$$I = \frac{q}{\frac{2\pi r}{V}}$$

परिक्रमण की आवर्ती:-

$$\nu = \frac{1}{T}$$

$$\nu = \frac{1}{\frac{2\pi r}{V}}$$

$$\nu = \frac{V}{2\pi r}$$

चालक में विद्युत धारा (Electric Current in Conductor)

धारा वाहक (Current Carriers):- वह आवेश कण जो ठोसों, द्रवों तथा गैसों में वैद्युत धारा का प्रवाह करता है, उसे धारा वाहक या आवेश वाहक कहते हैं|

1. ठोसों में धारा वाहक: -

(i) चालक में:- चालक के परमाणु के सबसे बाहरी कक्षा में electrons होता है, जिसे संयोजी इलेक्ट्रान (Valence Electron) कहते हैं, जो दुर्बलता से बंधे रहते हैं| ये इलेक्ट्रान सम्पूर्ण चालक में गति कर सकते हैं, जिसे मुक्त इलेक्ट्रान कहते हैं| बाह्य विद्युत क्षेत्र के उपस्थिति में ये इलेक्ट्रान एक निश्चित दिशा में गति करता है, जिससे चालक में वैद्युत धारा प्रवाह होने लगता है| अतः चालक में धारा वाहक मुक्त इलेक्ट्रान होते हैं|

(ii) कुचालक में:- कुचालक में सभी electrons अपने परमाणुओं से दृढ़ता से बंधे रहते हैं| अतः इसमें मुक्त electrons नहीं होते हैं| इस प्रकार कुचालक में धारा वाहक नहीं होते हैं|

(iii) अर्द्धचालक में:- अर्द्धचालक में मुक्त electron तथा कोटर (Holes) होते हैं, जो धारा का वाहक होते हैं|

Note:-अर्द्धचालक में अपद्रव्य परमाणु के एक ओर रिक्त स्थान होता है जिसे कोटर कहते है।

2. द्रवों में धारा बहाव: - कुछ द्रव जैसे विद्युतीय अपघट्य में धारा प्रवाह के धन आयन तथा ऋणायन दोनों होते हैं| जब विद्युत अपघट्य को बाह्य विद्युत क्षेत्र दिया जाता है, तो विद्युत अपघट्य के धनायन और ऋणायन एक निश्चित दिशा में गतिमान होते हैं| अतः द्रवों या विद्युत अपघट्य ओं में धनात्मक तथा ऋणात्मक आयन्स वाहक होते हैं|

4. गैसों में धारा वाहक: - गैस वैद्युत की कुचलक होती है, लेकिन जब अल्प दाब और उच्च विभवान्तर आरोपित किया जाता है, तो ये आयनित होकर चालक की तरह व्यवहार करती है| आयनित गैस में धनात्मक आयन तथा electrons होते हैं|

अतः गैस में आयन्स तथा electrons धारा वाहक हैं|

ओम का नियम (Ohm's Law) :- जर्मन वैज्ञानिक जॉर्ज साइमन ओम ने 1828 में विद्युत धारा के प्रवाह से संबंधित एक नियम व्यक्त किया जिसे 'ओम का नियम' कहते हैं| इस नियम के अनुसार यदि किसी चालक की भौतिक अवस्थाएं (ताप, दाब, आदि) अपरिवर्तित रहे तो चालक में प्रवाहित धारा (I) इसके सिरे के विभवान्तर के समानुपाती होती है|

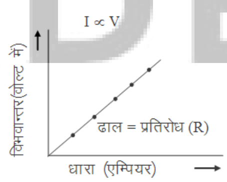
$$I \propto V$$

या,

$$V \propto I, \quad V = RI$$

$$\frac{V}{R} = I, \qquad I = \frac{V}{R}$$

जहाँ R समानुपाती नियतांक है, जिसे चालक का प्रतिरोध कहते हैं|



❖ **प्रतिरोध (Resistance):-** किसी चालक द्वारा इसमें प्रवाहित होने वाली वैद्युत धारा के प्रवाह में उत्पन्न बाधा को ही चालक का वैद्युत प्रतिरोध कहते हैं|

➢ प्रतिरोध को R से व्यक्त किया जाता है|

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

अर्थात, किसी चालक के सिरों पर आरोपित विभवान्तर तथा उसमें प्रवाहित धारा के अनुपात को प्रतिरोध कहते हैं|

THE GUIDE ACADEMIC

❖ प्रतिरोध का S.I मात्रक:

$R = \frac{V}{I} = \frac{\text{वोल्ट}}{\text{मीटर}} =$ ओम

प्रतिरोध का S.I मात्रक ओम है, जिसे ग्रीक अक्षर Ω से व्यक्त किया जाता है|

ओम की परिभाषा ,

यदि V=1 वोल्ट तथा I=1 एम्पियर तो

$R = \frac{1 \text{ वोल्ट}}{1 \text{ एम्पियर}} = 1$ ओम

अत: यदि किसी चालक के सिरों के बीच 1 वोल्ट विभावांतर लगाने पर उसमें प्रवाहित धारा 1 एम्पियर हो, तो चालक का प्रतिरोध 1 ओम होगा|

बड़े प्रतिरोध को मेगा ओम, किलो ओम से व्यक्त किया जाता एवं छोटे ओम को माइक्रो एम्पियर से व्यक्त किया जाता है|

1 Mega Ohm (MΩ) $= 10^6$ Ω
1 kilo ohm (KΩ) $= 10^3$Ω
1 Micro Ohm (μΩ) $= 10^{-6}$ Ω

प्रतिरोध का विमीय सूत्र

प्रतिरोध $= \frac{\text{विभव}}{\text{धारा}} = \frac{\frac{\text{कार्य}}{\text{आवेश}}}{\frac{\text{आवेश}}{\text{समय}}}$

$= \frac{\text{कार्य} \times \text{समय}}{(\text{आवेश})^2}$

$= \frac{[ML^2T^{-2}]\,[T]}{[AT]^2}$

$= [ML^2T^{-3}A^{-2}]$

प्रतिरोध का विमीय सूत्र $= [ML^2T^{-3}A^{-2}]$ होता है|

❖ चालकत्व (Conductance):-

किसी पदार्थ के प्रतिरोध के व्युत्क्रम को उस पदार्थ की चालकत्व कहते हैं| चालकत्व $= \frac{1}{\text{प्रतिरोध}}$

✓ चालकत्व को G से सूचित किया जाता है|

$G = \frac{I}{R}$

चालकत्व का S.I मात्रक :-

$G = \frac{1}{\text{प्रतिरोध का मात्रक}} = \frac{1}{\text{ओम}} = \text{ओम}^{-1}$

$= \Omega^{-1}$

चालकत्व का S.I मात्रक Ω^{-1} या म्हो (mho) या सीमेन (S) है|

चालकत्व का विमीय सूत्र $[M^{-1}L^{-2}T^3A^2]$ होता है|

प्रतिरोधकता या विशिष्ट प्रतिरोध (Resistivity or Special Resistance)

➢ किसी चालक का प्रतिरोध चालक के प्रकृति, ताप लम्बाई एवं अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल पर निर्भर करता है|

I. किसी चालक की प्रतिरोध (R) उसकी लम्बाई(l) के अनुक्रमानुपाती होता है|

$R \propto l$ ---- (i)

II.किसी चालक की प्रतिरोध (R) अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल (A) के व्युत्क्रमानुपाती होती है|

$R \propto \frac{1}{A}$ ---- (ii)

समीकरण (i) तथा (ii) से,

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

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

यहाँ ρ समानुपाती नियतांक है, जिसे पदार्थ का प्रतिरोधकता (Resistivity) या विशिष्ट प्रतिरोध (Special Resistance) कहते हैं|

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

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

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

यदि $l = 1$m तथा $A = 1m^2$

तो, ρ=R

प्रतिरोधकता या विशिष्ट प्रतिरोध का S.I मात्रक

$\rho = \frac{RA}{l}$ से

$\rho = \frac{\Omega m^2}{m} = \Omega m$

➢ प्रतिरोधकता या विशिष्ट प्रतिरोध का S.I मात्रक Ωm होता है|

विमीय सूत्र

$\rho = \frac{[R]\,[A]}{[l]}$

$\rho = \frac{[ML^2T^{-3}A^{-2}]\,[L^2]}{L}$

$\rho = [ML^3T^{-3}A^{-2}]$

➢ प्रतिरोधकता का विमीय सूत्र $[ML^2T^{-3}A^{-2}]$ होता है|

चालकता या विशिष्ट चलाकत्व
(Conductivity or Special Cunductance)

