

अध्याय - ५वैद्युत चालनवैद्युत धारा :-

किसी चालक में आवेश प्रवाह की गति की अवस्था को वैद्युत धारा कहते हैं। इसका मान आवेरा प्रवाह की दर के बराबर होता है।

$$i = \frac{q}{t}$$

मात्रक - कूलाम / सेकण्ड या सेप्पियर

वैद्युत धारा अदिश राशि है :-

किसी चालन में आवेश प्रवाह की दर नियत नहीं होती है, तथा चालक में धारा की दिशा आवेश की गति की दिशा के अनुसार बदलती रहती है। अतः विद्युत धारा एक अदिश राशि है।

धातुओं का मुक्त इलेक्ट्रॉन मॉडल :-

धातुओं को सबसे अच्छा चालक माना गया क्योंकि धातु के क्रिस्टल को गर्म कर दें या परस्पर धिसें तब इसके परमाणुओं की बाहर की कक्षा में चक्रण करने वाले इलेक्ट्रॉन कक्षा को छोड़कर मुक्त रूप से आवेश वाहक के रूप में गति करने लगते हैं। जिन्हे चालक इलेक्ट्रॉन या मुक्त इलेक्ट्रॉन कहते हैं। धातुओं में मुक्त इलेक्ट्रॉन की संख्या $10^{29}/\text{मी.}^3$ होती है। अतः धातुओं को सबसे अच्छा चालक माना गया है।

चाँदी सबसे अच्छी चालक धातु है।

मुक्त इलेक्ट्रान मॉडल के आधार पर अनुगमन या अपवाह वेग:-

मुक्त इलेक्ट्रानों के ऊर्जीय वेग के ऊपर आरोपित वह न्यूनतम वेग जो मुक्त इलेक्ट्रानों को त्वरित गति प्रदान करे अपवाह वेग या अनुगमन वेग कहलाता है। इसे V_0 से प्रदर्शित करते हैं।

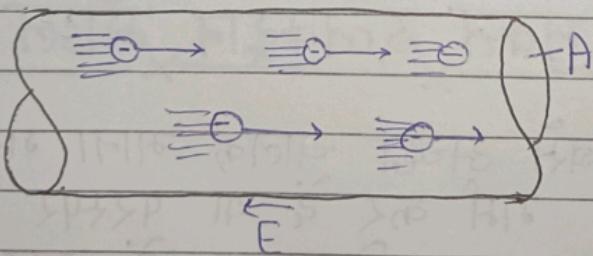
माध्य मुक्त पथ:-

मुक्त इलेक्ट्रानों की दो क्रमागत टक्करों के मध्य चली गयी औसत दूरी को माध्य मुक्त पथ कहते हैं।

आन्ति काल:-

मुक्त इलेक्ट्रानों की दो क्रमागत टक्करों के मध्य लगे समय को आंति काल कहते हैं।

मुक्त इलेक्ट्रानों के अपवाह वेग, तथा वेदृत धारा में सम्बन्ध:-



माना एक चालक तार का समान बाह्य वेदृत क्षेत्र है में रखा गया जिसके प्रति एकांक आयतन में उपस्थित मुक्त इलेक्ट्रानों की संख्या n तथा चालक का अनुपस्थित क्षेत्रफल A है। तब चालक में उपस्थित मुक्त इलेक्ट्रान बाह्य वेदृत क्षेत्र के विपरीत अपवाह का V_0 से गति करेगा।

1 Sec में प्रवाहित मुक्त इलेक्ट्रान सं. = $n A V_d$

1 सेकण्ड में प्रवाहित मुक्त इलेक्ट्रान सं. = $n A V_d t$

तब 1 सेकण्ड में प्रवाहित आवेश

$$q = Ne$$

$$q = n A V_d t \cdot e$$

तब चालक में प्रवाहित धारा

$$i = \frac{q}{t} = \frac{n A V_d t \cdot e}{t}$$

$$i = n e A V_d$$

धारा घनत्व

किसी चालक के किसी बिन्दु के अभिलम्बवत स्कॉक क्षेत्रफल से दोकर गुजरने वाली धारा को धारा-घनत्व कहते हैं (इसे J से प्रदर्शित करते हैं) यह सदिश रूपरूपी है। इसकी दिशा धन आवेश के प्रभाव की ओर होती है।

$$(J) = \frac{i}{A}$$

$$\text{मात्रिक} \Rightarrow \text{सूमियर} / \text{मी.}^2$$

धारा धनत्व व जपवाह के ग में सम्बन्ध :-

$$J = \frac{i}{A}$$

जबकि $i = n e A V_d$

तब -

$$J = \frac{n e A V_d}{A}$$

$$\boxed{J = n e V_d}$$

वैद्युत प्रतिरोध :-

किसी चालक में धारा के मार्ग में उत्पन्न अवरोध वैद्युत प्रतिरोध कहलाता है। इसका मान चालक के शिरों पर लगाए गए विभिन्नतर व उसमें प्रवाहित धारा के अनुपात के बराबर होता है। इसे R से प्रदर्शित करते हैं।

$$\boxed{R = \frac{V}{i}}$$

मात्रक \Rightarrow वोल्ट / स्पियर या ओम (Ω)

