^+\ (aq) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2(g)$$

একেদৰে ব্ৰ'মিন ইলেকট্ৰ'ড হ'ল $Pt(s) | Br_2(aq) | Br^-(aq)$; ইয়াত অৰ্ধকোষ বিক্ৰিয়া হ'ব

$$\frac{1}{2} Br_2(aq) + e^- \rightarrow Br^-(aq)$$

ৰসায়নত প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ। ইয়াৰ সহায়ত কিছুমান অতি প্ৰয়োজনীয় তথ্য লাভ কৰিব পাৰি। কিছুমান অৰ্ধকোষৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান তালিকা 3.1ত দিয়া হৈছে। যি ইলেকট্ৰ'ডৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান ধনাত্মক (শূন্যতকৈ বেছি), সেই ইলেকট্ৰ'ডত থকা বিজাৰিত ৰূপটো হাইড্ৰ'জেনতকৈ বেছি সুস্থিৰ। আনহাতে যাৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান ঋণাত্মক, সেই ইলেকট্ৰ'ডত থকা বিজাৰিত ৰূপটোতকৈ হাইড্ৰ'জেন বেছি সুস্থিৰ।

তালিকা 3.1ত নিশ্চয় লক্ষ্য কৰিছা যে ফ্লুৰিন ইলেকট্ৰ'ডৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান আটাইতকৈ বেছি। ইয়াৰ অৰ্থ হ'ল, ফ্লুৰিনৰ (F_2) ফ্লুৰাইড (F^-) আয়নলৈ বিজাৰিত হোৱাৰ প্ৰৱণতা সৰ্বাধিক। সেয়েহে ফ্লুৰিন (F_2) হ'ল আটাইতকৈ তীব্ৰ জাৰক পদাৰ্থ আৰু ফ্লুৰাইড আয়ন আটাইতকৈ মৃদু বিজাৰক পদাৰ্থ। তেনেদৰে লিথিয়ামৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ আটাইতকৈ কম। সেয়েহে লিথিয়াম (Li) ধাতু আটাইতকৈ তীব্ৰ বিজাৰক পদাৰ্থ আৰু লিথিয়াম আয়ন (Li^+) আটাইতকৈ মৃদু জাৰক পদাৰ্থ। তালিকাখনত ওপৰৰপৰা তললৈ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান কমে; লগে লগে জাৰণ ক্ষমতাও তললৈ কমে। আনহাতে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ সমীকৰণত সোঁফালে থকা পদাৰ্থৰ বিজাৰণ ক্ষমতা তালিকাখনত তললৈ কমি যায়।

গেলভেনীয় কোষ ব্যৱহাৰ কৰি ৰসায়নৰ বহুতো ৰাশিৰ মান নিৰ্ধাৰিত কৰা হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, দ্ৰাব্যতা গুণফল, সাম্য ধ্ৰুৱক, দ্ৰৱৰ pH মান আৰু আন তাপগতীয় ৰাশিৰ মান নিৰ্ধাৰণত গেলভেনীয় কোষৰ প্ৰয়োগ হয়।

তালিকা 3.1 : 298 K উষ্ণতাত প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ।

আয়নবোৰ জলীয় মাধ্যমত আছে আৰু H_2O-এ জুলীয়া অৱস্থা বুজাইছে; গেছীয় আৰু কঠিন অৱস্থা যথাক্ৰমে g আৰু s-ৰে নিৰ্দেশ কৰা হৈছে।

বিক্ৰিয়া (জাৰিত ৰূপ ne^-	$\rightarrow$ বিজাৰিত ৰূপ)	$E^\ominus$ (V)
$F_2(g) + 2e^-$	$\rightarrow 2F^-$	2.87
$Co^{3+} + e^-$	$\rightarrow Co^{2+}$	1.81
$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^-$	$\rightarrow 2H_2O$	1.78
$MnO_4^- + 8H^+ + 5e^-$	$\rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$	1.51
$Au^{3+} + 3e^-$	$\rightarrow Au(s)$	1.40
$Cl_2(g) + 2e^-$	$\rightarrow 2Cl^-$	1.36
$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^-$	$\rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$	1.33
$O_2(g) + 4H^+ + 4e^-$	$\rightarrow 2H_2O$	1.23
$MnO_2(s) + 4H^+ + 2e^-$	$\rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$	1.23
$Br_2 + 2e^-$	$\rightarrow 2Br^-$	1.09
$NO_3^- + 4H^+ + 3e^-$	$\rightarrow NO(g) + 2H_2O$	0.97
$2Hg^{2+} + 2e^-$	$\rightarrow Hg_2^{2+}$	0.92
$Ag^+ + e^-$	$\rightarrow Ag(s)$	0.80
$Fe^{3+} + e^-$	$\rightarrow Fe^{2+}$	0.77
$O_2(g) + 2H^+ + 2e^-$	$\rightarrow H_2O_2$	0.68
$I_2 + 2e^-$	$\rightarrow 2I^-$	0.54
$Cu^+ + e^-$	$\rightarrow Cu(s)$	0.52
$Cu^{2+} + 2e^-$	$\rightarrow Cu(s)$	0.34
$AgCl(s) + e^-$	$\rightarrow Ag(s) + Cl^-$	0.22
$AgBr(s) + e^-$	$\rightarrow Ag(s) + Br^-$	0.10
$2H^+ + 2e^-$	**$\rightarrow H_2(g)$**	**0.00**
$Pb^{2+} + 2e^-$	$\rightarrow Pb(s)$	−0.13
$Sn^{2+} + 2e^-$	$\rightarrow Sn(s)$	−0.14
$Ni^{2+} + 2e^-$	$\rightarrow Ni(s)$	−0.25
$Fe^{2+} + 2e^-$	$\rightarrow Fe(s)$	−0.44
$Cr^{3+} + 3e^-$	$\rightarrow Cr(s)$	−0.74
$Zn^{2+} + 2e^-$	$\rightarrow Zn(s)$	−0.76
$2H_2O + 2e^-$	$\rightarrow H_2(g) + 2OH^-(aq)$	−0.83
$Al^{3+} + 3e^-$	$\rightarrow Al(s)$	−1.66
$Mg^{2+} + 2e^-$	$\rightarrow Mg(s)$	−2.36
$Na^+ + e^-$	$\rightarrow Na(s)$	−2.71
$Ca^{2+} + 2e^-$	$\rightarrow Ca(s)$	−2.87
$K^+ + e^-$	$\rightarrow K(s)$	−2.93
$Li^+ + e^-$	$\rightarrow Li(s)$	−3.05

↑ জাৰক পদাৰ্থৰ তীব্ৰতা বাঢ়িছে

↓ বিজাৰক পদাৰ্থৰ তীব্ৰতা বাঢ়িছে

1. $E^\ominus$ ৰ মান ঋণাত্মক হ'লে ৰেডক্স যুগ্মটো H^+/H_2 যুগ্মতকৈ তীব্ৰ বিজাৰক হ'ব।
2. $E^\ominus$ ৰ মান ধনাত্মক হ'লে ৰেডক্স যুগ্মটো H^+/H_2 যুগ্মতকৈ মৃদু বিজাৰক হ'ব।

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

3.1 $Mg^{2+}(aq) \mid Mg(s)$ অৰ্ধকোষৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান কেনেদৰে নিৰ্ণয় কৰিবা?

3.2 জিংকৰ পাত্ৰত কপাৰ ছালফেট দ্ৰৱ ৰাখিব পাৰিনে?

3.3 তালিকা 3.1 ত থকা প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান ব্যৱহাৰ কৰি এনে তিনিটা পদাৰ্থৰ নাম লিখা যিয়ে ফেৰাছ ছালফেটক জাৰিত কৰিব পাৰে।

3.3 নাৰ্ন্‌ষ্ট সমীকৰণ (Nernst Equation)

ওপৰত আলোচনা কৰা প্ৰতিটো অৰ্ধকোষত থকা প্ৰতিটো আয়নৰ গাঢ়তা আমি 1 M হিচাপে বিবেচনা কৰিছোঁ। তেনেদৰে গেছ ইলেকট্ৰ'ডৰ (যেনে— হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ড) ক্ষেত্ৰত গেছটোৰ চাপ 1 bar বুলি ধৰা হৈছে। কিন্তু অৰ্ধকোষত থকা আয়নৰ গাঢ়তা সদায়ে যে 1 M হ'ব লাগিব তেনে নহয়; আয়নৰ যি কোনো গাঢ়তা বা গেছৰ যি কোনো চাপ হ'ব পাৰে।

ধৰা, এটা অৰ্ধকোষত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াটো হ'ল

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

এতিয়া আয়নৰ যি কোনো গাঢ়তাত অৰ্ধকোষটোৰ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ ($E_{M^{n+}|M}$) মান হ'ব—

$$E_{M^{n+}|M} = E^{\ominus}_{M^{n+}|M} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[M]}{[M^{n+}]}$$

এই প্ৰকাশ ৰাশিত বিশুদ্ধ কঠিন পদাৰ্থৰ (ইয়াত M) গাঢ়তা একক হিচাপে লোৱা হয়। সেইবাবে ওপৰৰ প্ৰকাশ ৰাশিটো হ'ব—

$$E_{M^{n+}|M} = E^{\ominus}_{M^{n+}|M} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{[1]}{[M^{n+}]} \quad (3.8)$$

ইয়াত $E^{\ominus}_{M^{n+}|M}$ হ'ল প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ, R গেছ ধ্ৰুৱক (8.314 JK^{-1} mol^{-1}), F ফেৰাডে ধ্ৰুৱক (96487 C mol^{-1}), T কেলভিন উষ্ণতা আৰু $[M^{n+}]$ হ'ল M^{n+}ৰ গাঢ়তা।

এতিয়া ডেনিয়েল কোষৰ কথা বিবেচনা কৰা। ইয়াত থকা Cu– আৰু Zn– অৰ্ধকোষত Cu^{2+} আৰু Zn^{2+} আয়নৰ যি কোনো গাঢ়তাৰ বাবে,

$$E_{Cu^{2+}/Cu} = E^{\ominus}_{Cu^{2+}/Cu} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{1}{[Cu^{2+}(aq)]} \quad (3.9)$$

$$E_{Zn^{2+}/Zn} = E^{\ominus}_{Zn^{2+}/Zn} - \frac{RT}{nF}\ln\frac{1}{[Zn^{2+}(aq)]} \quad (3.10)$$

গতিকে কোষ বিভৱ, $E_{cell} = E_{Cu^{2+}/Cu} - E_{Zn^{2+}/Zn}$

বা, $E_{cell} = E^{\ominus}_{Cu^{2+}/Cu} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{[Cu^{2+}(aq)]} - E^{\ominus}_{Zn^{2+}/Zn} + \frac{RT}{2F} \ln \frac{1}{[Zn^{2+}(aq)]}$

$$= E^{\ominus}_{Cu^{2+}/Cu} - E^{\ominus}_{Zn^{2+}/Zn} - \frac{RT}{2F}\left\{\ln \frac{1}{[Cu^{2+}(aq)]} - \ln \frac{1}{[Zn^{2+}(aq)]}\right\}$$

গতিকে $$E_{cell} = E^{\ominus}_{cell} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} \quad (3.11)$$

দেখা গ'ল যে কোষটোৰ E_{cell} ৰ মান Cu^{2+} আৰু Zn^{2+} আয়ন দুয়োটাৰে গাঢ়তাৰ ওপৰত নির্ভৰ কৰে।

সমীকৰণ 3.11ত থকা স্বাভাৱিক লগাৰিথিমক 10 ৰ ঘাতত প্ৰকাশ কৰিলে নাৰ্ণষ্ট সমীকৰণটো হ'ব—

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

ইয়াত R আৰু F ৰ মান বহুৱালে প্ৰমাণ উষ্ণতাত (T = 298K) সমীকৰণটো হ'ব—

$$E_{cell} = E^{\ominus}_{cell} - \frac{0.059}{2} \log \frac{[Zn^{2+}(aq)]}{[Cu^{2+}(aq)]} \quad (3.12)$$

এটা কথা মনত ৰাখিবা, নাৰ্ণষ্টৰ সমীকৰণ লিখোঁতে প্ৰতিডাল ইলেকট্ৰ'ডৰ বাবে লিখা বিক্ৰিয়াত ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা সমান হ'ব লাগে। তলত উল্লেখ কৰা কোষটোলৈ মন কৰা—

$$Ni(s) \mid Ni^{2+}(aq) \parallel Ag^{+}(aq) \mid Ag$$

ইয়াত কোষ বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

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

নাৰ্ণষ্ট সমীকৰণটো হ'ব—

$$E_{cell} = E^{\ominus}_{cell} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{[Ni^{2+}(aq)]}{[Ag^{+}(aq)]^2}$$

একেদৰে ধৰা, কোনো এক গেলভেনীয় কোষত ঘটা কোষ বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

$$a\ A + bB \xrightarrow{ne^-} cC + dD$$

কোষটোৰ বাবে নাৰ্ণষ্ট সমীকৰণটো হ'ব—

$$E_{cell} = E^{\ominus}_{cell} - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

$$= E^{\ominus}_{cell} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \quad (3.13)$$

উদাহৰণ 3.1 এটা গেলভেনীয় কোষত তলত লিখা বিক্ৰিয়াটো সংঘটিত হয়—

$$Mg(s) + 2Ag^{+}(0.0001M) \longrightarrow Mg^{2+}(0.130M) + 2Ag(s)$$

কোষটো উপস্থাপন কৰা। কোষটোৰ $E^{\ominus}_{cell} = 3.17$ V হ'লে E_{cell} কিমান হ'ব গণনা কৰা (উষ্ণতা 298 K)।

সমাধান কোষটো হ'ব

$$Mg(s) \mid Mg^{2+}(0.130\ M) \parallel Ag^{+}(0.0001M) \mid Ag(s)$$

$$E_{cell} = E^{\ominus}_{cell} - \frac{RT}{2F} \ln \frac{[Mg^{2+}]}{[Ag^{+}]^2}$$

$$= 3.17\ V - \frac{2.303\ RT}{2F} \log \frac{[Mg^{2+}]}{[Ag^{+}]^2}$$

$$= 3.17\ V - \frac{0.059\ V}{2} \log \frac{0.130}{(0.0001)^2}$$

$$= 3.17\ V - 0.21\ V$$

$$= 2.96\ V$$

3.3.1 নাৰ্ণষ্ট সমীকৰণৰ সহায়ত সাম্য ধ্ৰুৱক গণনা (Equilibrium Constant from Nernst Equation)

তোমালোকে ইতিমধ্যে পাইছা যে ডেনিয়েল কোষত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \quad (3.1)$$

কোষটোত বাহ্যিক সংযোগ অব্যাহত থাকিলে সময় যোৱাৰ লগে লগে Zn^{2+} আয়নৰ গাঢ়তা বাঢ়িব আৰু Cu^{2+} আয়নৰ গাঢ়তা কমিব। লগে লগে কোষটোৰ বিদ্যুৎচালক বলৰ মানো লাহে লাহে কমিব। বিদ্যুৎচালক বলৰ মানৰ এই পৰিৱৰ্তন ভ'ল্টমিটাৰৰ (Voltmeter) সহায়ত জুখিব পাৰি। এইদৰে প্ৰথম অৱস্থাত Zn^{2+} আৰু Cu^{2+} আয়নৰ গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন হ'লেও কিছু সময় পাছত ইহঁতৰ গাঢ়তা ধ্ৰুৱক হয়; অৰ্থাৎ ইহঁতৰ গাঢ়তা সময়ৰ সৈতে সলনি নহয়। ইয়ে বিক্ৰিয়াৰ সাম্য অৱস্থা নিৰ্দেশ কৰে। এই অৱস্থাত কোষটোৰ বিদ্যুৎচালক বলৰ মান শূন্য হয়। গতিকে সাম্য অৱস্থাত নাৰ্ণষ্ট সমীকৰণটো তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি—

$$E_{cell} = 0 = E^{\ominus}_{cell} - \frac{2.303RT}{2F} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

$$\text{বা, } E^{\ominus}_{cell} = \frac{2.303RT}{2F} \log \frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]}$$

কিন্তু সাম্য অৱস্থাত $\frac{[Zn^{2+}]}{[Cu^{2+}]} = K_c$

ইয়াত K_c হ'ল বিক্ৰিয়া (3.1)ৰ সাম্য ধ্ৰুৱক।

গতিকে

$$E^{\ominus}_{cell} = \frac{2.303\ RT}{2\ F} \log K_c$$

298K উষ্ণতাত নাৰ্ণষ্ট সমীকৰণটো হ'ব

$$E^{\ominus}_{cell} = \frac{0.059\ V}{2} \log K_c$$

$$\text{বা, } 1.1\ V = \frac{0.059\ V}{2} \log K_C$$

$$\text{বা, } \log K_c = \frac{2.2}{0.059} = 37.288$$

গতিকে $K_c = 2 \times 10^{37}$ (298 K উষ্ণতাত)

সেয়েহে সাধাৰণভাৱে আমি লিখিব পাৰো—

$$E^{\ominus}_{cell} = \frac{2.303\ RT}{nF} \log K_c \tag{3.14}$$

এই সমীকৰণৰপৰা (3.14) গেলভেনী কোষৰ প্ৰমাণ বিভৱৰ ($E^{\ominus}_{cell}$) সৈতে কোষটোত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াৰ সাম্য ধ্ৰুৱকৰ সম্বন্ধ পোৱা যায়। এইদৰে কোষৰ প্ৰমাণ বিভৱৰপৰা বিক্ৰিয়াৰ সাম্য ধ্ৰুৱকৰ মান সহজে গণনা কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 3.2 নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াৰ বাবে 298 K উষ্ণতাত সাম্য ধ্ৰুৱকৰ মান গণনা কৰা—

$$Cu(s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Cu^{2+}(aq) + 2Ag(s)$$

দিয়া আছে, $E^{\ominus}_{cell} = 0.46\ V$

সমাধান

$$E^{\ominus}_{cell} = \frac{0.059\ V}{2} \log K_C$$

$$\text{বা, } 0.46\ V = \frac{0.059\ V}{2} \log K_c$$

$$\log K_c = \frac{2 \times 0.46}{0.059} = 15.6$$

$$K_C = 3.92 \times 10^{15}$$

3.3.2 বিদ্যুৎৰাসায়নিক কোষ আৰু কোষ বিক্ৰিয়াৰ গীবছ্‌ শক্তি (Electrochemical Cell and Gibbs Energy of the Reaction)

