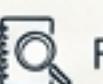
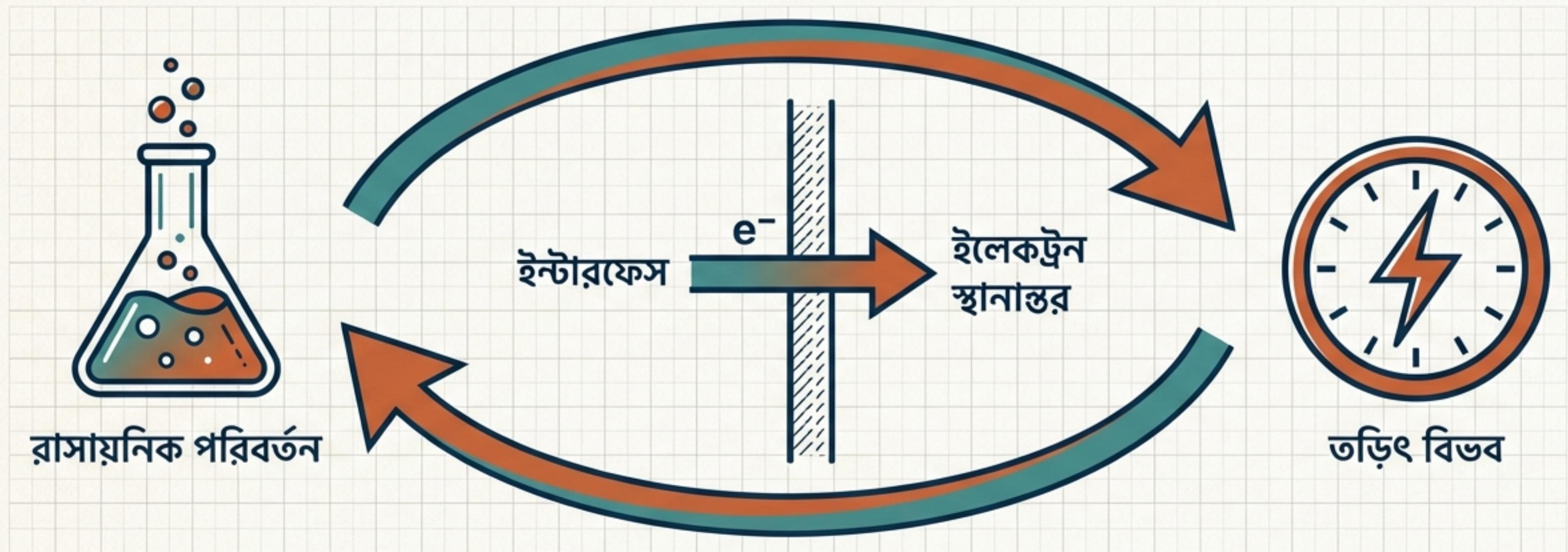


তড়িৎসায়ন: গবেষকের অপরিহার্য হ্যাল্ডুক

তত্ত্ব থেকে ল্যাবরেটরি: একটি ব্যবহারিক নির্দেশিকা

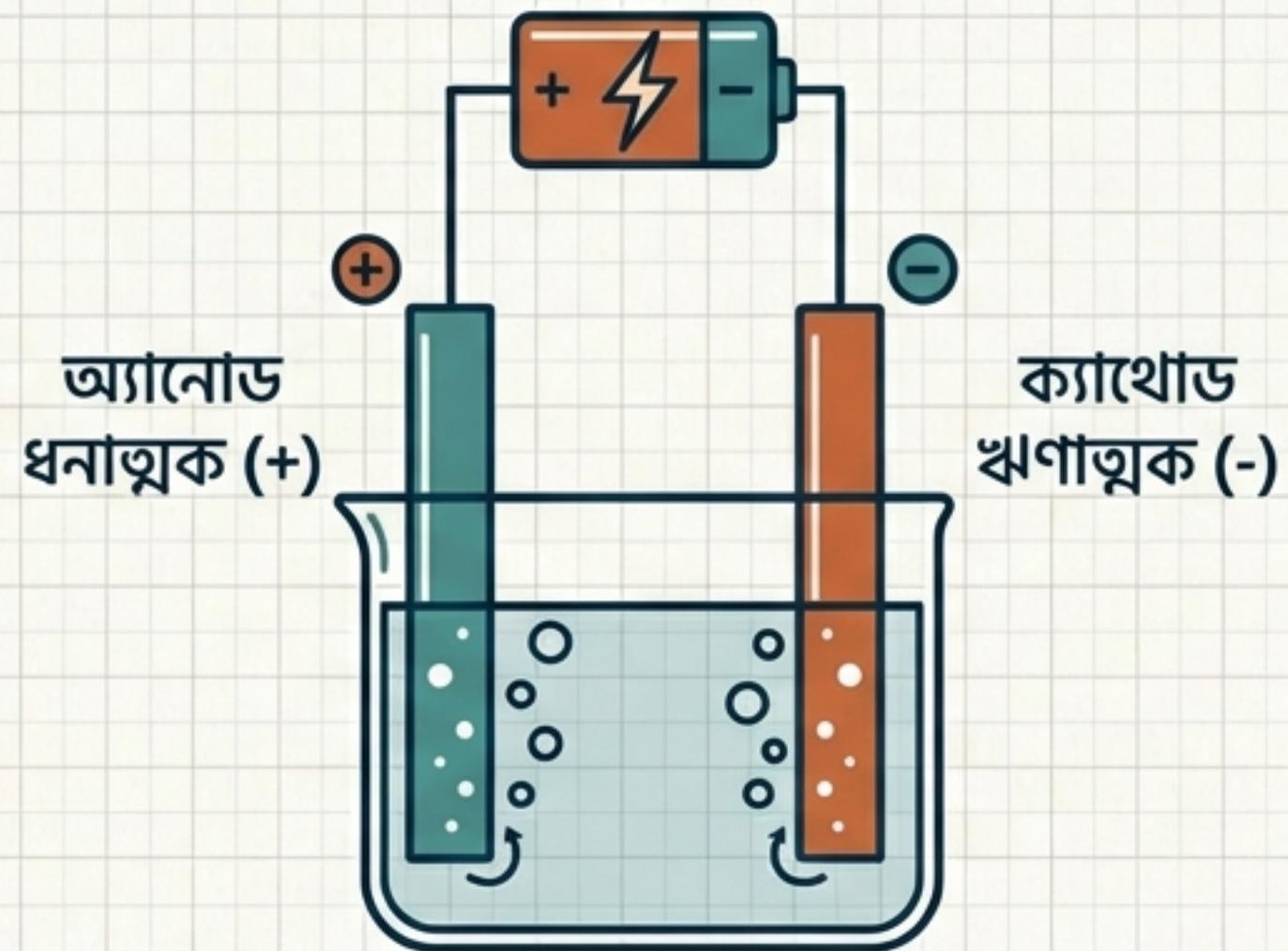
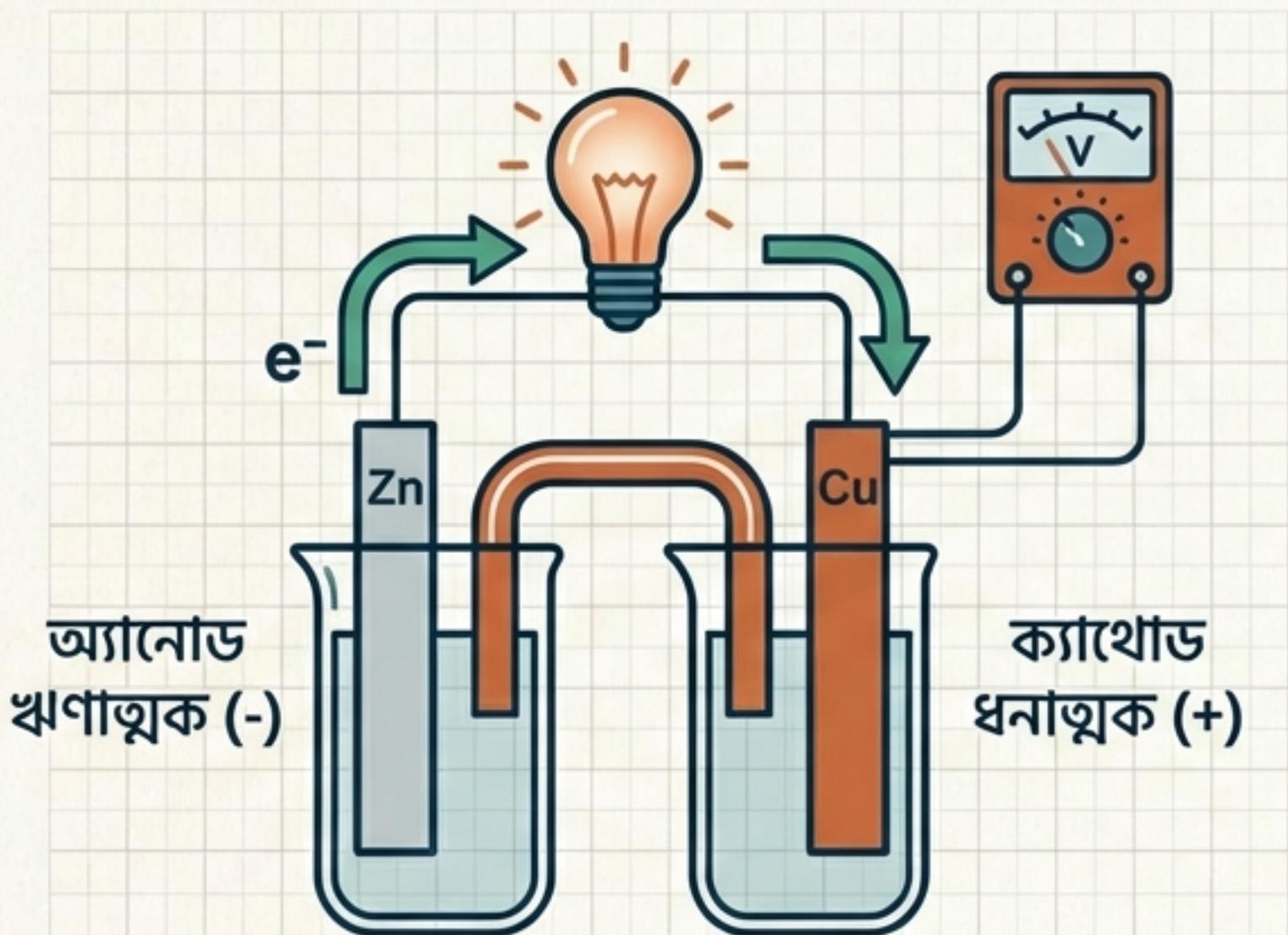