विशिष्ट प्रतिरोध के व्युत्क्रम का चालकता या विशिष्ट चलाकत्व कहते हैं|

चालकता $= \frac{1}{\text{प्रतिरोधकता}}$

➢ चालकता को σ से सूचित किया जाताहै|

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

➢ चालकता या विशिष्ट चलाकत्व का S.I मात्रक

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

$$\sigma = \frac{1}{\Omega m}$$

➢ चालकता का S.I मात्रक $\Omega^{-1}m^{-1}$ या म्हो मी$^{-1}$ या Sm^{-1} होता है|

चालकता का विमीय सूत्र,

$$\sigma = \frac{1}{\text{प्रतिरोध का विमीय सूत्र}}$$

$$\sigma = \frac{1}{[ML^3T^{-3}A^{-2}]}$$

$$\sigma = [M^{-1}L^{-3}T^3A^2]$$

चालकता या विशिष्ट चलाकत्व का विमीय सूत्र $[M^{-1}L^{-3}T^3A^2]$ होता है|

धारा घनत्व (Current Density):- किसी चालक के प्रति एकांक क्षेत्रफल से प्रवाहित धारा के मान को धारा कहते हैं|

या,

किसी चालक के किसी बिंदु पर प्रवाहित धारा (I) तथा उस बिंदु पर अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल (A) के अनुपात को धारा घनत्व कहते हैं|

धारा घनत्व को $\vec{J}$ से सूचित करते हैं|

$$\vec{J} = \frac{I}{\vec{A}}$$

❖ धारा घनत्व एक सदिश राशि है, जिसकी दिशा विद्युत धारा दिशा अर्थात विद्युत क्षेत्र की दिशा में होती है|

❖ धारा घनत्व का S.I मात्रक एम्पियर मीटर^2 होता है|

❖ धारा घनत्व विमीय सूत्र $[L^{-2}A]$ होता है|

ओम के नियम का वैकल्पिक रूप
(Alternative form of ohm's law)

माना लम्बाई l तथा अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल A के तार के किसी सीरों के बीच विभवान्तर V लगाने पर तार में उत्पन्न धारा I है तब तार के भीतर विद्युत क्षेत्र की तथा धारा घनत्व

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

$$V = El \quad \text{------(i)}$$

तथा

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

$$I = JA \quad \text{------(ii)}$$

यदि तार का प्रतिरोध R हो तो ओम के नियम से,

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

$$V = IR \quad \text{------(iii)}$$

यदि तार की प्रतिरोधकता ρ हो तो

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

समीकरण (iii) में R का मान रखने पर,

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

यदि समीकरण (i) तथा (ii) से V तथा I का मान रखने पर,

$$El = JA\ \frac{\rho l}{A}$$

$$E = J\rho$$

यदि तार के पदार्थ की चालकता σ हो तो

$$\sigma = \frac{I}{\rho}$$

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

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

$$J = \sigma E$$

सदिश रूप में,

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

➢ यह ओम के नियम का वैकल्पिक रूप है|

❖ electron का अपवाह एवं प्रतिरोधकता का उदगम

माध्य मुक्त पथ (Mean Free Path):- electron की धन आयनों के साथ दो क्रमागत टक्करों के बीच electrons द्वारा तय की गई दूरी को मुक्त पथ कहते हैं|

➢ मुक्त पथों के औसत मन को माध्य मुक्त पथ कहते हैं जिसे λ से सूचित किया जाता है|

➢ माध्य मुक्त पथ का S.I मात्रक मीटर तथा विमीय सूत्र $[M^0LT^0]$ है|

➢ माध्य मुक्त पथ की कोटि 10^{-9} मीटर होती है|

➢ **श्रांति काल (Relation Time) :-** मुक्त electrons तथा धन आयनों के बीच दो क्रमागत टक्करों के बीच लगे माध्य समय को श्रन्तिकाल कहते हैं

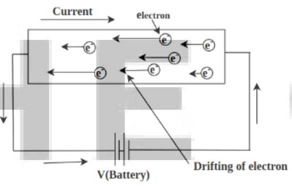
➢ श्रन्तिकाल को (τ) से सूचित किया जाता है|

श्रन्तिकाल (τ) = $\frac{\text{माध्य मुक्त पथ}}{\text{औसत चाल}}$

$$\tau = \frac{\vec{\lambda}}{V_{rms}} = \frac{10^{-9}m}{10^5 m/s} = 10^{-14}s$$

➢ अतः श्रन्तिकाल $10^{-14}s$ की कोटि का होता है|

अपवाह वेग :- जब विद्युत चालक के सिरों पर विद्युत क्षेत्र आरोपित किया जाता है, चालक का मुक्त electron आरोपित विद्युत क्षेत्र की दिशा के विपरित त्वरित हो जाता है, और electron कुछ समय के लिए अतिरिक्त वेग प्राप्त कर लेते हैं, जिसे अपवाह वेग (Drift Velocity) $\vec{V_d}$ कहते हैं|



या, किसी चालक में मुक्त इलेक्ट्रान के अपवाह वेग को आरोपित विद्युत की दिशा के विपरित इलेक्ट्रान के औसत वेग के रूप में परिभाषित किया गया है|

यदि किसी चालक में आरोपित विद्युत $\vec{E}$ हो तो electron पर कार्यरत बल,

$\vec{F} = -e\vec{E}$ ऋणात्मक चिन्ह यह दर्शाता है कि $\vec{F}$ तथा $\vec{E}$ एक दुसरे के विपरित है|

तब electron में उत्पन्न त्वरण,

$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ जहाँ m electron का द्रव्यमान है|

$$\therefore \vec{a} = \frac{-e\vec{E}}{m}$$

यदि चालक के electrons तथा आयनों के बीच टक्करों का अला समय अंतराल (τ) हो तो,

तब अपवाह वेग,

$\vec{V_d} = \vec{u} + \vec{a}\,\tau$ $[V = u + at]$

$\because \vec{u} = 0$ तथा $\vec{a} = \frac{-e\vec{E}}{m}\tau$

$$\vec{V_d} = \frac{-e\vec{E}}{m}\tau$$

या, $|\vec{V_d}| = V_d = \frac{eE}{m}\tau$

⇨ अपवाह वेग बहुत कम होती है, इसकी कोटि $10^{-5}ms^{-1}$ है|

⇨ अपवाह वेग की दिशा आरोपित विद्युत क्षेत्र की विपरित दिशा में होती है|

❖ **गतिशीलता (Mobility):-** प्रतिएकांक विद्युत क्षेत्र के electron के अनुगमन वेग को गतिशीलता कहते हैं|

गतिशीलता को μ से सूचित किया जाता है,

$$\mu = \frac{V_d}{E} = \frac{\frac{eE}{m}\tau}{E} = \mu = \frac{e\tau}{m}$$

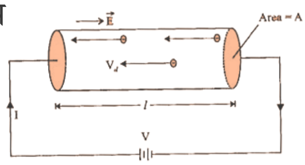
अर्थात, electron के अनुमान वेग एवं विद्युत क्षेत्र की अनुपात को गतिशीलता कहते हैं|

➢ गतिशीलता का S.I मात्रक $m^2V^{-1}S^{-1}$ तथा व्यावहारिक मात्रक $cm^2V^{-1}S^{-1}$

➢ गतिशीलता का विमीय सूत्र $[M^{-1}L^0T^2A]$ होता है|

अपवाह वेग तथा विद्युत धारा में संबंध (Relation between Drift Velocity and Electric Current)

माना की लम्बाई l तथा अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल A वाला कोई चालक है, जिनके सिरों पर आरोपित विभवान्तर V है,



तब चालक के सिरों पर विद्युत क्षेत्र E = $\frac{V}{l}$

माना की प्रतिएकांक आयतन में मुक्त electrons की संख्या n है|

तब चालक में मुक्त electrons की कुल संख्या = n × चालक का आयतन

$= n \times Al$

यदि Electron पर आवेश e हो तो

यदि electron पर आवेश $Q = (nAl)e$

चालक की लम्बाई में आवेश को प्रवाहित होने में लगा समय,

$t = \frac{l}{V_d}$ [समय $= \frac{\text{दूरी}}{\text{चाल}}$]

वैद्युत धारा की परिभाषा

$$I = \frac{Q}{t}$$

$$I = \frac{nAle}{\frac{l}{V_d}}$$

$$I = \frac{nAle \times V_d}{l}$$

$$I = neAV_d \quad \text{---------(i)}$$

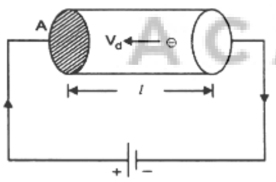
$I \propto V_d$ (क्योंकि n, e तथा A अचर है)

समीकरण (i) को,

$$\frac{I}{neA} = V_d$$

$$V_d = \frac{I}{neA}$$

❖ **अपवाह वेग के आधार पर ओम नियम की व्युत्पत्ति (Derivation of Ohm's law on the basis of Drift Velocity or Free electron model):-**



