# अध्याय- 3 विद्युत रसायन

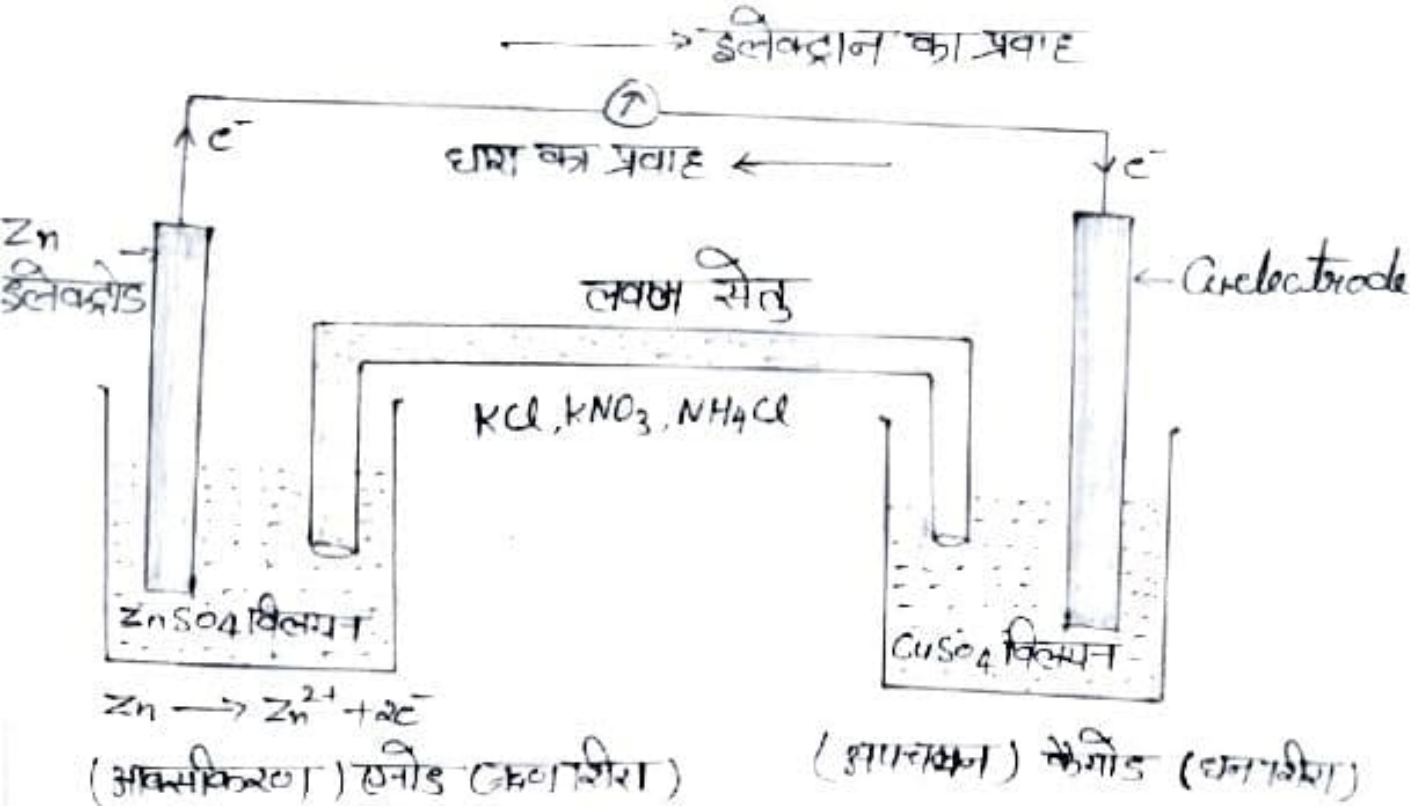


विद्युत रसायन - रसायन विज्ञान की वह शाखा जिसके अन्तर्गत विद्युत एवं रासायनिक ऊर्जा में परस्पर परिवर्तन का अध्ययन किया जाता है विद्युत रसायन कहलाता है।

विद्युत रासायनिक सेल = विद्युत रासायनिक सेल एक ऐसी व्यवस्था है जिसके द्वारा रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है। इस प्रकार के सेल का विद्युत वाहक बल सेल में हो रही रासायनिक अभिक्रियाओं की तीव्रता के समानुपाती होता है।

डेनियल सेल - इसे गैल्वेनिक या वोल्टेइक सेल भी कहते हैं।

संरचना - डेनियल सेल की संरचना को निम्न चित्र में दिखाया गया है।



क्रिया विधि -

ऑक्सीकरण अर्ध सेल विभव (एनोड पर)

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

अपचयन अर्ध सेल विभव (कैथोड)

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

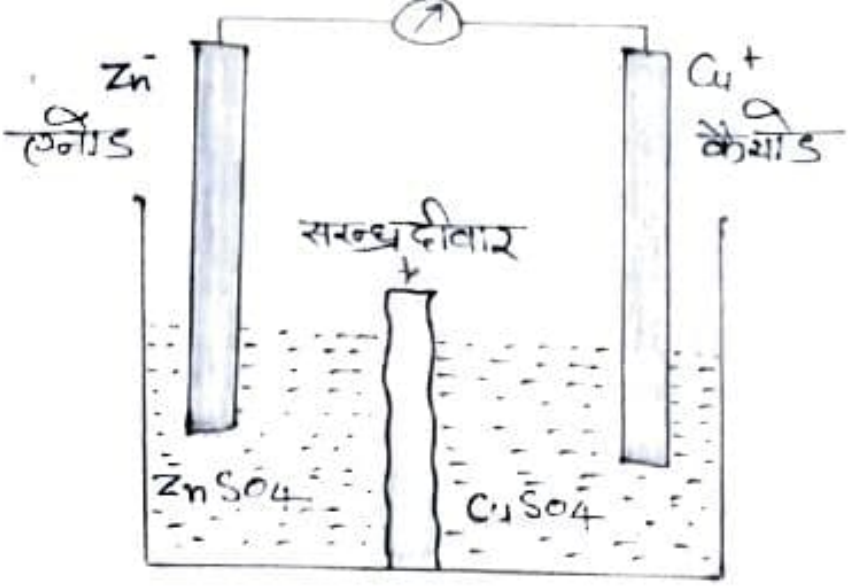
पूर्ण सेल

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

Note (1) लवण सेतु KCl, $KNO_3$, $NH_4Cl$ का बना होता है जो सेल की उदासीनता को बनाए रखता है जिसमे आयनो का पारगमन होता रहता है।

(2) डेनियल सेल में धारा की दिशा Cu से Zn व इलेक्ट्रान की दिशा Zn से Cu की ओर होती है।

(3) सान्द्रता सेल - सान्द्रता सेल एक ऐसी युक्ती है जिसमे एक ही पात्र में भिन्न-भिन्न अपघटयों को सरन्ध्र दीवार से पृथक कर देते है।




सान्द्रता सेल

गैल्वेनिक सेल का निरूपण -

(1) एनोड || कैथोड (लवण सेतु या सरन्ध्र दीवार)

(2) एनोड | कैथोड (सीधे सम्पर्क में)

डेनियल सेल को निम्न प्रकार निरूपित कर सकते है

$Zn \mid Zn^{2+}(C_1) \parallel Cu^{2+}(C_2) \mid Cu$

प्रश्न - $Cu + 2Ag^{+} \longrightarrow Cu^{+2} + 2Ag$ सेल अभिक्रिया में

(i) कौन सा इलेक्ट्रोड ऋणावेशित होगा ?

(ii) इलेक्ट्रोड अभिक्रिया क्या होगी ?

(iii) धारा प्रवाह क्या होगा

हल - $Cu \mid Cu^{+2} \parallel Ag^{+} \mid Ag$

(i) Cu ऋणावेशित होगा

(ii) एनोड - $Cu \longrightarrow Cu^{+2} + 2e^{-}$

कैथोड $2Ag^{+} + 2e^{-} \longrightarrow 2Ag$

(iii) धारा प्रवाह प्रवाह Ag से Cu की ओर

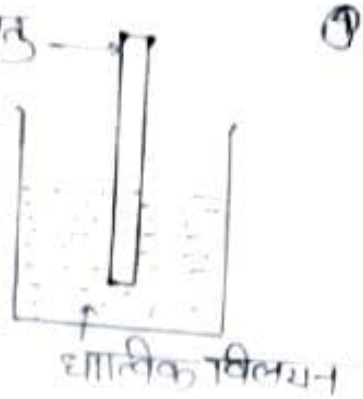
इलेक्ट्रोड विभव - जब धातु की पत्ती को स्वयं इसी के आयन युक्त विलयन में रखा जाता है तो धातु की पत्ती विलयन के सापेक्ष धनावेशित या ऋणावेशित हो जाती है। तथा विलयन में विपरीत आवेश आ जाता है। इस प्रकार धातु की पत्ती तथा इसके विलयन के मध्य एक विभव उत्पन्न हो जाता है जिसे इलेक्ट्रोड विभव कहा जाता है।

आवसीकरण विभव

$M \longrightarrow M^{n+} + ne^-$

अपचयन विभव

$M^{n+} + ne^- \longrightarrow M$






मानक इलेक्ट्रोड विभव - यदि अर्धसेल अभिक्रिया मे प्रयुक्त सभी आयनो की सान्द्रता इकाई तापमान 298K तथा दाब एक वायुमण्डलीय हो तो इलेक्ट्रोड विभव मानक इलेक्ट्रोड विभव कहलाता है।

इलेक्ट्रोड विभव का मापन - किसी सेल मे अर्धसेल विभव की गणना सीधे नही की जा सकती इसके लिए सेल मे दूसरा इलेक्ट्रोड शून्य विभव वाला जोड़ा जाता है जिसे SHE कहतें है। इलेक्ट्रोड विभव का मापन करने के लिए प्रयुक्त शून्य विभव वाले इलेक्ट्रोड को SHE (मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड) कहते है।

SHE की संरचना - एक मोलर सान्द्रता के HCl विलयन को एक पात्र में लेते है। अब प्लेटिनम (Pt) के तार के एक सिरे पर (Pt) धातु की छोटी प्लेट को बुरादा मे लेकर तार कॉच की नली मे सील करके पात्र में लिए गये HCl के एक मोल विलयन मे डुबाते है कॉच की नली मे एक वायुमण्डलीय दाब आवश्यकता अनुसार $H_2$ गैस प्रवाहित एवं उत्सर्जित की जा सकती है।

क्रियाविधि :- यह एनोड व कैथोड व कैथोड दोनो के समान व्यवहार व्यवहार प्रदर्शित कर सकता है

