## विद्युत धारा

चालक के किसी बिन्दु से एकांक समय (1s) मे गुजरने वाले आवेश को विद्युत धारा (I) कहते है।

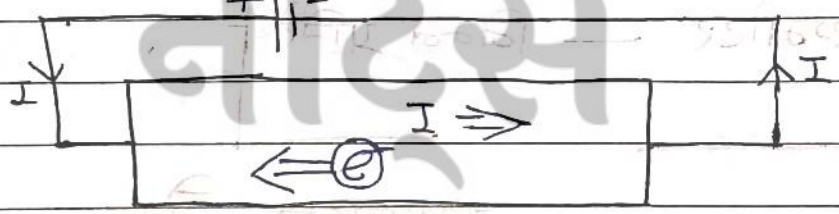
औसत विद्युत धारा = $\frac{\text{गुजरने वाला आवेश}}{\text{समय}}$

$$I_{av} = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

SI मात्रक → कुलॉम / सेकेण्ड → एम्पीयर (A)

**1 एम्पीयर** – यदि किसी चालक मे एकांक समय (1s) में 1 कुलॉम आवेश प्रवाहित होता है तो धारा का मान 1 एम्पीयर होगा।

$$I = \frac{q}{t} = \frac{1C}{1s} = 1 \text{ एम्पीयर}$$






विद्युत धारा की दिशा — बैटरी के धनात्मक टर्मिनल से ऋणात्मक टर्मिनल की ओर।

या

इलेक्ट्रान की गति की दिशा के विपरीत।

Vidyakul नोट्स

Saathi

Date __/__/__

★ विद्युत धारा अदिश राशि है क्योंकि यह सदिश योग के नियमो का पालन नही करती है।

जबकि,

सदिश योग के नियम से,

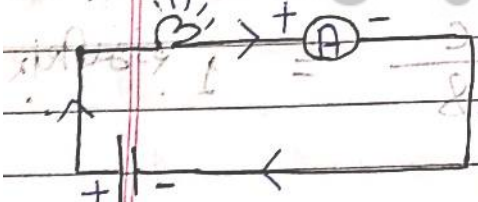
$F_{नेट} = (+5) + (-5N)$

$= 0$

| सदिश | अदिश |
|---|---|
| ① परिणाम | ① परिणाम |
| ② दिशा | ② time |
| ③ सदिश योग के नियम का पालन | |

तात्क्षणिक विद्युत धारा ⟶

$I_{inst} = \frac{dQ}{dt}$ → Q का अवकलज t के सापेक्ष




प्रतिरोध = 0 (आदर्श एमीटर)

सामान्य एमीटर — निम्न प्रतिरोध

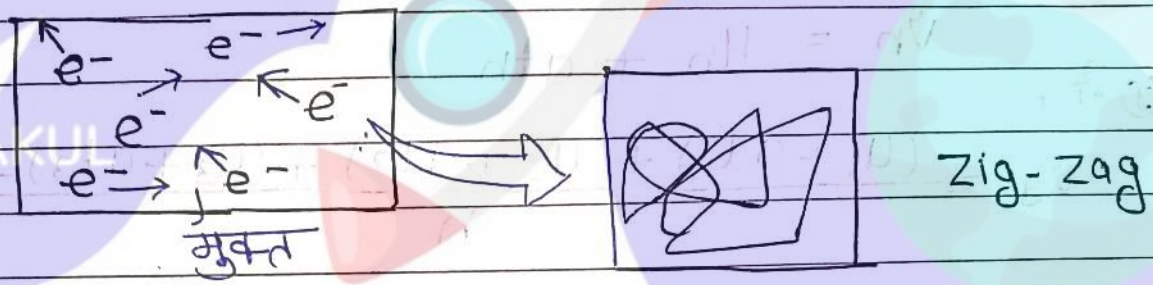
# एमीटर द्वारा विद्युत धारा का मापन होता है तथा एमीटर को सदैव श्रेणीक्रम मे संयोजित करते है।

## अपवहन वेग

जब किसी चालक के ऊपर विद्युत क्षेत्र को आरोपित नही किया जाता है, तब इसके मुक्त इलेक्ट्रान यादृच्छिक गति करते है। यादृच्छिक गति के कारण इन मुक्त इलेक्ट्रानो का औसत वेग शून्य होता है। जब किसी चालक को बाह्य विद्युत से जोड़ा जाता है तो बाह्य विद्युत क्षेत्र एक निश्चित दिशा मे

Date ___/___/___

इलेक्ट्रान पर बल लगाता है, इस बल के कारण इन इलेक्ट्रानो को एक वेग प्राप्त होता है और जब इस वेग का औसत निकाला जाता है तब वह शुन्य नही आता है, उसका जोकि औसत होता है, अपवहन वेग कहलाता है।









$$\text{औसत वेग} = \frac{u_1 + u_2 + u_3 \dots + u_n}{n}$$

$$u_{av} = 0$$

$E^-$ विद्युत क्षेत्र द्वारा इलेक्ट्रान पर बल

$$F = -eE \quad \text{---} (1)$$

$e = e^-$ का आवेश
$E =$ विद्युत क्षेत्र

F बल के कारण त्वरण

$$F = ma$$

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

समी (1) से,

$$a = \frac{-eE}{M} \quad \text{----} (2)$$

यह त्वरण a वेग $u_1, u_2, u_3 \dots u_n$ से $v_1, v_2, v_3 \dots v_n$ कर देता है। इसमे समय क्रमशः $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$ लगता है।

अंत,

$$\text{औसत} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 \dots + v_n}{n} = v_d$$