माना धातु के किसी तार की लम्बाई l अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल A है, धातु के प्रतिएकांक आयतन में मुक्त Electrons की संख्या n है, माना तार के सिरों के बीच विभवान्तर V लगाने पर तार में प्रवाहित धारा I है| यदि मुक्त Electrons का अपवाह वेग V_d तथा श्रांतिकाल τ हो तो,

विद्युत धारा तथा अपवाह वेग के बीच सम्बन्ध द्वारा

$$I = neAV_d \text{ –(i)}$$

तब तार के भीतर विद्युत क्षेत्र

$$E = \frac{V}{l} \text{ –(ii)}$$

अपवाह वेग तथा श्रांतिकाल में सम्बन्ध

$$V_d = \left(\frac{eE}{m}\right)\tau \text{ – (iii)}$$

समी० (i) में V_d का मान रखने पर

$$I = neA\left(\frac{eE}{m}\right)\tau$$

$$I = \frac{ne^2\tau AE}{m} \quad – (iv)$$

समी० (ii) का मान समीकरण (iv) में रखने पर

$$I = \frac{ne^2\tau A}{m} \cdot \frac{v}{l}$$

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

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

लेकिन $\frac{ml}{ne^2\tau A} = R$ (नियतांक है, जिसे तार का प्रतिरोध कहते हैं)

$$\therefore \frac{V}{I} = R$$

$$V = RI$$

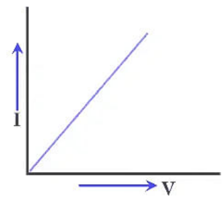
$$\Rightarrow V \propto I \quad \text{Proved.}$$

❖ **ओम के नियम के सीमाएँ (Limitations of Ohm's Law)**

(i) ओम के नियम सभी प्रकार के पदार्थों के लिए मान्य नहीं है, अत: ओम का नियम सार्वत्रिक नियम नहीं है|

(ii) ओमीय चालक (Ohmic Conductor) या रेखीय चालक (Linear Conductor):- जो पदार्थ ओम के नियम का पालन करता है उन्हें ओमीय चालक या रेखीय चालक कहते हैं,

ओमीय चालक के $V - I$ ग्राफ मूल बिंदु से गुजरने वाले सरल रेखा होती है|

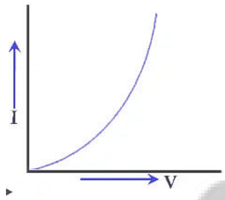


Note:- सभी धातुएँ ओम के नियम का पालन करती है, प्रायोगिक सीमा में अर्द्धचालक व अचालक भी ओम के नियम का पालन करते हैं| यद्यपि इनमें प्रवाहित धारा धातुएँ की तुलना में नगण्य होती है|

(iii) अनओमीय चालक(Non-Ohmic Conductors):- वे चालक जो ओम के नियम का पालन नहीं करते अनओमीय चालक (Non-ohmic Conductors) कहलाते हैं|

जैसे:- गैसें, तापायनिक बाल्व, अर्द्धचालक डायोड, ट्रांसिस्टर etc.

ओमिय चालक के लिए $V - I$ ग्राफ सरल रेखा नहीं होता है|



ओमीय तथा अन-ओमीय परिपथ (Ohmic and Non-Ohmic Circuit)

परिपथ (Circuit):- एक बंद चालकद पथ जिसमें धारा बह रही हो या बह सकती हो परिपथ कहलाता है|

परिपथ में लगने वाला यक्तियों को परिपथ अवयव (Circuit elements) कहते हैं|

जैसे:- सेल, प्रतिरोध, धारामापी etc.

- ❖ **ओमीय परिपथ (Ohmic Circuit):-** जब किसी परिपथ में बहने वाली धारा (I) आरोपित विभावांतर (V) के अनुक्रमानुपति होती है| तो उस परिपथ को ओमीय परिपथ कहते हैं|

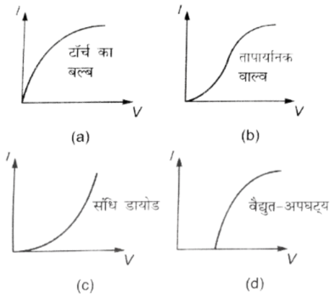
ओमीय परिपथ अवयवों के उदाहरण – धातु की तार, कार्बन प्रतिरोधक, मिश्रधातु का तार etc.

ओमीय परिपथ में आरोपित विभवान्तर (V) तथा बहने वाली धारा (I) के बीच ग्राफ सरल रेखा होता है|

- ❖ **अनओमीय परिपथ (Non-ohmic Circuit):-** जब किसी परिपथ में बहने वाली धारा (I) आरोपित विभवान्तर (V) के अनुक्रमानुपति न हो तो उस परिपथ को अन-ओमीय परिपथ कहते हैं|

अनओमीय परिपथ अवयवों के उदाहरण:- टार्च का बल, तापायनिक वाल्व, संधि डायोड, ट्रांजिस्टर, अघुलनशील इलेक्ट्रोड वाले विद्युत अपघट्य गैसें|

अनओमीय परिपथ में आरोपित विभावांतर V तथा बहने वाली धारा I के बीच ग्राफ सरल रेखा नहीं होता है



❖ प्रतिरोधकता की ताप पर निर्भरता (Temperature Dependence of Resistivity)

सभी पदार्थों की प्रतिरोधकता ताप पर निर्भर पायी जाती है परंतु विभिन्न पदार्थ एक जैसी निर्भरता प्रदर्शित नहीं करते हैं|

किसी धात्विक चालक की प्रतिरोधकता निम्न समीकरण से व्यक्त किया जाता है|

$\rho_T = \rho_\circ[1 + \alpha(T - T_\circ)]$ –(i)

जहाँ,

ρ_T ताप T पर प्रतिरोधकता है|

$\rho_\circ$ ताप $T_\circ$ (सन्दर्भ ताप) की प्रतिरोधकता है|

सन्दर्भ ताप $T_\circ$ को $0°C$ अथवा $20°C$ लिया जाता है|

यदि,

$T_\circ = 0°C$ हो तो समी० (i) में,

$$\rho_T = \rho_\circ[1 + \alpha(T - 0)]$$
$$\rho_T = \rho_\circ[1 + \alpha(T)]$$
$$\rho_T = \rho_\circ(1 + \alpha T)$$
$$\rho_T = \rho_\circ + \rho_\circ \alpha T$$
$$\rho_T - \rho_\circ = \rho_\circ \alpha T$$
$$\frac{\rho_T - \rho_\circ}{\rho_\circ T} = \alpha$$
$$\alpha = \frac{\rho_T - \rho_\circ}{\rho_\circ T}$$

जहाँ α को प्रतिरोधकता ताप का गुणांक (Temperature Coefficient of resistivity) कहते हैं|

∴ प्रतिरोधकता ताप गुणांक $\alpha = \frac{\rho_T - \rho_\circ}{\rho_\circ T}$

या, $\alpha = \frac{\rho_T - \rho_\circ}{\rho_\circ(T - T_\circ)}$

या, $\alpha = \frac{\rho_T - \rho_\circ}{\rho_\circ \Delta T}$

प्रतिरोध R के रूप में,

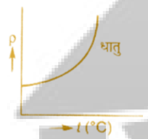
$$\alpha = \frac{R_T - R_\circ}{R_\circ(T - T_\circ)}$$

प्रतिरोधकता ताप गुणांक α का S.I मात्रक

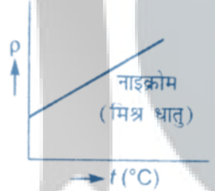
$$\because a = \frac{\rho_T - \rho_\circ}{\rho_\circ \Delta T} = \frac{\Delta\rho}{\rho_\circ \Delta T}$$

$$a = \frac{1}{\Delta T} = \frac{1}{K} = K^{-1}$$

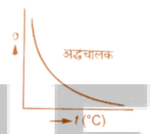
- प्रतिरोधकता ताप गुणांक का S.I मात्रक प्रति केल्विन (K^{-1}) तथा व्यवहारिक मात्रक (C^{-1}) होता है|
- प्रतिरोधकता ताप गुणांक का विमीय सूत्र $[M^\circ L^\circ T^\circ K^{-1}]$ या $[M^\circ L^\circ T^\circ \theta^{-1}]$ होता है|
- धातु की ताप बढ़ने पर प्रतिरोधकता बढती है|



- मिश्र धातु की ताप बढ़ने पर प्रतिरोधकता बढती है लेकिन धातु की अपेक्षा कम|



- अर्द्धचालक की ताप बढ़ने पर प्रतिरोधकता घटती है|



Note:- ताप के साथ-साथ जिन पदार्थों की प्रतिरोधकता बढती है उसका प्रतिरोधकता ताप गुणांक धनात्मक है, उसका प्रतिरोधकता ताप गुणांक ऋणात्मक होता है|