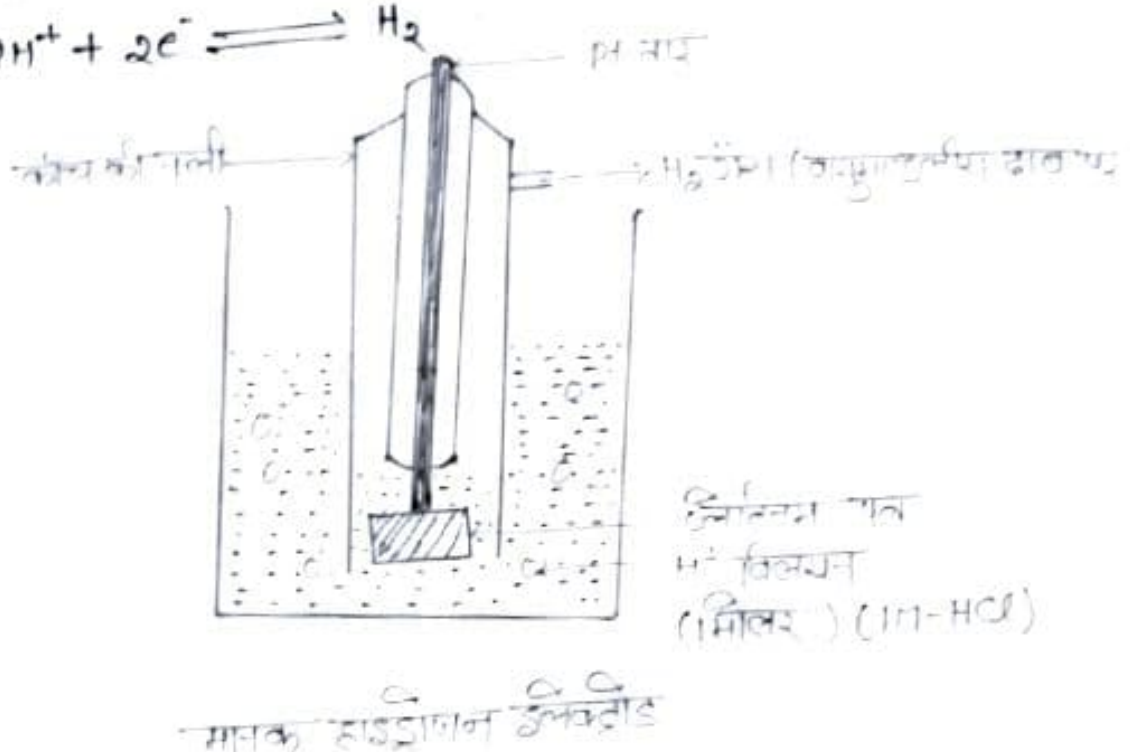
इसके सेल अभिक्रिया उत्क्रमणीय होती है।

एनोड (आक्सीकरण)

$H_2 \rightleftharpoons 2H^+ + 2e^-$

कैथोड (अपचयन)

$2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons H_2$






मानक हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड

Zn (आक्सीकृत होने वाले इलेक्ट्रोड) के विभव का मापन -

दिये गये इलेक्ट्रोड हाइड्रोजन के सापेक्ष आक्सीकृत होते है Zn से इलेक्ट्रान उत्सर्जित होकर H इलेक्ट्रोड की ओर प्रवाहित होंगे। H इलेक्ट्रोड मे $H^+$ आयन इन्हे ग्रहण कर लेंगे।

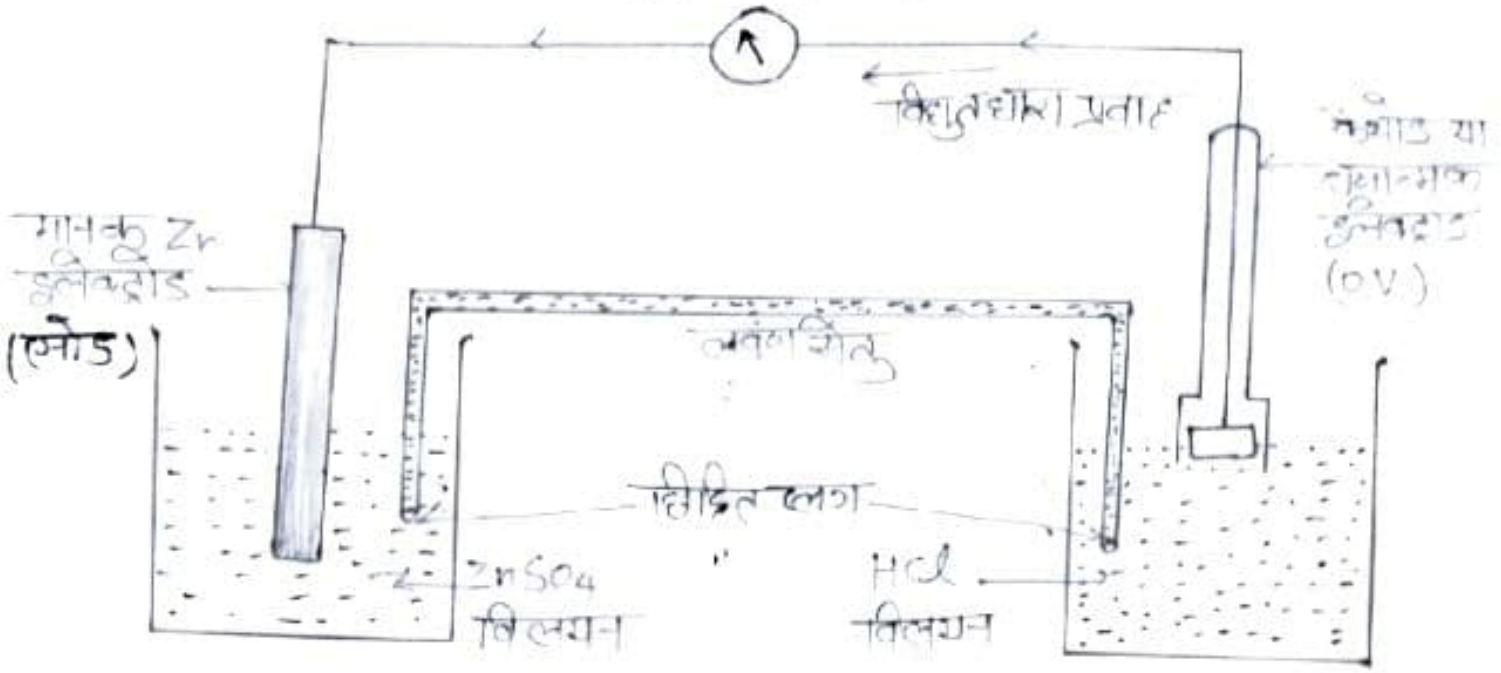
एनोड - $Zn \rightarrow Zn^{+2} + 2e^-$

$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$

$E_{Cell} = E_C - E_A$

$E_{Cell} = 0 - 0.76$

$E_{Cell} = -0.76\,V$




Zn इलेक्ट्रोड के मानक विभव का मापन

Cu (~~अपचयित~~ होने वाले इलेक्ट्रोड) के विभव का मापन

यदि दिया गया इलेक्ट्रोड हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड के सापेक्ष अपचयित होता है तो इलेक्ट्रान हाइड्रोजन अर्ध सेल से उत्सर्जित होकर अपचयित होने वाले अर्ध सेल की दिशा मे प्रवाहित होते है।

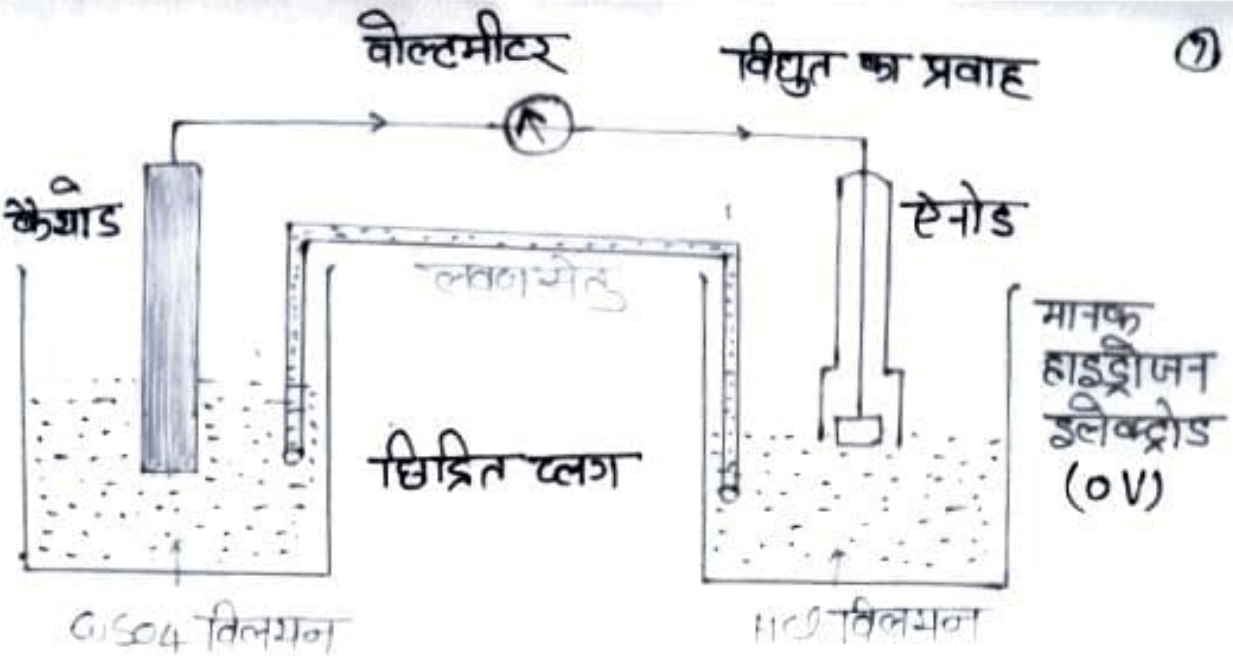
एनोड - $H_2 \rightleftharpoons 2H^+ + 2e^-$

कैथोड - $Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$

$$E_{cell} = E_c - E_A$$

$$E_{cell} = +0.34\,V$$

अपचयित होने वाले इलेक्ट्रोड के लिए, हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड एनोड एवं अपचयित होने वाले इलेक्ट्रोड कैथोड का कार्य करते है।