তড়িৎসায়ন কী?



- সংজ্ঞা: বিদ্যুৎ প্রবাহ এবং রাসায়নিক বিক্রিয়ার মধ্যকার সম্পর্ক।
- মূল মন্ত্র: ইলেকট্রন স্থানান্তর।
- এটি কেবল তারের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ নয়, বরং ইলেকট্রোড এবং দ্রবণের সংযোগস্থলে (Interface) ঘটা বিক্রিয়া।

দুটি কোষের গল্প: গ্যালভানিক বনাম ইলেক্ট্রোলাইটিক



গ্যালভানিক কোষ (স্বতঃস্ফূর্ত)

- রাসায়নিক শক্তি \rightarrow বিদ্যুৎ
- অ্যানোড ধনাত্মক (-)

Red Cat (Reduction at Cathode)
& An Ox (Oxidation at Anode)

ইলেক্ট্রোলাইটিক কোষ (অস্বতঃস্ফূর্ত)

- বিদ্যুৎ \rightarrow রাসায়নিক পরিবর্তন
- অ্যানোড ধনাত্মক (+)

পোটেনশিয়ালের গণিত: নার্স্ট সমীকরণ

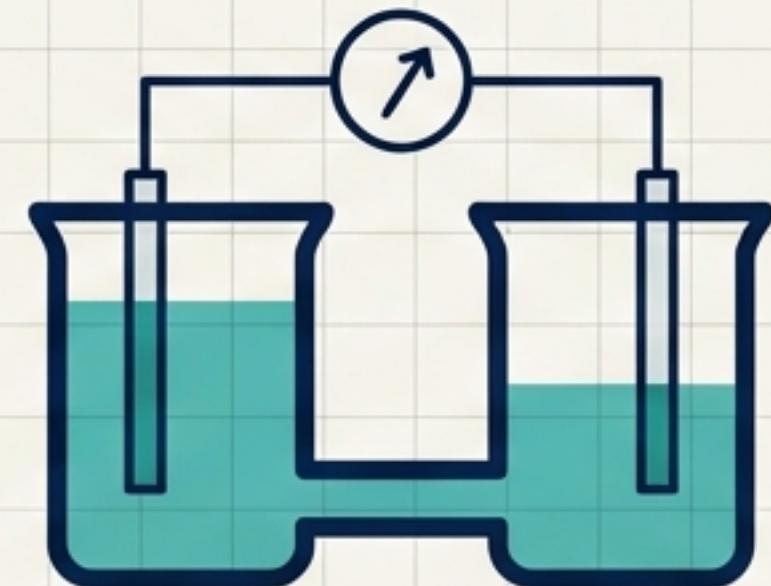
তাৎপর্য: এটি ব্যাখ্যা করে কিভাবে দ্রবণের ঘনত্বের (Concentration) পরিবর্তনের সাথে ভোল্টেজ পরিবর্তিত হয়।