- **थर्मीस्टर (Thermistor):-** यह एक ऊष्मा-सुग्राही प्रतिरोधक होता है, जो अर्द्धचालक पदार्थों से बना होता है
- थर्मीस्टर दो प्रकार के होते हैं-

(i) प्रतिरोधकता ताप गुणांक (α) धनात्मक वाला|

(ii) प्रतिरोधकता ताप गुणांक (α) ऋणात्मक वाला|

(i) जिनका प्रतिरोधकता ताप गुणांक धनात्मक होता है, इस प्रकार के थर्मिस्टर की प्रतिरोधकता ताप में वृद्धि करने पर बढती है|

(ii) जिनका प्रतिरोधकता ताप गुणांक ऋणात्मक होता है, इस प्रकार के थर्मिस्टर की प्रतिरोधकता ताप में वृद्धि करने पर घट जाती है|

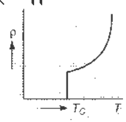
थर्मिस्टर का उपयोग

1. थर्मिस्टर का उपयोग विद्युत परिपथ में आरोपित वोल्टता में परिवर्तन की जाँच व नियंत्रणकरने में किया जाता है| जैसे- टेलीविजन, ट्यूब के तनु को जलने से बचाने में किया जाता है|

2. थर्मिस्टर का उपयोग विद्युत युक्तियों जैसे ट्रांसफार्मर मोटर व जनित्र में सुरक्षा परिपथों (Protective Circuit) में किया जाता है|

3. इसका उपयोग $10^{-3}\,^\circ C$ के ताप परिवर्तन को पता करने में किया जाता है|

❖ **अतिचालकता (Super-Conductivity):-** चालक का वह गुण जिसके कारण वह अल्प ताप पर भी लगभग शून्य प्रतिरोध दर्शाता है, उसे अतिचालकता कहते हैं|



❖ **अतिचालक(Super-Conductors):-** वे पदार्थ जो अतिचालकता का गुण दर्शाते हैं, अतिचालक कहलाते हैं|

जैसे- पारा 4.2 K के नीचे, सीसा 7.25 K के नीचे अतिचालक की तरह काम करता है।

❖ **क्रांतिक ताप (Critical Temperature):-** वह ताप जिसके नीचे कोई पदार्थ अतिचालक में परिवर्तित हो जाता है, क्रांतिक ताप (T_c) कहलाता हैं|

पदार्थ का नाम	क्रांतिक ताप
मर्करी	4.2 K
Pb	7.2 K
Al	1.2 K

अतिचालकता के उपयोग

(i) अति तीव्र कंप्यूटरों के निर्माण में अतिचालकता का प्रयोग किया जाता है|

(ii) प्रयोगशाला में उच्च स्तरीय अनुसंधानों में अतिचालकता का उपयोग किया जाता है|

THE GUIDE ACADEMIC

(iii) कई प्रयोगशाला में अतिचालकता कुण्डलियों से निर्मित शक्तिशाली चुम्बकों का प्रयोग किया जाता है|

कार्बन प्रतिरोधक तथा उनके वर्ण कोड (Carbon Resistors and their Colour Codes)

- घरेलु उपयोग अथवा प्रयोगशाला में प्रयोग होने वाले प्रतिरोधक दो प्रकार के होते हैं-

(i) तार आबद्ध प्रतिरोधक (Wire Wounded Resistors)

(ii) कार्बन प्रतिरोधक (Carbon Resistors)

(i) तार आबद्ध प्रतिरोधक (Wire Wounded Resistors):- जब मिश्रधातु (जैसे:- मैंगनिन और कान्सटेन्टन) के तारों को लपेटकर प्रतिरोधक बनाया जाता है, उसे तार आबद्ध प्रतिरोधक कहते हैं|

तार आबद्ध प्रतिरोधक का परिसर एक ओम के किसी अंश से लेकर कुछ सौ ओम तक होता है|

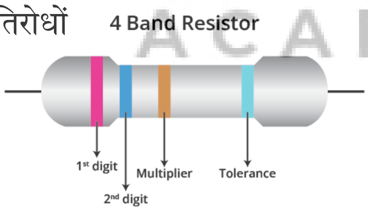
तार आबद्ध प्रतिरोधक आकृति में बड़ा होने के कारण हर जगह उपयुक्त नहीं है|

(ii) कार्बन प्रतिरोधक (Carbon Resistors):- वह प्रतिरोधक जो छोटे-छोटे कार्बन के टुकड़े से या कार्बन के अनुरूप से बने होते हैं, उसे कार्बन प्रतिरोधक कहते हैं|

कार्बन प्रतिरोधक का परिसर उच्च तथा सस्ता होता हैं|

कार्बन प्रतिरोधक की प्रतिरोधक को वर्ण कोड से ज्ञात किया जाता है|

- कार्बन प्रतिरोधकों के प्रतिरोधों के मान को चार रंगीन बैंड द्वारा व्यक्त किया जाता है|



i. कार्बन प्रतिरोधक में पहला रंग या बैंड पहला अंक(first digit) को बताता है|

ii. कार्बन प्रतिरोधक में दूसरा रंग या बैंड दूसरा अंक(Second digit को बताता है|

iii. कार्बन प्रतिरोधक में तीसरा रंग या बैंड गुणांक(Multiplier) अंक को बताता है|

iv. कार्बन प्रतिरोधक में चौथा रंग या बैंड सहन या त्रुटी(Tolerance) को बताता है|

v. यदि चतुर्थ रंग या बैंड अनुपस्थित हो तो सहन सीमा 120% ली जाती है|

- कार्बन प्रतिरोधक का प्रतिरोध $R = ab \times 10^c \pm$ सहन सीमा द्वारा ज्ञात किया जाता है|

रंग	संकेत	अंक	गुणक	सह्यता(%में)
काला(Black)	B	0	10^0	-
भूरा(Brown)	B	1	10^1	-
लाल(Red)	R	2	10^2	-
नारंगी(Orange)	O	3	10^3	-
पीला(Yellow)	Y	4	10^4	-
हरा(Green)	G	5	10^5	-
नीला(Blue)	B	6	10^6	-
बैंगनी(Violet)	V	7	10^7	-
धूसर(Gray)	G	8	10^8	-
सफ़ेद(White)	W	9	10^9	-
सुनहरा(Gold)	G	-	–	5
चाँदी(Silver)	S	-	–	10
वर्णहीन(N0 color)	N	-	–	20

प्रतिरोधक के रंग कोड को याद रखने का ट्रिक

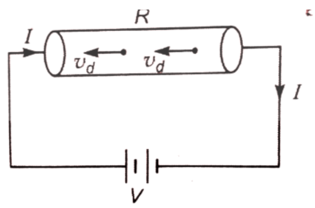
Bill **B**rown **R**ealised **O**nly **Y**esterday **G**ood **B**oys **V**alue **G**ood **W**ork OR

BB ROY of **G**reat **B**ritain had a **V**ery **G**ood **W**ife who wears **G**old and **S**ilver **N**ecklace

विद्युत उर्जा (Electric energy):- किसी निश्चित समय में धारा द्वारा किया गया कुल कार्य को विद्युत उर्जा कहते हैं|

हमारे दैनिक जीवन में विद्युत उर्जा के अनेक उपयोग हैं जैसे- बिजली का बल्ब, हीटर, पानी गर्म करने के छड़, बिजली की इस्त्री आदि|

वैद्युत उर्जा के लिए व्यंजक माना की चालक के सिरों का विभवान्तर V तथा इसमें प्रवाहित धारा I है अतः t



सेकंड में तार में प्रवाहित आवेश

$$q = It$$

q आवेश को विभांतर V पर तार के एक सिरे से दुसरे सिरे तक ले जाने में बैटरी द्वारा किया गया कार्य

$$W = qV$$
$$W = ItV$$
$$W = VIt \quad ...(i)$$

यदि चालक का प्रतिरोध R हो तो ओम के नियम से,

$$V = IR$$
$$\therefore W = IRIt$$
$$W = I^2Rt \,...(ii)$$

समीकरण (ii) में $I = \frac{V}{R}$ रखने पर,

$$W = \left(\frac{V}{R}\right)^2 Rt$$
$$W = \frac{V^2}{R}t \,...(iii)$$

वैद्युत उर्जा का S.I मात्रक

$$\because W = VIt$$

W = वोल्ट.एम्पियर से० = जूल

➢ वैद्युत उर्जा का S.I मात्रक जूल है |

वैद्युत उर्जा का मात्रक कैलोरी में

∵ 4.2 जूल = 1 कैलोरी

$$1 \text{ जूल} = \frac{1 \text{ कैलोरी}}{4.2}$$

∵ समी० (i) में,

$$W = \frac{VIt}{4.2} \text{ कैलोरी}$$

समी० (ii) में,

$$W = \frac{I^2Rt}{4.2} \text{ कैलोरी}$$

समी० (iii) में,

$$W = \frac{V^2}{4.2R}t$$

चूँकि जब धारा तार में प्रवाहित होता है तो तार में ऊष्मा उत्पन्न हो जाता है|

तो t समय में तार में उत्पन्न ऊष्मा

$$Q = \frac{W}{4.2} = \frac{VIt}{4.2} = \frac{I^2Rt}{4.2} = \frac{V^2}{4.2R}t \text{ कैलोरी}$$