বৈদ্যুতিক বিভৱ আৰু প্ৰবাহিত হোৱা মুঠ আধানৰ পূৰণফলেই হ'ল বৈদ্যুতিক কাৰ্য (electrical work)। কোষ এটাৰ বিদ্যুৎচালক বল (emf) E_{cell} হ'লে আৰু ইয়াৰ মাজেৰে nF পৰিমাণৰ আধান প্ৰবাহিত হ'লে বৈদ্যুতিক কাৰ্যৰ মান nFE_{cell} হ'ব। এই মান কোষ বিক্ৰিয়াটোত হোৱা গীবছ্‌ৰ শক্তিৰ হ্ৰাসৰ ($\Delta_r G$) সমান; অৰ্থাৎ

$$\Delta_r G = -\ nFE_{(cell)} \tag{3.15}$$

মনত ৰাখিবা, E_{cell} হ'ল অন্তঃসাৰী ধৰ্ম (intensive property)। কিন্তু $\Delta_r G$ হ'ল প্ৰসাৰী ধৰ্ম (extensive property)। গতিকে $\Delta_r G$ ৰ মান পৰিমাণৰ (n) ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, ডেনিয়েল কোষত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াটো আমি সাধাৰণতে তলত দিয়া ধৰণে লিখোঁ—

$$Zn(s) + Cu^{2+}(aq) \longrightarrow Zn^{2+}(aq) + Cu(s) \qquad (3.1)$$

এই ক্ষেত্ৰত বিক্ৰিয়াটোৰ $\Delta_r G$ ৰ মান $-2\ FE_{cell}$ (অৰ্থাৎ $\Delta_r G = -2\ FE_{cell}$) হ'ব। বিক্ৰিয়াটো আমি নিম্নোক্ত ধৰণেও লিখিব পাৰোঁ—

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

এইবাৰ কিন্তু $\Delta_r G$ ৰ মান $-4\ FE_{cell}$ (অৰ্থাৎ $\Delta_r G = -4\ FE_{cell}$) হ'ব।

প্ৰতিটো বিক্ৰিয়কৰ গাঢ়তা 1 M হ'লে $E_{cell} = E^{\ominus}_{cell}$ হ'ব। তেনে ক্ষেত্ৰত আমি পাম,

$$\Delta_r G^{\ominus} = -\ nFE^{\ominus}_{cell} \qquad (3.16)$$

গতিকে দেখা গ'ল কোষৰ $E^{\ominus}_{cell}$ ৰ মান নিৰ্ণয় কৰি অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ তাপগতীয় ৰাশি $\Delta_r G^{\ominus}$ ৰ মান গণনা কৰিব পাৰি। আকৌ $\Delta_r G^{\ominus}$ ৰ মানৰপৰা কোষ বিক্ৰিয়াটোৰ সাম্য ধ্ৰুৱকৰ (K_c) মান নিৰ্ণয় কৰিব পৰা যায়। $\Delta_r G^{\ominus}$ আৰু সাম্য ধ্ৰুৱকৰ মাজৰ সম্বন্ধটো হ'ল

$$\Delta_r G^{\ominus} = -\ RT\ \ln\ K_C$$

উদাহৰণ 3.3 ডেনিয়েল কোষৰ প্ৰমাণ বিভৱৰ মান 1.1 V হ'লে নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াটোৰ প্ৰমাণ গীব্‌ছ শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন গণনা কৰা—

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

সমাধান আমি জানো,

$\Delta_r G^{\ominus} = -nFE^{\ominus}_{cell}$

এই বিক্ৰিয়াটোৰ বাবে $n = 2$ mol

আকৌ $F = 96487$ C mol^{-1} আৰু $E^{\ominus}_{cell} = 1.1$ V

গতিকে $\Delta_r G^{\ominus} = -2 \text{ mol} \times 96487 \text{ C mol}^{-1} \times 1.1 \text{ J C}^{-1}$

$= -\ 21227$ J

$= -21.227$ kJ

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

3.4 pH মান 10 বিশিষ্ট দ্ৰৱৰ সংস্পৰ্শত থকা হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডৰ বিভৱ গণনা কৰা।

3.5 এটা কোষত নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াটো সংঘটিত হয়—

$$Ni(s) + 2Ag^{+}\ (0.002\ M) \rightarrow Ni^{2+}\ (0.160\ M) + 2Ag(s)$$

কোষটোৰ $E^{\ominus}_{cell} = 1.05$ V হ'লে বিদ্যুৎচালক বল (emf) গণনা কৰা। (উষ্ণতা 298 K)

3.6 এটা কোষত নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াটো সংঘটিত হয়—

$$2Fe^{3+}\ (aq) + 2I^{-}\ (aq) \rightarrow 2Fe^{2+}(aq) + I_2\ (s)$$

298 K উষ্ণতাত কোষটোৰ $E^{\ominus}_{cell} = 0.236$ V হ'লে বিক্ৰিয়াটোৰ প্ৰমাণ গীব্‌ছ শক্তিৰ পৰিৱৰ্তন আৰু সাম্য ধ্ৰুৱক গণনা কৰা।

3.4 বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰৱৰ পৰিবাহিতা (Conductance of Electrolytic Solutions)

বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰৱৰ পৰিবাহিতা সম্পৰ্কে আলোচনা কৰাৰ আগতে আমি কিছুমান প্ৰয়োজনীয় ৰাশিৰ বিষয়ে জনা আৱশ্যক। তেনে এটা ৰাশি হ'ল বৈদ্যুতিক ৰোধ (electrical resistance)। ইয়াক R চিহ্নৰে বুজোৱা হয় আৰু ইয়াৰ মান ওম (ohm, Ω) এককত প্ৰকাশ কৰা হয়। ohm এককটো আন্তৰ্জাতিক (SI) মৌলিক এককৰ ৰূপত (kg m^2) / (S^{3}A^2) হয়। হুইটষ্ট'ন ব্ৰিজৰ (Wheatstone bridge) সহায়ত বৈদ্যুতিক ৰোধৰ মান জুখিব পাৰি। এই সম্পৰ্কে পদাৰ্থ বিজ্ঞানত নিশ্চয় অধ্যয়ন কৰিছা।

সকলো পদাৰ্থই বিদ্যুৎ প্ৰবাহত কম-বেছি পৰিমাণে বাধা দিয়ে; অৰ্থাৎ সকলো পদাৰ্থই ৰোধ দেখুৱায়। ধৰা, পদাৰ্থ এটাৰ দৈৰ্ঘ্য l আৰু প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি (area of cross section) হ'ল A । পদাৰ্থটোৰ ৰোধ ইয়াৰ দৈৰ্ঘ্যৰ সমানুপাতিক আৰু প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালিৰ ব্যস্তানুপাতিক। অৰ্থাৎ,

$$R \propto \frac{l}{A}$$

বা, $$R = \rho \frac{l}{A} \qquad (3.17)$$

ইয়াত ρ (গ্ৰীক, ৰ', rho) হ'ল সমানুপাতী ধ্ৰুৱক আৰু ইয়াক ৰোধকতা (resistivity বা specific resistance, বিশিষ্ট ৰোধ) বোলা হয়। আন্তৰ্জাতিক পদ্ধতিত (SI) ইয়াৰ একক হ'ল Ω m (ohm metre) । কিন্তু ইয়াৰ Ω cm (ohm centimetre) এককটোও ব্যৱহৃত হয়। IUPAC-এ এই ধ্ৰুৱকটো বুজাবলৈ specific resistance ৰ (বিশিষ্ট ৰোধ) পৰিবৰ্তে resistivity (ৰোধকতা) নামটোহে অনুমোদন কৰিছে। সেইবাবে আমি ইয়াত ৰোধকতা নামটো ব্যৱহাৰ কৰিম।

সমীকৰণ 3.17ত l = 1m আৰু A = 1 m^2 বহুৱালে ρ = R হ'ব। অৰ্থাৎ এক বৰ্গ মিটাৰ (1 m^2) প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি বিশিষ্ট এক মিটাৰ (1 m) দৈৰ্ঘ্যৰ পদাৰ্থ এটাই দেখুওৱা বৈদ্যুতিক ৰোধেই হ'ল পদাৰ্থটোৰ ৰোধকতা। ইয়াৰ একক হ'ল—

$$1\ \Omega\ m = 100\ \Omega\ cm$$

বা, $$1\ \Omega\ cm = 0.01\ \Omega\ m$$

ৰোধৰ (R) বিপৰীতটোৱে হ'ল **পৰিবাহিতা** (conductance, G)।

অৰ্থাৎ

$$G = \frac{1}{R} = \frac{A}{\rho l} = \kappa \frac{A}{l} \quad (3.18)$$

ৰোধৰ একক Ω (ohm) বাবে পৰিবাহিতাৰ একক ohm^{-1} (বা, Ω^{-1} বা, mho) হ'ব। আন্তৰ্জাতিক পদ্ধতিত পৰিবাহিতাৰ একক হ'ল **ছিমেনছ** (siemens) আৰু ইয়াক S আখৰটোৰে বুজোৱা হয় ($S = ohm^{-1} = \Omega^{-1}$)।

ৰোধকতাৰ (ρ) বিপৰীতটো হ'ল পৰিবহনতা (conductivity) বা বিশিষ্ট পৰিবাহিতা (specific conductance) । ইয়াক κ (গ্ৰীক, কাপ্পা- kappa) চিহ্নৰে বুজোৱা হয়। ইয়াত κ ক পৰিবহনতা নামেৰে বুজোৱা হ'ব। আন্তৰ্জাতিক পদ্ধতিত পৰিবহনতাৰ সংজ্ঞা নিম্নোক্ত ধৰণে দিব পাৰি—

$1\ m^2$ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি বিশিষ্ট 1 m দীঘল পৰিবাহীৰ পৰিবাহিতাই হ'ল ইয়াৰ পৰিবহনতা।

পৰিবহনতাৰ SI একক হ'ল $S\ m^{-1}$; কিন্তু $S\ cm^{-1}$ এককটোও ব্যৱহৃত হয়। এই দুই এককৰ মাজৰ সম্বন্ধটো হ'ল—

$$1\ S\ cm^{-1} = 100\ S\ m^{-1}$$

তালিকা 3.2 : 298.15 K উষ্ণতাত কিছুমান পদাৰ্থৰ পৰিবহনতা

পদাৰ্থ	পৰিবহনতা ($S\ m^{-1}$)	পদাৰ্থ	পৰিবহনতা ($S\ m^{-1}$)
পৰিবাহী		*জলীয় দ্ৰব*	
ছ'ডিয়াম	2.1×10^3	বিশুদ্ধ পানী	3.5×10^{-5}
কপাৰ	5.9×10^3	0.1M HCl	3.91
ছিলভাৰ	6.2×10^3	0.1M KCl	0.14
গ'ল্ড	4.5×10^3	0.1M NaCl	0.12
আইৰন	1.0×10^3	0.1M HAc	0.047
গ্ৰেফাইট	1.2×10	0.01M HAc	0.016
অন্তৰক		***অৰ্ধপৰিবাহী***	
গ্লাছ	1.0×10^{-16}	CuO	1×10^{-7}
টেফলন	1.0×10^{-18}	Si	1.5×10^{-2}
		Ge	2.0

তালিকা 3.2 ৰপৰা নিশ্চয় জানিব পাৰিছা যে বেলেগ বেলেগ পদাৰ্থৰ পৰিবহনতা বেলেগ বেলেগ। তদুপৰি পদাৰ্থভেদে পৰিবহনতাৰ মানৰ যথেষ্ট তাৰতম্য হ'ব পাৰে। অৱশ্যে উষ্ণতা আৰু চাপৰ ওপৰতো পৰিবহনতাৰ মান নিৰ্ভৰ কৰে। যি নহওক, পৰিবহনতাৰ মানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি পদাৰ্থবোৰক পৰিবাহী (conductors), অন্তৰক (insulators) আৰু অৰ্ধপৰিবাহী (semiconductors) হিচাপে শ্ৰেণীবিভক্ত কৰা হৈছে। ধাতু আৰু সংকৰ ধাতুবোৰৰ (alloy) পৰিবহনতা যথেষ্ট বেছি; সেইবাবে এইবোৰক পৰিবাহী বোলা হয়। অৱশ্যে কাৰ্বন ব্লেক (carbon black) আৰু গ্ৰেফাইট অধাতু

হ'লেও পৰিবাহী। তেনেদৰে কিছুমান জৈৱ বহুযোগী যৌগও* (organic polymers) পৰিবাহী। আনহাতে কাঁচ (glass), চিৰামিক (ceramics) আদি পদাৰ্থৰ পৰিবহনতা অতি কম বাবে এইবোৰক অন্তৰক বোলা হয়। ছিলিকন, ড'পিংকৃত (doped) ছিলিকন আৰু গেলিয়াম আৰ্ছেনাইডৰ (gallium arsenide) লেখীয়া পদাৰ্থবোৰৰ পৰিবহনতা পৰিবাহীতকৈ কম যদিও অন্তৰকতকৈ বেছি। এইবোৰক অৰ্ধপৰিবাহী বোলা হয়। এই পদাৰ্থসমূহ অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ। অসীম পৰিবহনতা বা শূন্য ৰোধকতাৰ পদাৰ্থক অতিপৰিবাহী (superconductor) বোলে। আগেয়ে ধাতু আৰু সংকৰ ধাতুৰেহে অতি কম উষ্ণতাত (শূন্যৰপৰা 15 K উষ্ণতাত) অতিপৰিবাহিতা দেখুৱায় বুলি ভবা হৈছিল। কিন্তু সম্প্ৰতি বহুতো চিৰামিক আৰু মিশ্ৰিত অক্সাইড (mixed oxides) পদাৰ্থই 150 K পৰ্যন্ত উষ্ণতাতো অতিপৰিবাহিতা দেখুওৱাটো প্ৰতিপন্ন হৈছে।

ধাতুৰ মাজেৰে হোৱা বিদ্যুৎ পৰিবহনক ধাতব (metallic) বা ইলেকট্ৰনিক (electronic) পৰিবাহিতা বোলা হয়। ইলেকট্ৰনৰ গতিয়েই হ'ল ইলেকট্ৰনিক পৰিবাহিতাৰ কাৰণ। নিম্নোক্ত কাৰকৰ ওপৰত ইলেকট্ৰনিক পৰিবাহিতা নিৰ্ভৰ কৰে—

i. ধাতুৰ গঠন আৰু প্ৰকৃতি।
ii. ধাতুৰ প্ৰতিটো পৰিমাণুত থকা যোজ্যতা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা।
iii. উষ্ণতা (উষ্ণতা বাঢ়িলে ইলেকট্ৰনিক পৰিবাহিতা কমে)।

বিদ্যুতৰ উৎসৰ সৈতে ধাতব পৰিবাহী এডালক সংযোগ কৰিলে ইয়াৰ এটা মূৰেৰে ইলেকট্ৰন সোমাই আনটো মূৰেৰে ওলাই যায়। পৰিবাহীডালৰ মাজেৰে ইলেকট্ৰনে গতি কৰিলেও ইয়াৰ কোনো পৰিৱৰ্তন নঘটে। অৰ্ধপৰিবাহীৰ মাজেৰে বিদ্যুৎ পৰিবহন প্ৰক্ৰিয়াটো কিছু জটিল।

তোমালোকে ইতিমধ্যে জানিছা (একাদশ শ্ৰেণী, অধ্যায় 7) যে অতি বিশুদ্ধ পানীতো অতি কম পৰিমাণে (10^{-7}M) হাইড্ৰ'জেন আয়ন আৰু হাইড্ৰক্সিল আয়ন থাকে। আয়নৰ পৰিমাণ কম হোৱা বাবে বিশুদ্ধ পানীৰ পৰিবহনতাও অতি কম (3.5×10^{-5} S m^{-1})। পানীত বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য দ্ৰবীভূত কৰি দ্ৰব প্ৰস্তুত কৰিব পাৰি। এই দ্ৰবত বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰপৰা উৎপন্ন হোৱা আয়নবোৰ থাকে। ফলস্বৰূপে বিশুদ্ধ পানীতকৈ দ্ৰবটোৰ পৰিবহনতা বেছি হয়। দ্ৰব এটাত থকা আয়নৰদ্বাৰা হোৱা বিদ্যুৎ পৰিবহনকে বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ পৰিবাহিতা (electrolytic conductance) বা আয়নীয় পৰিবাহিতা

---

* ***ইলেকট্ৰনিকভাৱে পৰিবহনক্ষম বহুযোগী যৌগ (Electronically conducting polymers) :*** *1977 চনত বিজ্ঞানী মেকডায়াৰমিড (MacDiarmid), হীগাৰ (Heager) আৰু ছিৰাকাৱাই (Shirakawa) আৱিষ্কাৰ কৰে যে আয়'ডিন বাষ্পৰ উপস্থিতিত এছিটাইলিন (acetylene) গেছৰ বহুযোগীকৰণ ঘটালে ধাতব দ্যুতি (lusture) আৰু পৰিবাহিতাবিশিষ্ট পলিএছিটাইলিন (polyacetylene) নামৰ এটা বহুযোগী পোৱা যায়। তাৰ পাছতে পলিএনিলিন (polyaniline), পলিপাইৰ'ল (polypyrrole), পলিথায়'ফিন (polythiophene) আদি বহুতো জৈৱ পৰিবাহী পদাৰ্থ আৱিষ্কৃত হয়। এই জৈৱ ধাতুবোৰ কাৰ্বন, হাইড্ৰ'জেন আৰু কেতিয়াবা নাইট্ৰ'জেন, অক্সিজেন বা ছালফাৰেৰে গঠিত। সেয়েহে সাধাৰণ ধাতুতকৈ এইবোৰ যথেষ্ট পাতল। এইবোৰক পাতল (light-weight) বেটাৰি প্ৰস্তুতিত ব্যৱহাৰ কৰা হয়। তদুপৰি সাধাৰণ বহুযোগী যৌগৰ দৰে এই যৌগবোৰ নমনীয় (flexible) হোৱা বাবে এইবোৰৰদ্বাৰা ভাঁজ কৰিবপৰা ইলেকট্ৰনিক সঁজুলি প্ৰস্তুত কৰিব পাৰি। পৰিবাহী বহুযোগী যৌগৰ আৱিষ্কাৰৰ বাবে 2000 চনত মেকডায়াৰমিড, হীগাৰ আৰু ছিৰাকাৱাক ৰসায়নৰ নবেল বঁটা প্ৰদান কৰা হয়।*