विमा $\Rightarrow [M L^2 T^{-3} A^{-2}]$

वैद्युत चालकता :-

प्रतिरोध के व्युक्ति के बराबर होती है। किसी चालक की वैद्युत चालकता उसके

$$\boxed{\text{वैद्युत चालकता} = \frac{1}{\text{प्रतिरोध}}}$$

मात्रक \Rightarrow ओम⁻¹ (म्हो) या साइमन

$$\text{विमा} \Rightarrow [M^{-1} L^{-2} T^3 A^2]$$

ओम का नियम:-

इस नियम के अनुसार यदि किसी चालक की भौतिक अवस्थाओं को परिवर्तित न किया जाए तब चालक के श्विरों पर लगाया गया विभवान्तर तथा उसमें प्रवाहित धारा का अनुपात नियत रहता है।

$$\boxed{\frac{V}{i} = \text{नियतांक}}$$

जबकि

$$\frac{V}{i} = R \quad (\text{चालक का प्रतिरोध})$$

तब -

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

$$\boxed{V = iR}$$

अपवाह वेग के आधार पर ओम के नियम की व्याख्या / निष्पत्ति:-

माना कोई चालक लिया जिसका अनुप्रस्थ क्षेत्र A, प्रतिशक्ति का आयतन में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या n तथा मुक्त इलेक्ट्रॉनों का अपवाह वेग v_p हो, तब चालक में धारा :-

$$i = neA v_p \quad \text{--- (i)}$$

विभवान्तर V वलं l हो, तब वैद्युत बल क्षेत्र

$$E = \frac{V}{l}$$

$$\text{इले. पर बल } F = Mg$$

तब त्वरण -

$$a = \frac{F}{m}$$

$$\text{जबकि वैद्युत बल } F = qE$$

$$\text{या } F = eE \quad (\because q = e)$$

तब, त्वरण -

$$a = \frac{eE}{m}$$

$$\text{या } a = \frac{ev}{ml} \quad \text{--- (ii)}$$

तब वेग वृद्धि या अपवाह वेग -

$$V_d = \frac{U_1 + a\tau_1 + U_2 + a\tau_2 + \dots + U_n + a\tau_n}{n}$$

$$V_d = \frac{U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n + a(z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_n)}{n}$$

जबकि औसत अधीय केा $\frac{U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n}{n} = 0$

तब $V_d = a\tau$

जबकि - $a = \frac{ev}{m.l}$

तब - $V_d = \frac{ev\tau}{m.l}$

तब समीक्षा से -

$$i = \frac{n e A \times ev\tau}{m \times l}$$

$$\frac{V}{i} = \frac{ml}{ne^2 A \cdot \tau}$$

या $\frac{V}{i} = R$ (जहाँ $R = \frac{ml}{ne^2 A \tau}$ चालक का परिपथ)

विशिष्ट प्रतिरोध:-

जब किसी चालक में विद्युत धारा प्रवाहित की जाए तब चालक के किसी बिन्दु पर उत्पन्न वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता व धारा घनत्व के अनुपात को विशिष्ट प्रतिरोध कहते हैं। इसे ρ से प्रदर्शित करते हैं।

विशिष्ट प्रतिरोध -

$$\boxed{\rho = \frac{E}{J}}$$

जबकि -

$$E = \frac{V}{l} \quad \text{तथा} \quad J = \frac{i}{A}$$

तब -

$$\rho = \frac{V/l}{i/A}$$

$$\rho = \frac{V A}{i l}$$

$$\text{जबकि, } \frac{V}{i} = R$$

तब -

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

मात्रक - ओम-सीटर

विमा -

$$[M L^3 T^{-3} A^{-2}]$$

विशिष्ट चालकता:-

चालकता कहते हैं। इसे σ से प्रदर्शित करते हैं। विशिष्ट प्रतिरोध के व्युक्ति को विशिष्ट

विशिष्ट चालकता -

$$\sigma = \frac{1}{P}$$

मात्रक - ओम⁻¹ - मीटर⁻²

विमा - $[M^{-1} [^{-3} T^3 A^2]]$

विशिष्ट चालकता द्वारा धारा घनत्व में सम्बन्ध:-

$$\sigma = \frac{1}{P}$$

$$\text{जबकि} - P = \frac{E}{J}$$

तब -

$$\sigma = \frac{1}{E/J}$$

$$\sigma = \frac{J}{E}$$

$$J = \sigma E$$

या

$$\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E}$$

ओम के नियम का सदिश या सक्षम रूप

अतिचालकता:-

कुछ पदार्थों को ठण्डा करने पर उनका प्रतिरोध धीरे-धीरे घटने लगता है। परन्तु एक विशेष ताप के नीचे ठण्डा करने पर प्रतिरोध अचानक घटकर शून्य हो जाता है। अर्थात् चालकता स्कास्क बढ़ जाती है। इस घटना को अतिचालकता कहते हैं।