$$E = E^{\circ} - \frac{RT}{nF} \ln Q$$

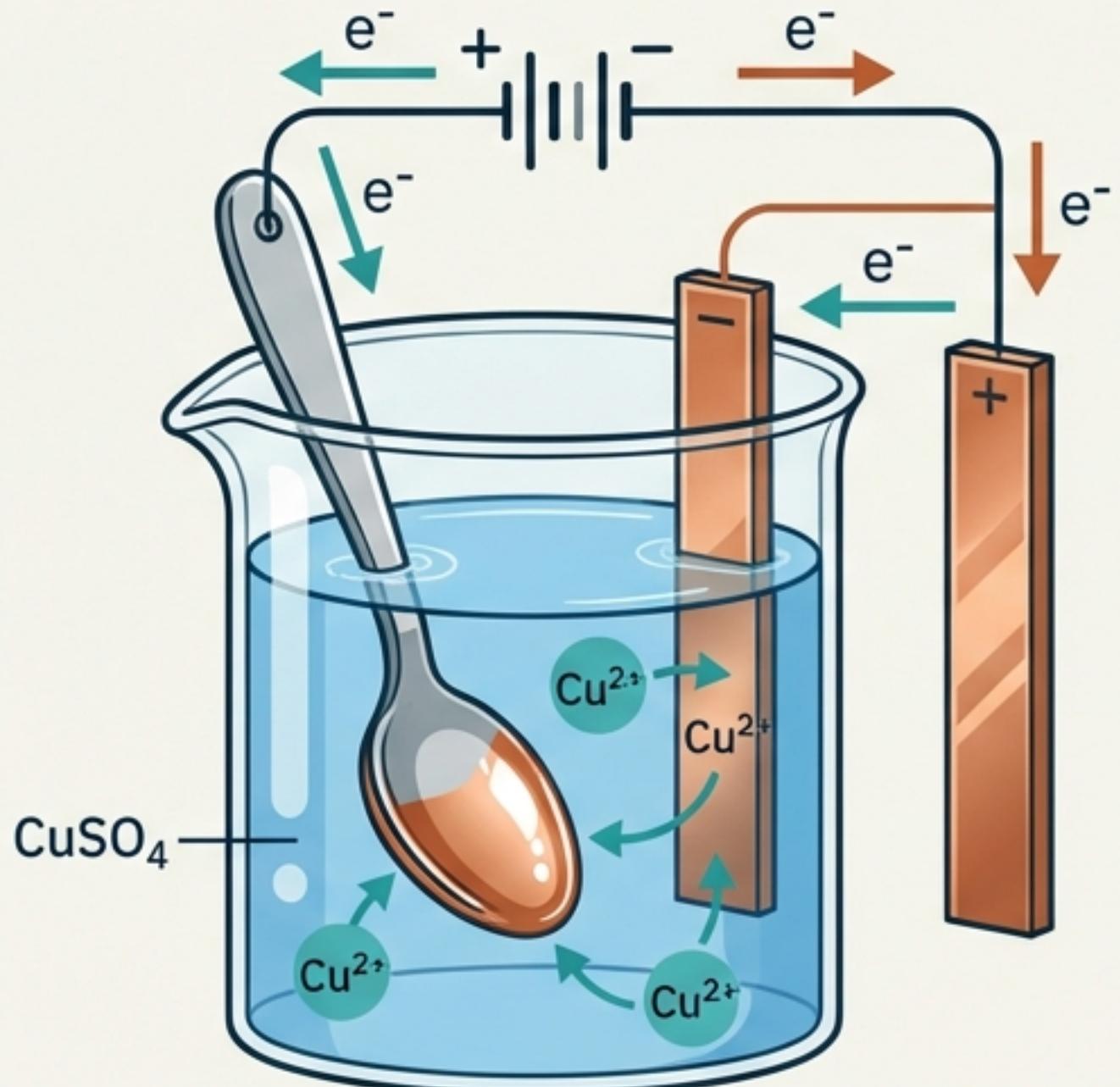
কোষের পোটেনশিয়াল

বিক্রিয়ার ভাগফল
(ঘনত্বের অনুপাত)

প্রয়োগ: ব্যাটারির ভোল্টেজ এবং মেম্ব্রেন পোটেনশিয়াল নির্ণয়ে অপরিহার্য।



বিক্রিয়ার পরিমাণ নির্ণয়: ফারাডের সূত্র



প্রথম সূত্র (First Law):

জমাকৃত বস্তুর ভর (m) প্রবাহিত চার্জের (Q) সমানুপাতিক।

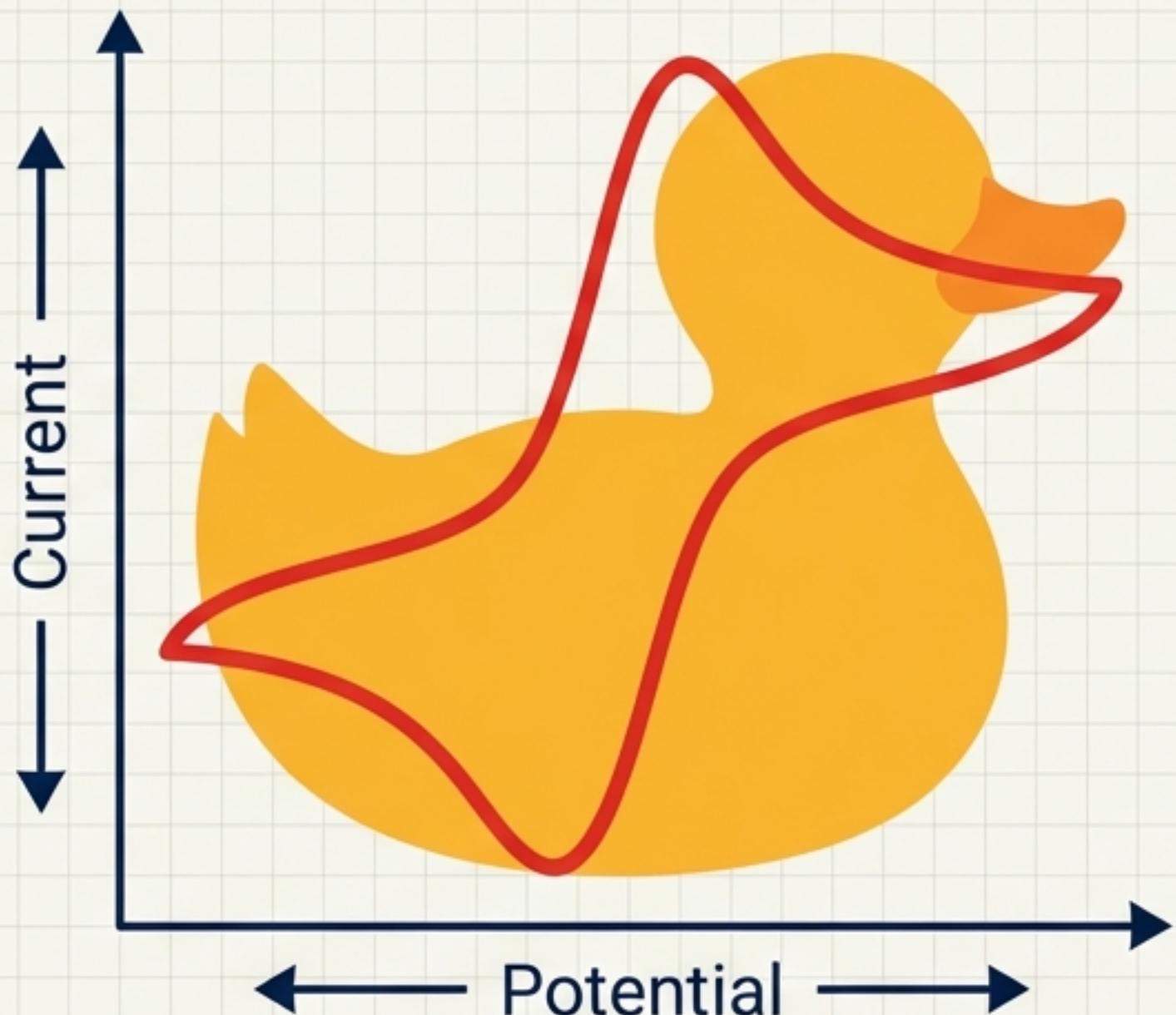
$$m = ZIt$$

দ্বিতীয় সূত্র (Second Law):

একই পরিমাণ চার্জ প্রবাহিত হলে, জমাকৃত ভর বস্তুর তুল্যভরের (Equivalent Weight) সমানুপাতিক।