(ionic conductance) বোলা হয়। বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰবৰ পৰিবাহিতা তলত উল্লেখ কৰা কাৰকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে—

(i) বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ প্ৰকৃতি

(ii) উৎপন্ন হোৱা আয়নৰ আকাৰ আৰু দ্ৰাবযোজন (solvation)

(iii) দ্ৰাৱকৰ প্ৰকৃতি আৰু ইয়াৰ সান্দ্ৰতা (viscosity)

(iv) গাঢ়তা

(v) উষ্ণতা (উষ্ণতা বাঢ়িলে পৰিবাহিতা বাঢ়ে)

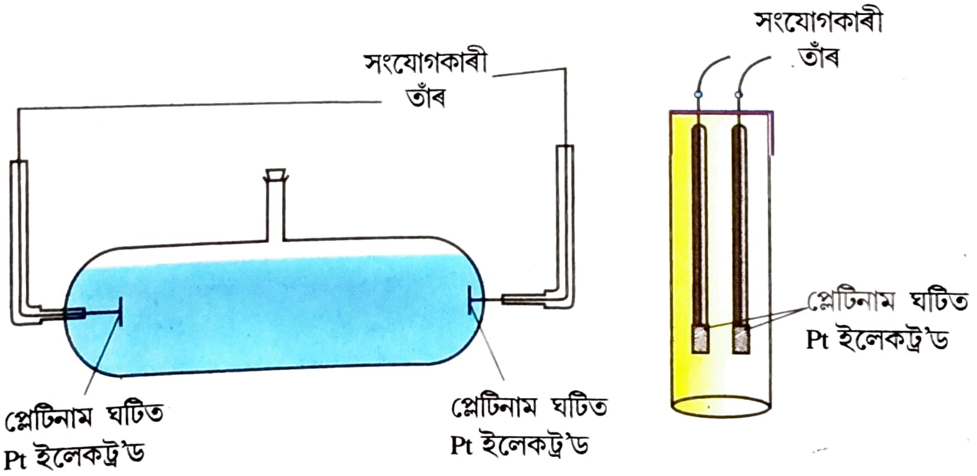
আয়নীয় দ্ৰবৰ মাজেৰে প্ৰত্যক্ষ বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ (direct current) পঠিয়ালে ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়া সংঘটিত হয়। ফলত দ্ৰবটোৰ সংযুতিৰ পৰিৱৰ্তন ঘটে (অনুচ্ছেদ 3.4.1)।

3.4.1 আয়নীয় দ্ৰবৰ পৰিবহনতা নিৰ্ণয় (Measurement of the Conductivity of Ionic Solutions)

হুইটষ্ট'ন ব্ৰিজৰ সহায়ত অজ্ঞাত ৰোধৰ মান শুদ্ধকৈ জুখিব পাৰি। কিন্তু আয়নীয় দ্ৰবৰ ৰোধ নিৰ্ণয় কৰোতে দুটা সমস্যাৰ সন্মুখীন হ'বলগীয়া হয়। এই সমস্যা দুটা হ'ল—

- প্ৰত্যক্ষ বিদ্যুৎ প্ৰৱাহে (direct current) বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰবৰ সংযুতিৰ পৰিৱৰ্তন ঘটায়।
- ধাতু বা আন কঠিন পৰিবাহীৰ লেখীয়া যি কোনো দ্ৰব এটাক হুইটষ্ট'ন ব্ৰিজৰ সৈতে সংযোগ কৰিব নোৱাৰি।

ইয়াৰে প্ৰথম সমস্যাটো সমাধানৰ বাবে পৰিৱৰ্তী বিদ্যুৎ প্ৰবাহ (alternating current) ব্যৱহাৰ কৰা হয়; অৰ্থাৎ প্ৰত্যক্ষ বিদ্যুৎপ্ৰৱাহৰ পৰিৱৰ্তে পৰিৱৰ্তী বিদ্যুৎ প্ৰৱাহৰ উৎস ব্যৱহাৰ কৰিলে প্ৰথম সমস্যাটো আঁতৰে। দ্বিতীয় সমস্যাটো আঁতৰাবলৈ বিশেষভাৱে নিৰ্মিত সঁজুলি ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এই সঁজুলিটোৰ নাম হ'ল পৰিবাহিতা কোষ (conductivity cell)। চিত্ৰ 3.4ত দুই ধৰণৰ পৰিবাহিতা কোষ দেখুওৱা হৈছে।



চিত্ৰ 3.4 : দুই ধৰণৰ পৰিবাহিতা কোষ

পৰিবাহিতা কোষটো মূলতঃ দুডাল প্লেটিনাম ইলেকট্ৰ'ডৰ সমষ্টি। প্ৰতিডাল ইলেকট্ৰ'ডত প্লেটিনাম ব্লেকৰ (platinum black, প্লেটিনাম ধাতুৰ অতি সূক্ষ্ম কণাৰ সমষ্টি) প্ৰলেপ বিদ্যুৎ ৰাসায়নিকভাৱে লগোৱা থাকে। ইলেকট্ৰ'ড দুডাল গ্লাছৰ পাত্ৰটোত লৰচৰ কৰিব নোৱাৰাকৈ ৰখা হয়। ধৰা, এই ইলেকট্ৰ'ডৰ পৃষ্ঠৰ কালি 'A' আৰু ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰ মাজৰ দূৰত্ব হ'ল 'l'। তেনে ক্ষেত্ৰত এই ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰ মাজৰ দ্ৰবখিনি 'l' দৈৰ্ঘ্য আৰু A প্ৰস্থচ্ছেদৰ এটা স্তম্ভৰ নিচিনা হ'ব। দ্ৰবৰ এই স্তম্ভটোৰ ৰোধ (R) হ'ব—

$$R = \rho \frac{l}{A} = \frac{l}{\kappa A} \qquad (3.17)$$

l/A ৰাশিটোক কোষ ধ্ৰুৱক (cell constant) বোলা হয় আৰু ইয়াক G^* চিহ্নৰে নিৰ্দেশ কৰা হয়। কোষ ধ্ৰুৱকৰ মাত্ৰা দৈৰ্ঘ্য$^{-1}$ (length^{-1}) হ'ব। l আৰু A ৰ মান জানিব পাৰিলে কোষ ধ্ৰুৱকৰ মান গণনা কৰিব পৰা যায়। কিন্তু পৰিবাহিতা কোষ এটাৰ ক্ষেত্ৰত l আৰু A-ৰ মান নিৰ্ণয় কৰাটো সুবিধাজনক নহয়; নাইবা কেনেবাকৈ জুখিলেও সেই মান সম্পূৰ্ণ শুদ্ধ নহয়। সেইবাবে কোষ ধ্ৰুৱকৰ মান আন এক পদ্ধতিৰে নিৰ্ণয় কৰা হয়। পদ্ধতিটোত এনে এটা বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰব লোৱা হয় যাৰ পৰিবহনতাৰ মান আগতীয়াকৈ জনা থাকে। দ্ৰবটোৰ ৰোধৰ মান পৰীক্ষাৰদ্বাৰা নিৰ্ণয় কৰা হয়। পৰীক্ষাগাৰত সাধাৰণতে KCl দ্ৰব ব্যৱহাৰ কৰা হয়; কিয়নো বিভিন্ন উষ্ণতাত বিভিন্ন গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰবৰ পৰিবহনতাৰ মান শুদ্ধকৈ জনা যায় (তালিকা 3.3) । পৰিবহনতা আৰু ৰোধৰ মানৰপৰা কোষ ধ্ৰুৱকৰ (G^*) মান গণনা কৰিব পাৰি—

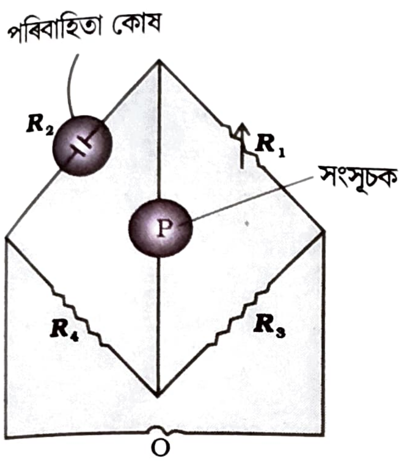
$$G^* = \frac{l}{A} = R\kappa \qquad (3.18)$$

এইদৰে কোষ ধ্ৰুৱকৰ মান জনাৰ পাছত যি কোনো দ্ৰবৰ পৰিবহনতাৰ মান নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

তালিকা 3.3 : 298.15 K উষ্ণতাত KCl দ্ৰবৰ পৰিবহনতা আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতা

গাঢ়তা (ম'লাৰিটি)		পৰিবহনতা		ম'লাৰ পৰিবাহিতা	
mol L^{-1}	mol m^{-3}	S cm^{-1}	S m^{-1}	S cm^{2}mol^{-1}	S m^2 mol^{-1}
1.000	1000	0.1113	11.13	111.3	111.3×10^{-4}
0.100	100.0	0.0129	1.29	129.0	129.0×10^{-4}
0.010	10.00	0.00141	0.141	141.0	141.0×10^{-4}

বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰব এটাৰ ৰোধ নিৰ্ণয় কৰা পৰীক্ষাটো চিত্ৰ 3.5 ত দেখুওৱা হৈছে। ধৰা, পৰিবাহিতা কোষেৰে যুক্ত দ্ৰবটোৰ ৰোধ R_2 আৰু ইয়াৰ মান উলিয়াব লাগে। পৰীক্ষাটোত R_3 আৰু R_4 হ'ল আন দুটা ৰোধ যাৰ মান জনা আছে। তেনেদৰে R_1 হ'ল পৰিৱৰ্তী ৰোধ। হুইটষ্ট'ন ব্ৰিজটোক এটা দোলকৰ (O) সৈতে সংযোগ কৰা



চিত্ৰ 3.5 : বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰৱৰ ৰোধ নিৰ্ণয়ৰ বাবে পৰীক্ষা

হৈছে। দোলকটো হ'ল পৰিৱৰ্তী বিদ্যুৎপ্ৰবাহৰ (alternating current) এটা উৎস; ইয়াৰ শ্ৰাব্য কম্পনাংকৰ পৰিসৰ হ'ল 550 ৰপৰা 5000 s^{-1}। P হ'ল সংসূচক (detector, হেডফ'ন বা আন ইলেকট্ৰনিক সঁজুলি)। ব্ৰিজটো এনেদৰে সমতুল কৰা হয় যাতে সংসূচকৰ মাজেৰে বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ বন্ধ হয়। এনে অৱস্থাত নিম্নোক্ত সম্বন্ধটো প্ৰযোজ্য হ'ব—

$$\frac{R_2}{R_4} = \frac{R_1}{R_3}$$

গতিকে অজ্ঞাত ৰোধ, $$R_2 = \frac{R_1 R_4}{R_3} \qquad (3.19)$$

আজিকালি কনডাকট'মিটাৰ (conductometer) নামৰ যন্ত্ৰেৰে পৰিবাহিতা কোষত থকা দ্ৰৱৰ পৰিবাহিতা বা ৰোধৰ মান অতি সহজে পাব পাৰি। এনেদৰে কোষ ধ্ৰুৱক আৰু কোষটোত থকা দ্ৰৱৰ ৰোধৰ মান জানিলে দ্ৰৱটোৰ পৰিবহনতাৰ মানো নিম্নোক্ত সম্বন্ধ ব্যৱহাৰ কৰি গণনা কৰিব পাৰি—

$$\kappa = \frac{\text{কোষ ধ্ৰুৱক}}{R} = \frac{G^*}{R} \qquad (3.20)$$

বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰৱৰ পৰিবাহিতাক প্ৰভাৱান্বিত কৰা কাৰকসমূহৰ বিষয়ে আমি ইতিমধ্যে উল্লেখ কৰিছোঁ। স্থিৰ উষ্ণতাত একেবিধ দ্ৰাৱকতে বিভিন্ন বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য দ্ৰৱীভূত কৰি প্ৰস্তুত কৰা দ্ৰৱবোৰৰ পৰিবহনতা বিভিন্ন হয়। ইয়াৰ কাৰণ হ'ল— বেলেগ বেলেগ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যই উৎপন্ন কৰা আয়নৰ আধান আৰু আকাৰ বেলেগ বেলেগ হয়। গাঢ়তা বাঢ়িলে প্ৰতি একক আয়তনত থকা আয়নৰ সংখ্যা বাঢ়ে; সেইবাবে দ্ৰৱৰ পৰিবহনতাও বাঢ়ে। বিভিন্ন বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ এক নিৰ্দিষ্ট পৰিমাণৰ বিদ্যুৎ পৰিবহন ক্ষমতা তুলনা কৰিবলৈ **ম'লাৰ পৰিবাহিতা** (molar conductance, Λ_m – গ্ৰীক লেম্বডা) ৰাশিটো ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ম'লাৰ পৰিবাহিতা আৰু পৰিবহনতাৰ মাজৰ সম্বন্ধটো তলত দিয়া হ'ল—

$$\text{ম'লাৰ পৰিবাহিতা} = \Lambda_m = \frac{\kappa}{c} \qquad (3.21)$$

পৰিবহনতাৰ (κ) একক S m^{-1} আৰু গাঢ়তাৰ (c) একক mol m^{-3} হ'লে, ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ (Λ_m) একক S m^2 mol^{-1} হ'ব। 1 mol m^{-3} গাঢ়তাক আমি তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰোঁ—

$$1 \text{ mol m}^{-3} = 1000 \text{ L m}^{-3} \times \text{ম'লাৰিটি (mol L}^{-1})$$

গতিকে ম'লাৰ পৰিবাহিতা,

$$\Lambda_m \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1} = \frac{\kappa(\text{S m}^{-1})}{1000 \text{ L m}^{-3} \times \text{ম'লাৰিটি (mol L}^{-1})}$$

আকৌ κক S cm^{-1} আৰু গাঢ়তাক mol cm^{-3} এককত প্ৰকাশ কৰিলে Λ_mৰ একক S cm^{-2} mol^{-1} হ'ব।

আগৰ দৰে, 1 mol cm^{-3} = 10^{-3} L cm^{-3} × ম'লাৰিটি (mol L^{-1})

$$\text{গতিকে } \Lambda_m \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1} = \frac{\kappa\,(\text{S cm}^{-1})}{10^{-3}\text{ L cm}^{-3} \times \text{ ম'লাৰিটি (mol L}^{-1})}$$

$$= \frac{\kappa\,(\text{S cm}^{-1}) \times 1000\,(\text{cm}^3/\text{L})}{\text{ম'লাৰিটি (mol L}^{-1})}$$

ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ এই দুই ধৰণৰ এককেই (S m^2 mol^{-1} আৰু S cm^2 mol^{-1}) সাধাৰণতে ব্যৱহৃত হয়। এই দুই এককৰ মাজৰ সম্বন্ধ হ'ল—

$$1 \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1} = 10^4 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

$$\text{নাইবা, } 1 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1} = 10^{-4} \text{ S m}^2 \text{ mol}^{-1}$$

উদাহৰণ 3.4 0.1 mol L^{-1} গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰৱেৰে পৰিপূৰ্ণ হৈ থকা পৰিবাহিতা কোষ এটাৰ ৰোধ হ'ল 100 Ω; একে পৰিবাহিতা কোষটোত 0.02 mol L^{-1} গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰৱৰ ৰোধ 520 হয়। 0.02 mol L^{-1} গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰৱটোৰ পৰিবহনতা আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতা নিৰ্ণয় কৰা। (দিয়া আছে, 0.1mol L^{-1} গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰৱৰ পৰিবহনতা হ'ল 1.29 S m^{-1})।

সমাধান দিয়া আছে,

0.1mol L^{-1} গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰৱৰ ৰোধ, R_1= 100 Ω

আৰু এই দ্ৰৱটোৰ পৰিবহনতা, κ = 1.29 S m^{-1}

0.2 mol L^{-1} গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰৱৰ ৰোধ, R_2= 520 Ω।

0.2 mol L^{-1} গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰৱৰ পৰিবহনতা আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতা নিৰ্ণয় কৰিব লাগে।

আমি জানো,

কোষ ধ্ৰুৱক, G^* = ৰোধ × পৰিবহনতা

= 100 Ω × 1.29 S m^{-1}

= 129 m^{-1} = 1.29 cm^{-1}

0.02 mol L^{-1} গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰৱৰ পৰিবহনতা,

$$\kappa = \frac{G^*}{\text{ৰোধ}} = \frac{129 \text{ m}^{-1}}{520\ \Omega}$$

$$= 0.248 \text{ S m}^{-1}$$

$$\text{গাঢ়তা, } 0.02 \text{ mol L}^{-1} = \frac{0.02 \text{ mol}}{1\text{L}} = \frac{0.02 \text{ mol}}{10^{-3} \text{ m}^3}$$

$$= 20 \text{ mol m}^{-3}$$

গতিকে ম'লাৰ পৰিবাহিতা, $\Lambda_m = \frac{\kappa}{c}$

$$= \frac{0.248\ \text{S m}^{-1}}{20\ \text{mol m}^{-3}} = 124 \times 10^{-4}\ \text{S m}^2\ \text{mol}^{-1}$$

চি জি এছ এককত

পৰিবহনতা, $\kappa = \frac{1.29\ \text{cm}^{-1}}{520\Omega} = 0.248 \times 10^{-2}\ \text{S cm}^{-1}$

ম'লাৰ পৰিবাহিতা, $\Lambda_m = \frac{\kappa\ \text{S cm}^{-1} \times 1000\ \text{cm}^3\text{L}^{-1}}{\text{ম'লাৰিটি (mol L}^{-1})}$

$$= \frac{0.248 \times 10^{-2}\ \text{S cm}^{-1} \times 1000\ \text{cm}^3\ \text{L}^{-1}}{0.02\ \text{mol L}^{-1}}$$

$$= 124\ \text{S cm}^2\ \text{mol}^{-1}$$

উদাহৰণ 3.5 1 cm ব্যাস আৰু 50 cm দৈৰ্ঘ্যৰ NaOH দ্ৰৱৰ স্তম্ভ এটাৰ ৰোধ $5.55 \times 10^3\ \Omega$; এই দ্ৰৱৰ গাঢ়তা 0.05 mol L^{-1} হ'লে, ইয়াৰ ৰোধকতা, পৰিবহনতা আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতা গণনা কৰা।