➢ वैद्युत उर्जा का वाणिज्यिक मात्रक B.T.U (Board of Trade unit) है जिसे KWh या $unit$ भी कहते हैं|

$$1\,unit = 1\,KWh$$
$$= 10^3 \times 60 \times 60 \text{ वाट से०}$$
$$= 3600 \times 10^3 \text{ वाट से०}$$
$$1\,unit = 3.6 \times 10^6 \text{ जूल}$$

❖ वैद्युत शक्ति (Electric Power):- वैद्युत परिपथ में समय के सापेक्ष धारा द्वारा किया गया कार्य के वैद्युत शक्ति कहते हैं| या,

विद्युत परिपथ में उर्जा क्षय को वैद्युत शक्ति कहते हैं|

वैद्युत शक्ति को P से सूचित किया जाता है|

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

(i) यदि

$$W = VIt$$
$$\therefore P = \frac{VIt}{t}$$
$$P = VI$$

➢ वैद्युत परिपथ में धारा और वोल्टता के गुणनफल को वैद्युत शक्ति कहते हैं|

(ii) यदि $W = I^2Rt$

$$\therefore P = \frac{I^2Rt}{t}$$
$$P = I^2R$$

(iii) यदि $W = \left(\frac{V^2}{R}\right)t$

$$\therefore W = \frac{\frac{V^2}{R}.t}{t}$$
$$P = \frac{V^2}{R}$$

वैद्युत शक्ति का S.I मात्रक

$$P = VI$$

P = वोल्ट × एम्पियर = वाट

➢ वैद्युत शक्ति का S.I मात्रक वाट होता है|

1 वाट = 1 जूल/सेकंड

$$1KW = 10^3W$$
$$1MW = 10^6W$$

- वैद्युत शक्ति का प्रायोगिक मात्रक hp (Horse Power अश्व शक्ति) है|

1hp = 746 w=0.746 kw

प्रतिरोधों का संयोजन – श्रेणीक्रम संयोजन तथा पार्श्वक्रम संयोजन (Combination of resistors:- Series and Parallel)

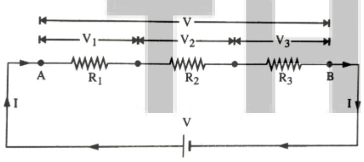
तुल्य प्रतिरोध (Equivalent Resistance):- जब किसी वैद्युत परिपथ में किन्हीं दो बिन्दुओं के बीच लगे कई प्रतिरोधों को हटाकर उनके स्थान पर अकेला ऐसा प्रतिरोध लगा दिया जाये कि परिपथ में बहने वाली धारा तथा दोनों बिन्दुओं के बीच विभावांतर के मान में कोई परिवर्तन न हो तो ऐसे प्रतिरोधों के बीच को तुल्य प्रभावी या परिणामी प्रतिरोध कहते हैं|

प्रतिरोधों का संयोजन के मुख्यत: दो विधियाँ निम्न है|

(i) श्रेणीक्रम संयोजन (Series Combination)

(ii) पार्श्वक्रम संयोजन (Parallel Combination)

(i) प्रतिरोधों का श्रेणीक्रम संयोजन :- जब दो या दो से अधिक प्रतिर्रोधों को संयोजित करने के बाद सभी प्रतिरोधों में वैद्युत धारा का मान समान हो, उसे प्रतिरोधों का श्रेणीक्रम संयोजन कहते हैं|



माना कि, R_1, R_2, तथा R_3, तीन प्रतिरोध है जिसे श्रेणीक्रम में जोड़ा गया है, माना संयोजन में प्रवाहित धारा I है यदि प्रतिरोधों R_1, R_2, तथा R_3, के सिरों के बीच विभावांतर V_1, V_2, V_3, हो तो|

तब $V = V_1 + V_2 + V_3$ -(i)

लेकिन, $V = IR$

$$V_1 = IR_1,\ V_2 = IR_2,\qquad V_3 = IR_3$$

तब समी० (i) में,

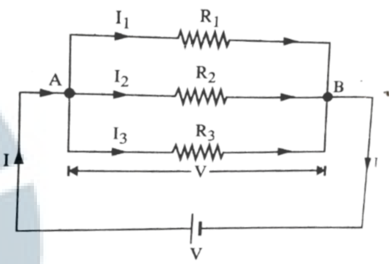
$$IR_s = IR_1 + IR_2 + IR_3$$
$$IR_s = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

यदि संयोजन में n प्रतिरोध हो तो

$$IR_5 = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots . R_n$$

- श्रेणी संयोजन के तुल्य प्रतिरोध का मान सभी प्रतिरोधों के योग के बराबर होता है|
- श्रेणीक्रम संयोजन के तुल्य प्रतिरोध संयोजन के सबसे बड़े प्रतिरोध से बड़ा होता है|

प्रतिरोधों का पार्श्वक्रम या समांतर क्रम संयोजन (Parallel Combination of resistors):- जब दो या दो से अधिक प्रतिरोधों को संयोजित करने के बाद सभी प्रतिरोधों में विभवांतर का मान समान हो, उसे प्रतिरोधों का पार्श्वक्रम या समांतर क्रम संयोजन कहते हैं|



माना कि, R_1, R_2, तथा R_3, तीन प्रतिरोध है जिसे समांतर क्रम में जोड़ा गया है, माना संयोजन में प्रवाहित धारा I है माना प्रतिरोध R_1, R_2, तथा R_3, में प्रवाहित धारा क्रमशः I_1, I_2, एवं I_3 हैं|

तब

$I = I_1 + I_2 + I_3$ -(ii)

लेकिन , $I = \frac{V}{R}$

$\therefore I_1 = \frac{V}{R_1},\ I_2 = \frac{V}{R_2},\ I_3 = \frac{V}{R_3}$

तब समी० (i) में,

$$\frac{V}{R_P} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$
$$\frac{V}{R_P} = V\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right)$$
$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

यदि संयोजन में n प्रतिरोध हो तो

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots . + \frac{1}{R_n}$$

समांतर क्रम में संयोजित प्रतिरोधों के तुल्य प्रतिरोध इस प्रकार होगा

$$\frac{1}{R_P} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

i.e. $R_P = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

- अतः समांतर क्रम में जोड़े गए प्रतिरोधों के तुल्य प्रतिरोध का व्युत्क्रम (Reciprocal) उन प्रतिरोधों के व्युत्क्रम के योग के बराबर होता है|
- समांतर परिपथ में तुल्य प्रतिरोध का मान संयोजन के सबसे छोटे प्रतिरोध के मान से कम होता है|

सेल, विद्युत-वाहक बल, आतंरिक प्रतिरोध (Cells, EMF, Internal Resistance)

सेल (Cells):- वैद्युत सेल एक ऐसी युक्ति है जो किसी अन्य प्रकार की उर्जा को वैद्युत उर्जा में बदल देती है|

वैद्युत सेल के दो सिरा होता है|

(i) धन सिरा (Positive Terminal)

(ii) ऋणसिरा (Negative Terminal)

धन सिरा (Positive Terminal):- अधिक विभव वाले सिरा को धन सिरा कहते हैं|

ऋण सिरा (Negative Terminal):- कम विभव वाले सिरे को ऋण सिरा कहते हैं|

वैद्युत सेल कई प्रकार के होते हैं|

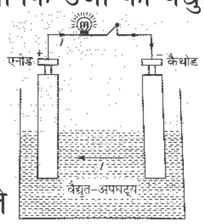
(i) वैद्युत रासायनिक सेल (Electrochemical Cells)

(ii) फोटो सेल (Photo Cells)

(iii) सौर सेल (Solar Cells)

(iv) तापयुग्म सेल (Thermo-Couple Cells)

(i) वैद्युत रासायनिक सेल (Electrochemical Cells):- वह सेल जो रासायनिक उर्जा को वैद्युत उर्जा में बदल देता है, उसे वैद्युत रासायनिक सेल कहते हैं|



एलेक्ट्रोड्स (Electrodes):- सेल में दो छड़ या प्लेट होते हैं, जिन्हें इलेक्ट्रोड्स कहते हैं|