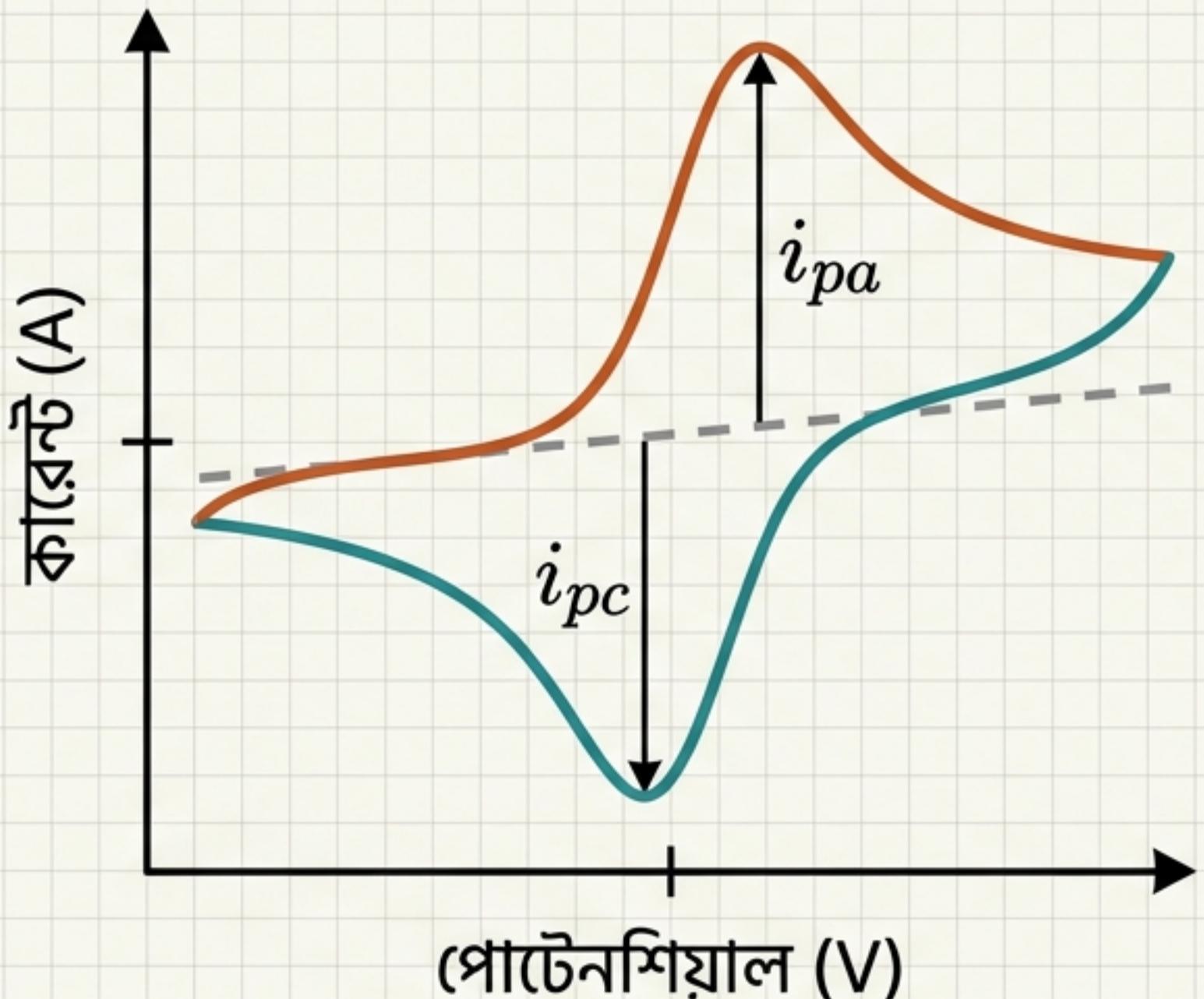
নোট: কমার প্লেটিং বা ইলেকট্রোলিসিসে কতটুকু ধাতু জমা হবে, তা এই সূত্র দিয়েই হিসাব করা হয়।

সাইক্লিক ডেলটামেট্রি (CV): গবেষকের হাঁস



- **পদ্ধতি:** পোটেনশিয়াল স্ক্যান করে কারেন্ট পরিমাপ করা হয়।
- **হাঁসের আকৃতি:** এটি একটি রিভার্সিবল রেডক্স সিষ্টেমের (যেমন Ferrocene) ক্লাসিক রূপ।
- **ব্যবহার:** জারণ-বিজ্ঞারণ পোটেনশিয়াল নির্ণয় এবং বিক্রিয়ার গতিপ্রকৃতি বুঝতে এটি সবচেয়ে দ্রুততম উপায়।

ডেল্টামোগ্রাম ডিকোডিং



- অক্ষ: X-অক্ষ = পোটেনশিয়াল (V), Y-অক্ষ = কার্বন্ট (A)।
- পিক বিশ্লেষণ: i_{pa} এবং i_{pc} -এর পার্থক্য ইলেকট্রন স্থানান্তরের গতি নির্দেশ করে।

Pro Tip Box

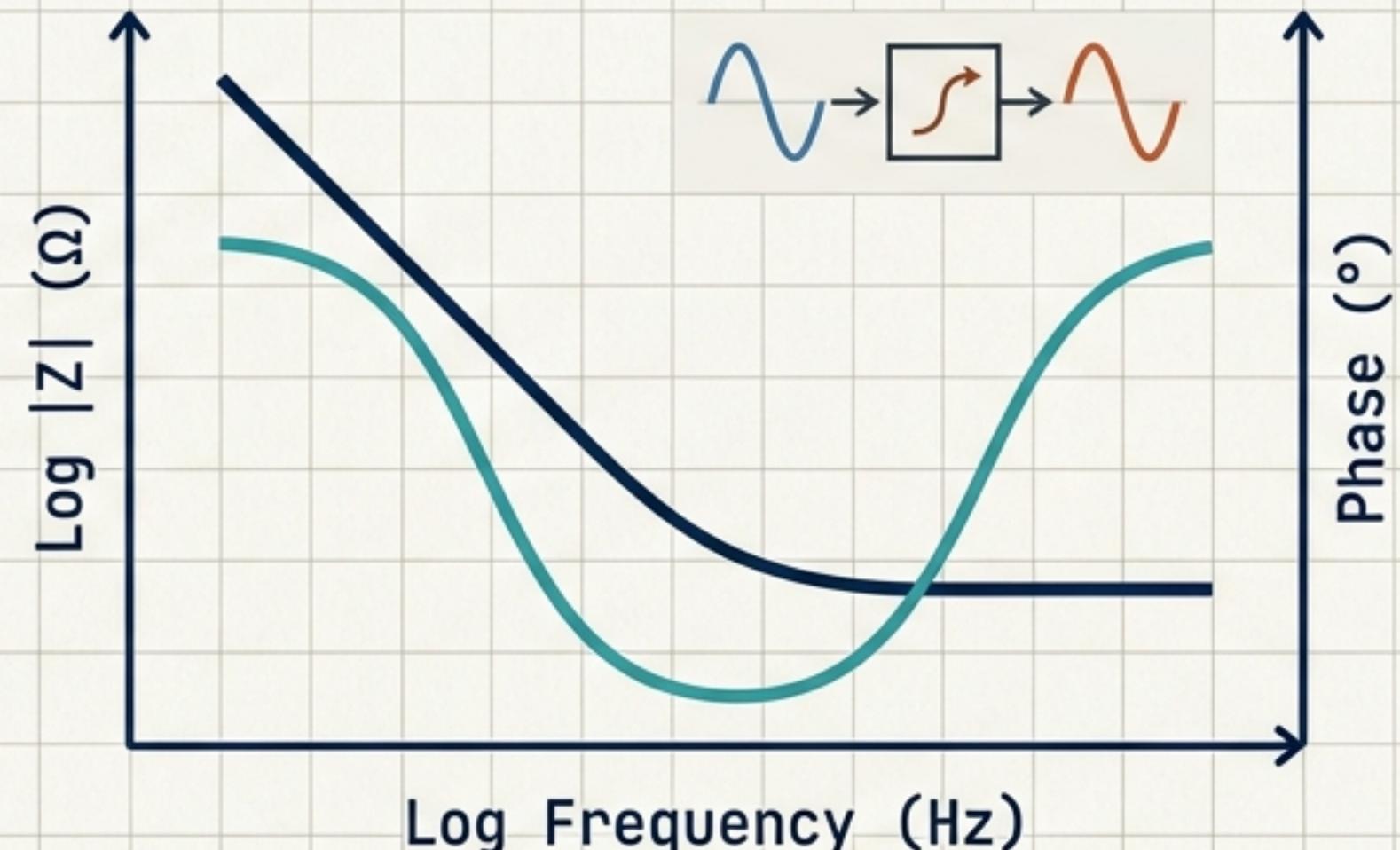
সতর্কতা: বাতাস থেকে আসা অক্সিজেন অবিস্তৃত পিক তৈরি করতে পারে। পরীক্ষার আগে নাইট্রোজেন দিয়ে দ্রবণ 'Degas' করা জরুরি!