~~प्रतिरोध~~-

वह ताप जिसके नीचे ठण्डा करने पर प्रतिरोध शून्य हो जाता है। संक्रमण ताप कहलाता है।

वैद्युत ऊर्जा:-

जब किसी चालक को बैटरी से जोड़ा जाता है, तब चालक का ताप बढ़ने लगता है, तथा चालक में धारा बढ़ने लगती है। बैटरी का विभवान्तर घटने लगता है। अर्थात् वैद्युत ऊर्जा में कमी होने लगती है। अर्थात् ऊर्जीय ऊर्जा के लिए लाती है रूप में प्राप्त होती है।

$$V = \frac{W}{q}$$

$$W = V \cdot q \text{ जूल}$$

$$\text{जबकि } -q = it$$

तब-

$$W = V \cdot i \cdot t \text{ जूल}$$

जबकि-

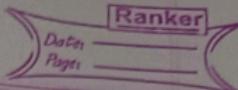
$$V = iR$$

तब -

$$W = i^2 R + \text{जूल}$$

जबकि -

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



तब -

$$W = \frac{V^2 t}{R} \text{ जूल}$$

वैद्युत शक्ति :-

किसी वैद्युत परिपथ में कार्य करने वी समय दर को वैद्युत शक्ति कहते हैं। इसे P से प्रदर्शित करते हैं।

$$P = \frac{W}{t}$$

जबकि

$$W = V i t$$

तब -

$$P = \frac{V i t}{t}$$

$$P = V i$$

वाट या जूल / सेकंड

$$\text{जबकि } V = i R$$

$$P = i^2 R$$

$$\text{जबकि} - i = \frac{V}{R}$$

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

किरचाफ के नियम तथा वैद्युत परिपथ

वैद्युत सेल

वैद्युत सेल एक ऐसी युक्ति है, जो रासायनिक ऊर्जा को वैद्युत ऊर्जा में परिवर्तित कर के वैद्युत सेल पाया जाता है।

सेल का आन्तरिक प्रतिरोध:-

सेल के अन्दर वैद्युत धारा घृण प्लेट से धन प्लेट की ओर प्रवाहित होती है। अतः

सेल के अन्दर प्रवाहित धारा के मार्ग में उत्पन्न अवरोध सेल का आन्तरिक प्रतिरोध कहलाता है। यह वैद्युत सेल में कार्बनिक धोल के कप में उपस्थित होता है।

आन्तरिक प्रतिरोध किन-2 कारकों पर निर्भर करता है-

सेल का आन्तरिक प्रतिरोध निम्नलिखित कारकों पर निर्भर करता है।

आन्तरिक प्रतिरोध प्लेटों के बीच की दूरी के समानुपाती होता है।

धोल में इके प्लेटों के बिन्दुओं के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

धोल की सान्द्रता बढ़ने पर आन्तरिक प्रतिरोध बढ़ जाता है।

4. सेल का आन्तरिक घृतीध प्लेटों के पदार्थ की प्रकृति में निर्भर करता है।

Date: _____
Page: _____
Ranker

सेल का विद्युत वाहक बल (E.M.F.):-

सेल द्वारा एक कूलाम आवेश को सम्पूर्ण परिपथ (सेल सहित) में प्रवाहित करने करने के लिए किया गया ऊर्ध्व सेल का विद्युत वाहक बल कहलाता है। इसे E से प्रदर्शित करते हैं।

सेल का विद्युत वाहक बल.