वैद्युत अपघट्य (Electrolytes):- सेल के भीतर मौजूद रासायनिक विलयन को वैद्युत अपघट्य कहते हैं|

कुछ महत्वपूर्ण बातें

(i) उच्च विभव वाले Electrodes को एनोड तथा निम्न विभव वाले Electrodes को कैथोड कहते हैं|

(ii) वैद्युत परिपथ में धारा धन Electrodes से ऋण Electrodes की ओर प्रवाहित होता है जबकि सेल के भीतर वैद्युत अपघट्य में धारा ऋण Electrodes से धन Electrodes की ओर प्रवाहित होता है|

Note:-भौतिक विज्ञान में सेल के उच्च विभव वाले Electrodes को एनोड (Anode) तथा निम्न विभव वाले Electrodes को कैथोड में जिस Electrodes पर ऑक्सीजन होता है उसे एनोड तथा जिस पर अपचयन होता है उसे कैथोड कहते हैं|

अर्थात् भौतिकी में जिस Electrodes को कैथोड कहते हैं, जैसे डेनियल सेल में जिंक छड़ को भौतिकी में तथा कैथोड तथा रसायन विज्ञान में एनोड कहा जाता है|

वैद्युत रासायनिक सेल दो प्रकार के होते हैं|

(a) प्राथमिक सेल (Primary Cells)

(b) द्वितीयक सेल (Secondary Cells)

(a) प्राथमिक सेल (Primary Cells):- वह सेल जो पुनः आवेशित नहीं किया जा सकता है, उसे प्राथमिक सेल कहा जाता है|

प्राथमिक वैद्युत रासायनिक सेल में होने वाली रासायनिक क्रिया अनुत्क्रमणीय (Irreversible) होती है|

जैसे:- डेनियल सेल, लेक्लांशे सेल, शुष्ट सेल etc.

Note:- प्राथमिक सेल रासायनिक उर्जा को वैद्युत उर्जा में बदल देता है|

(b)द्वितीय सेल (Secondary Cell):- वह सेल जो पुनः आवेशित किया जा सकता है, उसे द्वितीय सेल कहते हैं|

द्वितीय वैद्युत रासायनिक सेल में होने वाली रासायनिक क्रिया उत्क्रमणीय होती है|

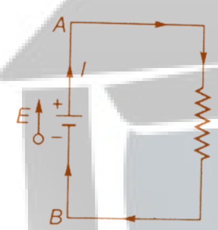
जैसे:- सीसा संचायक सेल (Lead Accumulator Cell), क्षारीय संचायक सेल (Alkaline Accumulator Cell), लिथीयम सेल, पारा सेल etc.

Note:- प्रथम वैद्युत रासायनिक सेल का आविष्कार लगभग 1800 में Alessandro volta ने किया था|

सेल का विद्युत वाहक बल (Electromotive Force of Cell):- जब Electrodes के बीच प्रतिरोध को जोड़ा जाता है तो धनावेश उच्च विभव से निम्न विभव परिपथ में प्रवाहित होता है जबकि सेल के भीतर धनावेश निम्न से उच्च विभव (वैद्युत क्षेत्र के विपरीत) ले जाने में सेल द्वारा कार्य करना पड़ता है यह कार्य सेल के भीतर रासायनिक उर्जा से प्राप्त होता है|

अर्थात् एकांक आवेश को सेल सहित पूरे बन्द परिपथ में प्रवाहित कराने में सेल द्वारा किये गए कार्य को सेल का विद्युत वाहक बल (Electromotive Force) या emf कहते हैं|

यदि q आवेश को पूरे परिपथ में प्रवाहित कराने में सेल द्वारा किया गया कार्य W हो तो,
सेल का विद्युत वाहक बल



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

- विद्युत वाहक बल का S.I मात्रक जूल/कूलॉम या वोल्ट है|
- विद्युत वाहक बल का विमीय सूत्र $[ML^2T^{-3}A^{-1}]$ होता है|
- विद्युत वाहक बल एक अदिश राशि है|

Note:- *विद्युत वाहक बल कोई बल नहीं है बल्कि एकांक आवेश को परिपथ में ले जाने में किया गया कार्य है|*
स्थिर वैद्युतिकी में E वैद्युत क्षेत्र का प्रतीक है जबकि धारा वैद्युत में E विद्युत वाहक बल का|

सेल का आंतरिक प्रतिरोध (Internal Resistance of Cell):- जब किसी सेल की Electrodes को किसी चालक तार द्वारा जोड़ दिया जाता है, तो तार में धारा बहने लगती है, धारा प्रवाह में स सेल के विद्युत-अपघट्य द्वारा उत्पन्न अवरोध को सेल का आंतरिक प्रतिरोध कहते हैं|
इसे r से सूचित किया जाता है|

(i) सेल का आंतरिक प्रतिरोध Electrodes के बीच दुरी के समानुपाती होता हैं|

$$r \propto l$$

(ii) सेल का आंतरिक प्रतिरोध विद्युत अपघट्य में Electrodes के डूबे हुए भाग के क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती होता है

$$r \propto \frac{1}{A}$$

(iii) सेल का आंतरिक प्रतिरोध वैद्युत अपघट्य के घोल की सांद्रता के समानुपाती होता है|

$$r \propto c$$

Note:- प्राथमिक सेल का आंतरिक प्रतिरोध अधिक तथा द्वितीय सेल का आंतरिक प्रतिरोध कम होता है|
आदर्श सेल का आंतरिक प्रतिरोध शून्य होना चाहिए लेकिन व्यवहार में ऐसा संभव नहीं है|

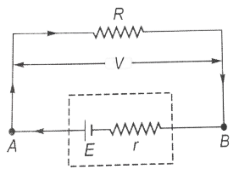
टर्मिनल विभवांतर (Terminal Potential):- किसी परिपथ में दो बिन्दुओं के बीच एकांक आवेश को प्रवाहित कराने में सेल द्वारा किया गया कार्य को सेल का टर्मिनल विभावांतर कहा जाता है|

$$V = \frac{W_{ext}}{q}$$

- टर्मिनल विभावांतर का S.I मात्रक वोल्ट (V) होता है|

सेल के विद्युत-वाहक बल, टर्मिनल विभवांतर तथा आंतरिक प्रतिरोध में सम्बन्ध (Relation among Electromotive force Terminal Potential Difference and Internal Resistance of a Cell)

माना कि विद्युत वाहक बल E तथा आंतरिक प्रतिरोध r वाले सेल के दोनों टर्मिनल (A तथा B) के बीच प्रतिरोध R जोड़ा गया है| प्रतिरोध में होकर प्रवाहित धारा I है|



तब सेल द्वारा t समय में प्रवाहित आवेश

$$q = It$$

पूरे परिपथ में q आवेश को प्रवाहित कराने में सेल द्वारा दी गई उर्जा

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

THE GUIDE ACADEMIC

$$W = Eq \quad ...(i)$$
$$W = EIt$$
यह उर्जा दो भाग में प्रयुक्त है|

(i) बाह्य प्रतिरोध में उष्मीय उर्जा के रूप में क्षय

$$W_{ext} = I^2Rt$$

(ii) आन्तरिक प्रतिरोध में उष्मीय उर्जा के रूप में क्षय

$$W_{int} = I^2rt$$

कुल क्षय उर्जा

$$W = W_{ext} + W_{int}$$
$$W = I^2Rt + I^2rt$$
$$Eq = I^2Rt + I^2rt \qquad (\because W = Eq)$$
$$EIt = I^2Rt + I^2rt$$
$$EIt = It(IR + Ir)$$
$$E = IR + Ir \quad ...(ii)$$

लेकिन $IR = V$

$$E = V + Ir$$
$$E - Ir = V$$
$$V = E - Ir$$

यह सेल के टर्मिनल विभावांतर, विद्युत वाहक बल तथा आंतरिक प्रतिरोध में सम्बन्ध है (जब सेल निरावेषित हो रहा है|)

सेल का टर्मिनल विभवांतर विद्युत वाहक बल से कम होता है|

समी० (ii) से

$$E = IR + Ir$$
$$E = I(R + r)$$
$$I = \frac{E}{R + r}$$

इसे परिपथ समीकरण कहते हैं|

आंतरिक प्रतिरोध का निर्धारण

या आंतरिक प्रतिरोध का मान E, V तथा R के पदों में

हम जानते हैं कि

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

लेकिन,

$$V = IR$$
$$\therefore V = \left(\frac{E}{R + r}\right)R$$

$$V = \left(\frac{ER}{R + r}\right)$$
$$R + r = \frac{ER}{V}$$
$$r = \frac{ER}{V} - R$$