अपवहन वेग

Saathi

Date __/__/__

गति का प्रथम समीकरण — $v = u + at$

$$v_1 = u_1 + at_1$$

$$v_2 = u_2 + at_2$$

$$v_3 = u_3 + at_3$$

$$\vdots$$

$$v_n = u_n + at_n$$

समी ③ से,

$$v_d = \frac{(u_1 + at_1) + (u_2 + at_2) + (u_3 + at_3) - - - + (u_n + at_n)}{n}$$

$$v_d = \frac{(u_1 + u_2 + u_3 - - - u_n) + (at_1 + at_2 + at_3 + - - at_n)}{n}$$

$$= \frac{u_1 + u_2 + u_3 + - - - + u_n}{n} + \frac{a(t_1 + t_2 + t_3 - - - + t_n)}{n}$$

$$\tau = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + - - - t_n}{n}$$

= विश्रान्ति काल

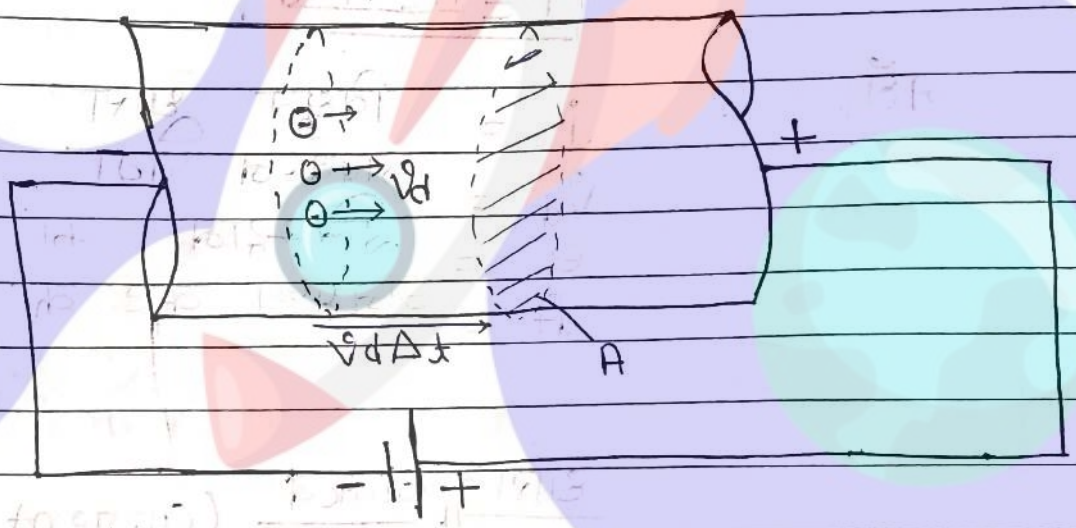
$$v_d = 0 + a\tau$$ (टाऊ)

समी ② से,

$$\boxed{v_d = \frac{eE}{m}\tau}$$

Date ___ /___ /_____

## अपवहन वेग ($v_d$) तथा विद्युत धारा ($i$) मे सम्बन्ध →






चालक मे एकांक आयतन मे मुक्त $e^-$ की संख्या = $n$

मुक्त $e^-$ द्वारा $\Delta t$ समय मे तय की गई दूरी = अपवहन वेग × समय

$= v_d \times \Delta t$

$\Delta t$ समय मे तय आयतन $= A v_d \Delta t$

आयतन के अल्पांश मे उपस्थित मुक्त इलेक्ट्रानो की सं० $= (A v_d \Delta t) n$

अब इसके संगत आवेश $\Delta Q = e^-$ की सं० × $1e^-$ का आवेश

$A = \pi r^2$
$V = \pi r^2 h$
$V = A h$

$= (n A v_d \Delta t) \times e^-$ ---- (1)

विद्युत धारा $= \frac{\text{आवेश}}{\text{समय}}$

$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$

समी (1) से,

$$i = \frac{nAv_d \Delta t e}{\Delta t}$$

$$\boxed{i = neAv_d}$$

जहाँ,

$i$ = विद्युत धारा

$v_d$ = अपवहन वेग

$e$ = इलेक्ट्रान का आवेश

$A$ = अनुप्रस्थ काट का क्षे०

## धारा घनत्व (Current Density)

→ चालक के किसी बिन्दु से एकांक क्षेत्रफल के लम्बवत गुजरने वाली धारा के मान को उस बिन्दु का धारा घनत्व कहते है।

$$\text{धारा घनत्व} = \frac{\text{धारा}}{\text{क्षेत्रफल}}$$

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




$A_1 \longrightarrow i_1$

$1 \longrightarrow \frac{i_1}{A_1}$

$i_1 = i_2 = i_3 = i$

Date ___/___/_____

$J_1 = \frac{i}{A_1}$

$J_2 = \frac{i}{A_2}$ $\Rightarrow$ $J_1 > J_2 > J_3$

$J_3 = \frac{i}{A_3}$



$\vec{A}$ क्षेत्रफल सदिश

$\left[ \vec{J} = \frac{i}{A} \right]$ SI मात्रक = $\frac{\text{एम्पीयर}}{m^2}$

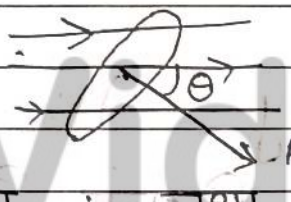
J एक सदिश राशि है। इसकी दिशा धारा की दिशा मे होती है।

जब क्षेत्रफल A धारा i के लंबवत नहीं हो →

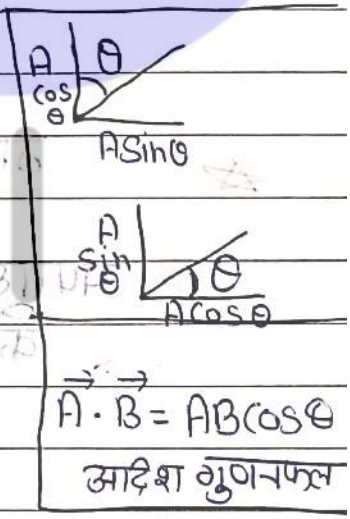




θ : धारा i तथा क्षेत्रफल सदिश $\vec{A}$ के मध्य कोण।



$\vec{A} \cdot \vec{B} = AB\cos\theta$



अदिश गुणनफल

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

$A\cos\theta$ → धारा की दिशा मे क्षेत्रफल सदिश का घटक

$i = JA\cos\theta$

$\left[ i = \vec{J} \cdot \vec{A} \right]$

$i$ → धारा, $\vec{J}$ → धारा घनत्व, $\vec{A}$ → क्षेत्रफल सदिश

अल्प क्षेत्र हेतु $\left[ i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A} \right]$