कापर इलेक्ट्रोड के मानक इलेक्ट्रोड विभव का मापन

विद्युत रासायनिक सेल की समस्यायें -

① सान्द्रता परिवर्तन से इनका विभव स्थिर नहीं रह पाता ।

② इनकी सेल अभिक्रियायें अनुत्क्रमणीय होती है ।

③ इनके ताप गुणांक का मान अधिक होता है ।

## विद्युत वाहक बल का मापन -

मानक वेस्टन सेल :- यह H आकृति का सेल है जिसमे Cd व Hg के इलेक्ट्रोड $CdSO_4$ व $Hg_2SO_4$ के विलयन मे डूबे रहते है तथा शेष भाग मे $CdSO_4$ का संतृप्त विलयन भरा होता है तथा $Hg_2SO_4$ के ऊपर 12.50 % $CdSO_4 \frac{8}{3} H_2O$ का विलयन भरा होता है।

क्रिया विधि - इस सेल में Cd धातु का ऑक्सीकरण व विलयन के $2Hg^+$ आयनो का अपचयन होता है।

एनोड -

$$Cd \longrightarrow Cd^{+2} + 2e^-$$

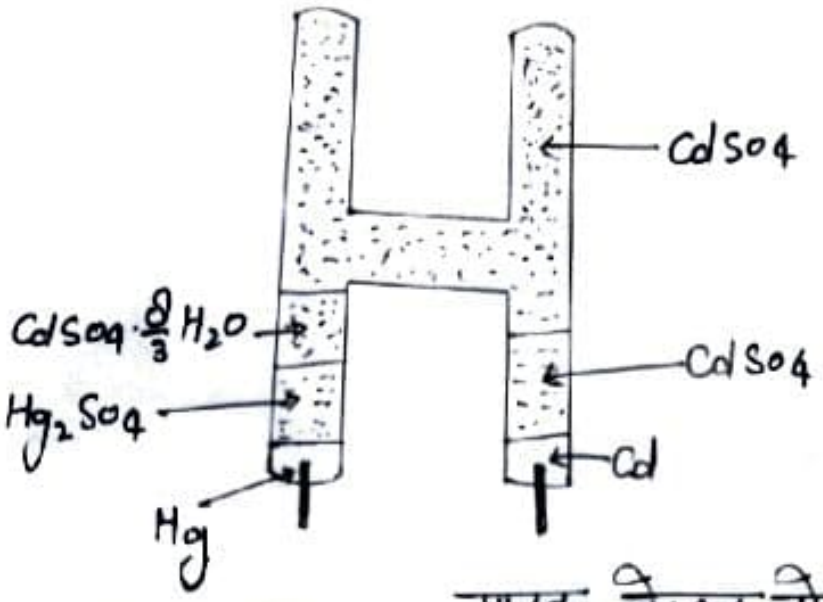
कैथोड -

$$2e^- + Hg_2SO_4 \longrightarrow 2Hg + SO_4^{-2}$$

पूर्ण सेल -

$$Cd + Hg_2SO_4 \longrightarrow 2Hg + Cd^{+2} + SO_4^{-2}$$

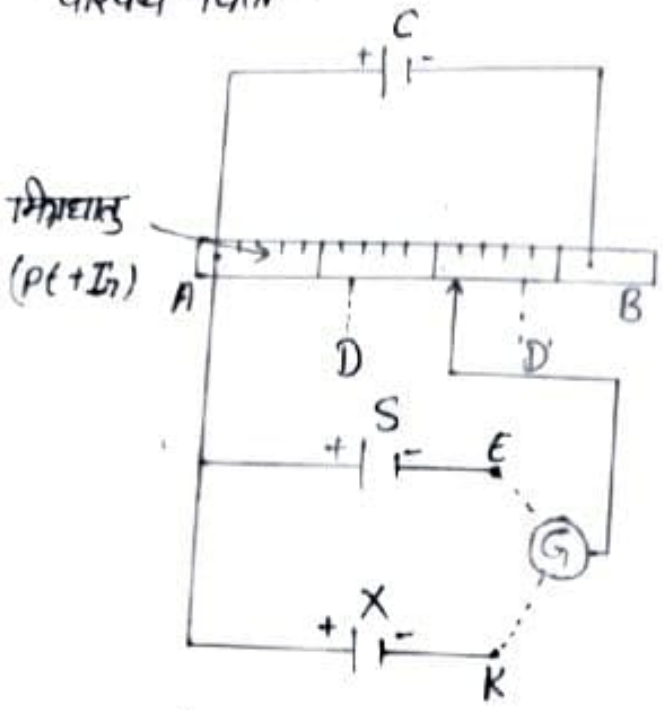
$$Cd + Hg_2SO_4 \longrightarrow 2Hg + CdSO_4$$




मानक वेस्टन सेल

## विभवमापी की सहायता से सेल के विद्युत वाहक बल का मापन

परिपथ चित्र -




C = मानक वेस्टन सेल
S = अज्ञात सेल
X = ज्ञात सेल

कार्यप्रणाली - सर्वप्रथम C और ε के मध्य कुंजी लगाकर परिपथ में धारा प्रवाहित की जाती है जिससे यह वेस्टन सेल के विद्युत वाहक बल का विरोध करती है जिससे गैल्वेनोमीटर में शून्य विक्षेप की स्थिती पर AD लम्बाई प्राप्त होती है इसी प्रकार X सेल को परिपथ में लेकर शून्य विक्षेप की स्थिती पर AD' लम्बाई प्राप्त होती है।

अत:

$$E_S \propto AD$$

$$E_X \propto AD'$$

$$\therefore \quad \frac{E_S}{E_X} = \frac{AD}{AD'}$$

या

$$\boxed{E_S = \frac{AD}{AD'} \times E_X}$$

सेल द्वारा किया गया कार्य - किसी सेल मे प्रवाहित आवेश व सेलकेविभव का गुणनफल किये गये कार्य के बराबर होता है

$$W = nFE_{cell}$$

यहाँ n = इलेक्ट्रानों की संख्या

F = फैराडे = 96500C.

$$E_{cell} = E_C - E_A$$

सेल द्वारा किया गया कार्य गिब्स ऊर्जा मे हानि या कमी के बराबर होता है

अतः $\Delta G = -nFE_{cell}$

मानक गिब्स ऊर्जा $= \Delta G^\circ = -nFE^\circ_{cell}$

(298K, 1Atm, 1M)

नर्नस्ट समीकरण - यह उत्क्रमणीय सेल अभिक्रियाओं के लिए प्रतिपादित किया जाता है।
माना एक उत्क्रमणीय सेल अभिक्रिया निम्न प्रकार है

$$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$$

$$\text{साम्य स्थिरांक}(K) = \frac{[C]^c[d]^d}{[A]^a[B]^b}$$

हम जानते है गिब्स मुक्त ऊर्जा समी०

$$\Delta G = \Delta H + T\Delta S$$

$\Delta H$ = एन्थैल्पी मे परिवर्तन
$\Delta S$ = एन्ट्रोपी में परिवर्तन
$T$ = तापमान

$$\Delta G = \Delta G^\circ + RT \log_e k$$

$$-nFE_{cell} = -nFE^\circ_{cell} + RT \log_e k$$

उपरोक्त समीकरण में $-nF$ का भाग देने पर

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} + \frac{RT}{nF} \cdot \log_e k$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{2.303 RT}{nF} \log_{10} k$$

$\because \log_e = 2.303 \log_{10}$

here $R = 8.314$ $J K^{-1} Mol^{-1}$, $T = 298 K$, $F = 96500 C$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0591}{n} \log_{10} k$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0591}{n} \log_{10} \frac{\text{उत्पाद}}{\text{अभिकारक}}$$

प्रश्न - डेनियल सेल के लिए नर्नस्ट समीकरण की व्युत्पत्ति कीजिए।

हल - $Zn + Cu^{+2} \longrightarrow Zn^{+2} + Cu$

$$k = \frac{[Zn^{+2}][Cu]}{[Cu^{+2}][Zn]}$$

किन्तु $[Zn] = [Cu] = 1$

तब $k = \left[\frac{Zn^{+2}}{Cu^{+2}}\right]$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0591}{2} \log_{10} \frac{Zn^{+2}}{Cu^{+2}}$$

$$\boxed{E_{cell} = E^\circ_{cell} - 0.0295 \log_{10} \frac{Zn^{+2}}{Cu^{+2}}}$$

प्रश्न - यदि कापर इलेक्ट्रोड का मानक इलेक्ट्रोड विभव +0.34 है तो 0.1 M सान्द्रता पर कापर आयन युक्त विलयन के कापर इलेक्ट्रोड का विभव क्या होगा।

हल- $Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0591}{n} \log_{10} \frac{Cu}{Cu^{+2}}$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0591}{2} \log_{10} \frac{1}{0.1}$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - 0.0295 \log_{10} 10$$

$$E_{cell} = 0.34 - 0.0295$$

$$E_{cell} = 0.3105\,V$$

$$\boxed{E_{cell} = 0.31\,V}$$

प्रश्न - माना एक सेल युक्त $Ni \mid Ni^{+2} \parallel Cu^{+2} \mid Cu$ में $Ni \mid Ni^{+2} = 0.25V$, $Cu^{+2} \mid Cu = 0.34\,V$ हो तो सेल विभव का परिकलन कीजिए

हल - $Ni \mid Ni^{+2} = +0.25\,V$ ऑक्सीकरण    $Cu^{+2} \mid Cu = +0.34\,V$ अपचयन

$\Rightarrow Ni^{+2} \mid Ni = -0.25\,V$

हम जानते है $E_{cell} = E_C - E_A$

$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{Cu^{+2}|Cu} - E^\circ_{Ni^{+2}|Ni}$$

$$E^\circ_{cell} = 0.34 - (-0.25)$$

$$\boxed{E^\circ_{cell} = 0.59\ V}$$

प्रश्न - $pH = 10$ के विलयन के सम्पर्क वाले हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड के विभव का परिकलन कीजिए।

हल - $pH = 10$ , $H^+ = 10^{-10}\ M$

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0591}{n} \log_{10} \frac{H_2}{(H^+)^2}$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0591}{2} \log_{10} \frac{1}{10^{-20}}$$