$$E = \frac{W}{q}$$

भागक - जूल / कूलाम या वोल्ट

एक वोल्ट :-

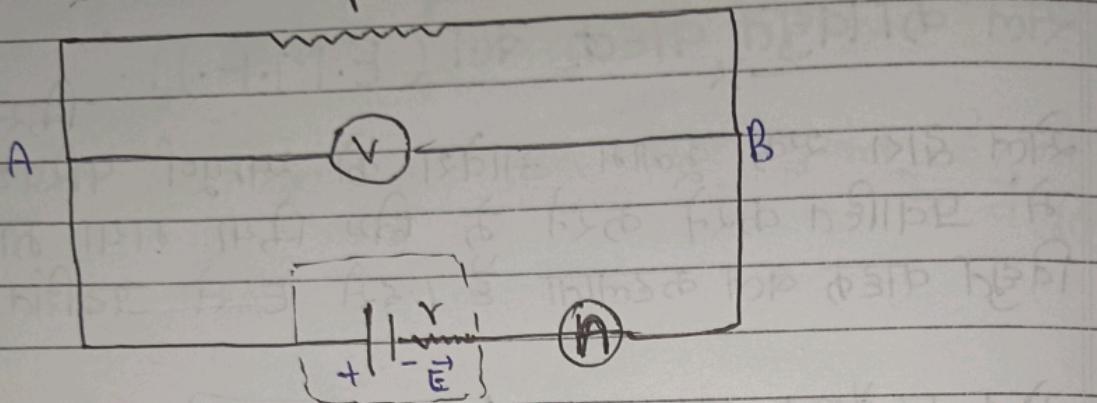
किसी सेल द्वारा 1 कूलाम आवेश को प्रवाहित करने के लिए 1 जूल कार्य किया जाए तब सेल का विद्युत वाहक 1 वोल्ट कहलाता है।

टर्मिनल विभवान्तर:-

किसी विद्युत परिपथ में दो बिन्दुओं के मध्य एकांक आवेश को प्रवाहित करने में किया गया कार्य टर्मिनल विभवान्तर कहलाता है। इसे V से प्रदर्शित करते हैं।

$$V = \frac{W}{q}$$

सेल के विद्युत वाहक बल, टर्मिनल विभवान्तर तथा
आन्तरिक प्रतिरोध में सम्बन्ध:-



माना एक वैद्युत सेल को बाह्य प्रतिरोध R के साथ
 श्रेणी क्रम में जोड़कर परिपथ बनाया गया जिसमें
 सेल का विद्युत वाहक बल E व आन्तरिक प्रतिरोध
 और तब $\frac{1}{q}$ कुलाम आवेश को सम्पूर्ण चरिपथ में
 प्रवाहित करने में किया गया कार्य -

$$W_{\text{total}} = E \cdot q \quad \text{--- (1)}$$

तब - बाह्य प्रतिरोध या प्रतिरोध R ने $\frac{1}{q}$ आवेश
 प्रवाहित होने पर कृत कार्य -

$$W_{\text{out}} = V \cdot q \quad (\text{जहाँ } V \text{ टर्मिनल विभवान्तर})$$

तथा आन्तरिक परिपथ में कृत कार्य

$$W_{\text{in}} = i r \cdot q$$

जबकि

$$W_{\text{total}} = W_{\text{out}} + W_{\text{in}}$$

$$E \cdot q = q [V + ir]$$

$$E = V + ir$$

जबकि-

Ranker

Date: _____
Page: _____

$$V = iR$$

तब

$$E = iR + ir$$

$$E = i(R+r)$$

तब परिपथ कीधारा

$$i = \frac{E}{R+r}$$

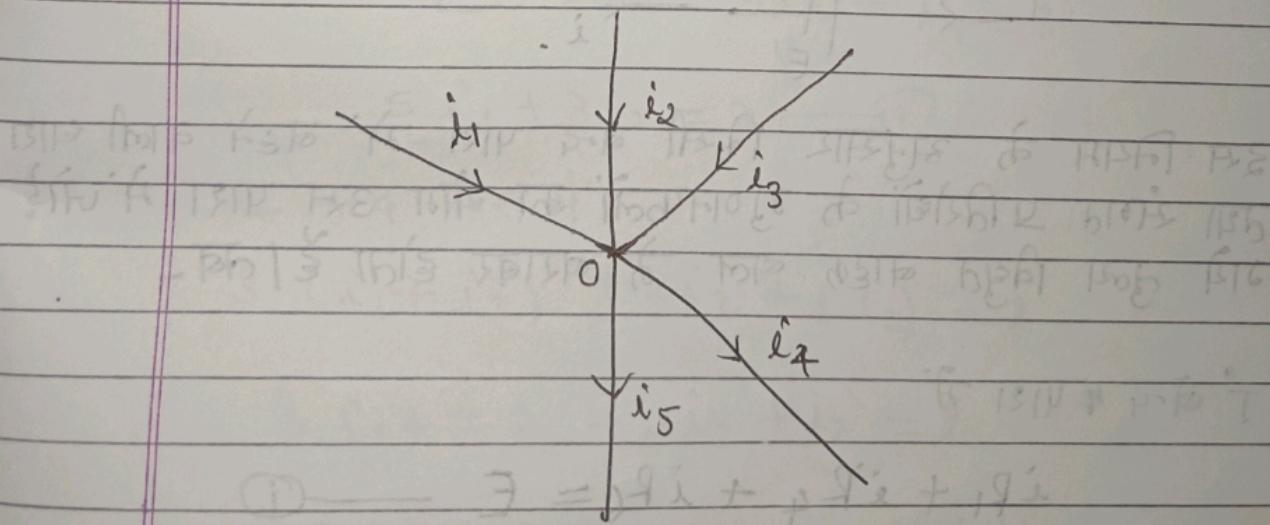
यदि परिपथ खुला हो,

तब -

$$V = E$$

किरचाफ के नियम-

१. प्रथम नियम (धारा का नियम) :-



इस नियम के अनुसार किसी सन्धि पर आने वाली
या सन्धि से बाहर जाने वाली धाराओं का बीजगणतीय
योग ० होता है।