Vidyakul नोट्स

Saathi

Date __/__/____

★ अपवहन वेग $v_d$ तथा धारा घनत्व (J) मे सम्बन्ध :

सूत्र, $i = neAv_d$

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

★ $\boxed{J = nev_d}$

$v_d$ = अपवहन वेग
$n$ = मुक्त इलेक्ट्रानो की संख्या
$J$ = धारा घनत्व
$e$ = इलेक्ट्रान का आवेश

★ गतिशीलता (mobility) :

अपवहन वेग तथा विद्युत क्षेत्र के अनुपात को गतिशीलता कहते है।

$$v_d = -\frac{eEt}{m}$$

अथवा,

$$v_d = \frac{eEt}{m}$$

$$\frac{v_d}{E} = \frac{et}{m}$$

$$\boxed{\mu = \frac{et}{m}}$$

जहाँ, $\mu$ = गतिशीलता

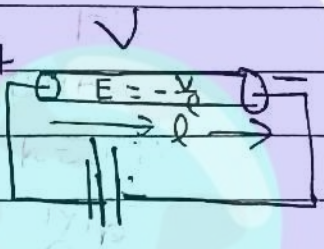
Vidyakul नोट्स

Date ___/___/___

Saathi

## ☆ विभवांतर तथा अपवहन वेग में संबंध

$$v_d = -\frac{eE\tau}{m}$$






अतः,

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

$$\boxed{v_d = \frac{eV\tau}{lm}}$$

जहाँ, $v_d$ = अपवहन वेग

$e$ = इलेक्ट्रान का आवेश

$V$ = विभवान्तर

$\tau$ = विश्रान्ति काल

$l$ = चालक की लं०

$m$ = इलेक्ट्रान का द्रव्यमान

Date ___/___/___

## प्रतिरोध (Resistance)

जब किसी चालक के सिरो के बीच विभवान्तर लगाया जाता है तो चालक मे विधुत धारा उत्पन्न हो जाती है। धारा के प्रवाह मे चालक द्वारा उत्पन्न बाधा को चालक का प्रतिरोध कहते है।

अथवा

चालक के सिरो के बीच विभवान्तर (V) तथा उसके कारण चालक मे प्रवाहित धारा (I) के अनुपात को चालक का प्रतिरोध कहते है। प्रतिक $\longrightarrow$ R

अत:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{------} \quad (1)$$

SI मात्रक $\longrightarrow$ वोल्ट / एम्पियर या ओम

$\Omega \rightarrow$ ओमेगा

1 किलो ओम $= 10^3 \Omega$

1 मेगा ओम $= 10^6 \Omega$

ओम की परिभाषा – समी (1) से यदि V = 1 वोल्ट I = 1 एम्पियर हो तो

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

चालकत्व (Conductance) — प्रतिरोध के व्युत्क्रम को चालकत्व कहते है।

प्रतिक $\longrightarrow$ G

$$G = \frac{1}{R}$$

मात्रक — मो (mho) या ओम$^{-1}$

Saathi

Date __/__/____

## विशिष्ट प्रतिरोध अथवा प्रतिरोधकता (Specific Resistance or Resistivity) —

हम जानते हैं कि नियत ताप पर किसी चालक का प्रतिरोध (R) उसकी ल० ($\ell$) के अनुक्रमानुपाती तथा अनुप्रस्थ क्षे० (A) के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

अर्थात,

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

अथवा

$$R = \rho \frac{\ell}{A} \quad \text{या} \quad \left[\rho = \frac{RA}{\ell}\right]$$

$\rho$ समानुपाती नियतांक है, जिसे पदार्थ का विशिष्ट प्रतिरोध अथवा प्रतिरोधकता कहते है।

SI मात्रक = ओम - मीटर

$$\boxed{\rho = \frac{RA}{\ell}}$$

यदि $\ell = 1m$ तथा $A = 1m^2$ हो तो $\boxed{\rho = R}$

## चालकता अथवा विशिष्ट चालकत्व (Conductivity or Specific Conductance) —

विशिष्ट प्रतिरोध के व्युत्क्रम को चालकता कहते है। इसे $\sigma$ से प्रदर्शित करते है।

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

SI मात्रक → (ओम - मीटर)$^{-1}$

VIDYAKUL
Vidyakul नोट्स

Date ___/___/___

**Numerical-1** - तॉबे के 50 मीटर लम्बे तथा 2mm व्यास वाले तार का प्रतिरोध ज्ञात कीजिये। तॉबे का विशिष्ट प्रतिरोध $1.7 \times 10^{-8}$ $\Omega$-m है।

**हल** = तार का प्रतिरोध, $R = \rho \frac{l}{A}$

प्रश्नानुसार, $\rho = 1.7 \times 10^{-8}$ ओम-मीटर, $l = 50$ मीटर

$A = \pi r^2 = 3.14 (1 \times 10^{-3})^2$ मीटर$^2$

$= 3.14 \times 10^{-6}$

$$R = \frac{1.7 \times 10^{-8} \times 50}{3.14 \times 10^{-6}} = 0.27 \text{ ओम}$$

## प्रतिरोधों का संयोजन

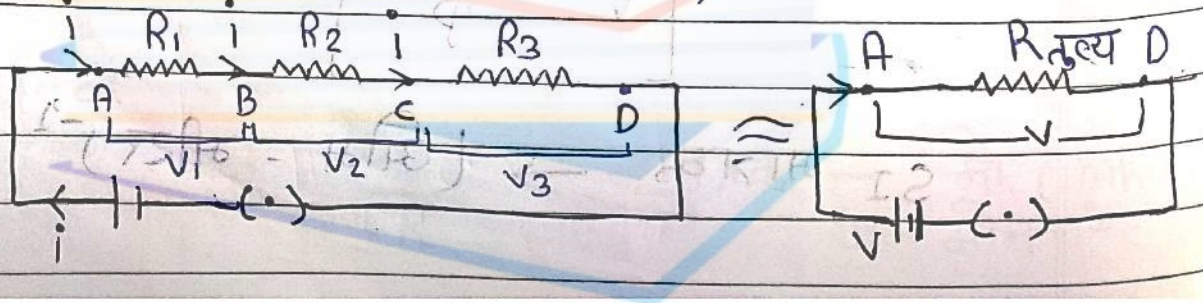
उपलब्ध प्रतिरोधों से वांछित प्रतिरोध प्राप्त करने के लिए प्रतिरोधों का संयोजन किया जाता है। यह मुख्यत: 2 प्रकार से किया जाता है।