$\log_{10} 10^{20}$

$$E_{cell} = 0 - \frac{0.0591}{2} \times 20$$

$20 \log_{10} 10$

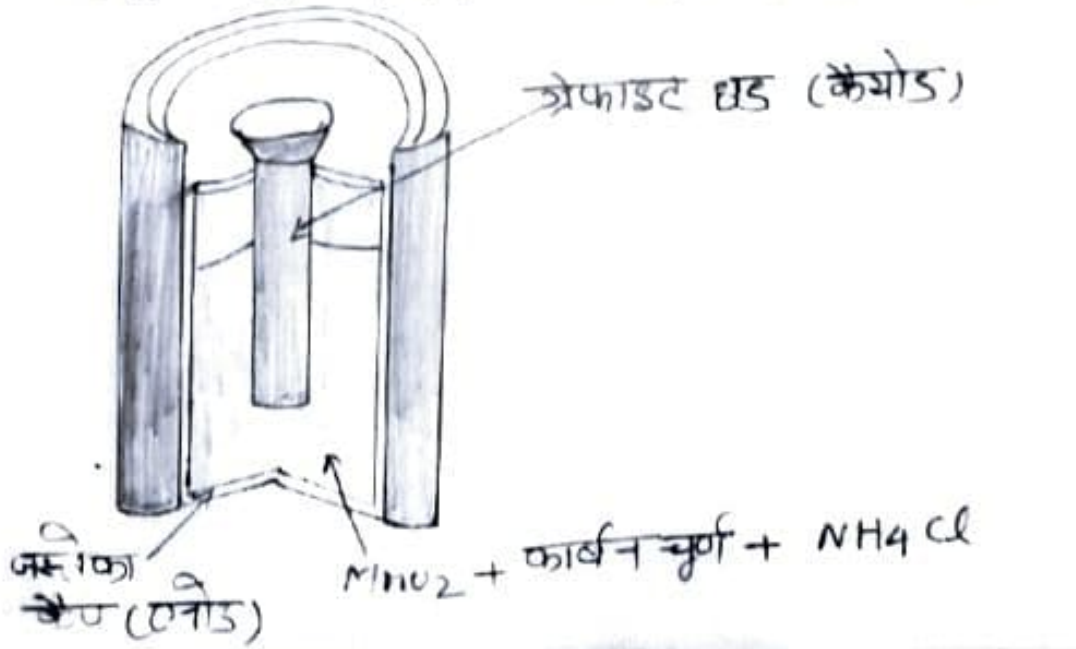
$$\boxed{E_{cell} = -0.591V}$$

बैटरियाँ व्यवसायिक सेल - बैटरियों का प्रयोग ऊर्जा के स्रोत के रूप में किया जाता है। वास्तव में बैटरी में एक से अधिक सेल श्रेणीबद्ध रहते हैं। यह मूलतः एक गैलवेनी सेल है जो रेडाक्स अभिक्रिया की रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदल देता है।
ये मुख्यतः तीन प्रकार के होते है
(i) प्राथमिक सेल (ii) द्वितीयक सेल (iii) ईंधन सेल

प्राथमिक सेल - इस प्रकार के सेल का उपयोग केवल एक बार किया जा सकता है उसके बाद ये निष्क्रीय हो जाती है।

(a) शुष्क सेल - यह सामान्य रूप से रेडियो घड़ियों इत्यादि में उपयोग किया जाता है।

संरचना - इस सेल में जस्ते का एक पात्र होता है जो एनोड का भी कार्य करता है ग्रेफाइट की छड़ जो चारो ओर $MnO_2$ तथा कार्बन के मिश्रण से घीरी रहती है कैथोड का कार्य करती है। इलेक्ट्रोडो के बीच का स्थान अमोनियम क्लोराइड ($NH_4Cl$) एवं जिंक क्लोराइड ($ZnCl_2$) के नम पेस्ट से भरा रहता है



$$E^\circ_{cell} = E^\circ_{Cu^{+2}|Cu} - E^\circ_{Ni^{+2}|Ni}$$

$$E^\circ_{cell} = 0.34 - (-0.25)$$

$$\boxed{E^\circ_{cell} = 0.59\ V}$$

प्रश्न - $pH = 10$ के विलयन के सम्पर्क वाले हाइड्रोजन इलेक्ट्रोड के विभव का परिकलन कीजिए।

हल - $pH = 10$ , $H^+ = 10^{-10}\ M$

$$2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0591}{n} \log_{10} \frac{H_2}{(H^+)^2}$$

$$E_{cell} = E^\circ_{cell} - \frac{0.0591}{2} \log_{10} \frac{1}{10^{-20}} \qquad \log_{10} 10^{20}$$

$$E_{cell} = 0 - \frac{0.0591}{2} \times 20 \qquad 20 \log_{10} 10$$

$$\boxed{E_{cell} = -0.591\ V}$$

इलेक्ट्रोड अभिक्रिया -

एनोड
$$Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^-$$

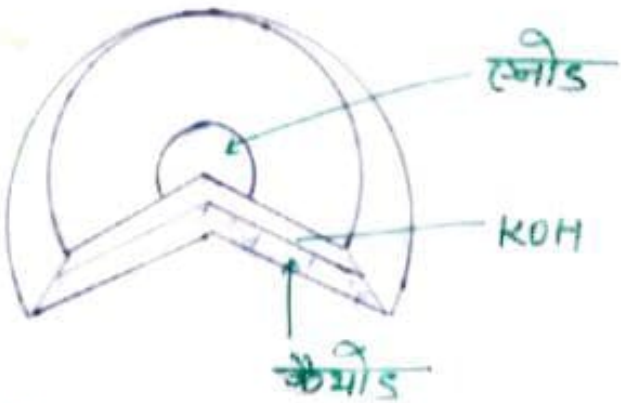
कैथोड
$$MnO_2 + NH_4^+ + e^- \longrightarrow MnO(OH) + NH_3$$

पूर्ण सेल
$$Zn + NH_4^+ + MnO_2 \longrightarrow MnO(OH) + Zn^{+2} + NH_3$$

अभिक्रिया में अमोनिया गैस के रूप में मुक्त नहीं होती बल्कि $Zn^{+2}$ के साथ संयुक्त होकर $Zn(NH_3)_4^{+2}$ आयन बनाती है।

**(6) मरकरी सेल** - यह विद्युत की कम मात्रा की आवश्यकता वाले युक्तियों के लिए उपयुक्त है।

इसमें जिंक मरकरी अमलगम एनोड का तथा HgO एवं कार्बन का पेस्ट कैथोड का कार्य करता है। KOH एवं ZnO का पेस्ट विद्युत अपघट्य होता है।






इलेक्ट्रोड अभिक्रिया -

एनोड
$$Zn \longrightarrow Zn^{+2} + 2e^-$$
$$Zn^{+2} + 2OH^- \longrightarrow ZnO + H_2O$$
$$Zn + 2OH^- \longrightarrow ZnO + H_2O + 2e^-$$

कैथोड

$$H_2O + 2e^- + HgO \longrightarrow Hg + 2OH^-$$

पूर्ण सेल

$$Zn + HgO \longrightarrow ZnO + Hg$$

द्वितीयक या संचायक सेल - संचायक से एक से अधिक बार प्रयोग में लाया जा सकता है।

सीसा संचायक सेल - सीसा संचायक सेल सामान्यता वाहनों एवं इन्वर्टरों में प्रयोग किया जाता है। इसमें एनोड लैड का बना होता है तथा कैथोड लैड डाई आक्साइड ($PbO_2$) से भरे हुये लैड का ग्रिड होता है। 38% सल्फ्यूरिक अम्ल का विलयन विद्युत अपघट्य का कार्य करता है।

क्रिया विधि - इसकी क्रिया विधि को दो भागों में बाटा जा सकता है।

(1) डिस्चार्जिंग - बैटरी से धारा लेते समय डिस्चार्जिंग क्रिया सम्पन्न होती है।

एनोड -

$$Pb \longrightarrow Pb^{+2} + 2e^-$$

$$Pb^{+2} + SO_4^{-2} \longrightarrow PbSO_4$$

---

$$Pb + SO_4^{-2} \longrightarrow PbSO_4 + 2e^-$$

कैथोड

$$2e^- + PbO_2 \longrightarrow Pb^{+2} + 2O^{-2}$$

$$Pb^{+2} + 2O^{-2} + SO_4^{-2} + 4H^+ \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

---

$$PbO_2 + 2e^- + SO_4^{-2} + 4H^+ + \longrightarrow PbSO_4 + 2H_2O$$

पूर्ण सेल अभिक्रिया -

$$Pb + SO_4^{-2} + PbO_2 + SO_4^{-2} + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow PbSO_4 + 2e^- + PbSO_4 + 2H_2O$$

$$Pb + SO_4^{-2} + PbO_2 + SO_4^{-2} + 4H^+ \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

$$Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2 \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

(ii) चार्जिंग क्रिया - इस क्रिया में बैटरी को बाह्य परिपथ से धारा दी जाती है अतः चार्जिंग क्रिया विद्युत अपघटनी सेल पर आधारित होती है

कैथोड

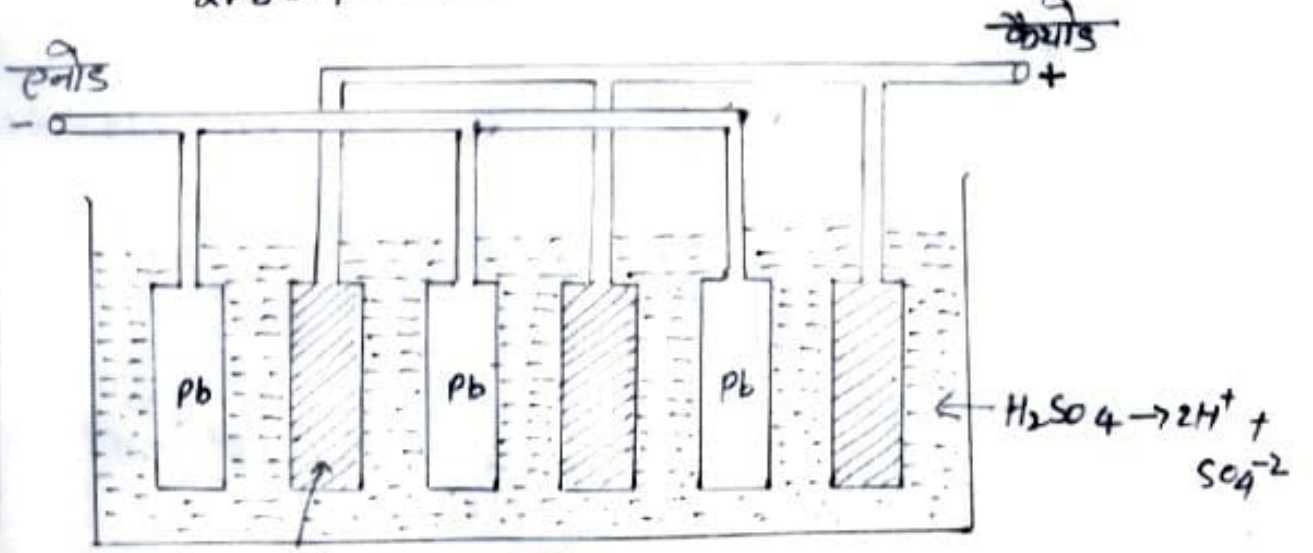
$$PbSO_4 + 2H_2O \longrightarrow PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{-2} + 2e^-$$