ইম্পেন্স স্পেকট্ৰোপি (EIS)

- ধাৰণা: বিভিন্ন ফ্ৰিকোয়েন্সিতে এসি (AC) সিগন্যাল প্ৰয়োগ কৰে বাধাৰ (Impedance) পৰিমাপ।
Hind Siliguri



Nyquist Plot: সেমিসাৰ্কেল আকৃতি। দ্রবণেৰ ৰোধ
এবং চাৰ্জ ট্ৰান্সফাৰ ৰোধ বুৰাতে সাহায্য কৰে।

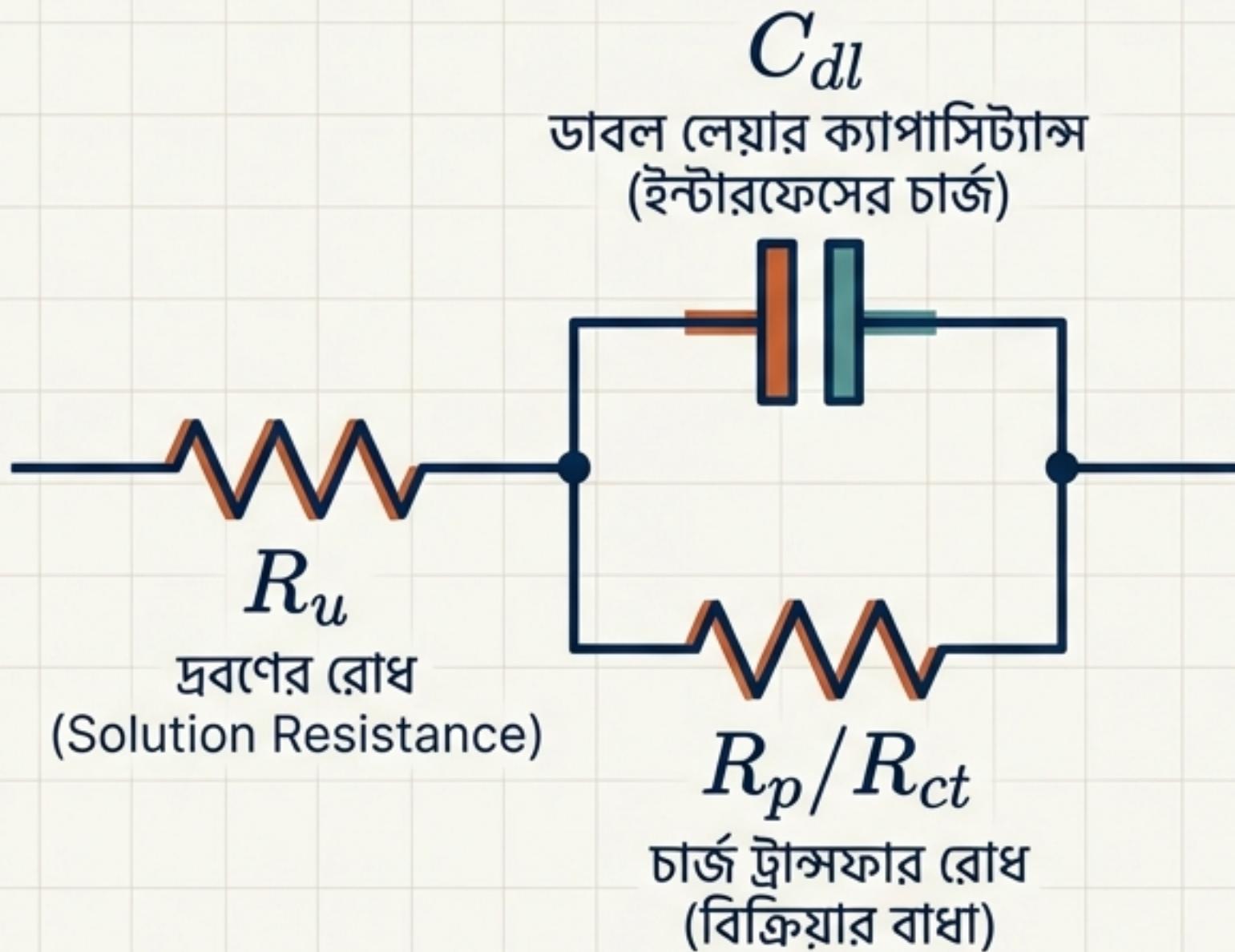


Bode Plot: ফ্ৰিকোয়েন্সিৰ সাথে ইম্পেন্স এবং
ফেজ অ্যাসেলেৰ পৰিবৰ্তন দেখায়।

সেল ঘনন সার্কিট: র্যান্ডেলস মডেল

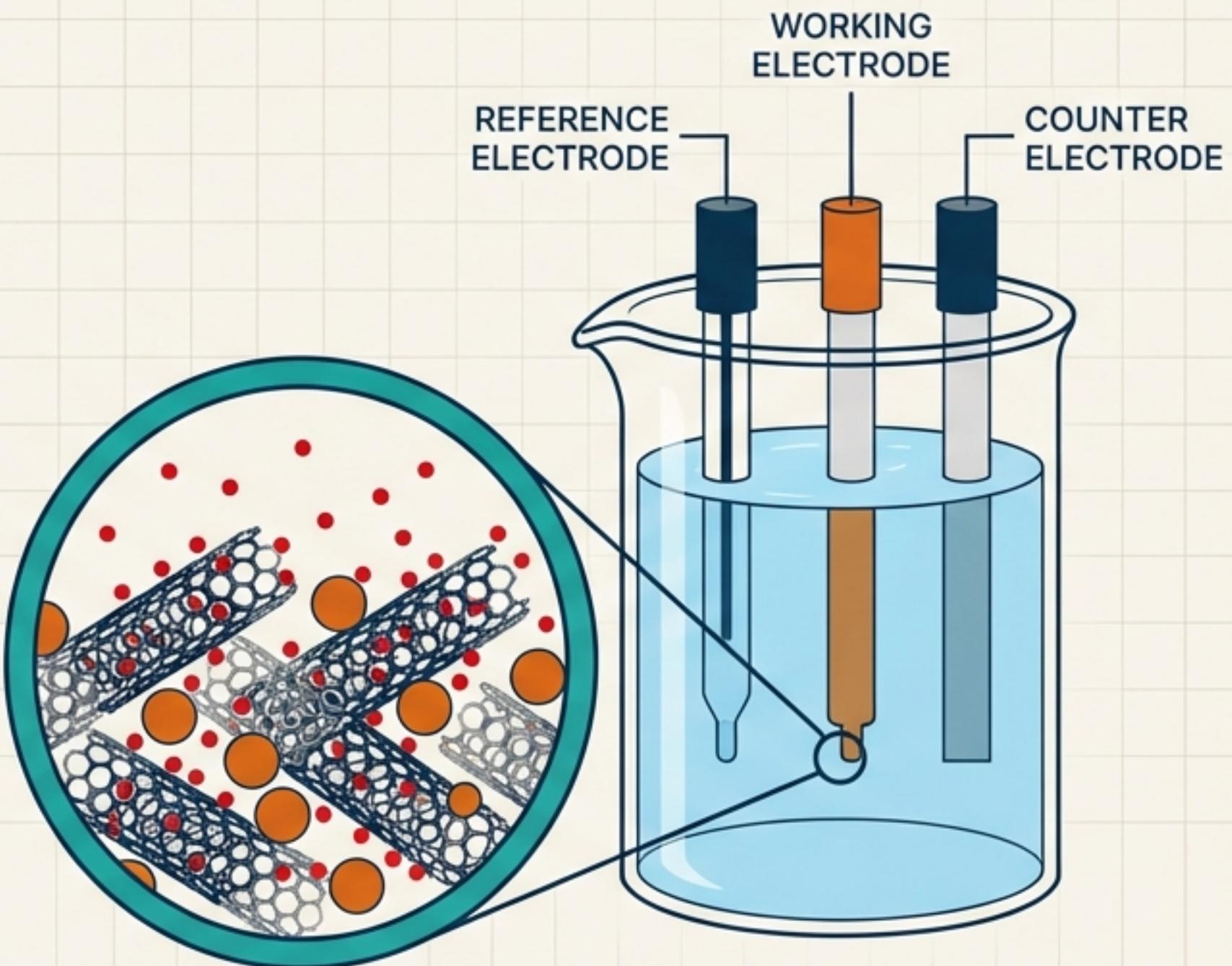
ইলেকট্রোকেমিক্যাল সেলকে একটি
ইলেক্ট্রিক্যাল সার্কিট হিসেবে কল্পনা করা হয়:

- R_u : দ্রবণের রোধ (Solution Resistance)।
- C_{dl} : ডাবল লেয়ার ক্যাপাসিট্যান্স (ইন্টারফেসের চার্জ)।
- R_p/R_{ct} : চার্জ ট্রান্সফার রোধ (বিক্রিয়ার বাধা)।



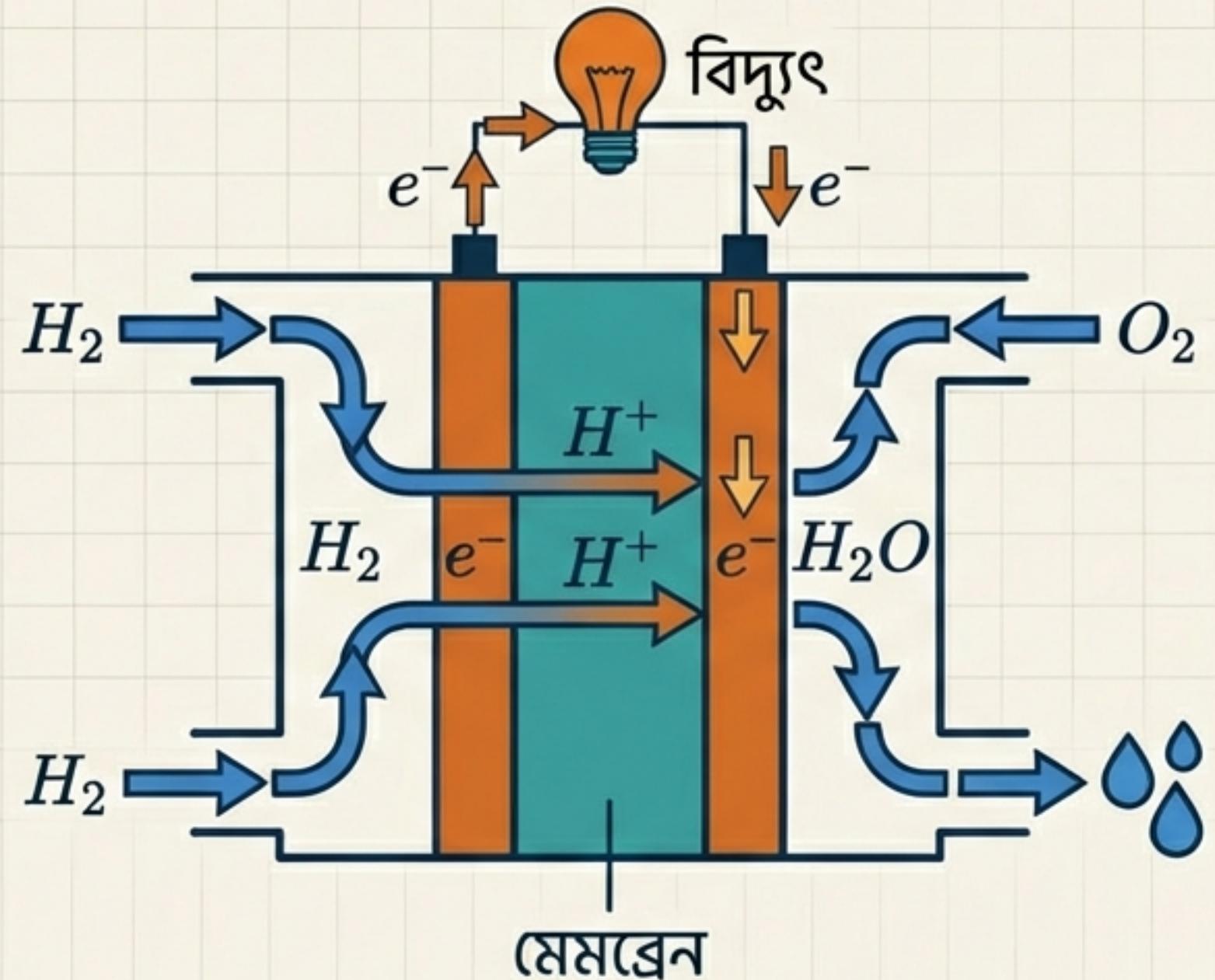
পরিবেশ রক্ষায় সেন্সর

- **ব্যবহার:** পানিতে ভারী ধাতু (যেমন: লেড, মার্কারি, আর্সেনিক) শনাক্তকরণ।
- **ন্যানোপ্রযুক্তি:** কার্বন ন্যানোটিউব এবং গোল্ড ন্যানোপার্টিকল ব্যবহার করে সেন্সরের সংবেদনশীলতা (Sensitivity) বളগ্ন বাঢ়ানো হয়।
- **সুবিধা:** কম খরচ, বহুযোগ্যতা এবং রিয়েল-টাইম মনিটরিং।