Date: _____
Page: _____

सन्धि पर आने वाली धारा से धनात्मक जबकि सन्धि से बाहर जाने वाली धारा से ऋणात्मक होती है।

तब -

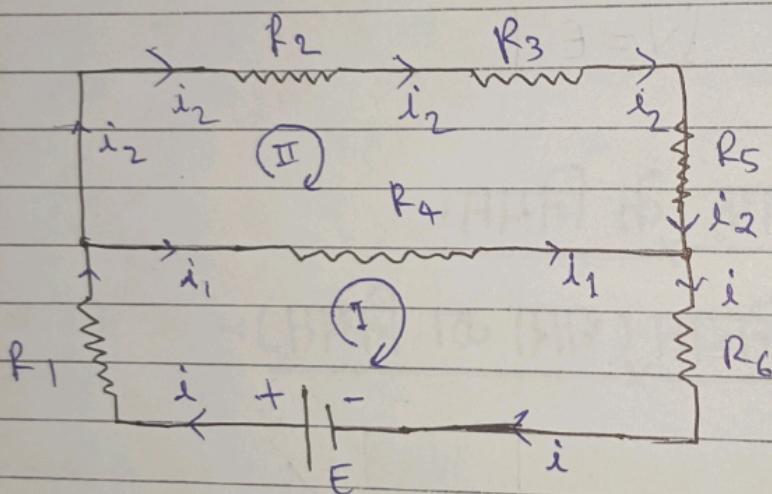
$$i_1 + i_2 + i_3 - i_4 - i_5 = 0$$

या

$$\sum i = 0$$

यह नियम ओवेश के संरक्षण पर आधारित है।

द्वितीय नियम (बन्द पारा का नियम या विद्युत बाह्य बलकानिया)



इस नियम के अनुसार किसी बन्द पारा में बहने वाली धारा तथा संगत प्रतिरोधों के गुणनफलों का योग उस पारा में जोड़ गये तुल्य विद्युत बाह्य बल के बराबर होता है। तब -

I बन्द पारा में

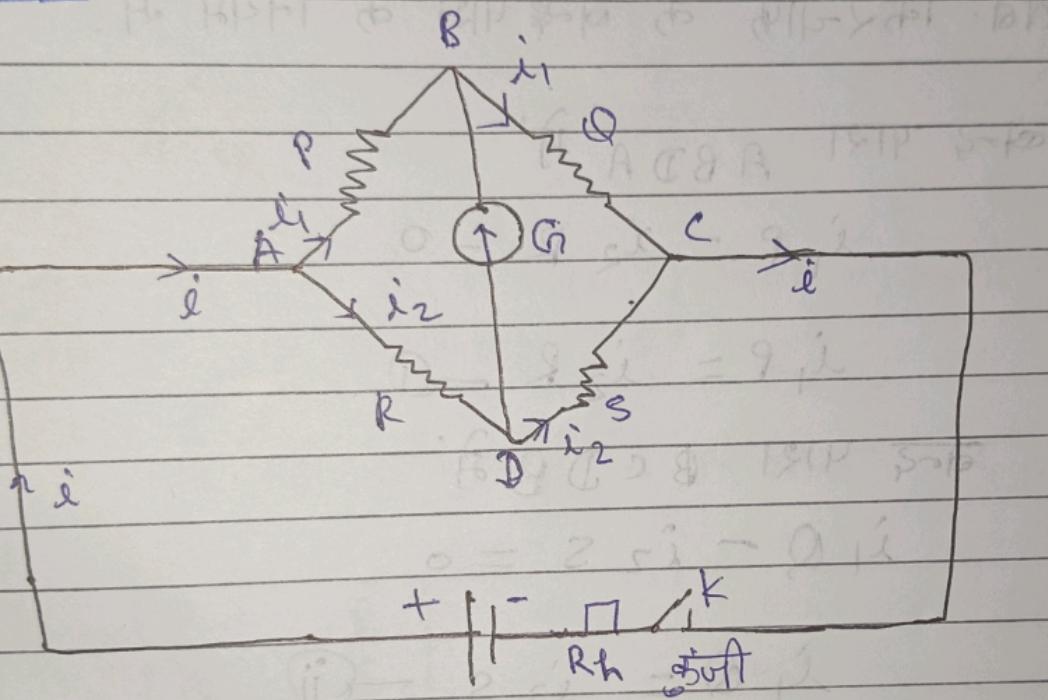
$$iR_1 + iR_4 + iR_6 = E \quad \text{--- (i)}$$

$$i_2 R_2 + i_2 R_3 + i_2 R_5 - i_1 R_4 = 0 \quad \text{--- (ii)}$$

व्हीटस्टोन सेतु:-

यह एक ऐसी युक्ति या समायोजन है, जिसकी सहायता से किसी चालक तार के प्रतिरोध को ज्ञात किया जाता है।