(1) श्रेणीक्रम संयोजन
(2) पार्श्वक्रम संयोजन

(1) **श्रेणीक्रम संयोजन** - इस संयोजन मे प्रतिरोधों को एक के बाद एक क्रमवार जोड़ा जाता है। प्रत्येक प्रतिरोध का दूसरा सिरा अगले वाले प्रतिरोध के पहले सिरे से जोड़ते है।




Vidyakul नोट्स



Date ___/___/___

Note :- धारा – रास्ता बदलने पर धारा बदलती है।
विभवान्तर – बिन्दु बदलने पर विभवान्तर बदलता है।

ओम के नियम से, $[V = IR]$

प्रथम प्रतिरोध के लिए →

$$V_1 = iR_1 \quad \text{- - - -} \quad (i)$$

द्वितिय प्रतिरोध के लिए →

$$V_2 = iR_2 \quad \text{- - - -} \quad (ii)$$

तृतीय प्रतिरोध के लिए —

$$V_3 = iR_3 \quad \text{- - - -} \quad (iii)$$

तुल्य प्रतिरोध के लिए —

$$V = iR_{तुल्य} \quad \text{- - -} \quad (iv)$$

परिपथ से, $V = V_1 + V_2 + V_3$

समी० I, II, III व IV से —

$$iR_{तुल्य} = iR_1 + iR_2 + iR_3$$

$$\left[R_{तुल्य} = R_1 + R_2 + R_3\right]$$

n प्रतिरोधं के श्रेणीक्रम संयोजन हेतु,

$$\left[R_{तुल्य} = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots\ldots\ldots + R_n\right]$$

Date ___/___/___

श्रेणीक्रम संयोजन में, $V = IR$

$I =$ नियत

$V \propto R$

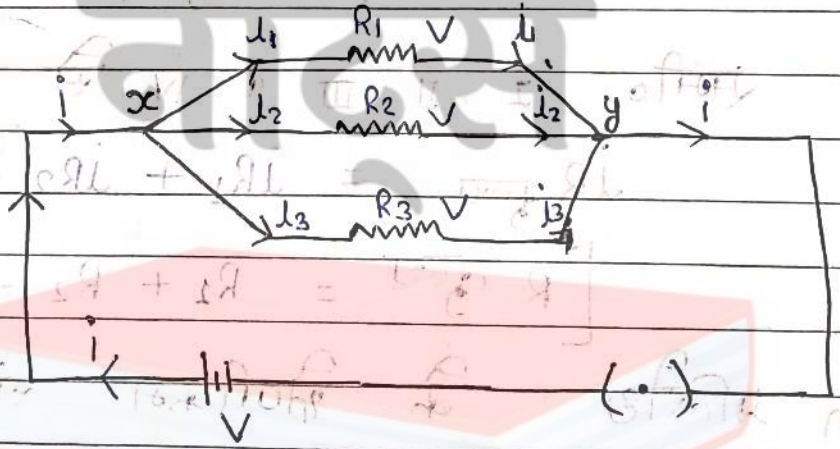
$V_1 : V_2 : V_3 \ldots = R_1 : R_2 : R_3 \ldots$

(1) सभी प्रतिरोधों मे प्रवाहित विद्युत धारा समान होती है। विभवान्तर भिन्न-२ होता है।

(2) तुल्य प्रतिरोधो का मान संयोजन में जोड़े गये प्रतिरोधो मे सबसे बड़े से भी बड़ा (अधिक) होता है।

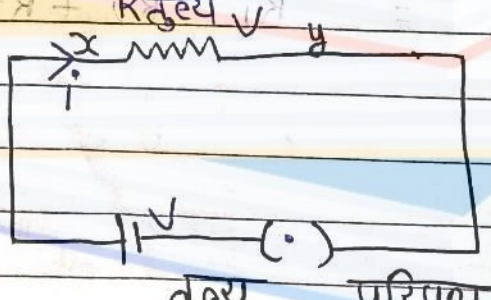
(2) पार्श्वक्रम या समान्तर क्रम संयोजन

☆ इस संयोजन मे सभी प्रतिरोधो के एक सिरे आपस मे जुड़े होते हैं तथा इसी तरह दुसरे सिरे भी आपस मे जुड़े होते है।






≈






तुल्य परिपथ

Date ___/___/___

# ओम के नियम

$V = iR$

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

प्रथम प्रतिरोध के लिए ;

$i_1 = \frac{V}{R_1}$ ~ (1)

द्वितीय प्रतिरोध के लिए ;

$i_2 = \frac{V}{R_2}$ ~ (2)

तृतीय प्रतिरोध के लिए ;

$i_3 = \frac{V}{R_3}$ ~ (3)

तुल्य प्रतिरोध के लिए

$i = \frac{V}{R_{तुल्य}}$ ~ (4)

परिपथ से, $i = i_1 + i_2 + i_3$

सभी (1), (2), (3) व (4) से

$i = i_1 + i_2 + i_3$

$\frac{V}{R_{तुल्य}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$

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

$\left\{ \frac{1}{R_{तुल्य}} \Rightarrow \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right.$

n प्रतिरोधों के पार्श्वक्रम संयोजन हेतु

$\frac{1}{R_{तुल्य}} \Rightarrow \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$

Saathi

Date __/__/____

1. इस संयोजन मे तुल्य प्रतिरोध का व्युत्क्रम, संयोजन मे जोड़े गए सभी प्रतिरोधो के व्युत्क्रमो के योग के समान होता है।