সমাধান দিয়া আছে, NaOH দ্ৰৱৰ স্তম্ভটোৰ

ব্যাস = 1 cm দৈৰ্ঘ্য, l = 50 cm = 0.5 m

ৰোধ, $R = 5.55 \times 10^3\Omega$

গাঢ়তা, $c = 0.05\ \text{mol L}^{-1} = 50\ \text{mol m}^{-3}$

স্তম্ভটোৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি, $A = \pi r^2$ (r = ব্যাসাৰ্ধ)

$$= 3.14 \times (0.5\ \text{cm})^2$$

$$= 0.785\ \text{cm}^2 = 0.785 \times 10^{-4}\ \text{m}^2$$

আমি জানো, $R = \frac{\rho l}{A}$

গতিকে ৰোধকতা, $\rho = \frac{RA}{l} = \frac{5.55 \times 10^3\Omega \times 0.785\ \text{cm}^2}{50\ \text{cm}} = 87.135\ \Omega\ \text{cm}$

পৰিবহনতা, $\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{87.135}\ \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$

$$= 0.01148\ \text{S cm}^{-1}$$

ম'লাৰ পৰিবাহিতা, $\Lambda_m = \frac{\kappa \times 1000}{c}\ \text{cm}^3\ \text{L}^{-1}$

$$= \frac{0.01148\ \text{S cm}^{-1} \times 1000\ \text{cm}^3\ \text{L}^{-1}}{0.05\ \text{mol L}^{-1}}$$

$$= 229.6\ \text{S cm}^2\ \text{mol}^{-1}$$

cm ৰ সলনি m একক ব্যৱহাৰ কৰি তলত দিয়া ধৰণে সমাধান কৰিব পাৰি।

ৰোধকতা, $\rho = \frac{RA}{l}$

$$= \frac{5.55\times10^{3}\Omega\times0.785\times10^{-4}\ m^{2}}{0.5\ m} = 87.135\ \times10^{-2}\Omega\ m$$

পৰিবহনতা, $\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{1}{87.135\times10^{-2}\Omega\ m} = 1.148\ S\ m^{-1}$

ম'লাৰ পৰিবাহিতা,

$$\Lambda_m = \frac{\kappa}{c} = \frac{1.148\ S\ m^{-1}}{50\ mol\ m^{-3}} = 229.6\times10^{-4}\ Sm^{2}\ mol^{-1}$$

3.4.2 গাঢ়তাৰ সৈতে পৰিবহনতা আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ পৰিৱৰ্তন (Variation of Conductivity and Molar Conductivity with Concentration)

গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন হোৱাৰ লগে লগে পৰিবহনতা আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতা উভয়ৰে পৰিৱৰ্তন ঘটে। তীব্ৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য (strong electrolyte) আৰু মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য (weak electrolyte) উভয়ৰে ক্ষেত্ৰত গাঢ়তা কমিলে পৰিবহনতা কমে।

আমি ইতিমধ্যে পাইছোঁ যে

পৰিবাহিতা, $G = \kappa \frac{A}{l}$

A = 1 m^2 (বা, 1 cm^2) আৰু l = 1 m (বা, 1 cm) হ'লে $G = \kappa$ হ'ব। অৰ্থাৎ, পৰস্পৰ একক দূৰত্বত থকা একক প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালি বিশিষ্ট ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰ মাজত থকা বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰবৰ পৰিবাহিতাই হ'ল দ্ৰবটোৰ পৰিবহনতা। এই ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰ মাজত একক আয়তনৰ দ্ৰবহে থাকিব। সেয়েহে ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰ মাজত থকা একক আয়তনৰ দ্ৰবৰ পৰিবাহিতাকে পৰিবহনতা বুলিব পাৰি। গাঢ়তা কমিলে প্ৰতি একক আয়তনত থকা আয়নৰ সংখ্যা কমে। দ্ৰবত আয়নৰ দ্বাৰাহে বিদ্যুৎ পৰিবাহিত হয়। সেয়েহে লঘুতা বঢ়াৰ (অৰ্থাৎ গাঢ়তা কমা) লগে লগে পৰিবহনতাও কমে।

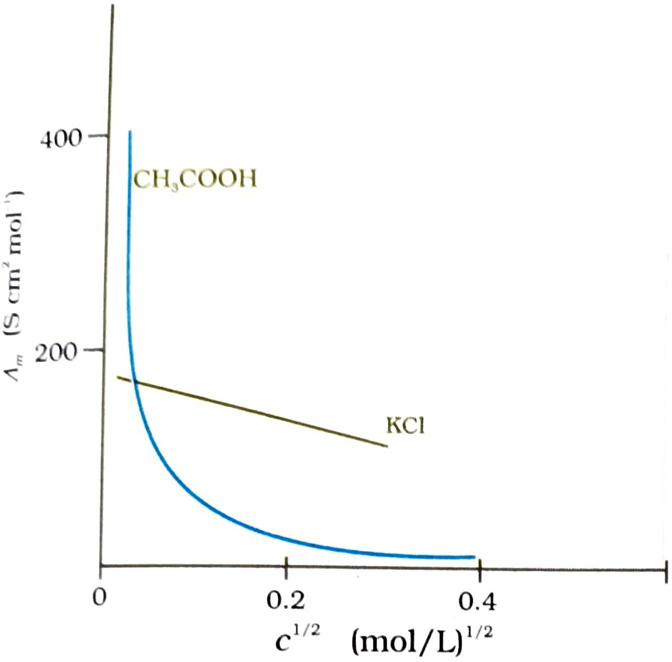
আনহাতে পৰস্পৰ একক দূৰত্বত থকা A প্ৰস্থচ্ছেদৰ কালিবিশিষ্ট ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰ মাজত 1 mol বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যযুক্ত V আয়তনৰ দ্ৰব এটা ৰাখিলে দ্ৰবটোৰ পৰিবাহিতাকে ম'লাৰ পৰিবাহিতা বোলা হয়। সেইবাবে

$$\Lambda_m = \frac{\kappa A}{l}$$

সংজ্ঞা অনুসৰি $l = 1$ বাবে 1 mol বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যযুক্ত দ্ৰবৰ আয়তন, $V = A$ হ'ব (কাৰণ $V = A.l$)। গতিকে

$$\Lambda_m = \kappa\ V \tag{3.22}$$

গাঢ়তা কমিলে ম'লাৰ পৰিবাহিতা বাঢ়ে। ইয়াৰ কাৰণ এই যে কম গাঢ়তাত 1 mol বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যযুক্ত দ্ৰবৰ আয়তন বেছি হয়। আমি পাই আহিছোঁ যে গাঢ়তা



চিত্ৰ 3.6 : এছেটিক এছিড (মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য) আৰু পটাছিয়াম ক্ল'ৰাইডৰ (তীব্ৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য) জলীয় দ্ৰৱৰ ক্ষেত্ৰত ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ বিপৰীতে $c^{1/2}$ ৰ লেখ।

কমিলে κ ৰ মান কমে; কিন্তু κ ৰ মান যিমান কমে তাৰ তুলনাত আয়তনৰ বৃদ্ধি বেছি হোৱা বাবে ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ মান লঘুতাৰ সৈতে বাঢ়ে। গাঢ়তা যেতিয়া শূণ্যৰ ওচৰ চাপে, তেতিয়া ম'লাৰ পৰিবাহিতাক **চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতা** (limiting molar conductivity) বোলা হয় আৰু ইয়াক Λ_m° চিহ্নৰে বুজোৱা হয়। তীব্ৰ আৰু মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ গাঢ়তাৰ সৈতে ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ পৰিৱৰ্তন চিত্ৰ 3.6 ত দেখুওৱা হৈছে।

ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ ধাৰণাটো আমি তলত দিয়া ধৰণে বিবেচনা কৰিব পাৰো। পৰস্পৰ একক দূৰত্বত থকা যথেষ্ট ক্ষেত্ৰফলযুক্ত দুডাল ইলেকট্ৰ'ডবিশিষ্ট এটা পৰিবাহিতা কোষ কল্পনা কৰা। এই পৰিবাহিতা কোষত 1 mol বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যযুক্ত দ্ৰৱ এটা ৰাখিলে দ্ৰৱটোৰ যিমান সেই গাঢ়তাত ম'লাৰ পৰিবাহিতা। পৰিবাহিতা হ'ব সেয়াই হ'ল বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰ

তীব্ৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য (strong electrolyte)

লঘুতা বঢ়াৰ লগে লগে তীব্ৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতা লাহে লাহে বাঢ়ে। এই শ্ৰেণীৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতা আৰু গাঢ়তাৰ মাজৰ সম্বন্ধ নিম্নোক্ত সমীকৰণৰ সহায়ত দেখুৱাব পাৰি—

$$\Lambda_m = \Lambda_m^\circ - A\, c^{1/2} \qquad (3.23)$$

ইয়াৰপৰা স্পষ্ট যে Λ_m ৰ বিপৰীতে $c^{1/2}$ ৰ লেখ আকিলে লেখডাল এডাল সৰলৰেখা হয়। লেখডালৰ প্ৰৱণতা (slope) –A আৰু Λ_m অক্ষত ছেদাংশ (intercept) Λ_m° হ'ব। নিৰ্দিষ্ট উষ্ণতাত কোনো এক নিৰ্দিষ্ট দ্ৰাৱকৰ ক্ষেত্ৰত A ৰ মান বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে; অৰ্থাৎ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰ বিযোজনৰ ফলত উৎপন্ন হোৱা কেটায়ন আৰু এনায়নৰ আধানৰ ওপৰত A ৰ মান নিৰ্ভৰ কৰে। কেটায়নৰ আধান +1 আৰু এনায়নৰ আধান –1 হ'লে বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যধি হ'ব 1–1 শ্ৰেণীৰ। একেদৰে কেটায়নৰ আধান +2 আৰু এনায়নৰ আধান –1 হ'লে 2–1 শ্ৰেণীৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য হিচাপে চিহ্নিত কৰা হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে— NaCl হ'ল 1-1 শ্ৰেণীৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য, $CaCl_2$ হ'ল 2-1 শ্ৰেণীৰ আৰু $MgSO_4$ হ'ল 2-2 শ্ৰেণীৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য। এনেকুৱা এটা শ্ৰেণীৰ সকলোবোৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ ক্ষেত্ৰত A ৰ মান একে হয়।

উদাহৰণ 3.6 298 K উষ্ণতাত বিভিন্ন গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰবৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ মান তলত দিয়া হৈছে—

c (mol L^{-1})	Λ_m (S cm^2 mol^{-1})
0.000198	148.61
0.000309	148.29
0.999521	147.81
0.000989	147.09

দেখুওৱা যে Λ_mৰ বিপৰীত $c^{1/2}$ ৰ লেখডাল এডাল সৰলৰেখা হয়। KCl ৰ Λ_m° আৰু A ৰ মান গণনা কৰা।

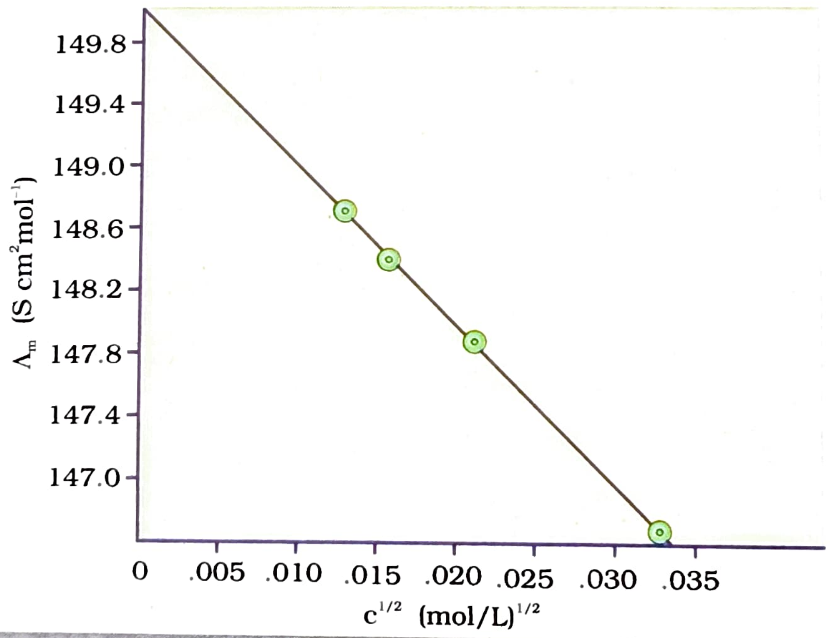
সমাধান গাঢ়তাৰ বৰ্গমূল ল'লে আমি পাম—

$c^{1/2}$ (mol L^{-1})	Λ_m (S cm^2 mol^{-1})
0.01407	148.61
0.01758	148.29
0.02283	147.81
0.03145	147.09

$c^{1/2}$ ৰ (x- অক্ষত) বিপৰীতেΛ_m ৰ (y- অক্ষত) লেখডাল চিত্ৰ 3.7 ত দেখুওৱা হৈছে। লেখডাল প্ৰায় এডাল সৰলৰেখা হৈছে। লেখডালে y-অক্ষক যি বিন্দুত ($c^{1/2} = 0$) ছেদ কৰিছে তাৰ পৰা আমি পাম,

$$\Lambda_m^\circ = 150.0 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

আৰু A = — প্ৰৱণতা = 87.46 S cm^2 mol^{-1}/ (mol L^{-1})



চিত্ৰ 3.7 : $c^{1/2}$ ৰ বিপৰীতে Λ_mৰ লেখ।

ক'লৰাশ্ব (Kohlrausch) নামৰ বিজ্ঞানী এজনে বিভিন্ন তীব্ৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ (Λ_m°) মানবোৰ পৰীক্ষা কৰি চাইছিল। Λ_m°ৰ এই মানবোৰৰ মাজত তেওঁ এক সামঞ্জস্য লক্ষ্য কৰিছিল। তেওঁ দেখিছিল যে NaX আৰু KX (X হ'ল যি কোনো এনায়ন) লৱণ দুবিধৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ পাৰ্থক্য ধ্ৰুৱক হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, 298 K উষ্ণতাত তেওঁ তলত উল্লেখ কৰা ধৰণৰ ফলাফল লাভ কৰিছিল—

$$\Lambda^{\circ}_{m\,(KCl)} - \Lambda^{\circ}_{m\,(NaCl)} = \Lambda^{\circ}_{m\,(KBr)} - \Lambda^{\circ}_{m\,(NaBr)}$$

$$= \Lambda^{\circ}_{m\,(KI)} - \Lambda^{\circ}_{m\,(NaI)} \simeq 23.4 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

একেদৰে তেওঁ দেখিছিল যে

$$\Lambda^{\circ}_{m\,(NaBr)} - \Lambda^{\circ}_{m\,(NaCl)} = \Lambda^{\circ}_{m\,(KBr)} - \Lambda^{\circ}_{m\,(KCl)} \simeq 1.8 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

উপৰিউক্ত পৰ্য্যবেক্ষণৰ ওপৰত ভেটি কৰি তেওঁ এটা নীতিৰ সূচনা কৰে। এইটোৱে হ'ল **আয়নৰ স্বাধীন প্ৰব্ৰজন সম্পৰ্কীয় ক'লৰাশ্ব নীতি** (Kohlrausch law of independent migration of ions) ।নীতিটো হ'ল— **কোনো এটা বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতা বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৱে উৎপন্ন কৰা কেটায়ন আৰু এনায়নৰ পৰিবাহিতাৰ যোগফলৰ সমান।** উদাহৰণ স্বৰূপে, ধৰা $\lambda^{\circ}_{Na^+}$ আৰু $\lambda^{\circ}_{Cl^-}$ হ'ল ক্ৰমে Na^+ আৰু Cl^- আয়নৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতা। তেনে ক্ষেত্ৰত ছ'ডিয়াম ক্ল'ৰাইডৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ ($\Lambda^{\circ}_{m\,(NaCl)}$) মান হ'ব—

$$\Lambda^{\circ}_{m\,(NaCl)} = \lambda^0_{Na^+} + \lambda^0_{Cl^-} \tag{3.24}$$

সাধাৰণভাৱে, এটা বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ বিযোজনৰ ফলত যদি ν_+ সংখ্যক কেটায়ন আৰু ν_- সংখ্যক এনায়ন উৎপন্ন হয় তেনে ক্ষেত্ৰত বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতা (Λ°_m) হ'ব—

$$\Lambda^{\circ}_m = \nu_+ \lambda^0_+ + \nu_- \lambda^0_- \tag{3.25}$$

ইয়াত λ^0_+ আৰু λ^0_- হ'ল ক্ৰমে কেটায়ন আৰু এনায়নৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতা। 298 K উষ্ণতাত কিছুমান কেটায়ন আৰু এনায়নৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ (λ^0) মান তালিকা 3.4ত দিয়া হৈছে।

তালিকা 3.4 : 298 K উষ্ণতাত জলীয় দ্ৰৱত কিছুমান আয়নৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতা

আয়ন	λ^0 (S cm^2 mol^{-1})	আয়ন	λ^0 (S cm^2 mol^{-1})
H^+	349.6	OH^-	199.1
Na^+	50.1	Cl^-	76.3
K^+	73.5	Br^-	78.1
Ca^{2+}	119.0	CH_3COO^-	40.9
Mg^{2+}	106.0	SO_4^{2-}	160.0

মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য (Weak Electrolyte)