रचना:-

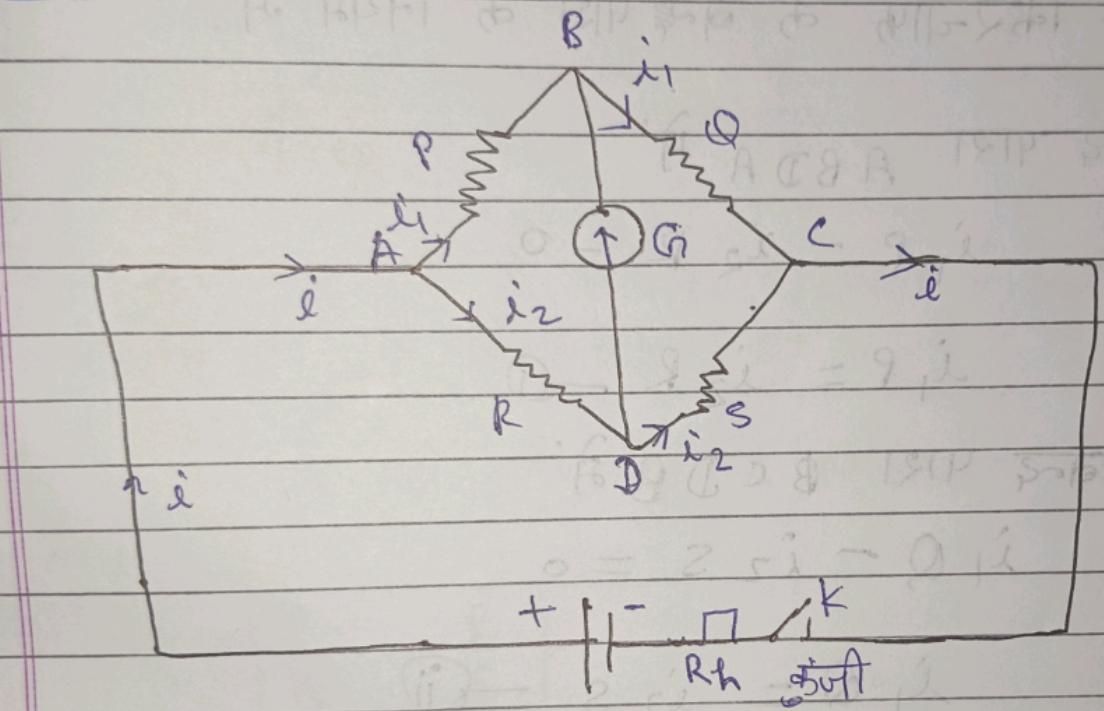


इसमें चार प्रतिरोध P, Q, R, S समां चतुर्भुज की संलग्न मुजाओं में जुड़े होते हैं। तथा चतुर्भुज के एक विकर्ण में धारा मापी जाता है, जबकि दूसरे विकर्ण में कुंजी (K) के बैटरी जुड़ी होती है।

ट्रीटस्टोन सेतु-

यह एक ऐसी युक्ति या समायोजन है, जिसकी सहायता से किसी चालक तार के प्रतिरोध को न्यून किया जाता है।

रचना-



इसमें चार प्रतिरोध p, q, r, s समां चतुर्भुज की संलग्न भुजाओं में जुड़े होते हैं। तथा चतुर्भुज के एक विकर्ण में धारा मापी लगा होता है, जबकि दूसरे विकर्ण में कुंजी (K) के बोरे पर जुड़ी होती है।

सिल्जान्ट:- यह किरचाफ के बन्द पाश के नियम पर कार्य करता है।

$$\sum i_R = \sum E$$

अज्ञात प्रतिरोध ज्ञात करना- सर्वप्रथम कुंजी (K) को बन्द करके आरा नियन्त्रक की सहायता से धारा मापी जो इन विक्षेप की स्थिति में ले जाते हैं। जिसे एटीएस्टोन मेट्रु की संतुलित अवस्था कहते हैं।