एनोड

$$PbSO_4 + 2e^- \longrightarrow Pb + SO_4^{-2}$$

पूर्ण सेल

$$2PbSO_4 + 2H_2O \longrightarrow Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2$$




सीसा संचायक बैटरी

निकैल कैडमियम सेल - इसकी कार्यविधि सीसा संचायक सेल से अधिक होती है। इसमें कैडमियम का एनोड तथा निकिल हाइड्राक्साइड का कैथोड लगा होता है तथा इनके मध्य क्षारीय माध्यम भरा होता है।

क्रिया विधि -

Discharging

एनोड

$$Cd \longrightarrow Cd^{+2} + 2e^-$$

$$Cd^{+2} + 2OH^- \longrightarrow CdO + H_2O$$

$$Cd + 2OH^- \longrightarrow CdO + H_2O + 2e^-$$

कैथोड

$$2e^- + 2Ni(OH)_3 \longrightarrow 2Ni(OH)_2 + 2OH^-$$

पूर्ण सेल

$$Cd + 2Ni(OH)_3 \longrightarrow 2Ni(OH)_2 + CdO + H_2O$$

Charging

कैथोड

$$2Ni(OH)_2 + 2OH^- \longrightarrow 2Ni(OH)_3 + 2e^-$$

एनोड

$$CdO + H_2O + 2e^- \longrightarrow Cd + 2OH^-$$

पूर्ण सेल

$$2Ni(OH)_2 + CdO + H_2O \longrightarrow 2Ni(OH)_3 + Cd.$$

पूर्ण सेल अभिक्रिया -

$$Pb + SO_4^{-2} + PbO_2 + SO_4^{-2} + 4H^+ + 2e^- \longrightarrow PbSO_4 + 2e^- + PbSO_4 + 2H_2O$$

$$Pb + SO_4^{-2} + PbO_2 + SO_4^{-2} + 4H^+ \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

$$Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2 \longrightarrow 2PbSO_4 + 2H_2O$$

(ii) चार्जिंग क्रिया - इस क्रिया में बैटरी को वाह्य परिपथ से धारा दी जाती है अतः चार्जिंग क्रिया विद्युत अपघटनी सेल पर आधारित होती है

कैथोड

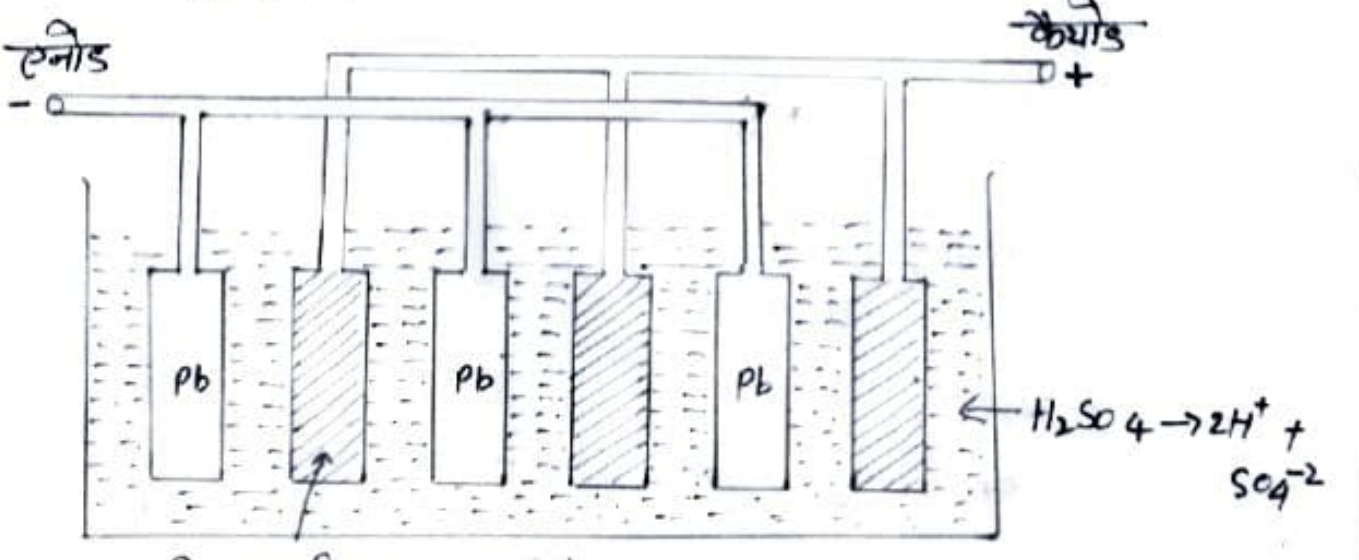
$$PbSO_4 + 2H_2O \longrightarrow PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{-2} + 2e^-$$

एनोड

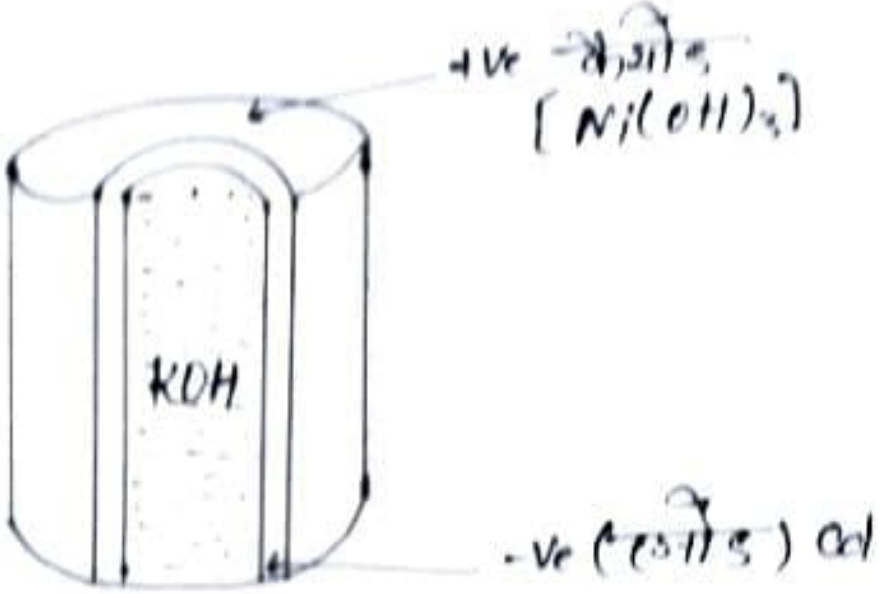
$$PbSO_4 + 2e^- \longrightarrow Pb + SO_4^{-2}$$

पूर्ण सेल

$$2PbSO_4 + 2H_2O \longrightarrow Pb + 2H_2SO_4 + PbO_2$$



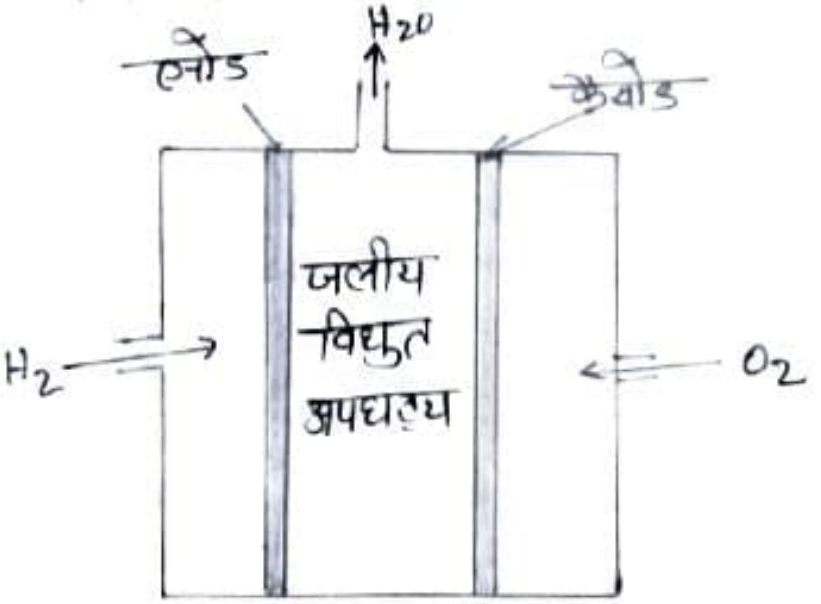

सीसा संचायक बैटरी



निकेल केडमियम सेल

ईंधन सेल - ऐसा सेल जिसमें हाइड्रोजन मेथेन एवं मेथेनॉल जैसे ईंधनों की दहन ऊर्जा को सीधे विद्युत ऊर्जा में परिवर्तित किया जाता है, ईंधन सेल कहलाता है। इस सेल में ईंधन को सेल के अन्दर नहीं रखा जाता बल्कि बाह्य स्रोतों से सेल की ईंधन की सतत आपूर्ति करायी जाती है।

हाइड्रोजन आक्सीजन ईंधन सेल - एक बड़े पात्र में ग्रेफाइट के एनोड व कैथोड लगाकर मध्य में क्षारीय माध्यम (NaOH या KOH) भरा जाता है जिसमें एनोड की ओर से हाइड्रोजन गैस एवं कैथोड की ओर से आक्सीजन गैस प्रवेश करायी जाती है




$H_2$-$O_2$ ईंधन सेल

~~अभिक्रिया समीकरण~~

एनोड पर $2H_2 \longrightarrow 4H^+ + 4e^-$

$4H^+ + 4OH^- \rightleftharpoons 4H_2O$

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

कैथोड पर

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

कुल अभिक्रिया

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

संक्षारण - प्रकृति मे जब धातुऐं, कार्बोनेट, आक्साइड, नाइट्रेट सल्फेट आदि लवणों का निर्माण करके धीरे धीरे नष्ट हो जाती है तो इस क्रिया को संक्षारण कहते है।
संक्षारण दो प्रकार के होते है -
(1) रासायनिक संक्षारण
(2) विद्युत रासायनिक संक्षारण

उदाहरण - लोहे में जंग का निर्माण विद्युत रासायनिक संक्षारण से होता है अर्थात लोहे में जंग लगना एक सेल अभिक्रिया है।
सर्व प्रथम लोहे मे जल के $H^+$ आयनो के कारण Fe का $Fe^{+2}$ मे आक्सीकरण हो जाता है जिसे एनोड अभिक्रिया कहते है।

$$2Fe \longrightarrow Fe^{+2} + 4e^- \qquad E = -0.44V$$

एनोड से निष्कासित इलेक्ट्रान आक्सीजन का अपचयन करते है जिसे कैथोड अभिक्रिया कहते है।

$$4e^- + 4H^+ + O_2 \longrightarrow 2H_2O \qquad E = +1.23V$$

उपरोक्त दोनो अभिक्रियाओं के आधार पर लोहे मे जंग लगना एक सेल अभिक्रिया होती है

$$2Fe + 4H^+ + O_2 \longrightarrow 2Fe^{+2} + 2H_2O$$

$$E_{cell} = 1.67V$$

लोहे मे पूर्ण अपचयन/ऑक्सीकरण अभिक्रिया से बने $Fe^{+2}$ आयन का ऑक्सीजन की उपस्थिती में $Fe^{+3}$ आयन मे ऑक्सीकरण हो जाता है जिससे लाल भूरे पाउडर का निर्माण होता है जिसे जंग कहा जाता है

$$4Fe^{+2} + xH_2O + 3O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3 \cdot xH_2O$$