या,

$$r = \left(\frac{ER}{V} - 1\right)R$$

या,

$$r = R\left(\frac{ER}{V} - 1\right)$$

विद्युत वाहक बल तथा विभवांतर में अंतर

क्र.	विद्युत वाहक बल	विभावन्तर
1.	सेल के खुले परिपथ में सेल के इलेक्ट्राडों के बीच के विभवान्तर को विद्युत वाहक बल कहते हैं।	बंद परिपथ में किन्हीं दो बिन्दुओं के विभव के अन्तर को विभवान्तर कहते हैं।
2.	विद्युत परिपथ भंग होने पर भी इसका अस्तित्व रहता है।	विद्युत परिपथ भंग होने पर इसका अस्तित्व नहीं रहता है।
3.	इसका मान परिपथ के प्रतिरोध पर निर्भर नहीं करता है।	इसका मान दो बिन्दुओं के बीच के प्रतिरोध पर निर्भर करता है होता है।
4.	इसका मान सदैव विभवान्तर से अधिक होता है।	इसका मान सदैव वि. वा. बल से कम होता है।

सेलों का समूहन (Grouping of Cells) या श्रेणी तथा पार्श्वक्रम में सेल (Cells in Series and Parallel):-

अकेले सेल से वैद्युत परिपथ में बहुत कम धारा प्रवाहित होती है, परिपथ में प्रबल धारा को प्राप्त करने के लिए प्राय: कई सेलों को जोड़ दिया जाता है|

सेलों के संयोजन या समूह को बैटरी कहते हैं|

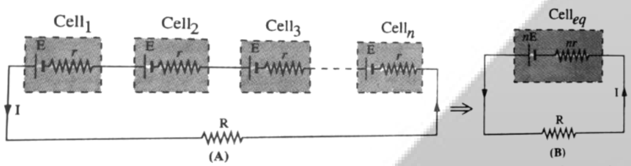
सेलों के मुख्यत: दो प्रकार से संयोजन होते हैं-

THE GUIDE ACADEMIC

(i) सेलों का श्रेणीक्रम संयोजन(series combination of cells)

(ii) सेलों का समांतरक्रम संयोजन(parallel combination of cells)

(i) सेलों का श्रेणीक्रम संयोजन(series combination of cells):- सेलों का ऐसा संयोजन जिसमें एक सेल का टर्मिनल को दुसरे सेल के विपरीत ध्रुवता वाले टर्मिनल से जोड़ा जाता है तो इस प्रकार के संयोजन को सेलों का श्रेणीक्रम संयोजन कहते हैं|



माना कि E विद्युत वाहक बल तथा r आतंरिक प्रतिरोध के n समरूप सेल को श्रेणीक्रम में जोड़ा गया है| इस संयोजन में बाह्य प्रतिरोध R है|

n समरूप सेल का विद्युत वाहक बल

E + E + E + ... + n = nE

n समरूप सेल का आतंरिक प्रतिरोध = r + r + r + ...+r

परिपथ में कुल प्रतिरोध = R + nr

परिपथ में प्रवाहित धारा = $\frac{\text{परिपथ में कुल वि० वा० ब०}}{\text{कुल प्रतिरोध}}$

$$I = \frac{nE}{R+nr} \quad ...(i)$$

यदि $R >>> nr$

तो $R + NR \simeq r$

समी० (i) में

$$\therefore \quad I = \frac{nE}{R}$$

$$I = n\left[\frac{E}{R}\right]$$

यदि $R <<< nr$

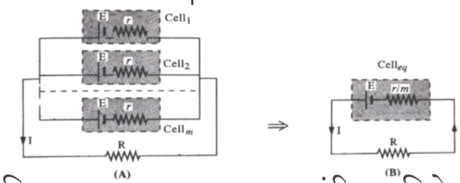
$$R + nr \simeq nr$$

समी० (i) में

$$\therefore \quad I = \frac{nE}{nr}$$

$$I = \frac{E}{r}$$

(ii) सेलों का समांतरक्रम संयोजन(parallel combination of cells):- सेलों का ऐसा संयोजन जिसमें सभी सेलों के धन टर्मिनल एक बिंदु से तथा ऋण टर्मिनल अन्य बिंदु से जुड़े हो, इस संयोजन को सेलों का समांतर क्रम संयोजन कहते हैं|



माना कि E विद्युत वाहक बल तथा r आतंरिक प्रतिरोध के m समरूप सेलों को समांतर क्रम में जोड़ा गया है, इस संयोजन में बाह्य प्रतिरोध R है|

समांतर क्रम में विभवांतर समान होता है|

$\therefore$ m सेलों का विद्युत वाहक बल = E

समांतर क्रम में m सेलों का आतंरिक प्रतिरोध का तुल्य प्रतिरोध

$$\frac{1}{r_{eff}} = \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + \frac{1}{r} + ... + m \text{ पदों तक}$$

$$\frac{1}{r_{eff}} = \frac{m}{r}$$

$$r_{eff} = \frac{r}{m}$$

परिपथ का कुल प्रतिरोध $= r_{eff} + R$

$$= \frac{r}{m} + R$$

$\therefore$ परिपथ में प्रवाहित धारा $(I) = \frac{\text{परिपथ में कुल वि० वा० ब०}}{\text{कुल प्रतिरोध}}$

$$I = \frac{E}{\frac{r}{m} + R}$$

या, $I = \frac{mE}{r+mR}$ ... (i)

यदि $R \gg r$,

तब $\frac{r}{m} + R \simeq R$

समी० (i) से,

$\therefore I = \frac{E}{R}$ इस प्रकार के संयोजक का कोई उपयोग नहीं है|

(ii) यदि $R << r$

तब $\frac{r}{m} + R \simeq \frac{r}{m}$

$$\therefore I = \frac{mE}{r/m}$$

THE GUIDE ACADEMIC

$$I = m\frac{E}{r}$$

इस कारण परिपथ में उच्च धारा प्राप्त करने के लिए सेलों को अल्प बाह्य प्रतिरोध के समांतर क्रम में जोड़ा जा सकता है|

➢ किरखोफ़ के नियम के लिए Basic बातें|

ओम का नियम सरल या साधारण परिपथ में धारा और विभवांतर के संबंध को ज्ञात करने के लिए उपयुक्त है|

$$V = IR$$

किरखोफ़ के नियम के लिए दो शब्द

(i) संधि (Junction):- किसी परिपथ में वह बिंदु जिसपर तीन या तीन से अधिक धारा मिलती है|

(ii) लूप (Loop):- किसी बंद चालक के परिपथ को लूप या पाश कहते हैं|

जटिल परिपथ में धारा और विभवांतर के बीच संबंध ज्ञात करने के लिए किरखोफ़ का नियम प्रयोग किया जाता है|

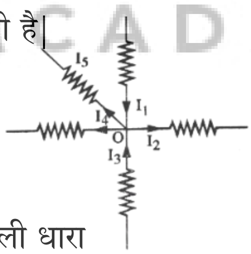
सन् 1842 में गुस्ताव रोबर्ट किरखोफ़ ने धारा और विभावांतर के बीच संबंध के लिए दो नियम दिए जिसे किरखोफ़ का नियम कहते हैं|

(i)किरखोफ़ के प्रथम नियम या संधि नियम:- **किसी परिपथ में किसी संधि पर सभी धाराओं का बिजगणितीय योग शून्य होता है|**

अर्थात् $\sum I = 0$

प्रथम नियम के चिन्ह परिपाटी

किसी परिपथ में संधि पर आने वाली धारा धनात्मक होती है तथा संधि से जाने वाली धारा ऋणात्मक होती है|



बिंदु O में प्रवेश कर रही धारा I_1 तथा I_3, एवं बिंदु O से बाहर जाने वाली धारा $I_2, I_4,$ एवं I_5 है|

बिंदु O पर कुल आने वाली धारा = जाने वाली धारा

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5$$
$$I_1 + I_3 - I_2 - I_4 - I_5 = 0$$

किरखोफ़ के प्रथम नियम को धारा नियम (K.C.l) भी कहते हैं|

➢ किरखोफ़ का प्रथम आवेश संरक्षण नियम का पालन करता है|

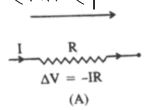
(ii)किरखोफ़ का द्वितीय नियम या लूप नियम:- **यदि किसी परिपथ में सेल एवं प्रतिरोध लगा हो तो लूप या धारा जके चारों ओर विभवांतर का योग शून्य होता है|**