লঘুতা বাঢ়িলে মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ (যেনে, এছেটিক এছিড) বিযোজন মাত্ৰা (অৰ্থাৎ, বিযোজনৰ পৰিমাণ) বাঢ়ে। ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ ক্ষেত্ৰত দ্ৰৱটোত 1 mol বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য দ্ৰবীভূত হৈ থাকিবই লাগিব। এনে দ্ৰবৰ ক্ষেত্ৰত গাঢ়তা বেছি হ'লে বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰ বিযোজন কম হ'ব। ফলস্বৰূপে বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰপৰা উৎপন্ন হোৱা আয়নৰ সংখ্যাও কম হ'ব। আনহাতে লঘূতা বাঢ়িলে মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ বিযোজন বাঢ়ে। ফলস্বৰূপে লঘূতা বাঢ়িলে দ্ৰবটোত আয়নৰ সংখ্যা বাঢ়ে। সেয়েহে লঘূতা বঢ়াৰ লগে লগে মৃদ্যু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ মান বাঢ়ি যায়। অতি নিম্ন গাঢ়তাত ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ মান অতি বেছিকৈ বাঢ়ে (চিত্ৰ 3.6)। সেয়েহে $c^{1/2}$ ৰ বিপৰীত Λ_mৰ লেখডাল শূন্য গাঢ়তালৈ বঢ়াই মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ মান নিৰ্ণয় কৰিব নোৱাৰি। অসীম লূঘতাত (অৰ্থাৎ, যেতিয়া গাঢ়তা প্ৰায় শূন্য হয়, $c \rightarrow 0$) বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটো সম্পৰ্ণৰূপে বিযোজিত হয়। কিন্তু ইমান কম গাঢ়তাত দ্ৰবটোৰ পৰিবহনতাৰ মান অতি কম হোৱা বাবে ইয়াৰ মান শুদ্ধকৈ নিৰ্ণয় কৰিব নোৱাৰি।

মৃদ্যু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ মান আয়নৰ স্বাধীন প্ৰব্ৰজন সম্বন্ধীয় ক'লৰাছ নীতি ব্যৱহাৰ কৰি নিৰ্ধাৰণ কৰিব পাৰি (উদাহৰণ 3.8)।

ধৰা, c গাঢ়তাত মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য এটাৰ বিযোজন মাত্ৰাৰ মান α আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ মান Λ_m; বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ মান Λ_m^0 হ'লে c গাঢ়তাত ইয়াৰ বিযোজন মাত্ৰাৰ (α) মান তলত উল্লেখ কৰা ধৰণে গণনা কৰিব পাৰি—

$$\alpha = \frac{\Lambda_m}{\Lambda_m^0} \tag{3.26}$$

কিন্তু আমি জানো (একাদশ শ্ৰেণী, অধ্যায় 7) যে এছেটিক এছিডৰ দৰে মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ বিযোজন ধ্ৰুৱক,

গতিকে $K_a = \frac{c\alpha^2}{(1-\alpha)}$

$$= \frac{c\Lambda_m^2}{\Lambda_m^{0^2}\left(1-\frac{\Lambda_m}{\Lambda_m^0}\right)} = \frac{c\Lambda_m^2}{\Lambda_m^0(\Lambda_m^0 - \Lambda_m)} \tag{3.27}$$

ক'লৰাশ্ব নীতিৰ প্ৰয়োগ (Applications of Kohlrausch law)

আয়নৰ স্বাধীন প্ৰব্ৰজন সম্পৰ্কীয় ক'লৰাশ্ব নীতি ব্যৱহাৰ কৰি যি কোনো বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতা (Λ_m°) গণনা কৰিব পাৰি। বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৱে উৎপন্ন কৰা আয়নৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ পৰা (λ°) Λ_m^0 ৰ মান নিৰ্ধাৰণ কৰিব পাৰি। মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য এটাৰ (ধৰা, এছেটিক এছিড) Λ_m° ৰ মান আৰু কোনো এক গাঢ়তাত বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ(Λ_m)মান ব্যৱহাৰ কৰি ইয়াৰ বিযোজন ধ্ৰুৱকৰ মান নিৰ্ধাৰণ কৰা সম্ভৱ।

উদাহৰণ 3.7 তালিকা 3.7 ত দিয়া তথ্যৰপৰা $CaCl_2$ আৰু $MgSO_4$ৰ চৰম ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ (Λ_m°) মান গণনা কৰা।

সমাধান

$$\Lambda_m^\circ(CaCl_2) = \lambda^0_{Ca^{2+}} + 2 \times \lambda^0_{Ca^-} = 119.0 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1} + 2(76.3) \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$
$$= (119.0 + 152.6) \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$
$$= 271.6 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$
$$\Lambda_m^0(MgSO_4) = \lambda^0_{Mg^{2+}} + \lambda^0_{SO_4^{2-}} = 106.0 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1} + 160.0 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$
$$= 266 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}.$$

উদাহৰণ 3.8 NaCl, MCl আৰু NaAc ৰ (ছ'ডিয়াম এছিটেট) Λ_m° ৰ মান ক্ৰমে 126.4, 425.9 আৰু 91.0 S cm² mol⁻¹ হ'লে HAc ৰ (এছেটিক এছিড) Λ_m° ৰ মান গণনা কৰা।

সমাধান

$$\Lambda^0_{m(HAc)} = \lambda^0_{H^+} + \lambda^0_{Ac^-} = \lambda^0_{H^+} + \lambda^0_{Cl^-} + \lambda^0_{Ac^-} + \lambda^0_{Na^+} - \lambda^0_{Cl^-} - \lambda^0_{Na^+}$$
$$= \Lambda^0_{m(HCl)} + \Lambda^0_{m(NaAc)} + \Lambda^0_{m(NaCl)}$$
$$= (425.9 + 91.0 - 126.4) \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$
$$= 390.5 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}.$$

উদাহৰণ 3.9 0.001028 mol L⁻¹ গাঢ়তাৰ এছেটিক এছিড দ্ৰবৰ পৰিবহনতা 4.95×10^{-5} S cm⁻¹ হ'লে ইয়াৰ বিযোজন ধ্ৰুৱকৰ মান গণনা কৰা। দিয়া আছে, এছেটিক এছিডৰ Λ_m° ৰ মান 390.5 S cm² mol⁻¹

সমাধান ইয়াত গাঢ়তা, c = 0.001028 mol L⁻¹

আৰু পৰিবহনতা, $\kappa = 4.95 \times 10^{-5}$ S cm⁻¹

গতিকে ম'লাৰ পৰিবাহিতা, $$\Lambda_m = \frac{\kappa}{c} = \frac{4.95\times10^{-5} \text{ S cm}^{-1}}{0.001028 \text{ mol L}^{-1}} \times \frac{1000 \text{ cm}^3}{\text{L}} = 48.15 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}$$

এছেটিক এছিডৰ বিযোজন মাত্ৰা, $$\alpha = \frac{\Lambda_m}{\Lambda_m^0} = \frac{48.15 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}}{390.5 \text{ S cm}^2 \text{ mol}^{-1}} = 0.1233$$

বিযোজন ধ্ৰুৱক, $$K = \frac{c\alpha^2}{(1-\alpha)} = \frac{0.001028 \text{ mol L}^{-1} \times (0.1233)^2}{1-0.1233} = 1.78\times10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$$

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

3.7 লঘুতা বাঢ়িলে বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰবৰ পৰিবহনতা কিয় কমে লিখা।

3.8 পানীৰ Λ_m° ৰ মান কেনেকৈ নিৰ্ধাৰণ কৰিবা লিখা।

3.9 0.025 mol L⁻¹ গাঢ়তাৰ মিথানয়িক এছিডৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতা 46.1 S cm² mol⁻¹ হ'লে ইয়াৰ বিযোজন মাত্ৰা আৰু বিযোজন ধ্ৰুৱকৰ মান গণনা কৰা। দিয়া আছে,

$\lambda^\circ(H^+)$ = 349.6 S cm² mol⁻¹ আৰু $\lambda^\circ(HCOO^-)$ = 54.6 S cm² mol⁻¹

3.5 বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষ আৰু বিদ্যুৎবিশ্লেষণ (Electrolytic Cells and Electrolysis)

বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষত বাহ্যিক উৎসৰ বিদ্যুৎ শক্তি প্রয়োগৰদ্বাৰা ৰাসায়নিক বিক্রিয়া সংঘটিত কৰা হয়। এনেদৰে সংঘটিত কৰা বিদ্যুৎৰাসায়নিক বিক্রিয়াসমূহ পৰীক্ষাগাৰ আৰু উদ্যোগ উভয়ৰে বাবে অতি প্রয়োজনীয়। সৰল বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষ এটা তলত উল্লেখ কৰা ধৰণে সাজিব পাৰি।

কপাৰ ছালফেট পানীত দ্রবীভূত কৰি লোৱা হ'ল। এই দ্রবত কপাৰৰ পাত দুচটা থিয়কৈ ৰাখি ইহঁতক বিদ্যুতৰ বাহ্যিক উৎসৰ সৈতে সংযোগ কৰিব লাগে। কপাৰৰ পাত দুচটাই ইলেকট্র'ডৰ কাম কৰিব। এই ইলেকট্র'ড দুডালৰ জৰিয়তে ডি চি ভ'ল্টেজ (D C Voltage) প্রয়োগ কৰিলে Cu^{2+} আয়নবোৰ কেথ'ডত (ঋণাত্মক ইলেকট্র'ডত) আধানমুক্ত হ'ব। এই ক্ষেত্রত বিক্রিয়াটো হ'ল—

$$Cu^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow Cu(s) \tag{3.28}$$

উৎপন্ন হোৱা কপাৰ কেথ'ডত জমা হ'ব। আনহাতে এন'ডত কপাৰ Cu^{2+} আয়নলৈ পৰিবৰ্তিত হ'ব—

$$Cu(s) \rightarrow Cu^{2+}(s) + 2e^- \tag{3.29}$$

এনেদৰে এন'ডৰপৰা কপাৰ Cu^{2+} আয়ন হিচাপে দ্রবীভূত হয়; অর্থাৎ এন'ডত কপাৰৰ জাৰণ ঘটে। লগে লগে কেথ'ডত কপাৰ জমা হয়; অর্থাৎ Cu^{2+} আয়নৰ বিজাৰণ ঘটে।

ওপৰত উল্লেখ কৰা কথাখিনিয়েই হ'ল অশুদ্ধ কপাৰৰপৰা অতি বিশুদ্ধ কপাৰ প্রস্তুত কৰা এটা ঔদ্যোগিক পদ্ধতিৰ মূলনীতি। পদ্ধতিটোত অশুদ্ধ কপাৰৰ দণ্ড এডালক এন'ড আৰু বিশুদ্ধ কপাৰৰ পাত এচটাক কেথ'ড হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। বিদ্যুৎ প্রবাহিত কৰিলে এন'ডৰপৰা আয়ন হিচাপে কপাৰ দ্রবলৈ আহে; এইবোৰেই আকৌ কেথ'ডত কপাৰ ধাতু হিচাপে জমা হয়। ধাতুৰ বিশুদ্ধকৰণৰ উপৰি ধাতু নিষ্কাসন কৰিবলৈও বিদ্যুৎবিশ্লেষণ প্রথাৰ প্রয়োগ হয়। Na, Mg, Al আদিৰ কেটায়নক কোনো বিজাৰক পদাৰ্থৰে ধাতুত পৰিণত কৰিব নোৱাৰি। সেইবাবে এনেবোৰ ধাতুৰ কেটায়নক বিদ্যুৎৰাসায়নিক প্রক্রিয়াৰে বিজাৰিত কৰা হয়। গলিত ছ'ডিয়াম ক্ল'ৰাইডৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ ঘটাই ছ'ডিয়াম প্রস্তুত কৰিব পাৰি। তেনেদৰে গলিত মেগনেছিয়াম ক্ল'ৰাইডৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰদ্বাৰা মেগনেছিয়াম উৎপাদন কৰা হয়। আনহাতে ক্রায়'লাইটৰ (cryolite) উপস্থিতিত গলিত এলুমিনিয়াম অক্সাইডৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ কৰি এলুমিনিয়াম আহৰণ কৰা হয়।

বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰ মাত্রাত্মক দিশ (Quantitative Aspects of Electrolysis)

মাইকেল ফেৰাডে (Michael Faraday) নামৰ বিজ্ঞানী গৰাকীয়ে বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰ মাত্রাত্মক দিশ সম্বন্ধে বিশদভাৱে অধ্যয়ন কৰিছিল। তেওঁ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্রবত আৰু ইহঁতৰ গলিত অৱস্থাত বিদ্যুৎবিশ্লেষণ ঘটাইছিল। এই পৰীক্ষালানিৰপৰা পোৱা ফলাফলসমূহ তেওঁ 1833-34 চনত দুটা সূত্রৰ আকাৰত প্রকাশ কৰিছিল। ইয়াকে ফেৰাডেৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰ সূত্র বোলা হয়।

ফেৰাডেৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰ সূত্ৰসমূহ (Faraday's Laws of Electrolysis)

(i) *প্ৰথম সূত্ৰ (First Law) :* বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰ সময়ত যিকোনো ইলেকট্ৰ'ডত সংঘটিত হোৱা ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াৰ পৰিমাণ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰ (গলিত বা দ্ৰৱ) মাজেৰে প্ৰবাহিত হোৱা বিদ্যুতৰ পৰিমাণৰ সমানুপাতিক।

(ii) *দ্বিতীয় সূত্ৰ (Second Law) :* বিভিন্ন বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ মাজেৰে একে পৰিমাণৰ বিদ্যুৎ চালিত কৰিলে ইলেকট্ৰ'ডত উৎপন্ন হোৱা পদাৰ্থৰ পৰিমাণ পদাৰ্থবোৰৰ ৰাসায়নিক তুল্যাংক ভৰৰ সমানুপাতিক। (ধাতুৰ তুল্যাংক ভৰ = ধাতুটোৰ পাৰমাণৱিক ভৰ ÷ ধাতুটোৰ এটা কেটায়নক বিজাৰিত কৰা ইলেকট্ৰনৰ সংখ্যা)।

ফেৰাডেৰ সময়ত স্থিৰ বিদ্যুতৰ উৎস আৱিষ্কৃত হোৱা নাছিল। সেই সময়ত বিদ্যুতৰ পৰিমাণ জুখিবলৈ কুল'মিটাৰ (coulometer, এক প্ৰমাণ বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষ) নামৰ এবিধ সঁজুলি ব্যৱহাৰ কৰিছিল। কুল'মিটাৰত জমা হোৱা ধাতুৰ পৰিমাণৰপৰা প্ৰবাহিত হোৱা বিদ্যুতৰ পৰিমাণ নিৰ্ণয় কৰা হৈছিল। আজি-কালি কুল'মিটাৰৰ প্ৰচলন নাই বুলিয়েই ক'ব পাৰি। সম্প্ৰতি স্থিৰ বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ (current, I) দিব পৰা যন্ত্ৰ উপলব্ধ হৈছে। ইয়াৰপৰা চালিত হোৱা বিদ্যুতৰ (Q) পৰিমাণ গণনা কৰিব পাৰি। I পৰিমাণৰ বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ t ছেকেণ্ডৰ বাবে প্ৰৱাহিত হ'লে চালিত হোৱা বিদ্যুতৰ (আধানৰ) পৰিমাণ হ'ব

$$Q = I.t$$

কোনো এটা পদাৰ্থৰ 1 mol ৰ জাৰণ বা বিজাৰণ ঘটাবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা বিদ্যুতৰ পৰিমাণ ইলেকট্ৰ'ডত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াৰ ষ্টয়কিঅ'মিতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, Ag^+ আয়নৰ বিজাৰণ নিৰ্দেশ কৰা ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

$$Ag^+ (aq) + e^- \rightarrow Ag (s) \qquad (3.30)$$

ৰাসায়নিক সমীকৰণটোৰপৰা আমি পাওঁ যে 1 mol Ag^+ আয়নক বিজাৰিত কৰিবলৈ 1 mol ইলেকট্ৰনৰ প্ৰয়োজন হয়। আমি জানো,

এটা ইলেকট্ৰনৰ আধান = 1.6021×10^{-19} C

গতিকে 1 mol ইলেকট্ৰনৰ আধান

$$= N_A \times 1.6021 \times 10^{-19} \text{ C}$$
$$= 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times 1.6021 \times 10^{-19} \text{ C}$$
$$= 96487 \text{ C mol}^{-1}$$

1 ম'ল ইলেকট্ৰনৰ আধানকে **ফেৰাডে** (Faraday) বোলা হয় আৰু ইয়াক F চিহ্নৰে বুজোৱা হয়। ইয়াৰ মান 96487 C mol^{-1} যদিও গণনাৰ ক্ষেত্ৰত সাধাৰণতে 96500 C mol^{-1} হিচাপে লোৱা হয়; অৰ্থাৎ

$$1\ F \simeq 96500 \text{ C mol}^{-1}$$

Mg^{+2} আৰু Al^{3+} আয়নৰ বিজাৰণ ক্ষেত্ৰত ৰাসায়নিক সমীকৰণ দুটা হ'ল—

$$Mg^{+2} (aq) + 2e^- \rightarrow Mg(s) \qquad (3.31)$$

$$Al^{3+} (aq) + 3e^- \rightarrow Al (s) \qquad (3.32)$$

গতিকে 1 mol Mg^{+2} ৰ বিজাৰণৰ বাবে 2 mol ইলেকট্ৰন (বা, 2 F আধান) আৰু 1 mol Al^{3+} ৰ বিজাৰণৰ বাবে 3 mol ইলেকট্ৰনৰ (বা, $3F$ আধান) প্ৰয়োজন হ'ব।

বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষ এটাৰ মাজেৰে যিমানখিনি বিদ্যুৎ প্ৰবাহ যিমান সময়ৰ বাবে পঠিওৱা হৈছে সেই বিদ্যুৎপ্ৰবাহ (এম্পিয়াৰ এককত) আৰু সময়ৰ (ছেকেণ্ড এককত) পূৰণফলেই হ'ল আধানৰ পৰিমাণ। ধাতুৰ বাণিজ্যিক উৎপাদনত 50,000 A পৰ্যন্ত বিদ্যুৎ প্ৰবাহ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। এই বিদ্যুৎ প্ৰবাহ প্ৰতি ছেকেণ্ডত 0.518 F ৰ সমতুল্য।

উদাহৰণ 3.10 1.5 A বিদ্যুৎ প্ৰবাহ ব্যৱহাৰ কৰি 10 মিনিট সময়ৰ বাবে $CuSO_4$ৰ দ্ৰব এটাৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ ঘটোৱা হৈছে। কেথ'ডত উৎপন্ন হোৱা কপাৰৰ ভৰ গণনা কৰা।