लाल भूरा पाउडर

संक्षारण के उपाय - किसी धातु को संक्षारण से बचाने के लिए अधिक क्रियाशील धातु का लेप किया जाता है जैसे- लोहे को संक्षारण से बचाने के लिए Zn, Al, Sn धातु का लेप किया जाता है।

विद्युत अपघटनी सेल - जब विद्युत ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा मे परिवर्तित किया जाता है तो उसे अपघटनी सेल कहते है। अपघटनी सेल मे धारा का प्रवाह चालकता कहलाता है अतः चालकता दो प्रकार के होते हैं।

धात्विक चालक -

① इसमे धारा प्रवाह इलेक्ट्रान की सहायता से होता है

② इसमे रासायनिक परिवर्तन नही होता

③ इसमे पदार्थ का प्रवाह नही होता

④ ताप बढाने पर चालकता घटती है।

विद्युत अपघटनी चालक -

① धारा प्रवाह आयनो की सहायता से होता है।

② इसमें रासायनिक परिवर्तन होते है।

③ इसमे पदार्थ का प्रवाह होता है (आयन)

④ ताप बढाने पर चालकता बढती है (आयनों की गति बढने के कारण)

विद्युत अपघट्य - वे रसायनिक पदार्थ जो धारा प्रवाह से आयनित हो जाते हैं, अपघट्य कहलाते हैं। ये दो प्रकार के होते हैं।

① प्रबल विद्युत अपघट्य

i ये पूर्ण आयनीत हो जाते हैं।

ii ये कम मात्रा में भी 100% आयनीत हो जाते हैं

$HCl$, $H_2SO_4$, $NaCl$, $Na_2SO_4$, $NaOH$ आदि।

② दुर्बल विद्युत अपघट्य

i ये धारा प्रवाह से पूर्ण आयनीत नही होते।

ii ये तनुता बढ़ाने पर धीरे-धीरे आयनीत होते हैं।

$CH_3COOH$, $NH_4OH$, $CH_3COONH_4$

[redacted]

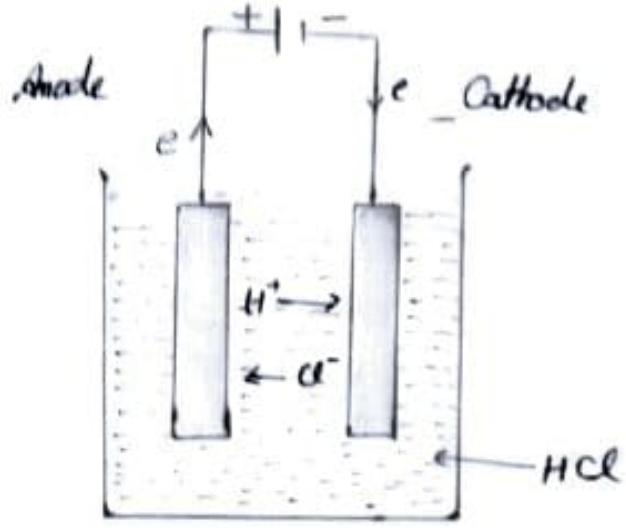
अपघटनी सेल - यह एक स्वतः अपरिवर्तित प्रकृति का सेल है जिसमे गिब्स मुक्त ऊर्जा का मान अधिक होता है। अर्थात $\Delta G = +ve$

संरचना - विद्युत अपघटन की प्रक्रिया जिस पात्र मे होती है उसे वोल्टामीटर कहते हैं। एक वोल्टामीटर में $HCl$ अपघट्य भरकर एनोड व कैथोड की छड़े लगाकर सेल से धारा प्रवाहित की जाती है। एनोड पर आक्सीकरण व कैथोड पर अपचयन से पदार्थ की मात्रा प्राप्त होती है।

क्रिया विधि -

एनोड - $Cl^- \longrightarrow \frac{1}{2}Cl_2 + 1e^-$

कैथोड - $H^+ + 1e^- \longrightarrow \frac{1}{2}H_2$




फैराडे के विद्युत अपघटन के नियम - अपघटनी सेल में अपघट्यों की मात्रा का अध्ययन फैराडे के निम्न दो नियमों से किया जाता है

प्रथम नियम - इस नियम के अनुसार इलेक्ट्रोड से मुक्त हुये या इलेक्ट्रोड पर एकत्रित होने वाले पदार्थ की मात्रा विद्युत अपघट्य में से प्रवाहित आवेश के समानुपाती होता है।

माना Q कूलाम आवेश प्रवाहित होने पर एकत्रित पदार्थ की मात्रा m है तो

$$m \propto Q$$

$$\boxed{m = zQ}$$ , z = विद्युत रासायनिक तुल्यांक

$$\boxed{m = zit}$$ $\because Q = it$

यदि i = 1A तथा t = 1sec होतो -

$$\boxed{m = z}$$

अतः यदि किसी विद्युत अपघट्य में 1 एम्पियर की धारा एक सेकण्ड के लिए प्रवाहित की जाए तो प्राप्त पदार्थ की मात्रा विद्युत रासायनिक तुल्यांक के बराबर होती है।

द्वितीय नियम - "जब विद्युत धारा की समान मात्रा विभिन्न विद्युत अपघट्यों में प्रवाहित की जाती है तो इलेक्ट्रोडों पर मुक्त मात्रायें उनके तुल्यांकी भार या विद्युत रासायनिक तुल्यांक के बराबर होते है।"

माना भिन्न-भिन्न अपघट्यों को श्रेणीक्रम में जोड़ने पर प्राप्त मात्रायें $m_1, m_2, m_3$ तथा इनके तुल्यांकी भार $E_1, E_2, E_3$ है तब

द्वितीय नियम से

$$m = E$$

अतः $m_1 = E_1$ — ①

$m_2 = E_2$ — ②

$m_3 = E_3$ — ③

समी० ① एवं ② से

$$\boxed{\frac{m_1}{m_2} = \frac{E_1}{E_2}} \quad \text{— ④}$$

समी० ② एवं ③ से

$$\boxed{\frac{m_2}{m_3} = \frac{E_2}{E_3}} \quad \text{— ⑤}$$

हम जानते है कि $m = zit$

तब समी० ④ से

$$\frac{z_1 it}{z_2 it} = \frac{E_1}{E_2} \quad \text{या} \quad \frac{z_1}{z_2} = \frac{E_1}{E_2}$$

अतः किसी तत्व का विद्युत रासायनिक तुल्यांक ($z$) उसके तुल्यांकी भार ($E$) के समानुपाती होता है

$$z \propto E \quad \text{या} \quad E \propto z$$

$$\text{या} \quad Fz = E$$

या $z = \frac{E}{F}$

$F$ = फैराडे नियतांक = 96500 C

अतः हम कह सकते है कि 96500 कूलाम आवेश प्रवाहित करने पर प्राप्त तुल्यांकी भार विद्युत रासायनिक तुल्यांक कहलाता है

प्रथम नियम से $m = zit \Rightarrow z = \frac{m}{it}$

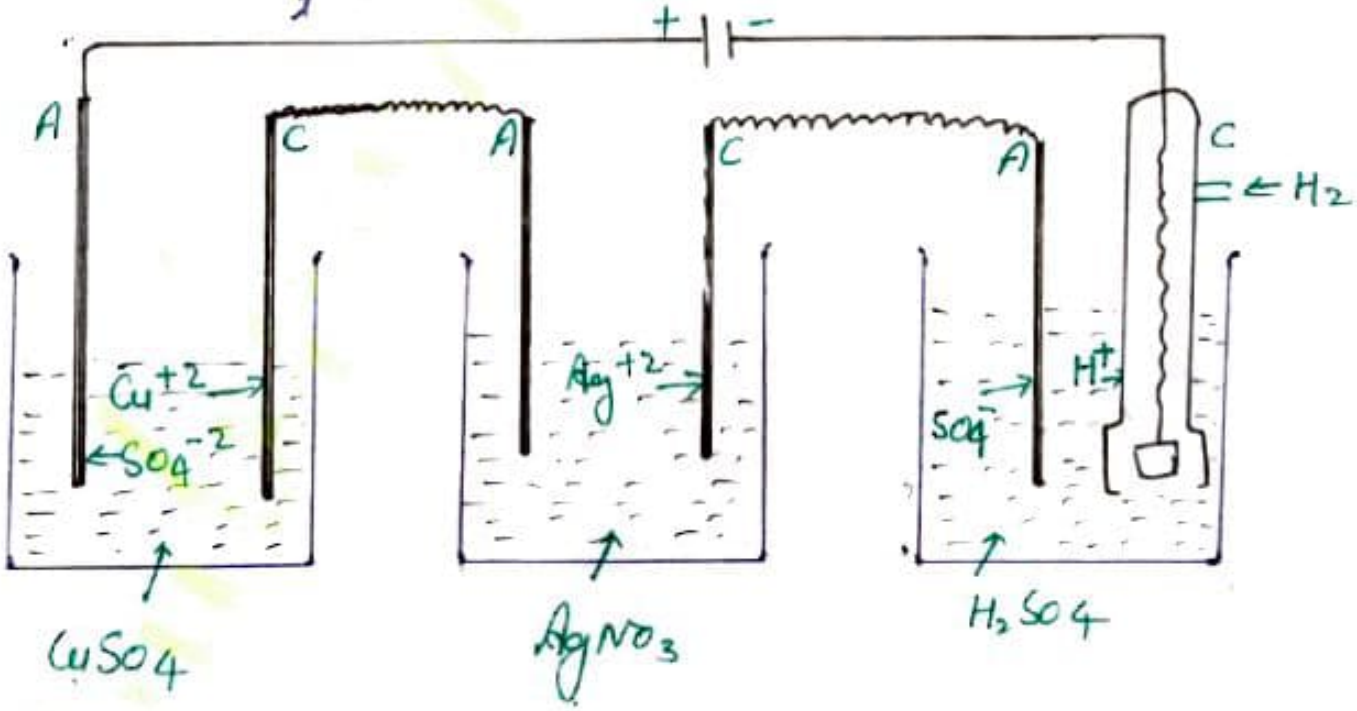
$$\therefore \quad \boxed{m = \frac{E \times it}{96500}}$$

$m$ = एकत्रित पदार्थ की मात्रा

$E$ = तुल्यांकी भार

$i$ = धारा (एम्पियर)

$t$ = समय



प्रश्न- $Cr_2O_7^{-2} \longrightarrow Cr^{+3}$ मे कितने कूलाम धारा की आवश्यकता होगी ?