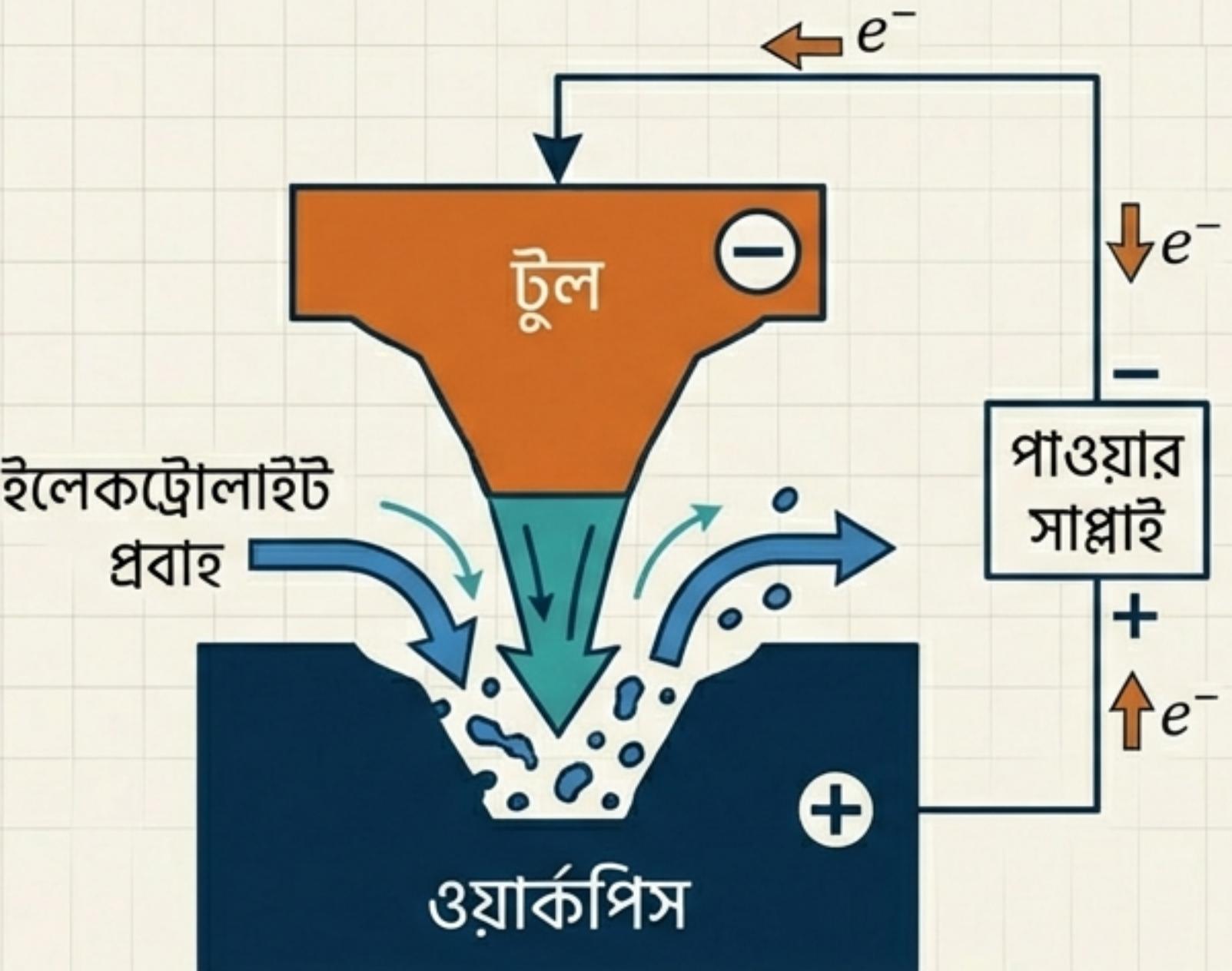
আগামীর শক্তি: ফুয়েল সেল

- **মূলনীতি:** সরাসরি রাসায়নিক শক্তিকে বিদ্যুতে রূপান্তর (কোনো দহন ছাড়া)।
- **বিক্রিয়া:** $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O + \text{বিদ্যুৎ}$
- **প্রয়োগ:** গ্রিন এনার্জি বাহন (FCEV) এবং পোর্টেবল পাওয়ার সোর্স।
- **পার্থক্য:** ব্যাটারির মতো রিচার্জ করতে হয় না, জ্বালানি থাকলেই বিদ্যুৎ মিলবে।



ইলেকট্রোকেমিক্যাল মেশিনিং (ECM)

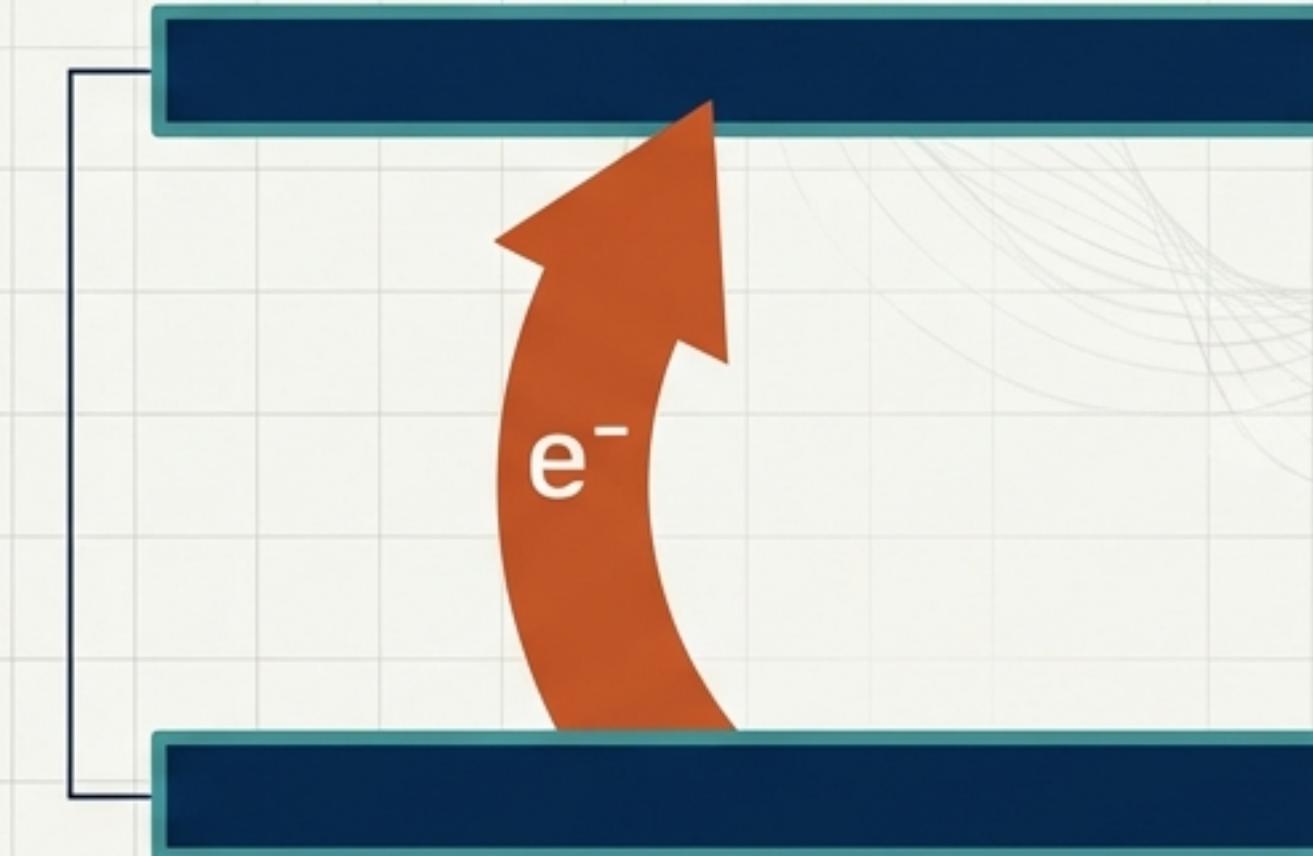
- কৌশল: 'বিপরীত ইলেকট্রোপ্লেটিং' (Reverse Electroplating) - ধাতু জমা না করে ক্ষয় করা হয়।
- সুবিধা:
 - টুল ক্ষয় হয় না (Zero Tool Wear)
 - অত্যন্ত শক্ত ধাতু (যেমন টারবাইন স্লেড) নিখুঁতভাবে কাটা যায়।
 - কোনো তাপীয় বা যান্ত্রিক চাপ সৃষ্টি হয় না।