সমাধান ইয়াত সময়, t = 10 মিনিট = 600 s

বিদ্যুৎ প্ৰবাহ, I = 1.5 A

গতিকে আধান, $Q = I \cdot t$

$= 1.5 \text{ A} \times 600 \text{ s}$ $\quad$ $(A = C\ s^{-1})$

$= 900 \text{ C}$

Cu^{2+} আয়নৰ বিজাৰণৰ ক্ষেত্ৰত ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

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

গতিকে দেখা গ'ল,

2 F আধানে 1 mol কপাৰ উৎপন্ন কৰে।

বা, 2 × 96487 C আধানে 63 g Cu উৎপন্ন কৰে

গতিকে 900 C আধানে উৎপন্ন কৰা Cu ৰ পৰিমাণ

$$= \frac{63 \text{ g} \times 900 \text{ C}}{2 \times 96487 \text{ C}}$$

$$= 0.2938 \text{ g}$$

3.5.1 বিদ্যুৎবিশ্লেষণজাত পদাৰ্থ (Products of Electrolysis)

বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰ ফলত ইলেকট্ৰ'ডত কোনটো পদাৰ্থ উৎপন্ন হ'ব সেয়া বিভিন্ন কাৰকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। ইয়াৰে প্ৰথমটো হ'ল বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ প্ৰকৃতি; অৰ্থাৎ কোনটো পদাৰ্থৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ কৰা হৈছে। দ্বিতীয়টো হ'ল, ইলেকট্ৰ'ডৰ প্ৰকৃতি। ইলেকট্ৰ'ডডাল নিষ্ক্ৰিয় (যেনে, প্লেটিনাম বা গ'ল্ড) হ'লে ই কোনো ৰাসায়নিক বিক্ৰিয়াত অংশগ্ৰহণ নকৰে; ই মাত্ৰ ইলেকট্ৰন পৰিবহনহে কৰে। আনহাতে সক্ৰিয় ইলেকট্ৰ'ডে ইলেকট্ৰ'ড বিক্ৰিয়াত অংশগ্ৰহণ কৰে। সেইবাবে ইলেকট্ৰ'ডডাল সক্ৰিয় নে নিষ্ক্ৰিয় তাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি একেটা পদাৰ্থৰে বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰ ফলত বেলেগ বেলেগ পদাৰ্থ উৎপন্ন হ'ব পাৰে।

বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষত বেলেগ বেলেগ জাৰক আৰু বিজাৰক পদাৰ্থ থাকিলেও বিদ্যুৎবিশ্লেষণৰ ফলত বেলেগ বেলেগ পদাৰ্থ উৎপন্ন হয়। জাৰক আৰু বিজাৰক পদাৰ্থবোৰৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ ওপৰত বিদ্যুৎবিশ্লেষণজাত পদাৰ্থৰ প্ৰকৃতি

নিৰ্ভৰ কৰে। এইবোৰৰ উপৰি কিছুমান বিদ্যুৎৰাসায়নিক প্ৰক্ৰিয়া সংঘটিত হোৱা সম্ভৱ যদিও নিম্ন বিভৱত (Voltage) এইবোৰ অতি মন্থৰ গতিত হয়। তেনে অৱস্থাত এনে বিক্ৰিয়া সংঘটিত নোহোৱা যেনেই লাগে। অতিৰিক্ত বিভৱ (ইয়াক অধিবিভৱ, overpotential বোলে) প্ৰয়োগ কৰিলে এনে বিক্ৰিয়া সংঘটিত হোৱাটো অধিক দুৰূহ হৈ পৰে।

ছ'ডিয়াম ক্ল'ৰাইডক উদাহৰণ হিচাপে লৈ ওপৰৰ কথাখিনি ব্যাখ্যা কৰিব পাৰি। গলিত NaCl ত Na^+ আৰু Cl^- থাকে। সেইবাবে গলিত NaClৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ কৰিলে কেথ'ডত Na^+ ৰ বিজাৰণ ঘটি Na ধাতু উৎপন্ন হয়—

$$Na^+ + e^- \rightarrow Na$$

লগে লগে এন'ডত Cl^- ৰ জাৰণ ঘটি Cl_2 গেছ উৎপন্ন হয়—

$$Cl^{-1} \rightarrow ½\, Cl_2 + e^-$$

গতিকে গলিত NaCl ৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ কৰিলে Na আৰু Cl_2 উৎপন্ন হয়। কিন্তু NaCl ৰ জলীয় দ্ৰৱৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ কৰিলে NaOH, Cl_2 আৰু H_2 উৎপন্ন হয়। ইয়াৰ ব্যাখ্যা তলত উল্লেখ কৰা ধৰণে দিব পাৰি। NaCl ৰ জলীয় দ্ৰৱত Na^+ আৰু Cl^- আয়নৰ উপৰি H^+, OH^- আৰু H_2O অণু থাকে। সেইবাবে কেথ'ডত দুটা বিজাৰণ বিক্ৰিয়া সংঘটিত হোৱাৰ সম্ভাৱনা প্ৰকট হৈ উঠে—

$$Na^+\ (aq) + e^- \rightarrow Na\ (s) \qquad E^{\ominus}_{Na^+/Na} = -2.71\ V$$

$$H^+\ (aq) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2\ (g) \qquad E^{\ominus}_{H_2/H^+} = 0.00\ V$$

কিন্তু কথাটো হ'ল, যিটো বিক্ৰিয়াৰ ক্ষেত্ৰত প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান বেছি, কেথ'ডত সেই বিক্ৰিয়াটোহে সংঘটিত হয়। গতিকে NaCl ৰ জলীয় দ্ৰৱৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ কৰোতে কেথ'ডত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

$$H^+\ (aq) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2\ (g) \qquad (3.33)$$

পানীৰ বিযোজন ঘটি $H^+(aq)$ উৎপন্ন হয়; অৰ্থাৎ বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

$$H_2O\ (l) \rightarrow H^+\ (aq) + OH^-\ (aq) \qquad (3.34)$$

এই বিক্ৰিয়া দুটা (3.33 আৰু 3.34) যোগ কৰিলে কেথ'ডত সংঘটিত হোৱা মুঠ বিক্ৰিয়াটো পোৱা যাব—

$$H_2O\ (l) + e^- \rightarrow ½H_2(g) + OH^- \qquad (3.35)$$

একেদৰে এন'ডত সংঘটিত হ'ব পৰা বিক্ৰিয়া দুটা হ'ল—

$$Cl^-\ (aq) \rightarrow ½\ Cl_2\ (g) + e^- \qquad E^{\ominus}_{Cl^-/Cl_2} = 1.36\ V \qquad (3.36)$$

$$2H_2O\ (l) \rightarrow O_2\ (g) + 4H^+(aq) + 4e^- \qquad E^{\ominus} = 1.23\ V \qquad (3.37)$$

কিন্তু যিটো বিক্ৰিয়াৰ প্ৰমাণ বিভৱৰ ($E^{\ominus}$) মান কম সেই বিক্ৰিয়াটোহে এন'ডত সংঘটিত হয়। সেই কাৰণে এন'ডত (3.37) বিক্ৰিয়াটোহে সংঘটিত হ'ব লাগিছিল

যদিও অক্সিজেনৰ অধিবিভৱৰ বাবে (3.36) বিক্ৰিয়াটোহে সংঘটিত হয়। গতিকে NaCl ৰ জলীয় দ্ৰৱৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণত ঘটা বিক্ৰিয়াসমূহ হ'ল—

$$NaCl\ (aq) \xrightarrow{H_2O} Na^+\ (aq) + Cl^-\ (aq)$$

কেথ'ডত ঃ $H_2O(l) + e^- \rightarrow \frac{1}{2} H_2(g) + OH^-\ (aq)$

এন'ডত ঃ $Cl^-\ (aq) \rightarrow \frac{1}{2} Cl_2(g) + e^-$

মুঠতে বিক্ৰিয়াটো তলত দিয়া ধৰণে লিখিব পাৰি—

$$NaCl(aq) + H_2O(l) \rightarrow Na^+(aq) + OH^-(aq) + \frac{1}{2}H_2(g) + \frac{1}{2}Cl_2(g)$$

একেদৰে ছালফিউৰিক এছিডৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণত এন'ডত নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াসমূহ সংঘটিত হোৱাৰ সম্ভাৱনা থাকে—

$$2H_2O(l) \rightarrow O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \qquad E^{\ominus}_{(cell)} = +1.23\ V \qquad (3.38)$$

$$2SO_4^{2-}\ (aq) \rightarrow S_2O_8^{2-}\ (aq) + 2e^- \qquad E^{\ominus}_{(cel)} = 1.96\ V \qquad (3.39)$$

লঘু ছালফিউৰিক এছিডৰ ক্ষেত্ৰত বিক্ৰিয়া (3.38) আৰু গাঢ় ছালফিউৰিক এছিডৰ ক্ষেত্ৰত বিক্ৰিয়া (3.39) সংঘটিত হয়।

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

3.10 0.5 A (এম্পিয়াৰ) বিদ্যুৎ প্ৰবাহ 2 ঘণ্টাৰ বাবে ধাতব পৰিবাহীৰ মাজেৰে চালিত কৰিলে কিমানটা ইলেকট্ৰন প্ৰবাহিত হ'ব?

3.11 বিদ্যুৎবিশ্লেষণ পদ্ধতিৰে নিষ্কাসন কৰা ধাতুৰ এখন তালিকা প্ৰস্তুত কৰা।

3.12 তলত উল্লেখ কৰা বিক্ৰিয়াটো বিবেচনা কৰা—

$$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6\ e^- \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$$

1 mol $Cr_2O_7^{2-}$ ক বিজাৰিত কৰিবলৈ কিমান কুলম্ব বিদ্যুতৰ প্ৰয়োজন হ'ব?

3.6 বেটাৰি (Batteries)

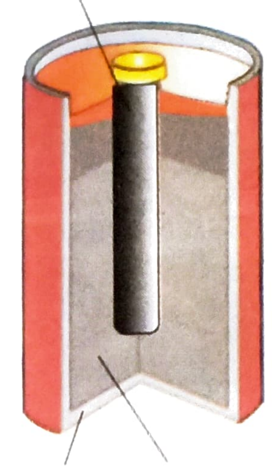
বিদ্যুৎ শক্তিৰ উৎস হিচাপে আমি ব্যৱহাৰ কৰা বেটাৰি (একাধিক কোষ শ্ৰেণীবদ্ধভাবে সংযুক্ত হৈ থাকিলে তাক বেটাৰি বোলে) বা কোষসমূহ দৰাচলতে গেলভেনীয় কোষ মাথোন। এনে গেলভেনীয় কোষত সংঘটিত ৰেডক্স বিক্ৰিয়াৰপৰা ৰাসায়নিক শক্তি পোৱা যায়। এই ৰাসায়নিক শক্তিয়েই বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিবৰ্তিত হয়। কিন্তু ব্যৱহাৰিক ক্ষেত্ৰত বেটাৰিসমূহ সুবিধাজনক হোৱাটো নিতান্তই বাঞ্ছনীয়। তাৰ বাবে বেটাৰি এটা যথাসম্ভৱ পাতল আৰু সংহত (compact) হোৱা উচিত। তদুপৰি ব্যৱহৃত হৈ থকা সময়ত ইয়াৰ বিভৱৰ পৰিবৰ্তন অতি কম হোৱা দৰকাৰ।

বেটাৰিবোৰ প্ৰধানকৈ দুই ধৰণৰ— প্ৰাইমাৰি বেটাৰি (Primary batteries) আৰু ছেকেণ্ডাৰি বেটাৰি (Secondary battery)।

3.6.1 প্ৰাইমাৰি বেটাৰি (Primary batteries)

প্ৰাইমাৰি বেটাৰিত কোষ বিক্ৰিয়া একেটা দিশতেই সংঘটিত হয়। নিৰ্ধাৰিত সময় ধৰি ব্যৱহৃত হোৱাৰ পাছত এনে বেটাৰি অকামিলা হৈ পৰে; তাৰ পাছত আৰু ইয়াক ব্যৱহাৰ কৰিব নোৱাৰি। আমি সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ কৰি থকা শুকান কোষটো (dry

cell) হ'ল এই শ্ৰেণীৰ। ইয়াক লেকলাংকি কোষ (Laclanche cell) বুলিও কোৱা হয়। এই নামটো কোষটোৰ আৱিষ্কাৰক জৰ্জেছ লেকলাংকিৰ (Georges Laclanche) নাম অনুসৰি ৰখা হৈছে। ট্ৰানজিষ্টৰ (transistor), ঘড়ী, টৰ্চ লাইট আদি নিত্য ব্যৱহাৰ্য্য বস্তুতো সামগ্ৰীত শুকান কোষ ব্যৱহাৰ কৰা হয়।



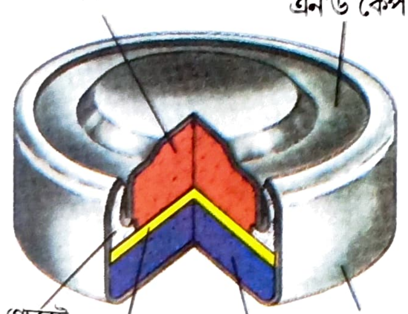
চিত্ৰ 3.8 : ব্যৱসায়িক শুকান কোষ

জিংকৰ বটল-সদৃশ পাত্ৰ এটা লৈ শুকান কোষটো সজা হয়। পাত্ৰটোৱে এন'ডৰ কাম কৰে। পাত্ৰটোৰ সোঁমাজত গ্ৰেফাইটৰ দণ্ড এডাল থিয়কৈ ৰখা থাকে। দণ্ডডালে কেথ'ডৰ কাম কৰে। গ্ৰেফাইট দণ্ডডালৰ চাৰিওফালে কাৰ্বন আৰু মেংগানিজ ডাইঅক্সাইডৰ (MnO_2) গুড়ি লগোৱা থাকে। জিংকৰ পাত্ৰটোৰ ভিতৰত দুয়োডাল ইলেকট্ৰ'ডৰ মাজৰ ঠাইখিনি এমʼনিয়াম ক্ল'ৰাইড (NH_4Cl) আৰু জিংক ক্ল'ৰাইডৰ ($ZnCl_2$) পেষ্ট (paste) এটাৰে পূৰোৱা হয়। কোষটোৰ ইলেকট্ৰ'ডত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াসমূহ জটিল যদিও বিক্ৰিয়াসমূহ তলত উন্নুকিওৱা ধৰণৰ—

এনʼডত : $Zn(s) \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$

কেথ'ডত : $MnO_2 + NH_4^+ + e^- \rightarrow MnO(OH) + NH_3$

কেথ'ডত ঘটা বিক্ৰিয়াত মেংগানিজ +4 জাৰণ অৱস্থাৰপৰা +3 জাৰণ অৱস্থালৈ বিজাৰিত হয়। বিক্ৰিয়াটোত উৎপন্ন হোৱা এমʼনিয়াই (NH_3) Zn^{2+} আয়নৰ সৈতে বিক্ৰিয়া কৰি জটিল আয়ন $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$ উৎপন্ন কৰে। শুকান কোষৰ বিভৱ হ'ল 1.5 V (প্ৰায়)।



চিত্ৰ 3.9 : সাধাৰণতে ব্যৱহাৰ হোৱা মাৰ্কাৰি কোষ। ইয়াত বিজাৰক পদাৰ্থটো হ'ল Zn আৰু জাৰক পদাৰ্থটো হ'ল মাৰ্কাৰি (II) অক্সাইড

চিত্ৰ 3.9ত আন এটা প্ৰাইমাৰি কোষ দেখুওৱা হৈছে। এইটো হ'ল মাৰ্কাৰি কোষ (Mercury cell)। কম বিদ্যুৎ প্ৰৱাহেৰে চলা সঁজুলিত (যেনে—শুনা যন্ত্ৰ, হাত ঘড়ী আদি) এইবিধ কোষ ব্যৱহৃত হয়। এই কোষত জিংক-মাৰ্কাৰি এমালগামক (Zn–Hg amalgum) এনʼড হিচাপে লোৱা হয়। কোষটোত কেথ'ড হ'ল HgO আৰু কাৰ্বনৰ এটা পেষ্ট। আনহাতে KOH আৰু ZnOৰ পেষ্ট এটাই ইয়াত বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ কাম কৰে। কোষটোৰ ইলেকট্ৰ'ডত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াসমূহ তলত দিয়া হ'ল।

এনʼডত : $Zn(Hg) + 2\ OH^- \rightarrow ZnO(s) + H_2O + 2\ e^-$

কেথ'ডত : $HgO(s) + H_2O + 2e^- \rightarrow Hg\ (l) + 2OH^-$

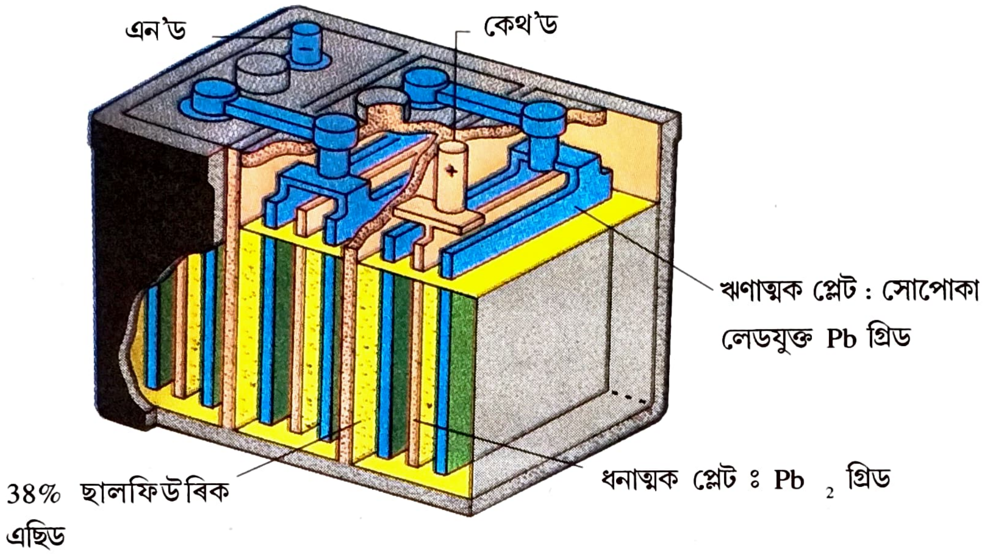
গতিকে কোষ বিক্ৰিয়াটো হ'ব

$$Zn(Hg) + HgO(s) \rightarrow ZnO(s) + Hg\ (l)$$

মাৰ্কাৰি কোষৰ বিভৱৰ মান হ'ল 1.35 V (প্ৰায়)। কোষটো (সক্ৰিয়) কৰ্মক্ষম হৈ থকালৈকে বিভৱৰ এই মান প্ৰায় ধ্ৰুৱক হৈ থাকে। কোষ বিক্ৰিয়াত আয়ন জড়িত থাকিলে কোষটোৰ সক্ৰিয় অৱস্থাত এই গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তন হ'ব পাৰে। তেনেক্ষেত্ৰত কোষটোৰ বিভৱৰো পৰিৱৰ্তন হয়। মাৰ্কাৰি কোষৰ কোষ বিক্ৰিয়াত আয়ন জড়িত নথকা বাবে কোষটোৰ সক্ৰিয় অৱস্থাত বিভৱ স্থিৰে থাকে।