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

$+6$

$-2 \quad +14$

$= +12 - 6$

$= +6$

अतः धारा = 6F

$= 6 \times 96500$

$= 579000\ C$

प्रश्न- कापर सल्फेट के विलयन मे 1.5 एम्पियर धारा 10 मिनट तक देने पर कैथोड पर कापर का द्रव्यमान क्या होगा ?

हल- $m = Zit$

$m = \frac{E \times it}{96500}$

$Cu^{+2} + 2e^- \longrightarrow Cu$

$m = \frac{E \times it}{2 \times 96500}$

$= \frac{63 \times 1.5 \times \cancel{600}^{3}}{\cancel{2} \times 965\cancel{00}} = \frac{63 \times 4.5}{965}$

$= \frac{283.5}{965} = 0.293\ gm$

विद्युत अपघटनी विलयनों की चालकता - किसी विद्युत अपघट्य की जलीय विलयन में विद्युत धारा को प्रवाहित करने की क्षमता उसका विद्युत अपघटनी चालकता कहलाती है। यह चालक के प्रतिरोध के व्युत्क्रमानुपाती होती है अतः

$$C = \frac{1}{R} \quad \text{— (i)}$$

ओम के नियम से $V = IR$

या $R = \frac{V}{I}$ — (ii)

समी० (i) एवं (ii) से

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

चालकता का मात्रक = $\Omega^{-1}$ या म्हो

SI = सीमेन्स

किसी विद्युत अपघट्य के विलयन का चालकत्व उस विलयन में प्रवाहित होने वाली उस विद्युत धारा के समान होता है जो इलेक्ट्रोडों के मध्य एक वोल्ट विभवान्तर के कारण उत्पन्न होता है

विशिष्ट चालकता - विशिष्ट प्रतिरोध का व्युत्क्रम विशिष्ट चालकता कहलाती है इसे कप्पा (k) से प्रदर्शित करते है।

$$k = \frac{1}{\rho}$$

विद्युत अपघट्यों के विलयन की स्थिति में धारा के प्रवाह के लिए विलयन द्वारा डाला गया प्रतिरोध

(i) इलेक्ट्रोडों के बीच की दूरी ($l$) के समानुपाती होता है

$R \propto l$ — (i)

(ii) इलेक्ट्रोडो की अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती होता है

$$R \propto \frac{1}{A} \quad \text{—— (ii)}$$

समीकरण (i) एवं (ii) से

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

जहाँ $\rho$ = विशिष्ट प्रतिरोध

$$\text{अतः } \rho = \frac{RA}{l}$$

$$\therefore \quad \frac{1}{\rho} = \frac{l}{RA} \qquad \because \frac{1}{R} = C$$

$$K = \frac{l}{RA}$$

$$\text{या} \quad \boxed{K = \frac{C\,l}{A}}$$

$$\text{इकाई} = \frac{\text{म्हो सेमी}}{\text{सेमी}^2} = \text{म्हो / सेमी}$$

**मोलर चालकता** – एक मोल प्रतिलीटर सान्द्रता के विलयन उत्पन्न विशिष्ट चालकता मोलर चालकता ($\Lambda_m$) कहलाती है। इसकी इकाई ओम$^{-1}$ सेमी$^{2}$ तुल्यांक$^{-1}$ या म्हो समी$^{2}$ मोल$^{-1}$

$$\Lambda_m = K \times \frac{1000}{C\ (\text{सान्द्रता})}$$

तुल्यांकी चालकता ($\lambda_{eq}$) - एक ग्राम तुल्यांकी प्रतिलीटर सान्द्रता के विलयन में उत्पन्न विशिष्ट चालकता तुल्यांकी चालकता कहलाती है। इसका मात्रक ओम$^{-1}$ सेमी$^{2}$ तुल्यांक$^{-1}$ या म्हो सेमी$^{2}$ तुल्यांक$^{-1}$।

$$\lambda_{eq} = K \times \frac{1000}{C\,(\text{नार्मलता})}$$

प्रश्न - 298 K ताप पर 0.2 M KCl की चालकता 0.0248 म्हो है तो मोलर चालकता की गणना कीजिए

हल

$K = 0.0248$ म्हो सेमी$^{-1}$

$C = 0.2$ M

$\lambda_m = 0.0248 \times \frac{1000}{0.2}$ म्हो सेमी$^{2}$ मोल$^{-1}$

$= 124$ म्हो सेमी$^{2}$ मोल$^{-1}$

प्रश्न - 0.001 M KCl विलयन युक्त चालकता सेल का प्रतिरोध 1500 Ω है। तो सेल स्थिरांक का निर्धारण कीजिए यदि विलयन की विशिष्ट चालकता का मान $0.146 \times 10^{-3}$ म्हो सेमी$^{-1}$ है।

हल -

$K = 0.146 \times 10^{-3}$

$C = 0.001$ M

सेल स्थिरांक $= \frac{K}{C} = \frac{0.146 \times 10^{-3}}{\frac{1}{R}}$

$= 0.146 \times 10^{-3} \times 1500$

$= 0.2190$ cm$^{-1}$

**कोलराउस का नियम** - इस नियम के अनुसार, अनन्त तनुता पर जब वियोजन पूर्ण होता है तो विद्युत अपघट्य की तुल्यांकी चालकता में प्रत्येक आयन अपना निश्चित योगदान देता है।

$$\lambda_{eq}^{\circ} = \lambda_{eq+}^{\circ} + \lambda_{eq-}^{\circ}$$

दूसरे शब्दों में, किसी विद्युत अपघट्य की मोलर चालकता ($\Lambda_m^{\circ}$) अनन्त तनुता पर विद्युत अपघट्यों द्वारा दिये जाने वाले धनायनों तथा ऋणायनों की आयनिक चालकताओं का योग होती है

$$\Lambda_m^{\circ} = \lambda_+^{\circ} + \lambda_-^{\circ}$$

या $$\Lambda_m^{\circ} = n_+\lambda^{\circ} + n_-\lambda^{\circ}$$

उदाहरण - $\Lambda^{\circ}_{CH_3COOH} = \lambda^{\circ}_{H^+} + \lambda^{\circ}_{CH_3COO^-}$

$\Lambda^{\circ}_{NaCl} = \lambda^{\circ}_{Na^+} + \lambda^{\circ}_{Cl^-}$

$\Lambda^{\circ}_{BaCl_2} = \lambda^{\circ}_{Ba^{+2}} + 2\lambda^{\circ}_{Cl^-}$

## कोलराउस नियम का उपयोग -

1- **दुर्बल अपघट्य की चालकता का मापन** - किसी प्रबल अपघट्य की चालकता को प्रत्यक्ष ज्ञात किया जा सकता है अतः प्रबल अपघट्य की सहायता से कोलराउस के नियम से दुर्बल अपघट्य की चालकता को ज्ञात किया जा सकता है जैसे एसीटिक अम्ल की चालकता का मापन $CH_3COONa$ (सोडियम एसीटेट) NaCl, HCl से ज्ञात किया जा सकता है

कोलराउस नियम से -

$$\lambda^{\circ}_{CH_3COONa} = \lambda^{\circ}_{CH_3COO^-} + \lambda^{\circ}_{Na^+} \quad \text{—— (I)}$$

$$\lambda^{\circ}_{NaCl} = \lambda^{\circ}_{Na^+} + \lambda^{\circ}_{Cl^-} \quad \text{—— (II)}$$

$$\lambda^{\circ}_{HCl} = \lambda^{\circ}_{H^+} + \lambda^{\circ}_{Cl^-} \quad \text{—— (III)}$$

$$\lambda^{\circ}_{CH_3COOH} = \lambda^{\circ}_{CH_3COO^-} + \lambda^{\circ}_{H^+} \quad \text{—— (IV)}$$

समीकरण (I) व (III) को जोड़कर समी० (II) से घटाने पर

$$\lambda^{\circ}_{CH_3COONa} + \lambda^{\circ}_{HCl} - \lambda^{\circ}_{NaCl} = \lambda^{\circ}_{CH_3COO^-} + \lambda^{\circ}_{H^+}$$

$$\boxed{\lambda^{\circ}_{CH_3COONa} + \lambda^{\circ}_{HCl} - \lambda^{\circ}_{NaCl} = \lambda^{\circ}_{CH_3COOH}}$$

प्रश्न - $CH_3COONa$, $HCl$, $NaCl$ का अनन्त तनुता पर मान 91.0, 425.4, 126.4 म्हो सेमी$^2$ मोल$^{-1}$ है तो $CH_3COOH$ की मोलर चालकता क्या होगी ?

हल -

$$\lambda^{\circ}_{CH_3COONa} + \lambda^{\circ}_{HCl} - \lambda^{\circ}_{NaCl} = \lambda^{\circ}_{CH_3COOH}$$

$$91 + 425.4 - 126.4 = \lambda^{\circ}_{CH_3COOH}$$

$$\lambda^{\circ}_{CH_3COOH} = 516.4 - 126.4$$

$$= 390 \text{ म्हो सेमी}^2 \text{ मोल}^{-1}$$

2 **अभिगमनांक की गणना** - अनन्त तनुता पर आयन की मोलर चालकता व अनन्त तनुता पर अपघट्य की मोलर चालकता का अनुपात अभिगमनांक कहलाता है। यह दो प्रकार का होता है।

$$\lambda^{\circ} = \lambda^{\circ}_c + \lambda^{\circ}_a$$

धनायन का आयनगमनांक $n_c = \frac{\lambda_c^\infty}{\lambda^\infty}$

ऋणायन का आयनगमनांक $n_A = \frac{\lambda_A^\infty}{\lambda^\infty}$

मोलर चालकता की गणना –

$$\lambda_c^\infty = n_c \lambda^\infty \quad \text{——— (I)}$$

$$\lambda_A^\infty = n_A \lambda^\infty \quad \text{——— (II)}$$

अतः $\boxed{\lambda^\infty = n_c \lambda^\infty + n_A \lambda^\infty}$

3 **वियोजन की माला की गणना** – C सान्द्रता की मोलर चालकता व अनन्त तनुता की मोलर चालकता का अनुपात वियोजन की माला($\alpha$) कहलाती है

$$\alpha = \frac{\lambda_c}{\lambda^\infty}$$

$$\because \lambda_c = K \times \frac{1000}{C(\text{मोलरता})}$$

$$\lambda^\infty = \lambda_c^\infty + \lambda_A^\infty$$

$$\alpha = \frac{K \times \frac{1000}{C\,\text{मोलरता}}}{\lambda_c^\infty + \lambda_A^\infty}$$