2. प्रत्येक प्रतिरोध के सिरो पर विभवांतर समान रहता है।

3. इस संयोजन मे तुल्य प्रतिरोध का मान संयोजन मे जोड़े गए निम्नतम प्रतिरोध से भी कम होता है।

1Ω $\boxed{\frac{1}{R_{तुल्य}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

2Ω $= \frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$

3Ω $\frac{1}{R_{तुल्य}} = \frac{6+3+2}{6} = \frac{11}{6}$

$R_{तुल्य} = \frac{6}{11} = 0.5\Omega$ लगभग

आंतरिक प्रतिरोध : विद्युत धारा के मार्ग मे बैटरी के विद्युत अपघट्य द्वारा उत्पन्न रुकावट को सेल या बैटरी का आंतरिक प्रतिरोध कहते है। इसे r से प्रदर्शित करते है।

विद्युत वाहक बल → जब एक सेल खुले परिपथ मे होता है अर्थात उससे धारा प्राप्त नही करते है तो सेल के दोनो इलेक्ट्रोडो के मध्य विभवांतर विद्युत वाहक बल कहलाता है। इसे E से प्रदर्शित करते है।

Vidyakul

**टर्मिनल वोल्टता** → जब सेल बंद परिपथ मे होता है अर्थात इससे धारा प्राप्त की जाती है तो सेल के दोनो इलेक्ट्रोडो के मध्य विभवांतर टर्मिनल वोल्टता कहलाता है। इसे V से प्रदर्शित करते है।

$$\varepsilon = iR + ir$$

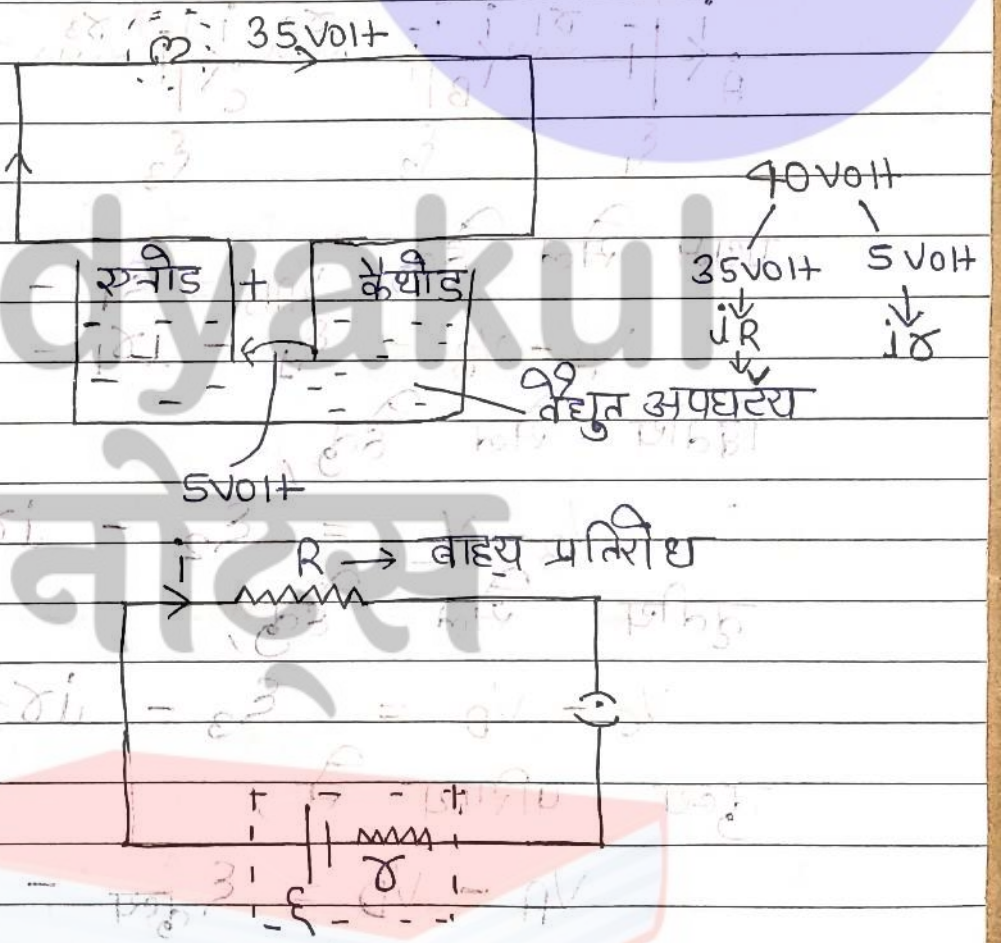
- $\varepsilon$ — विद्युत वाहक बल
- $iR$ — टर्मिनल वोल्टता
- $ir$ — आंतरिक प्रतिरोध पर विभवान्तर की हानी







$$\varepsilon = iR + ir$$



$$\varepsilon = V + ir$$

$$\boxed{V = \varepsilon - ir}$$ Imp

Where,

$V$ = टर्मिनल वोल्टता, $\varepsilon$ = वि॰ वा॰ बल, $i$ = धारा, $r$ = आंतरिक प्रतिरोध