3.6.2 ছেকেণ্ডাৰি বেটাৰি (Secondary battery)

ব্যৱহাৰ কৰাৰ পাছতো ছেকেণ্ডাৰি কোষ (বা, বেটাৰি) এটাৰ মাজেৰে বিপৰীত দিশত বিদ্যুৎপ্ৰৱাহ পঠিয়াই ইয়াক পুনৰ সক্ৰিয় কৰিব পাৰি; অৰ্থাৎ ব্যৱহাৰ কৰাৰ পাছতো ছেকেণ্ডাৰি কোষক পুনৰ ব্যৱহাৰৰ উপযোগী কৰিব পাৰি। ভাল ছেকেণ্ডাৰি কোষ এটাক এনেদৰে বহুবাৰ পুনৰ সক্ৰিয়া কৰিব পৰা যায়। অতি প্ৰয়োজনীয় ছেকেণ্ডাৰি কোষটো হ'ল লে'ড ষ্ট'ৰেজ বেটাৰি (Lead storage battery)। চিত্ৰ 3.10 ত এনে বেটাৰি এটা দেখুওৱা হৈছে। এই বেটাৰিটো সাধাৰণতে মটৰগাড়ী আৰু উৎক্ৰমকত (inverters) ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ইয়াত এন'ড হিচাপে লে'ড (Pb) আৰু লে'ড ডাইঅক্সাইডক (PbO_2) কেথ'ড হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। কোষটোত বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য হ'ল 38% ছালফিউৰিক এছিড।



চিত্ৰ 3.10 : লেড ষ্ট'ৰেজ বেটাৰি

বেটাৰিটোৰপৰা বিদ্যুৎ শক্তি আহৰণ কৰি থকা সময়ত নিম্নোক্ত বিক্ৰিয়াসমূহ সংঘটিত হয়—

এন'ডত : $Pb\,(s) + SO_4^{2-}\,(aq) \rightarrow PbSO_4(s) + 2\,e^-$

কেথ'ডত : $PbO_2(s) + SO_4^{2-}(aq) + 4H^+\,(aq) + 2\,e^-$
$\rightarrow PbSO_4(s) + 2H_2O\,(l)$

গতিকে কোষ বিক্ৰিয়াটো হ'ব—

$$Pb\,(s) + PbO_2(s) + 2H_2SO_4(aq) \rightarrow 2PbSO_4(s) + 2H_2O(l)$$

চিত্ৰ 3.11 : পুনৰ সক্ৰিয় কৰিবপৰা নিকেল-কেডমিয়াম কোষ

ব্যৱহাৰ কৰাৰ পাছত বেটাৰিটো সক্ৰিয় (charge) কৰোতে কোষ বিক্ৰিয়া ওলোটা দিশত সংঘটিত হয়। ফলস্বৰূপে এন'ড আৰু কেথ'ডত $PbSO_4$ৰপৰা ক্ৰমে Pb আৰু PbO_2 উৎপন্ন হয়।

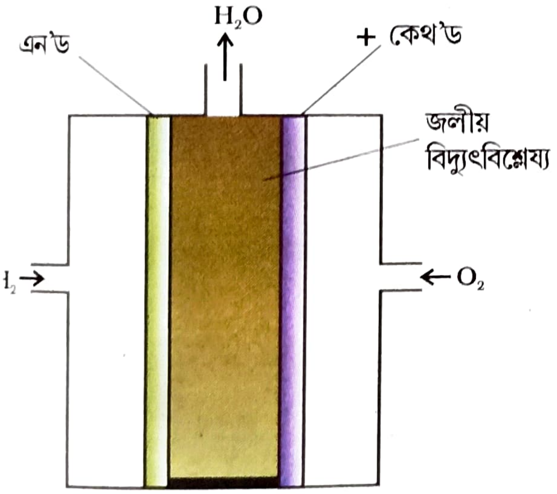
আন এবিধ ছেকেণ্ডাৰি কোষ হ'ল নিকেল-কেডমিয়াম কোষ (nickel-cadmium cell, চিত্ৰ 3.11) । লে'ড ষ্ট'ৰেজ বেটাৰিতকৈ এই

কোষ বেছি দিন ভালে থাকে যদিও ই বেছি খৰছী। নিকেল-কেডমিয়াম কোষত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াটো হ'ল—

$$Cd(s) + 2Ni(OH)_3(s) \rightarrow CdO(s) + 2Ni(OH)_2(s) + H_2O(l)$$

.7 ইন্ধন কোষ (Fuel Cells)

তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্ৰত বিদ্যুৎ উৎপাদন কৰা হয় যদিও এনেদৰে বিদ্যুৎ উৎপাদন কৰাটো খুব বেছি ফলপ্ৰসু নহয়। ইয়াৰদ্বাৰা যথেষ্ট প্ৰদুষণো হয়। তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্ৰত প্ৰথমে জীৱাশ্ম ইন্ধন (কয়লা, গেছ বা তেল) দহন কৰি পোৱা তাপ শক্তিৰে (দহন তাপ, অৰ্থাৎ ৰাসায়নিক শক্তি) পানীক বাষ্পলৈ (steam) পৰিবৰ্তিত কৰা হয়। উচ্চ চাপত উৎপন্ন কৰা এই বাষ্পৰদ্বাৰা চকৰি (turbine) ঘুৰাই বিদ্যুৎ উৎপাদন কৰা হয়। আনহাতে গেলভেনী কোষে ৰাসায়নিক শক্তিক পোনে পোনে বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিবৰ্তিত কৰে। সেইবাবে গেলভেনী কোষ বেছি ফলপ্ৰসু। সম্প্ৰতি এনেকুৱা কোষ সজা হৈছে যাৰ ইলেকট্ৰ'ডলৈ বিক্ৰিয়কবোৰ অবিচ্ছিন্নভাবে যোগান ধৰা হয় আৰু লগে লগে বিক্ৰিয়াজাত পদাৰ্থসমূহ ওলাই যাব দি থকা হয়। ইন্ধন কোষত সাধাৰণতে এনে সজ্জা থাকে। যি গেলভেনী কোষৰদ্বাৰা হাইড্ৰ'জেন, মিথেন, মিথানল আদি ইন্ধনৰ দহন এনথালপিক পোনপটীয়াভাবে বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিৱৰ্তিত কৰা হয় সেই গেলভেনী কোষক **ইন্ধন কোষ** বোলা হয়।



চিত্ৰ 3.12 : হাইড্ৰ'জেন-অক্সিজেন ইন্ধন কোষ

কৃতকাৰ্য্যতাৰে সাজি উলিওৱা ইন্ধন কোষসমূহৰ ভিতৰত হাইড্ৰ'জেন-অক্সিজেন ইন্ধন কোষ অন্যতম। এপল' মহাকাশ অভিযানত (Apollo Space Programme) এই কোষৰপৰা বিদ্যুৎশক্তি আহৰণ কৰা হৈছিল। কোষটোত H_2 আৰু O_2ৰ মাজত বিক্ৰিয়া ঘটি পানী (জলীয় বাষ্প) উৎপন্ন হয়। এপল' অভিযানত এনেদৰে উৎপন্ন জলীয় বাষ্প ঘনীভূত কৰি মহাকাশচাৰীৰ খোৱা পানী যোগানত ব্যৱহাৰ কৰা হৈছিল।

$H_2–O_2$ ইন্ধন কোষত ছিদ্ৰযুক্ত দুডাল কাৰ্বন ইলেকট্ৰ'ডৰ মাজেৰে এই গেছ দুটাক প্ৰৱাহিত কৰা হয়। ইলেকট্ৰ'ড দুডালৰ মাজেৰে পাৰ হৈ অহা H_2 আৰু O_2 গেছে ছ'ডিয়াম হাইড্ৰক্সাইডৰ গাঢ় জলীয় দ্ৰবত সোমায়। কাৰ্বন ইলেকট্ৰ'ডত অনুঘটক হিচাপে প্লেটিনাম বা পেলাডিয়ামৰ সূক্ষ্ম গুড়ি মিহলোৱা থাকে। এই অনুঘটকে ইলেকট্ৰ'ডত বিক্ৰিয়াৰ গতিবেগ বঢ়ায়। কোষটোত সংঘটিত হোৱা বিক্ৰিয়াসমূহ তলত দেখুওৱা হৈছে।

এন'ডত : $2H_2(g) + 4OH^-(aq) \longrightarrow 4H_2O(l) + 4e^-$

কেথ'ডত : $O_2(g) + 2H_2O(l) + 4e^- \longrightarrow 4OH^-(aq)$

কোষ বিক্ৰিয়াটো হ'ল

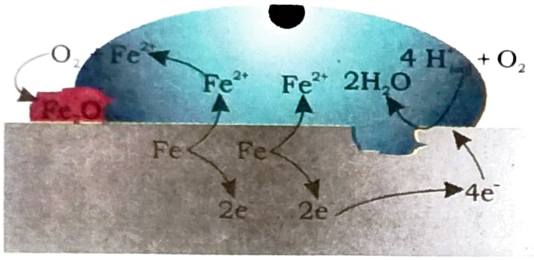
$$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$$

কোষটোৰ বিশেষত্ব এই যে যেতিয়ালৈকে বিক্ৰিয়কসমূহৰ যোগান ধৰি থকা হয় তেতিয়ালৈকে কোষটো কাৰ্যক্ষম হৈ থাকে। বিদ্যুৎ উৎপাদনৰ ক্ষেত্ৰত ইন্ধন কোষৰ দক্ষতা (efficiency) 70%; আনহাতে তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্ৰৰ দক্ষতা 40% মাথোন। ইয়াতকৈও উন্নত ইন্ধন কোষ প্ৰস্তুতিৰ বাবে প্ৰচেষ্টা চলিয়েই আছে। এয়া সম্ভৱ হ'ব, নতুন ধৰণৰ ইলেকট্ৰ'ড, উন্নত অনুঘটক আৰু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ উদ্ভাৱনৰদ্বাৰা।

মটৰ গাড়ীত ইন্ধন কোষ পৰীক্ষামূলকভাবে ব্যৱহাৰ কৰা হৈছে। এই কোষ ব্যৱহাৰ কৰিলে প্ৰদূষণ নহয়। সেইবাবে এনে কোষ অতি প্ৰয়োজনীয়। ইয়াৰ সম্ভাৱনাপূৰ্ণ ভৱিষ্যতৰ বাবে বিভিন্ন ধৰণৰ ইন্ধন কোষ এতিয়ালৈকে প্ৰস্তুত কৰা হৈছে।

3.8 ক্ষয়ীভৱন (Corrosion)

ক্ষয়ীভৱনৰ ফলত ধাতব পদাৰ্থৰ পৃষ্ঠত ধাতুটোৰ অক্সাইড বা আন লৱণৰ তৰপ জমা হয়। আইৰনত মামৰ ধৰা (rusting), ছিলভাৰৰ মলিনভৱন (tarnishing), কপাৰ আৰু ব্ৰ'ঞ্জৰ পৃষ্ঠত সেউজীয়া পদাৰ্থ জমা হোৱা আদি হ'ল ক্ষয়ীভৱনৰ উদাহৰণ। ইয়াৰ ফলত ঘৰ-দুৱাৰ, দলং, জাহাজ আৰু ধাতুৰে (বিশেষকৈ আইৰনেৰে) নিৰ্মিত আন সামগ্ৰীৰ বিস্তৰ ক্ষতি হয়। ফলস্বৰূপে দেশৰ কৌটি কৌটি টকাৰ লোকচান হয়।



জাৰণ : $Fe\ (s) \rightarrow Fe^{2+}\ (aq)\ + 2e^-$
বিজাৰণ : $O_2\ (g)\ +\ 4H^+(aq)\ + 4e^-\ \rightarrow\ 2H_2O(l)$
বায়ুমণ্ডলীয়
জাৰণ : $2Fe^{2+}(aq) + 2H_2O(l) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow Fe_2O_3(s) + 4H^+(aq)$

চিত্ৰ 3.13 : বায়ুমণ্ডলত আইৰনৰ ক্ষয়ীভৱন

পানী আৰু বায়ুৰ উপস্থিতিত আইৰনৰ ক্ষয়ীভৱন (মামৰে ধৰা) ঘটে। ক্ষয়ীভৱন প্ৰক্ৰিয়াটো দৰাচলতে এক বিদ্যুৎৰাসায়নিক পৰিঘটনা। আইৰনৰ টুকুৰা এটাৰ এটা বিন্দুত (চিত্ৰ 3.13) আইৰনৰ জাৰণ ঘটে। যিটো বিন্দুত জাৰণ ঘটে সেয়াই হ'ল এন'ড। বিক্ৰিয়াটো নিম্নোক্ত ধৰণে দেখুৱাব পাৰি —

$$\text{এন'ডত} : 2Fe\ (s) \longrightarrow 2Fe^{2+} + 4e^- \qquad E^{\ominus}_{Fe^{2+}/Fe} = -\ 0.44\ V$$

এন'ডত মুক্ত হোৱা ইলেকট্ৰনসমূহে ধাতুৰ মাজেৰে গৈ আন এটা বিন্দুত অক্সিজেনক বিজাৰিত কৰে। অক্সিজেনৰ বিজাৰণ H^+ৰ উপস্থিতিত ঘটে। H_2CO_3ৰ বিযোজনৰ ফলত এই H^+ উৎপন্ন হয়। আকৌ বায়ুত থকা কাৰ্বন ডাইঅক্সাইড পানীত দ্ৰবীভূত হৈ H_2CO_3 উৎপন্ন হয়। অৱশ্যে আন এছিডীয় অক্সাইড পানীত দ্ৰবীভূত হ'লেও H^+ উৎপন্ন হ'ব পাৰে। সি যি কি নহওক, যিটো বিন্দুত অক্সিজেনৰ বিজাৰণ ঘটে সেয়াই হ'ব কেথ'ড। বিক্ৰিয়াটো নিম্নোক্ত ধৰণে উপস্থাপন কৰিব পাৰি—

$$\text{কেথ'ডত} : O_2(g) + 4H^+(aq) + 4\ e^- \rightarrow 2\ H_2O\ (l) \qquad E^{\ominus}_{H^+|O_2|H_2O} = 1.23\ V$$

সম্পূৰ্ণ বিক্ৰিয়াটো হ'ল —

$$2Fe(s) + O_2(g) + 4H^+(aq) \longrightarrow 2Fe^{2+}(aq) + 2\ H_2O\ (l) \qquad E^{\ominus}_{(cell)} = 1.67\ V$$

এনেদৰে উৎপন্ন হোৱা ফেৰাছ (Fe^{2+}) আয়নসমূহ অক্সিজেনৰ প্ৰভাৱত ফেৰিক (Fe^{3+}) আয়নলৈ জাৰিত হয় আৰু শেষত জলযুক্ত (hydrated) ফেৰিক অক্সাইডলৈ

($Fe_2O_3 \cdot x\ H_2O$) পৰিবৰ্তিত হয়। জলযুক্ত ফেৰিক অক্সাইডেই হ'ল মামৰ। প্ৰক্ৰিয়াটোত হাইড্ৰ'জেন গেছো উৎপন্ন হয়।

ক্ষয়ীভৱনৰ ৰোধ এটা অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ বিষয়। ক্ষয়ীভৱনৰ ৰোধে ধন বচোৱাৰ উপৰি দলং ভঙা আদিৰপৰা মানুহৰ জীৱন ৰক্ষা কৰে। ধাতুৰ পৃষ্ঠক বায়ুৰ সংস্পৰ্শত আহিব নিদিয়াকৈ ৰাখিব পাৰিলে ক্ষয়ীভৱন ৰোধ হ'ব পাৰে। ইয়াৰ বাবে ৰং (paint) দিব পাৰি বা ধাতুৰ পৃষ্ঠত আন ৰাসায়নিক দ্ৰব্য (যেনে— বিছফেনল, bisphenol) লগাব পাৰি। ধাতুৰ পৃষ্ঠত আন ধাতুৰ (যেনে Sn, Zn আদি) প্ৰলেপ লগায়ো ক্ষয়ীভৱন ৰোধ কৰা সম্ভৱ। Mg, Zn আদিৰ প্ৰলেপ লগালে ইহঁতৰ নিজৰে ক্ষয়ীভৱন হ'লেও মূল পদাৰ্থটোক ৰক্ষা কৰে।

পাঠস্থ প্ৰশ্নমালা

3.13 লে'ড ষ্টৰেজ বেটাৰিক পুনৰ সক্ৰিয় কৰোতে ঘটা ৰাসায়নিক পৰিবৰ্তনৰ বিষয়ে লিখা। প্ৰক্ৰিয়াটোত কি কি পদাৰ্থৰ প্ৰয়োজন হয় লিখিবা।

3.14 ইন্ধন কোষত ইন্ধন হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰিব পৰা দুবিধ পদাৰ্থৰ নাম লিখা (হাইড্ৰ'জেনৰ বাহিৰে)।

3.15 এটা বিদ্যুৎৰাসায়নিক কোষ সৃষ্টিৰ মাধ্যমেৰে আইৰনৰ মামৰে ধৰা প্ৰক্ৰিয়াটো সংঘটিত হয়— ব্যাখ্যা কৰা।

হাইড্ৰ'জেন মিতব্যয়িতা (The Hydrogen Economy)