वियोजन स्थिरांक

$$K = C\alpha^2$$

प्रश्न - 0.025 मोल / लीटर मैथेनोइक अम्ल की चालकता 46.1 म्हो सेमी$^2$ मोल$^{-1}$ है इसकी वियोजन की मात्रा व वियोजन स्थिरांक की गणना कीजिए। यदि $\lambda^0_{H^+} = 349.6$ $\lambda^0_{HCOO^-} = 54.6$ म्हो सेमी$^2$ मोल$^{-1}$

हल - $C = 0.025\ M$ $\lambda_c = 46.1$ mho cm$^2$ mol$^{-1}$

$$\alpha = \frac{\lambda_c}{\lambda^0_+ + \lambda^0_-}$$

$$\alpha = \frac{46.1}{349.6 + 54.6} = \frac{46.1}{404.2}$$

$$\alpha = 0.11$$

अब $K = C\alpha^2$

$$K = 0.025 \times (0.11)^2$$

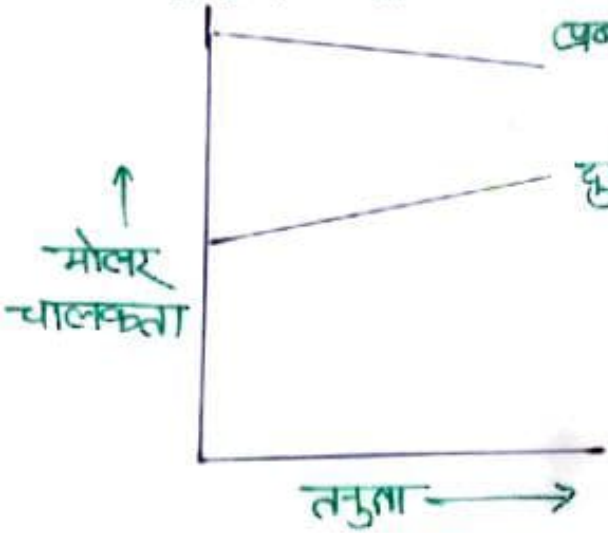
$$K = 0.025 \times 0.0121$$

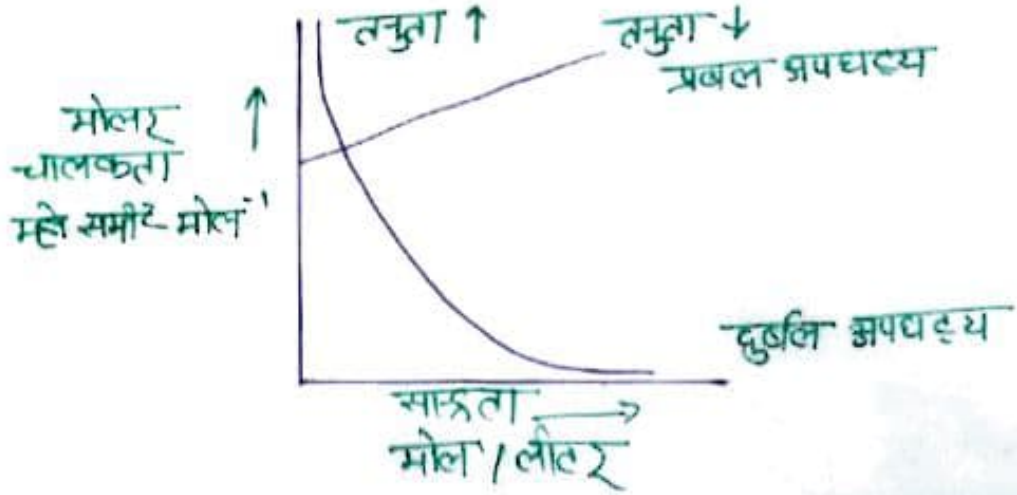
$$= 0.003025$$

तनुता का प्रभाव - इसका तात्पर्य सान्द्रता का घटना है। किसी प्रबल अपघट्य में तनुता बढ़ाने पर आयनों की संख्या में कोई परिवर्तन नहीं होता लेकिन इकाई आयतन में आयनों के मध्य दूरी बढ़ जाती है जिससे मोलर चालकता में कमी हो जाती है।

किसी दुर्बल अपघट्य में तनुता बढ़ाने पर आयनों की संख्या में व इकाई आयतन में वृद्धि होती है, लेकिन दुर्बल का पूर्ण आयनन अनन्त तनुता पर होता है अतः दुर्बल अपघट्य में आयनों की संख्या इकाई आयतन में अधिक होती है अतः मोलर चालकता बढ़ जाती है।

ग्राफीय निरूपण



चालकता का मापन – कोलराउश के अनुसार चालकता का प्रायोगिक मापन निम्न सूत्र की सहायता से किया जा सकता है -

$$\lambda_c = \lambda^{\infty} - b\sqrt{c}$$

$\lambda_c$ = c सान्द्रता पर मोलर चालकता

$\lambda^{\infty}$ = अनन्त तनुता की चालकता

b = स्थिरांक

c = सान्द्रता

इसी प्रकार डेबी-ऑनसागर के अनुसार b स्थिरांक का मान निम्न प्रकार निर्धारित किया जा सकता

$$b = \frac{82.48}{(DT)^{1/2}\eta} + \frac{82.0}{(DT)^{3/2}}\lambda^{\infty}$$

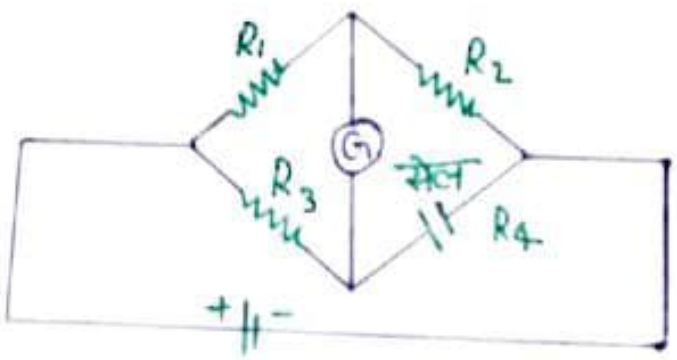
$$\lambda_c = \lambda^{\infty} - \left[\frac{82.48}{(DT)^{1/2}\eta} + \frac{82.0}{(DT)^{3/2}}\lambda^{\infty}\right]\sqrt{c}$$

D = माध्यम का परावैद्युतांक

T = परमताप

$\eta$ = विस्कासिता गुणांक / श्यानता गुणांक

व्हीटस्टोन ब्रिज की सहायता से चालकता का मापन



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

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

$$\text{चालकता} = \frac{1}{R_4}$$

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

या $\boxed{C = \frac{1}{R_4}}$

**विद्युत रासायनिक श्रेणी** - अर्द्ध सेलो (अथवा तत्वों) के मानक इलेक्ट्रोड विभव के मानो को क्रमबद्ध रूप (घटते या बढते क्रम) मे लिखने पर एक श्रेणी प्राप्त होती है जिसे विद्युत रासायनिक श्रेणी कहते है। IUPAC के अनुसार मानक इलेक्ट्रोड विभवो को इनके अपचयन विभव के रूप मे लिखा जाता है

| इलेक्ट्रोड अभिक्रिया या अर्ध-अभिक्रिया | | मानक इलेक्ट्रोड विभव |
|---|---|---|
| $Li^{+} + e^{-} \rightleftharpoons Li$ | — | $-3.04$ |
| $K^{+} + e^{-} \rightleftharpoons K$ | — | $-2.92$ |
| $Ba^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightleftharpoons Ba(g)$ | — | $-2.90$ |
| $Sr^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Sr$ | — | $-2.89$ |
| $Ca^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Ca$ | — | $-2.87$ |
| $Na^{+} + e^{-} \rightleftharpoons Na$ | — | $-2.71$ |
| $Mg^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Mg$ | — | $-2.37$ |
| $Al^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons Al$ | — | $-1.66$ |
| $Mn^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Mn$ | — | $-1.18$ |
| $2H_2O + 2e^{-} \rightleftharpoons H_2(g) + 2O^{-}H$ | — | $-0.83$ |
| $Zn^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Zn$ | — | $-0.76$ |
| $Cr^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons Cr$ | — | $-0.74$ |
| $Fe^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Fe$ | — | $-0.44$ |
| $Cd^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Cd$ | — | $-0.40$ |
| $Co^{2+}(aq) + 2e^{-} \rightleftharpoons Co(g)$ | — | $-0.27$ |
| $Ni^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Ni$ | — | $-0.25$ |
| $Sn^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Sn$ | — | $-0.13$ |
| $Pb^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Pb$ | — | $-0.12$ |
| $Fe^{3+} + 3e^{-} \rightleftharpoons Fe$ | — | $-0.36$ |
| $2H^{+} + 2e^{-} \rightleftharpoons H_2$ | — | $0000$ |
| $Cu^{2+} + 2e^{-} \rightleftharpoons Cu$ | — | $+0.34$ |
| $O_2 + 2H_2O + 4e^{-} \rightleftharpoons 4OH^{-}$ | | $+0.401$ |
| $I_2 + 2e^{-} \rightleftharpoons 2I$ | | $+0.54$ |
| $Fe^{3+} + e^{-} \rightleftharpoons Fe^{2+}$ | | $+0.77$ |

← ऑक्सीकारक विभव का बढ़ता क्रम →

← अपचायक विभव का बढ़ता क्रम →

- $Hg^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Hg$ —— $+0.796$
- $Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$ —— $+0.80$
- $Hg_2^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons 2Hg$ —— $+0.35$
- $Br_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Br^-$ —— $+1.06$
- $MnO_2(s) + 4H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2H_2O$ —— $+1.23$
- $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightleftharpoons 2H_2O$ —— $+1.23$
- $Pt^{2+} + 2e^- \rightleftharpoons Pt$ —— $+1.20$
- $Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 7H_2O$ —— $+1.33$
- $Cl_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2Cl^-$ —— $+1.36$
- $Au^{3+} + 3e^- \rightleftharpoons Au$ —— $+1.40$
- $MnO_4^- + 8H^+ + 5e^- \rightleftharpoons Mn^{2+} + 4H_2O$ —— $+1.51$
- $H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightleftharpoons 2H_2O$ —— $+1.78$
- $Co^{3+} + H^+ + 2e^- \rightleftharpoons Co^{2+}$ —— $+1.81$
- $F_2 + 2e^- \rightleftharpoons 2F^-$ —— $+2.87$