तब किरचाफ के बन्ध पाश के नियम से-

बन्द पाश ABD'A में

$$i_1 P - i_2 R = 0$$

$$i_1 P = i_2 R \rightarrow \textcircled{1}$$

बन्द पाश BCJD'B में

$$i_1 Q - i_2 S = 0$$

$$i_1 Q = i_2 S \rightarrow \textcircled{ii}$$

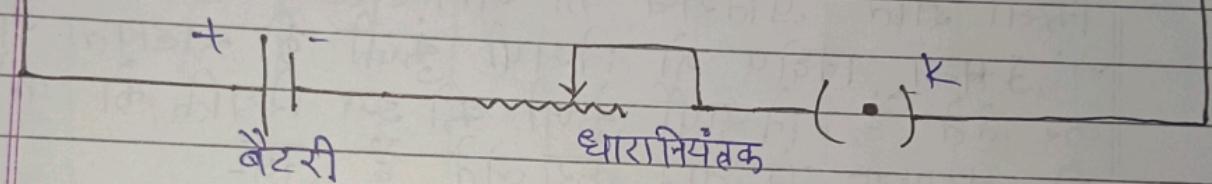
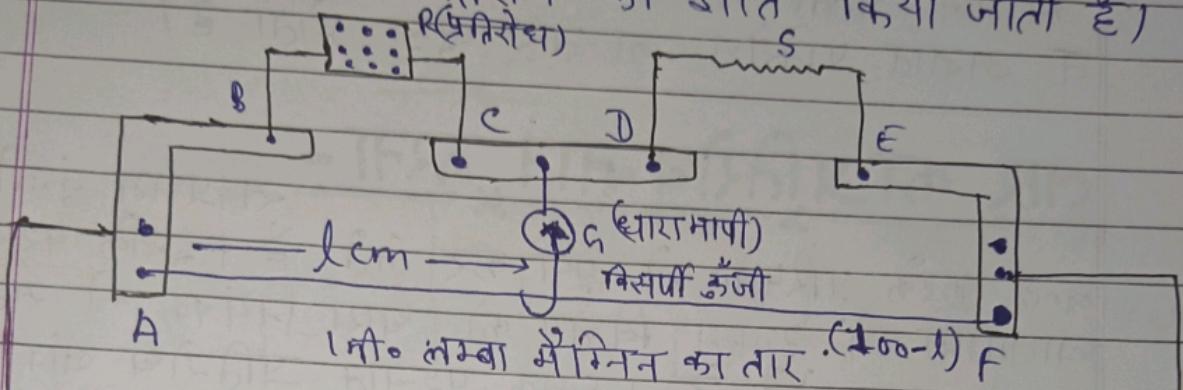
समी. (i) में समी. (ii) में भाग करने पर

$$\frac{i_1 P}{i_1 Q} = \frac{i_2 R}{i_2 S}$$

$$\left[\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \right]$$

मीटर सेट-

यह व्हीटस्टोन सेट के सिद्धान्त पर कार्य करने वाला ऐसा यन्त्र है, जिसकी सहायता से किसी तार के प्रतिरोध को ज्ञात किया जाता है।



यह एक ऐसा यन्त्र है, जिसकी सहायता से किसी यन्त्र के प्रतिरोध को ज्ञात किया जाता है।

यह व्हीटस्टोन सेट के सिद्धान्त पर कार्य करता है।

$$\left[\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \right]$$

रचना-

इसमें लकड़ी के तख्ते पर दो L आकार की चालक पत्तियाँ एक मी. नी दूरी पर कही होती हैं। इन पत्तियों के मध्य में एक अन्य कॉर्टिज चालक पत्ती लगी होती है। L आकार की पत्तियों के निचले शिरों के मध्य 1 मी. लम्बा मैग्निच धातु का तार लगा होता है। जबकि मध्य सम्बन्धक चेंचों के बीच बैटरी,

Page: _____

धारा नियन्त्रक व कुंजी लगी होती है। क्षेत्रिज पल्टी के मध्य सम्बद्ध क पेंच के द्वारा धारामापी व विसर्पी कुंजी जुड़ी होती है। जबकि L आकार के शीर्ष सम्बद्ध पेंच व क्षेत्रिज पल्टी के सम्बद्ध क पेंचों के मध्य प्रतिरोध नाँकस व अद्वात प्रतिरोध का तार जुड़ा होता है।

तार का प्रतिरोध ज्ञात करना -

सर्वप्रथम कुंजी को

बन्द करके परिपथ की पूर्ण कर लेते हैं। इसके पश्चात धारामापी में उत्कृष्ट विक्षेप को धारा नियन्त्रक की सहायता से समाप्त कर लेते हैं। इसके पश्चात प्रतिरोध बॉक्स में से किसी ज्ञात प्रतिरोध को खीच लेते हैं, तथा धारामापी से उत्कृष्ट विक्षेप को विसर्पी कुंजी की सहायता से समाप्त कर लेते हैं, विसर्पी कुंजी की इस स्थिति को नी. ऐमाने की सहायता से ज्ञात कर लेते हैं। तब-