সম্প্ৰতি আমাৰ অৰ্থনীতি পৰিচালিত কৰা শক্তিৰ প্ৰধান উৎস হ'ল জীৱাশ্ম ইন্ধন। এই ইন্ধনসমূহ হ'ল কয়লা (coal), তেল আৰু গেছ। মানুহে সদায় নিজৰ জীৱন-যাপনৰ মানদণ্ড উন্নত কৰিব বিচাৰে; ফলস্বৰূপে মানুহৰ শক্তিৰ প্ৰয়োজন দিনে দিনে বাঢ়ি আহিছে। দৰাচলতে জনমূৰি শক্তিৰ ব্যৱহাৰৰ পৰিমাণ বিকাশৰ এটা জোখ হিচাপে পৰিগণিত হৈছে। এই ক্ষেত্ৰত ধৰি লোৱা হয় যে প্ৰতিজন মানুহে শক্তি গঠনমূলক কামত খৰছ কৰে, অপব্যয় নকৰে। কিন্তু আমি জানো যে জীৱাশ্ম ইন্ধনৰ দহনত কাৰ্বন ডাইঅক্সাইড উৎপন্ন হয় আৰু এই গেছ হ'ল 'সেউজ গৃহ প্ৰভাৱৰ' অন্যতম প্ৰধান কাৰক। ইয়াৰ ফলত পৃথিৱী পৃষ্ঠৰ উষ্ণতা বাঢ়িব লাগিছে। এনে উষ্ণতা বৃদ্ধিৰ ফলত মেৰু অঞ্চলৰ বৰফ গলি সাগৰ পৃষ্ঠ ওফন্দাই উঠাব পাৰে। তেনে অৱস্থাত উপকুল ভাগৰ দ অঞ্চল সাগৰে বুৰাই পেলাব পাৰে; মালদ্বীপৰ নিচিনা ভূখণ্ডও সাগৰৰ গৰ্ভত বিলীন হ'ব পাৰে। এনেকুৱা প্ৰলয়ৰ সন্মুখীন নহ'বলৈ জীৱাশ্ম ইন্ধনৰ ব্যৱহাৰ পাৰ্য্যমানে কমোৱা একান্ত বাঞ্ছনীয়। এইক্ষেত্ৰত হাইড্ৰ'জেন গেছ জীৱাশ্ম ইন্ধনৰ বিকল্প হ'ব পাৰে; কিয়নো হাইড্ৰ'জেনৰ দহনত অকল পানীহে উৎপন্ন হয়। ইন্ধন হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা হাইড্ৰ'জেন গেছৰ উৎপাদন প্ৰদূষণবৰ্জিত হোৱা উচিত। ইয়াৰ বাবে সৌৰ শক্তি ব্যৱহাৰ কৰি পানীৰ বিয়োজন ঘটাব লাগিব। এনেদৰে পুনৰ নবীকৰণীয় (renewable) আৰু প্ৰদূষণবৰ্জিত শক্তিৰ উৎস হিচাপে হাইড্ৰ'জেনৰ ব্যৱহাৰ সম্ভৱ হ'ব পাৰে। এয়াই হ'ল হাইড্ৰ'জেন মিতব্যয়িতাৰ আদৰ্শ (লক্ষ্য আৰু উদ্দেশ্য)। অদূৰ ভৱিষ্যতত পানীৰ বিদ্যুৎ বিশ্লেষণৰ জড়িয়তে হাইড্ৰ'জেনৰ উৎপাদন আৰু ইন্ধন কোষত এই হাইড্ৰ'জেনৰ দহন অতি গুৰুত্বপূৰ্ণ হ'ব। এই দুয়োটা পৰিঘটনা বিদ্যুৎৰসায়নৰ নীতিৰ ওপৰত প্ৰতিষ্ঠিত।

সাৰাংশ

ধাতব ইলেকট্ৰ'ড দুডাল বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ দ্ৰবত ডুবাই ৰাখিলে এটা **বিদ্যুৎৰাসায়নিক কোষ** পোৱা যায়। আয়নীয় পৰিবাহী বা বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য হ'ল এনে কোষৰ অতি দৰকাৰী অংগ। বিদ্যুৎৰাসায়নিক কোষ দুই শ্ৰেণীৰ— **গেলভেনী কোষ** আৰু **বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষ**। গেলভেনী কোষত **স্বতঃস্ফূৰ্ত ৰেডক্স বিক্ৰিয়াৰ**পৰা পোৱা ৰাসায়নিক শক্তিক বিদ্যুৎ শক্তিলৈ পৰিবৰ্তিত কৰা হয়। আনহাতে বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষত বিদ্যুৎ শক্তি প্ৰয়োগ কৰি **অস্বতঃস্ফূৰ্ত ৰেডক্স বিক্ৰিয়া** সংঘটিত কৰা হয়। উপযুক্ত দ্ৰবত ডুবাই ৰখা ইলেকট্ৰ'ডৰ **প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ** মান **হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডৰ** প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱ সাপেক্ষে নিৰ্ণয় কৰা হয়। এই ক্ষেত্ৰত হাইড্ৰ'জেন ইলেকট্ৰ'ডৰ প্ৰমাণ বিভৱৰ মান শূন্য বুলি ধৰা হয়। গেলভেনীয় কোষ এটাত থকা কেথ'ড আৰু এন'ডৰ প্ৰমাণ বিভৱৰ পাৰ্থক্যই হ'ল কোষটোৰ প্ৰমাণ বিভৱ ($E^\ominus_{Cell} = E^\ominus_{কেথ'ড} - E^\ominus_{এন'ড}$)। কোষ এটাৰ প্ৰমাণ বিভৱ কোষ, বিক্ৰিয়াৰ **প্ৰমাণ মুক্ত শক্তি** পাৰ্থক্যৰ সৈতে জড়িত ($\Delta_r G^\ominus = -nF\,E^\ominus_{cell}$); তেনেদৰে ই কোষ বিক্ৰিয়াৰ **সাম্য ধ্ৰুৱকৰ** সৈতেও জড়িত ($\Delta_r G^\ominus = -RT \ln K$)। ইলেকট্ৰ'ড আৰু কোষৰ বিভৱৰ সৈতে আয়নৰ গাঢ়তাৰ সম্বন্ধ **নাৰ্ণষ্ট সমীকৰণ**ৰপৰা পাব পাৰি।

কোনো এটা বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ **পৰিবহনতা** (κ) দ্ৰবটোৰ গাঢ়তা, দ্ৰাবকৰ প্ৰকৃতি আৰু উষ্ণতাৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। **ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ** (Λ_m) সংজ্ঞাটো হ'ল $\frac{\kappa}{c}$; ইয়াত c হ'ল গাঢ়তা। দ্ৰবৰ গাঢ়তা কমিলে **পৰিবহনতাৰ** মান কমে যদিও ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ মান বাঢ়ে। গাঢ়তা কমাৰ লগে লগে তীব্ৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতা লাহে লাহে বাঢ়ে; কিন্তু মৃদু বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যৰ অতি বেছিকৈ বাঢ়ে, বিশেষকৈ গাঢ়তা যেতিয়া অতি কম হয়। ক'লৰাশ্বে সিদ্ধান্ত কৰিছিল যে অসীম লঘুতাত বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য এটাৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতা বিদ্যুৎবিশ্লেষ্যটোৰে উৎপন্ন কৰা আয়নৰ ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ যোগফলৰ সমান। ইয়াকে আয়নৰ **স্বাধীন প্ৰব্ৰজন সম্বন্ধীয় ক'লৰাশ্ব নীতি** বোলা হয়। দ্ৰবত আয়নে বিদ্যুৎ পৰিবহন কৰে। বিদ্যুৎবিশ্লেষণী কোষৰ ইলেকট্ৰ'ডত এবিধ আয়নৰ জাৰণ আৰু এবিধ আয়নৰ বিজাৰণ ঘটে। **বেটাৰি** আৰু **ইন্ধন কোষ** হ'ল গেলভেনী কোষৰেই অত্যাৱশ্যকীয় ৰূপ। ধাতুৰ **ক্ষয়ীভৱন** হ'ল দৰাচলতে এক প্ৰকাৰৰ **বিদ্যুৎৰাসায়নিক পৰিঘটনা**। বিদ্যুৎৰসায়নৰ নীতিসমূহ হাইড্ৰ'জেন মিতব্যয়িতাৰ (অৰ্থনীতিৰ) সৈতে জড়িত।

অনুশীলনী

3.1 তলত উল্লেখ কৰা ধাতুবোৰৰ কোনটোৱে কোনটোক সিহঁতৰ লৱণৰ দ্ৰবৰপৰা প্ৰতিষ্ঠাপিত কৰিব পাৰে সেই ক্ৰমত সজোৱা—

Al, Cu, Fe, Mg আৰু Zn

3.2 তলত কিছুমান ধাতুৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান দিয়া হৈছে—

$E^\ominus_{K^+|K} = -2.93$ V $\quad E^\ominus_{Ag^+|Ag} = 0.80$ V

$E^\ominus_{Hg^{2+}|Hg} = 0.79$ V $\quad E^\ominus_{Mg^{2+}|Mg} = -2.37$ V $\quad E^\ominus_{Cr^{3+}|Cr} = -0.74$ V

ধাতুকেইটাক সিহঁতৰ বিজাৰণ ক্ষমতাৰ বৰ্ধিত ক্ৰমত সজোৱা।

3.3 $Zn(s) + 2Ag^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s)$ এই কোষ বিক্রিয়া সংঘটিত হোৱা কোষটো লিখা আৰু লগতে

(i) কোনডাল ইলেকট্ৰ'ড ঋণাত্মক আধানযুক্ত দেখুওৱা।

(ii) কোষটোত বিদ্যুৎ কিহে পৰিবহন কৰে দেখুওৱা।

(iii) প্ৰতিডাল ইলেকট্ৰ'ডত সংঘটিত হোৱা বিক্রিয়াসমূহ লিখা।

3.4 নিম্নোক্ত বিক্রিয়া সংঘটিত হোৱা প্ৰতিটো গেলভেনী কোষৰ প্ৰমাণ কোষ বিভৱ গণনা কৰা

(i) $2Cr(s) + 3Cd^{2+}(aq) \rightarrow 2Cr^{3+}(aq) + 3Cd$

(ii) $Fe^{2+}(aq) + Ag^+(aq) \rightarrow Fe^{3+}(aq) + Ag(s)$

লগতে বিক্রিয়া দুটাৰ $\Delta_r G^\ominus$ আৰু সাম্য ধ্ৰুৱকৰ মান গণনা কৰা।

(সংশ্লিষ্ট প্ৰমাণ ইলেকট্ৰড বিভৱৰ মান তালিকা 3.1 ৰ পৰা ল'বা)

3.5 নাৰ্ণ্‌ষ্ট সমীকৰণ লিখি নিম্নোক্ত প্ৰতিটো কোষৰে emf ৰ মান 298 K উষ্ণতাত গণনা কৰা—

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

(ii) $Fe(s)|Fe^{2+}(0.001M) \parallel H^+(1M)|H_2(g)(1bar)|\ Pt(s)$

(iii) $Sn(s)|Sn^{2+}(0.050\ M) \parallel H^+(0.020\ M)|H_2(g)\ (1\ bar)|Pt(s)$

(iv) $Pt(s)|Br_2(l)|Br^-(0.010\ M) \parallel H^+(0.030\ M)|\ H_2(g)\ (1\ bar)|Pt(s)$.

3.6 হাতঘড়ীত ব্যৱহাৰ কৰা বাটন (button) কোষত নিম্নোক্ত বিক্রিয়াটো সংঘটিত হয়—

$Zn(s) + Ag_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + 2Ag(s) + 2OH^-(aq)$

কোষটোৰ প্ৰমাণ বিভৱ আৰু বিক্রিয়াটোৰ $\Delta_r G^\ominus$ ৰ মান গণনা কৰা।

3.7 বিদ্যুৎবিশ্লেষ্য দ্ৰৱৰ পৰিবহনতা আৰু ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ সংজ্ঞা লিখা। গাঢ়তাৰ পৰিৱৰ্তনৰ সৈতে হোৱা দুয়োটাৰে পৰিৱৰ্তন সম্বন্ধে আলোচনা কৰা।

3.8 0.20 M গাঢ়তাৰ KCl দ্ৰৱৰ 298 K উষ্ণতাত পৰিবহনতা 0.248 S cm^{-1} হ'লে ম'লাৰ পৰিবাহিতা গণনা কৰা।

3.9 298 K উষ্ণতাত পৰিবাহিতা কোষ এটাই 0.001 M KCl দ্ৰৱৰ ৰোধ 1500Ω দেখুৱায়। এই KCl দ্ৰৱটোৰ পৰিবহনতা (একে উষ্ণতাত) 1.46×10^{-3} S cm^{-1} হ'লে, কোষ ধ্ৰুৱকৰ মান গণনা কৰা।

3.10 298 K উষ্ণতাত বিভিন্ন গাঢ়তাত (c) ছ'ডিয়াম ক্ল'ৰাইডৰ পৰিবহনতাৰ (x) মান তলত দিয়া হৈছে-

গাঢ়তা (M)	0.001	0.010	0.020	0.050	0.100
$10^2 \times k$ (S m^{-1})	1.237	11.85	23.15	55.53	106.74

প্ৰতিটো গাঢ়তাতে ম'লাৰ পৰিবাহিতাৰ (Λ_m) মান গণনা কৰা। লগতে $c^{1/2}$ৰ বিপৰীতে Λ_mৰ লেখ আঁকি Λ_m^0 ৰ মান উলিওৱা।

3.11 0.00241 M গাঢ়তাৰ এছেটিক এছিড দ্ৰৱৰ পৰিবহনতা 7.896×10^{-5} S cm^{-1} হ'লে ম'লাৰ পৰিবহনতাৰ মান গণনা কৰা। এছেটিক এছিডৰ Λ_m^0 ৰ মান 390.5 S cm^{-1} হ'লে বিয়োজন ধ্ৰুৱকৰ মান গণনা কৰা।

DAILY ASSAM

3.12 নিম্নোক্ত প্ৰতিটো বিজাৰণৰ বাবে কিমান আধানৰ প্ৰয়োজন হ'ব?

(i) 1 mol Al^{3+}ক Al লৈ (ii) 1 mol Cu^{2+}ক Cu লৈ

(iii) 1 mol MnO_4^-ক Mn^{2+} লৈ

3.13 নিম্নোক্ত প্ৰতিটো প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে কিমান ফেৰাডে বিদ্যুৎ লাগিব?

(i) গলিত $CaCl_2$ ৰ পৰা 20.0 g Ca উৎপন্ন কৰিবলৈ

(ii) গলিত Al_2O_3 ৰপৰা 40.0 g Al উৎপন্ন কৰিবলৈ

3.14 নিম্নোক্ত প্ৰতিটো জাৰণ প্ৰক্ৰিয়াৰ বাবে প্ৰয়োজন হোৱা বিদ্যুতৰ পৰিমাণ কুলম্ব এককত গণনা কৰা—

(i) 1 mol H_2O ক O_2 লৈ (ii) 1 mol FeO ক Fe_2O_3 লৈ

3.15 $Ni(NO_3)_2$ৰ দ্ৰব এটা প্লেটিনাম ইলেকট্ৰ'ড ব্যৱহাৰ কৰি 5 A বিদ্যুৎ প্ৰৱাহেৰে 20 মিনিট সময়ৰ বাবে বিদ্যুৎবিশ্লেষণ কৰা হৈছে। কেথ'ডত কিমান গ্ৰাম নিকেল মুক্ত হ'ব গণনা কৰা।

3.16 A, B আৰু C দ্ৰবকেইটাত ক্ৰমে $ZnSO_4$, $AgNO_3$ আৰু $CuSO_4$ দ্ৰবীভূত হৈ আছে। দ্ৰবকেইটা সমান্তৰাল সজ্জাত বিদ্যুতৰ উৎসৰ সৈতে সংযোগ কৰা হৈছে। দ্ৰবকেইটাৰ মাজেৰে 1.5 A বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ নিৰ্দিষ্ট সময়ৰ বাবে চালিত কৰোতে B দ্ৰবৰ কেথ'ডত 1.45 g Ag উৎপন্ন হ'ল। দ্ৰবৰ মাজেৰে কিমান সময়ৰ বাবে বিদ্যুৎ প্ৰৱাহ চালিত কৰা হৈছিল? A আৰু C দ্ৰবৰ কেথ'ডত উৎপন্ন হোৱা Zn আৰু Cu ৰ ভৰ গণনা কৰা।

3.17 তালিকা 3.1 ৰ প্ৰমাণ ইলেকট্ৰ'ড বিভৱৰ মান ব্যৱহাৰ কৰি নিম্নোক্ত যোৰবোৰৰ মাজত বিক্ৰিয়া সম্ভৱ হ'ব নে নহয় দেখুওৱা—

(i) Fe^{3+} (aq) আৰু I^- (aq) (ii) Ag^+ (aq) আৰু Cu(s)

(iii) Fe^{3+} (aq) আৰু Br^-(aq) (iv) Ag^+ (s) আৰু Fe^{3+} (aq)

(v) Br_2 (aq) আৰু Fe^{2+}(aq)

3.18 নিম্নোক্ত প্ৰতিটো দ্ৰবৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণত কি কি পদাৰ্থ উৎপন্ন হ'ব লিখা—

(i) Ag ইলেকট্ৰ'ড ব্যৱহাৰ কৰি $AgNO_3$ ৰ জলীয় দ্ৰবৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ।

(ii) Pt ইলেকট্ৰ'ড ব্যৱহাৰ কৰি $AgNO_3$ ৰ জলীয় দ্ৰবৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ।

(iii) Pt ইলেকট্ৰ'ড ব্যৱহাৰ কৰি লঘু H_2SO_4ৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ।

(iv) Pt ইলেকট্ৰ'ড ব্যৱহাৰ কৰি $CuCl_2$ ৰ জলীয় দ্ৰবৰ বিদ্যুৎবিশ্লেষণ।

কিছুমান পাঠস্থ প্ৰশ্নৰ উত্তৰ

3.5 $E_{cell} = 0.91$ V

3.6 $\Delta_r G^\ominus = -45.45$ kJ mol^{-1}

$K_c = 9.62 \times 10^7$

3.9 0.114, 3.67×10^{-4} mol L^{-1}