Vidyakul नोट्स

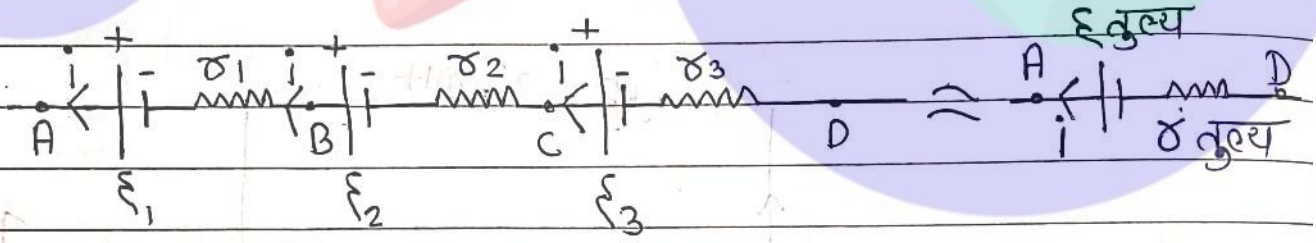
Date ___/___/______

# सेलो का संयोजन

सामान्यतः सेलो को दो प्रकार से जोड़ा जाता है —

① श्रेणीक्रम संयोजन ② पार्श्वक्रिम संयोजन

## ① सेलो का श्रेणीक्रम संयोजन :-






| |
|---|
| $\varepsilon = V + ir$ |
| $V = \varepsilon - ir$ |

प्रथम सेल हेतु, $V_{AB} = \varepsilon_1 - ir_1$

$V_A - V_B = \varepsilon_1 - ir_1$ ---- ①

द्वितीय सेल हेतु,

$V_B - V_C = \varepsilon_2 - ir_2$ ---- ②

तृतीय सेल हेतु,

$V_C - V_D = \varepsilon_3 - ir_3$ ---- ③

तुल्य परिपथ से,

$V_A - V_D = \varepsilon_{तुल्य} - ir_{तुल्य}$ ---- ④

समी ① + समी ② + समी ③

$V_A - \cancel{V_B} + \cancel{V_B} - \cancel{V_C} + \cancel{V_C} - V_D = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - ir_1 - ir_2 - ir_3$

$V_A - V_D = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - i(r_1 + r_2 + r_3)$ ---- ⑤

Vidyakul नोट्स

Date ___/___/___

समी ④ व ⑤ की तुलना से,

$$\varepsilon_{तुल्य} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3$$

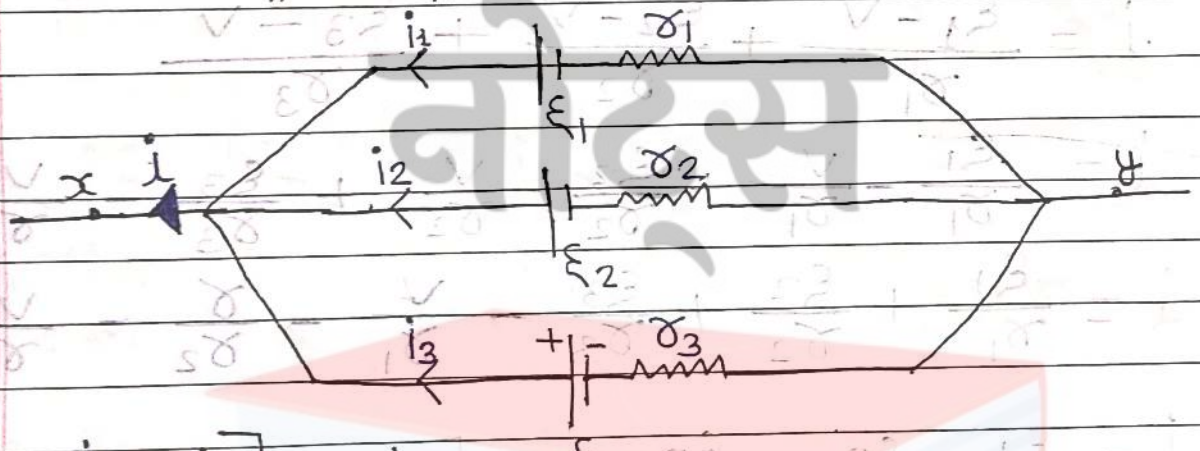
$$r_{तुल्य} = r_1 + r_2 + r_3$$

n सेलो के श्रेणीक्रम संयोजन हेतु,

$$\varepsilon_{तुल्य} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + \dots\dots + \varepsilon_n$$

$$r_{तुल्य} = r_1 + r_2 + r_3 + \dots\dots + r_n$$

② सेलो का पार्श्वक्रम संयोजन

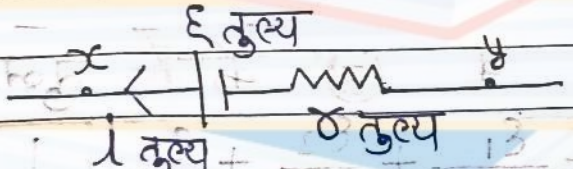





$$i = i_1 + i_2 + i_3$$




$$\varepsilon = V + ir$$
$$V = \varepsilon - ir$$
$$ir = \varepsilon - V$$
$$i = \frac{\varepsilon - V}{r}$$



Date __/__/__

प्रथम सेल के लिए, $i_1 = \frac{\varepsilon_1 - V}{r_1}$ —— (1)

द्वितीय सेल के लिए, $i_2 = \frac{\varepsilon_2 - V}{r_2}$ —— (ii)

तृतीय सेल के लिए, $i_3 = \frac{\varepsilon_3 - V}{r_3}$ —— (iii)

तुल्य परिपथ से,

$$i = \frac{\varepsilon_{तुल्य} - V}{r_{तुल्य}}$$

$$i = \frac{\varepsilon_{तुल्य}}{r_{तुल्य}} - V\left[\frac{1}{r_{तुल्य}}\right] \quad \text{- - - (iv)}$$

परिपथ से, $i = i_1 + i_2 + i_3$

समी० (1), (2) व (3) से,

$$i = \frac{\varepsilon_1 - V}{r_1} + \frac{\varepsilon_2 - V}{r_2} + \frac{\varepsilon_3 - V}{r_3}$$

$$i = \frac{\varepsilon_1}{r_1} - \frac{V}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} - \frac{V}{r_2} + \frac{\varepsilon_3}{r_3} - \frac{V}{r_3}$$

$$i = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} + \frac{\varepsilon_3}{r_3} - \frac{V}{r_1} - \frac{r}{r_2} - \frac{V}{r_3}$$

$$i = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} + \frac{\varepsilon_3}{r_3} - V\left[\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}\right] \quad \text{- - - (v)}$$

समी (4) व (5) की तुलना से,

$$\boxed{\frac{\varepsilon_{तुल्य}}{r_{तुल्य}} = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_1} + \frac{\varepsilon_3}{r_3}} \quad \boxed{\frac{1}{r_{तुल्य}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}}$$