$$AB \text{ तार का प्रतिरोध} = P$$

$$P = \frac{P}{A}$$

A

$$BC \text{ का प्रतिरोध} = Q$$

$$Q = \frac{S(100-l)}{A}$$

तब- द्वीटस्योन सेतु के सिद्धान्त से-

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$

$$\frac{l}{A}$$

$$\frac{S(100-l)}{A} = \frac{R}{S}$$

$$\frac{l}{100-l} = \frac{R}{S}$$

$$S = \frac{P(100-l)}{l}$$

विभव मापी-

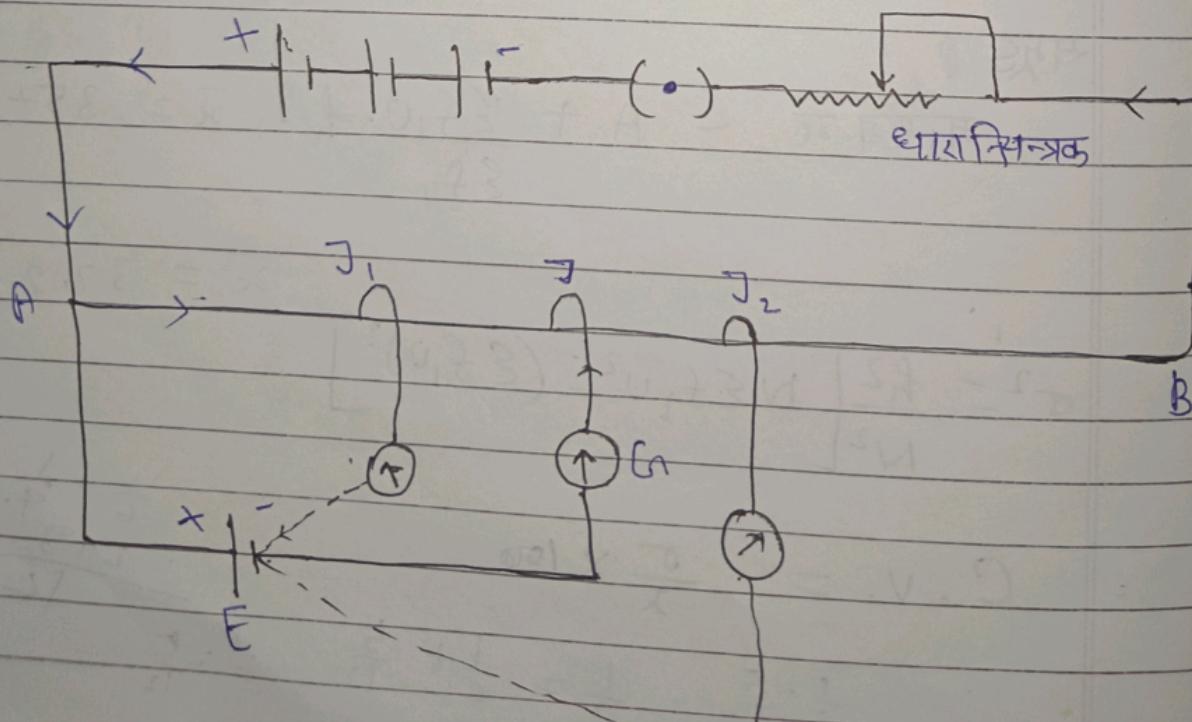
विभवमापी एक ऐसा यन्त्र है, जिसकी सहायता से किसी सैल के विद्युतवाहक बल को ज्ञात करते हैं। तथा इसकी सहायता से किसी घालक के सिरों के मध्य उत्पन्न विभवान्तर को ज्ञात कर सकते हैं।

सिंचान्त-

यह विभवप्रबणता पर आधारित यन्त्र है।

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

$$V = k \cdot l$$



रचना -

इसमें संचायक बैटरी, कुंजी व धारानियंत्रक लम्हे होते हैं, जिसमें संचायक बैटरी की धन प्लेट का सम्बन्ध चालक तार के प्रथम शिरे में से होता है। जबकि चालक तार ना दूसरा शिरा B धारा नियंत्रक से जुड़ा होता है।

जिस सैल के विद्युत वाहक बल को ज्ञात करना हो उसकी धन प्लेट को प्रथम शिरे में से जोड़ देते हैं; जबकि त्रृण प्लेट का सम्बन्ध धारामापी व Jockey (J) से कर देते हैं।

सैल का विद्युत वाहक बल ज्ञात करना -

सर्वप्रथम कुंजी (K) को बन्द करते हैं, तब परिपथ पूर्ण हो जाता है। अतथा धारामापी में विक्षेप उत्पन्न हो जाता है, जिसे Jockey (J) की सहायता से समाप्त करना चाहिए। Jockey (J) की इस स्थिति को मीरर स्केल की सहायता से पढ़ लेते हैं। इसके पश्चात विभव मापी में प्रयुक्त तार की विभव प्रवणता ज्ञात होते पर सैल का विद्युत वाहक बल ज्ञात करलेते हैं।