अर्थात , $\sum \Delta V = 0$

किरखोफ़ के द्वितीय नियम के लिए चिन्ह परिपाटी

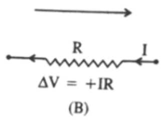
(A) यदि परिपथ में प्रतिरोध की ओर धारा चलता है तो प्रतिरोध के सिरों पर उत्पन्न विभवांतर $-Ve$ होता है|

$$\Delta V = -Ve$$



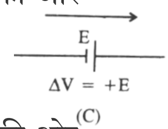
(B) यदि प्रतिरोध के विपरीत दिशा में धारा चलता है तो विभवांतर $+Ve$ होती है|

$$\Delta V = +Ve$$



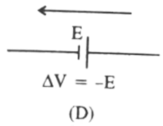
(C) सेल में $-Ve$ टर्मिनल से $+Ve$ टर्मिनल की ओर चलने पर विद्युत वाहक बल $+Ve$ होती है|

$$\Delta V = +E$$



(D) सेल में $+Ve$ टर्मिनल से $-Ve$ टर्मिनल की ओर चलने पर विद्युत वाहक बल $-Ve$ होती है|

$$\Delta V = -E$$



किरखोफ़ के द्वितीय नियम को विभवांतर (K.V.L) नियम भी कहते हैं|

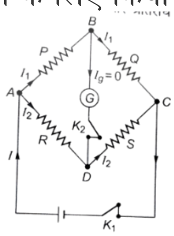
➢ किरखोफ़ के द्वितीय नियम उर्जा संरक्षण नियम का पालन करता है|

व्हीटस्टीन सेतु(Wheatstone Bridge)

व्हीटस्टीन सेतु:- ऐसी युक्ति जिसमें तीन ज्ञात (Known) एवं एक अज्ञात (Unknown) प्रतिरोध होता है, उसे व्हीटस्टीन सेतु कहते हैं|

उपयोग:- व्हीटस्टीन सेतु का उपयोग अज्ञात प्रतिरोध के मापन को परिशुद्धता से ज्ञात करने के लिए किया जाता है|

बनावट:- इसमें चार प्रतिरोध P, Q, R एवं S है| जिसके विकर्ण BD में



THE GUIDE ACADEMIC

धारामापी (G) तथा
विकर्ण स्त्रोत लगा है|

सिद्धांत:- जब कुंजी (K) हो तो प्रतिरोध में धारा प्रवाहित होने लगता है, जब परिपथ में धारा प्रवाहित होने के बाद धारामापी में कोई धारा प्रवाहित या विक्षेपण नहीं होता है तो **उसे संतुलित व्हीटस्टीन सेतु** कहते हैं|

संतुलित व्हीटस्टीन सेतु सलग्न भुजा का प्रतिरोध अनुपात में बराबर होता है|

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

संतुलित व्हीटस्टीन सेतु के लिए व्यंजक:- जब कुंजी बंद होता है, तो धारा I बिंदु A पर दो भागों (I_1 तथा I_2) में बट जाती है| जो क्रमशः AB तथा AD में होता है| चूँकि संतुलन की अवस्था में धारामापी में (Ig) का मान शून्य होगा|

किरखोफ़ के द्वितीय नियम से बंद लूप या पाश ABDA में,

$$I_1P + IgG - I_2R = 0$$
$$\because \quad Ig = 0$$
$$I_1P + 0 - I_2R$$
$$I_1P = I_2R \quad \ldots.(i)$$

पूनः बंद लूप/पाश BCDB में किरखोफ़ के द्वितीय नियम से,

$$I_1Q - I_2S + IgG = 0$$
$$\because \quad Ig = 0$$
$$I_1Q - I_2S + 0 = 0$$
$$I_1Q = I_2S \quad \ldots.(ii)$$

समी० (i) में (ii) से भाग देने पर,

$$\frac{I_1P}{I_1Q} = \frac{I_2R}{I_2S}$$
$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S} \quad \text{या} \quad \frac{P}{R} = \frac{Q}{S}$$

मीटर सेतु या विसर्पी तार सेतु (Meter Bridge/Slide Wire Bridge)

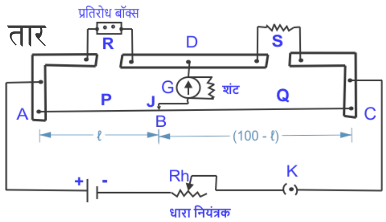
मीटरसेतु:- मीटर सेतु व्हीटस्टीन सेतु का प्रायोगिक एवं शुद्धिकृत रूप है| यह व्हीटस्टोन सेतु की अपेक्षा अधिक सुग्राही है। मीटर सेतु की सहायता से किसी चालक तार का प्रतिरोध ज्ञात किया जा सकता है।

मीटर सेतु का सिद्धांत:- यह व्हीटस्टीन सेतु के सिद्धांत पर कार्य करता है|

अर्थात्, $\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$ या $S = \left(\frac{Q}{P}\right)R$

मीटर सेतु की बनावट:-

इसमें 1m (100cm) का तार दो धात्विक पट्टिकाओं के बीच कसा होता है| ये दोनों पट्टिकाओं के बीच



खाली जगह होता है| इन खाली जगह में एक और धात्विक पट्टिका होती है| बीच वाले धात्विक पट्टिकाओं को धारा मापी से जोड़ दिया जाता है| धारामापी (G) को दूसरे सिरे के तार से जॉकी की सहायता से जोड़ दिया जाता है ताकि ये खिसक (गति कर) सके|

माना तार AB की लंबाई का प्रतिरोध P तथा BC की लंबाई का प्रतिरोध Q है। यदि तार के प्रतिएकांक लम्बाई का प्रतिरोध r हो तो, तब व्हीटस्टीन सेतु के सिद्धांत से:-

$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$.......(i)

यदि AB की लंबाई l है। तो BC की लंबाई $100 - l$ होगी।

अत: AB का प्रतिरोध

$$P = \rho\frac{l}{a}$$

BC का प्रतिरोध

$$Q = \rho\frac{100 - l}{a}$$

जहां ρ तार का विशिष्ट प्रतिरोध है एवं a अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल है। तो इस प्रकार भाग करने पर

$$\frac{P}{Q} = \frac{l}{100 - l}$$

$\frac{P}{Q}$ का मान समी. (i)में रखने पर

$$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$$
$$\frac{R}{S} = \frac{l}{100 - l}$$
$$S = \left(\frac{100 - l}{l}\right) R$$
या, $S = R\left(\frac{100-l}{l}\right)$

मीटर सेतु की सावधानियां

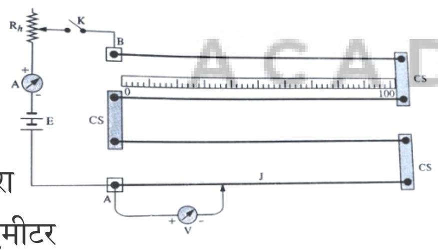
1. चालक तार में अधिक समय तक विद्युत धारा प्रवाहित नहीं करनी चाहिए। क्योंकि इससे तार गर्म हो जाता है। जिसके कारण चालक तार का प्रतिरोध बदल जाएगा।

2. सर्पी कुंजी (जोकी) को तार पर रगड़ कर नहीं चलानी चाहिए। क्योंकि इससे चालक तार घिसने लगता है। जिसके कारण तार की मोटाई हर एक स्थान पर समान नहीं रहेगी।

विभवमापी (Potentiometer)

विभवमापी (Potentiometer):- वह उपकरण जिसके सहायता से दो बिन्दुओं के बीच विद्युत बल (emf) एवं सेल का आंतरित प्रतिरोध मापता है, उसे विभवमापी कहते हैं|

विभवमापी की बनावट:- इसमें 4m के चार टुकड़े (1m) के तार धातु के दो पट्टिकाओं (CS) के बीच कसा होता है| साथ तार में नियत धारा (D.C) के स्त्रोत एवं एमीटर लगा होता है|



विभवमापी का सिद्धांत :- जब किसी तार में नियत धारा प्रवाहित होती है, तो उनके सिरों पर उत्पन्न विभवांतर लम्बाई के समानुपाती होता है|

अर्थात्, $V \propto l$

माना की R प्रतिरोध, अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल (A) लम्बाई (l) वाले तार में नियत धारा (I) प्रवाहित होने पर उत्पन्न विभवांतर (V) है|

ओम के नियम से,
$$V = IR$$
$$\left(R = \rho\frac{l}{A}\right)$$
तब
$$V = I.\rho\frac{l}{A}$$
$$V = \left(\frac{I\rho}{A}\right) l$$
(जहाँ $\frac{I\rho}{A}$ नियतांक है)
$$\frac{I\rho}{A} = K$$
$$V = Kl$$
$$V \propto l$$
$$\because V = Kl$$
$$\frac{V}{l} = K$$
$$K = \frac{V}{l}$$
यह विभवमापी का विभव प्रवणता है|

विभवमापी के उपयोग:-

(i) विभवमापी द्वारा emf ज्ञात किया जाता है|

(ii) विभवमापी द्वारा आंतरित प्रतिरोध ज्ञात किया जाता है|

विभवमापी की सुग्रहिता:- यदि लम्बाई कम होगा तो विभव प्रवणता अधिक होगी तो विभवमापी की सुग्रहिता उतना अधिक होता है|