কোয়ান্টাম সংযোগ

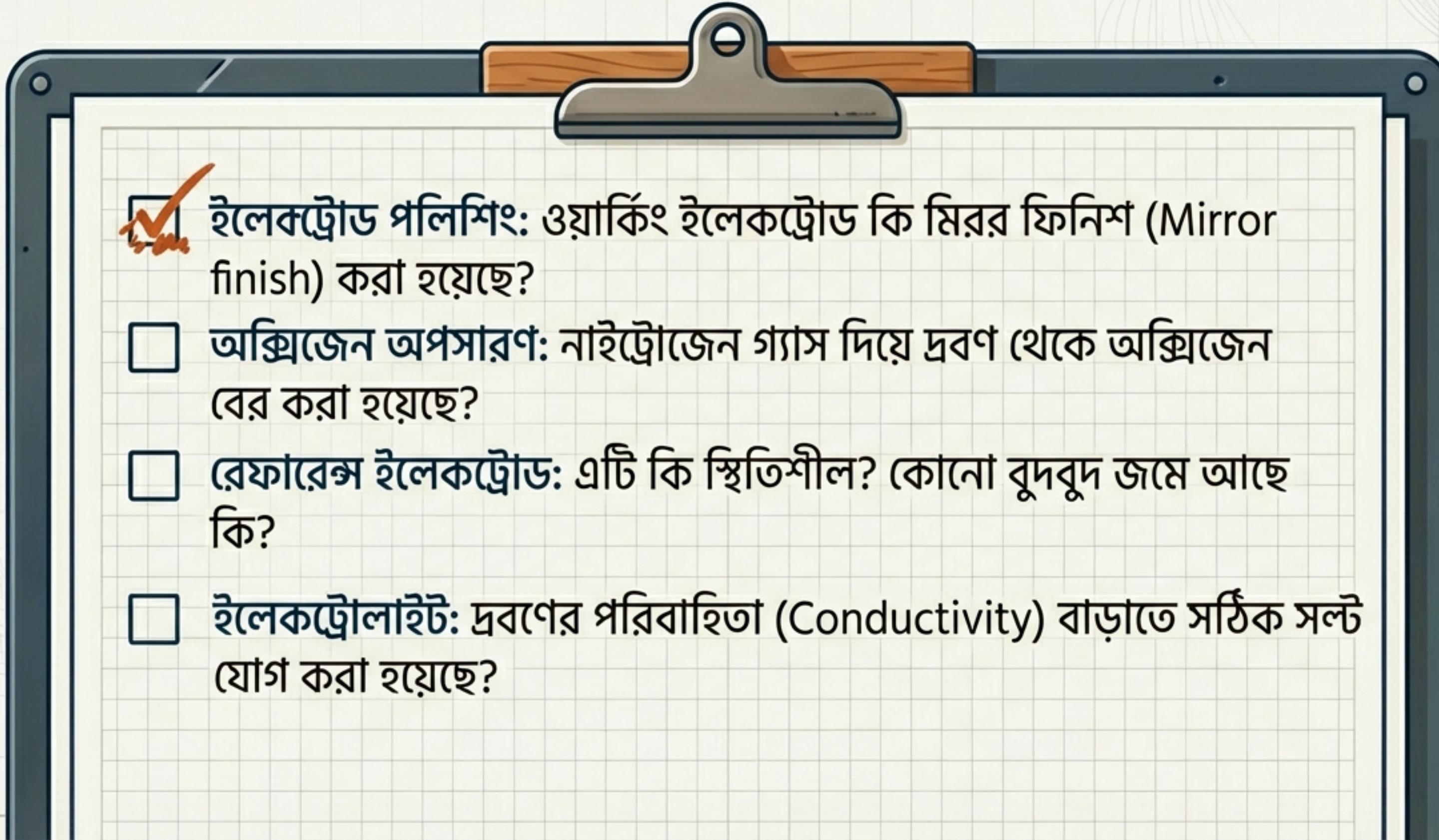
- ইলেকট্রন স্থানান্তর কেবল ভোল্টেজের খেলা নয়, এটি অরবিটাল শক্তির (Orbital Energy) বিষয়।
- অক্সিডেশন ঘটে যখন HOMO থেকে ইলেকট্রন বের হয়।
- রিডাকশন ঘটে যখন LUMO-তে ইলেকট্রন প্রবেশ করে।

LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital)



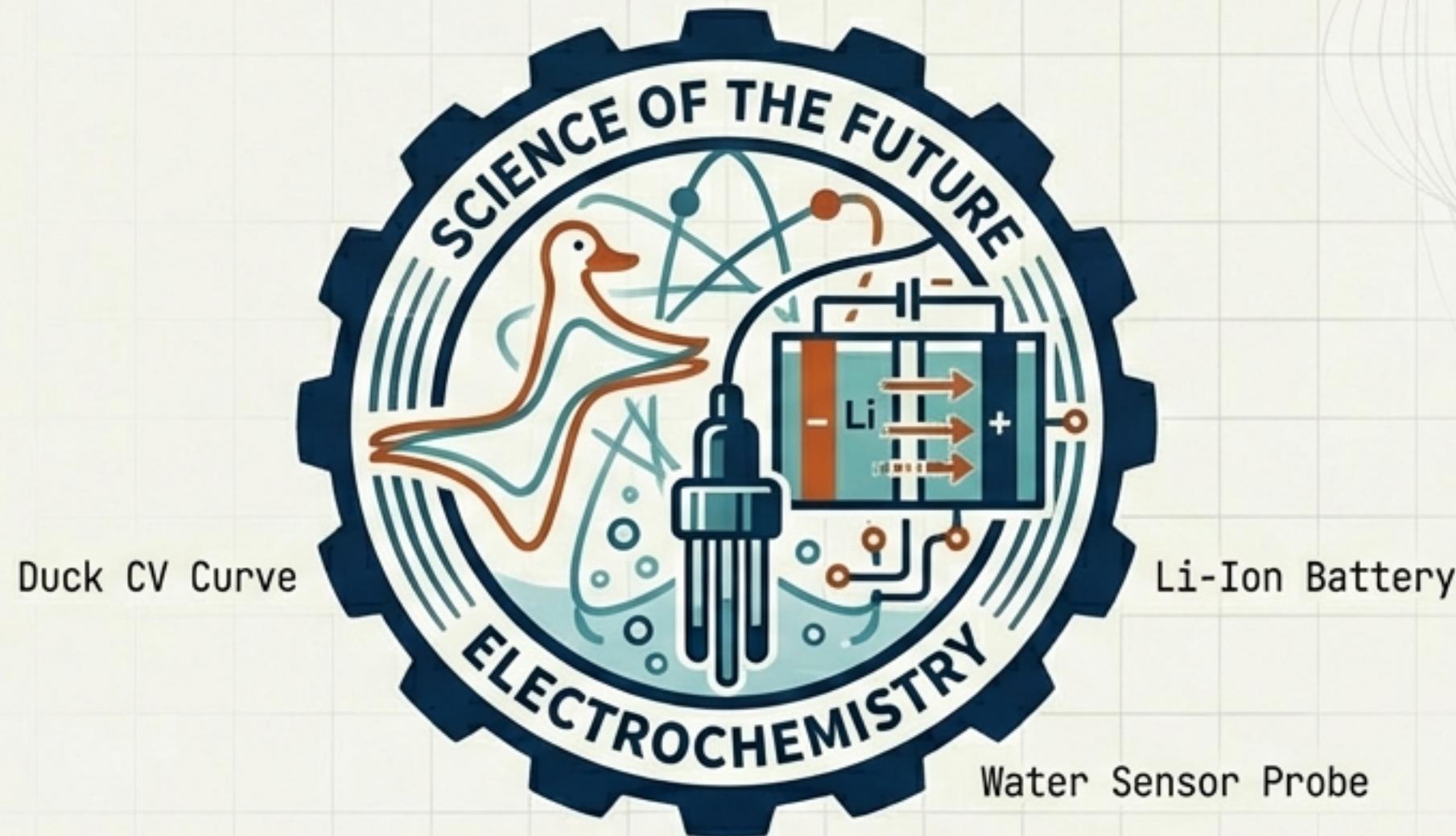
HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital)

ল্যাবরেটরি চেকলিস্ট: এক্সপেরিমেন্ট শুরুর আগে



- ইলেকট্রোড পলিশিং: ওয়ার্কিং ইলেকট্রোড কি মিরর ফিনিশ (Mirror finish) করা হয়েছে?
- অক্সিজেন অপসারণ: নাইট্রোজেন গ্যাস দিয়ে দ্রবণ থেকে অক্সিজেন বের করা হয়েছে?
- রেফারেন্স ইলেকট্রোড: এটি কি স্থিতিশীল? কোনো বুদবুদ জমে আছে কি?
- ইলেকট্রোলাইট: দ্রবণের পরিবাহিতা (Conductivity) বাড়াতে সঠিক সল্ট যোগ করা হয়েছে?

উপসংহার: ইলেকট্রনের জাদুকরী জগত



Duck CV Curve

Li-Ion Battery

Water Sensor Probe

তড়িৎসায়ন কেবল ব্যাটারি নয়; এটি সেন্সর, ন্যানোটেকনোলজি এবং ক্লিন এনার্জির চাবিকাঠি।
একটি সাধারণ ইলেকট্রন স্থানাঞ্চলের ঘটনা বুঝেই আমরা ভবিষ্যতের মৃথিবী গড়তে পারি।

পরবর্তী ধাপ: আপনার নিজস্ব এক্সপ্রিমেন্ট শুরু করুন!

Sources: IIT Kanpur, ACS, Wikipedia, Gamry, Fiveable.