Vidyakul नोट्स

Date ___/___/___

n सेलो के पार्श्वक्रम संयोजन हेतु,

$$\left[\frac{\varepsilon_{तुल्य}}{r_{तुल्य}} = \frac{\varepsilon_1}{r_1} + \frac{\varepsilon_2}{r_2} + \frac{\varepsilon_3}{r_3} + \ldots\ldots + \frac{\varepsilon_n}{r_n}\right]$$

$$\left[\frac{1}{r_{तुल्य}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \ldots\ldots + \frac{1}{r_n}\right]$$

**किरचॉफ के नियम (Kirchhoff's Laws)**

किरचॉफ ने सन् 1842 में जटिल परिपथो के लिए दो नियम दिये जिन्हे किरचॉफ के नियम कहते है।

Note – (i) किसी परिपथ मे वह बिन्दु जिस पर तीन अथवा अधिक चालक मिलते है, सन्धि कहलाता है।

(ii) किसी बन्द चालक पथ को लूप कहते है।

(A) **प्रथम नियम अथवा सन्धि नियम** — किसी वैद्युत परिपथ में किसी भी सन्धि (Junction) पर मिलने वाली सभी धाराओ का बीजगणितीय योग शून्य होता है।

अर्थात

$$\Sigma I = 0$$

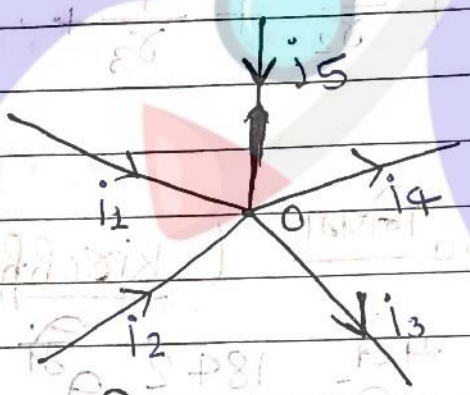
अतः इस नियम के अनुसार, " सन्धि की ओर आने वाली धाराओ का योग सन्धि से दूर जाने वाली धाराओ के योग के बराबर होता है। "

Saathi

Date __/__/____

यह नियम आवेश संरक्षण पर आधारित है। किसी संधि पर आवेश संग्रहित नही होता। अतः संधि पर प्रवेश करने वाले आवेश की दर संधि से बाहर आने वाले आवेश की दर के बराबर है।

Ex - =




चित्र - 1.0

चिन्ह परिपाटी - किरचॉफ के प्रथम नियम को लगाते समय सन्धि की ओर आने वाली धारा धनात्मक तथा सन्धि से दूर जाने वाली धारा ऋणात्मक ली जाती है।

चित्र 1.0 से,

$$\sum i = i_1 + i_2 - i_3 - i_4 + i_5 = 0$$

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

$$\sum i_{incoming} = \sum i_{outgoing}$$

या $$i_1 + i_2 + i_5 - (i_3 + i_4) = 0$$

⇒ प्रथम नियम को किरचॉफ का धारा नियम (Kirchhoff's Current Law) अथवा KCL भी कहते है।

VIDYAKUL Vidyakul नोट्स

Date __/__/____

Saathi

(B) दूसरा नियम अथवा लूप नियम (Second Law or Loop Law) —

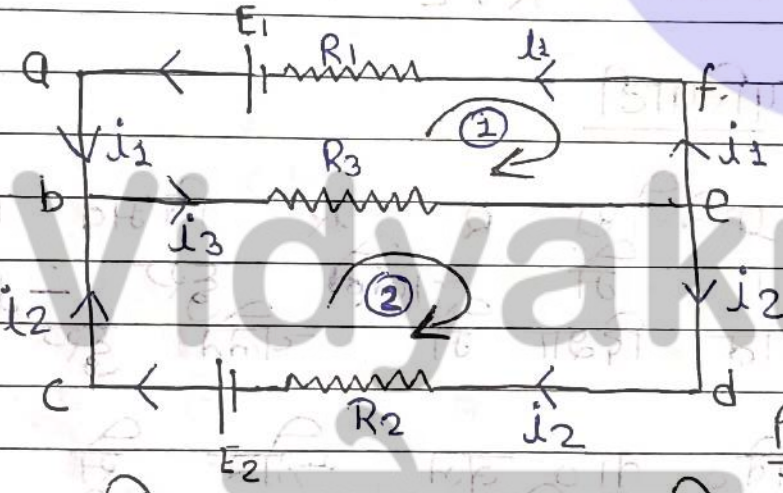
यह नियम बन्द विद्युत परिपथो के लिए लागू होता है।

इस नियम से, "प्रतिरोधको तथा सेलो से युक्त किसी बंद लूप मे वोल्टताओ का बीजगणितीय योग शुन्य होता है।"

अर्थात,

$$\sum V = 0$$

Ex -




चित्र - 1.1

किरचॉफ के प्रथम नियम से —

सान्धि b पर, $I_a$ $i_1 + i_2 - i_3 = 0$

अथवा $i_1 + i_2 = i_3$

सान्धि e पर, $i_3 - i_1 - i_2 = 0$

अथवा $i_1 + i_2 = i_3$

किरचॉफ के दूसरे नियम से,

लूप (2) अर्थात बन्द परिपथ abefa मे,

$$-E_1 + i_1R_1 + i_3R_3 = 0$$

प्रतिरोध पर वोल्टता

$\xi = iR$

वि० वा० बल

$\xi_1 + \xi_2 = iR_1 + iR_2$

वि. वा. बलो का योग = प्रतिरोधो पर वोल्टताओ का योग

Vidyakul विद्याकुल

Date __/__/____

लूप (2) अर्थात बन्द परिपथ bcdeb में,

$$-i_3R_3 - i_2R_2 + E_2 = 0$$

हम किरचॉफ के दूसरे नियम को बड़े लूप abcdefa में भी लगा सकते है। इस लूप में a से चलकर दक्षिणावर्त जाने पर

$$-E_1 + i_1R_1 - i_2R_2 + E_2 = 0$$

किरचॉफ का वोल्टेज नियम (Kirchhoff's Voltage Law) अथवा KVL भी कहते है।

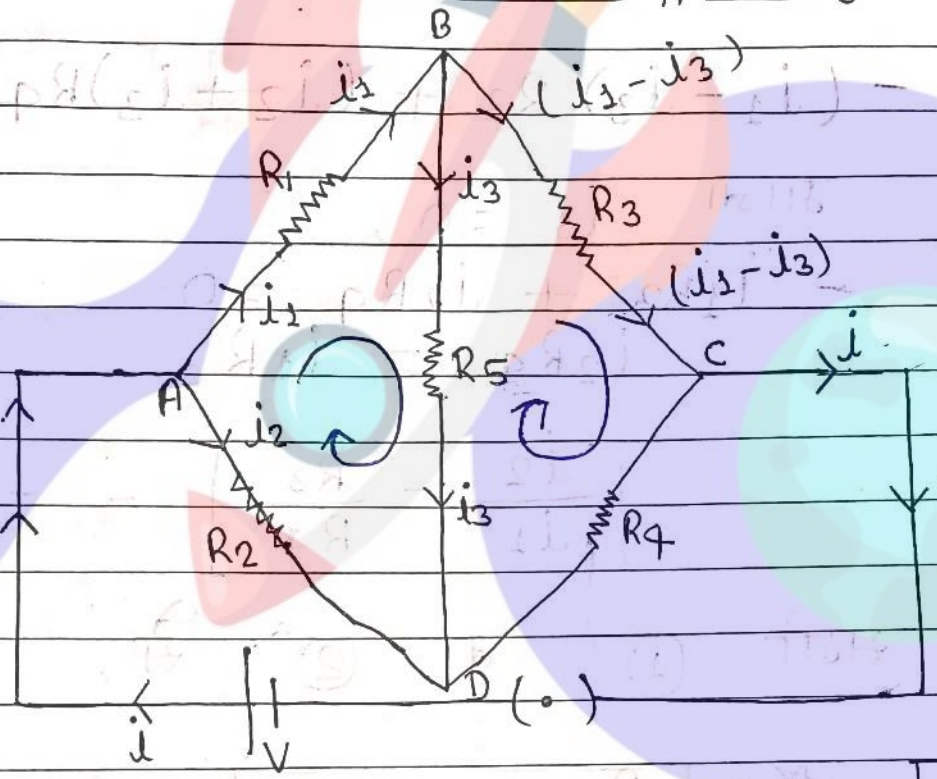
## चिन्ह परिपाटी

(1) किसी प्रतिरोध R पर विभव परिवर्तन धारा की दिशा में चलते हुए $-iR$ तथा धारा के विपरीत दिशा में चलते हुए $+iR$ लेते है।

(2) किसी वि० वा० बल स्त्रोत से यदि हम ऋण टर्मिनल से धन टर्मिनल की ओर गुजरते है तो विभव परिवर्तन $+E$ लेते है। धन टर्मिनल से ऋण टर्मिनल की ओर गुजरते हुए विभव परिवर्तन $-E$ लेते है। चित्र - 1.1 से,

Date ___/___/___

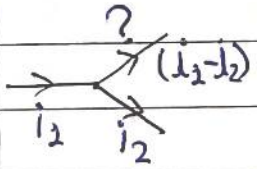
# व्हीटस्टोन सेतु (Wheatstone's Bridge)






इंग्लैण्ड के वैज्ञानिक व्हीटस्टोन ने सन 1843 मे चार प्रतिरोधो को जोडकर एक विशेष प्रकार के परिपथ का आविष्कार किया जिसकी सहायता से इन चारो में से किसी एक प्रतिरोध का मान शेष प्रतिरोधों के पदों मे ज्ञात किया जा सकता है। इस विशेष परिपथ को व्हीटस्टोन सेतु कहते है।

Rough






सिद्धांत — यदि $i_3 = 0 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$

पाश ABDA में,

$$-i_1 R_1 - i_3 R_5 + i_2 R_2 = 0$$

माना $i_3 = 0$ तब,

$$-i_1 R_1 + i_2 R_2 = 0$$

$$i_1 R_1 = i_2 R_2 \Rightarrow \left[\frac{i_2}{i_1} = \frac{R_1}{R_2}\right] \quad \text{—— (1)}$$

Date ___/___/___

पाश BCDB मे,

$$-(i_1 - i_3)R_3 + (i_2 + i_3)R_4 + i_3 R_5 = 0$$

माना $i_3 = 0$,

$$-i_1 R_3 + i_2 R_4 = 0$$

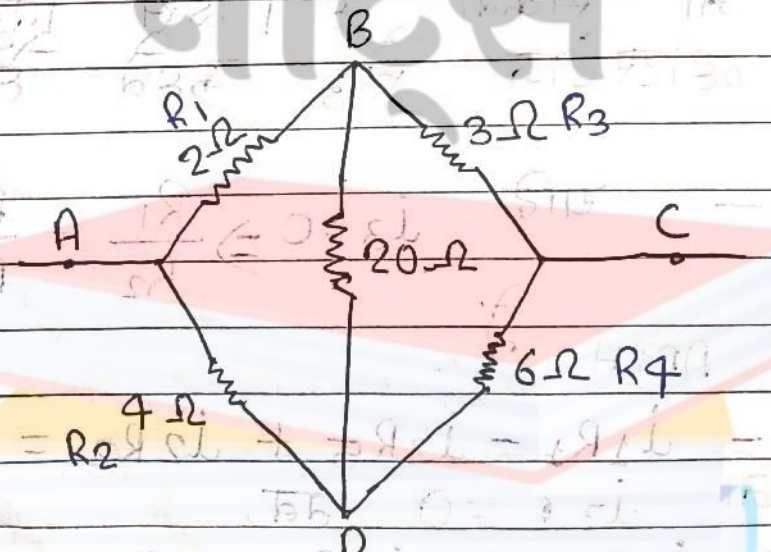
$$i_2 R_4 = i_1 R_3$$

$$\boxed{\frac{i_2}{i_1} = \frac{R_3}{R_4}} \quad \text{- - - - (2)}$$

समी (1) व (2) से,

$$★ \quad \boxed{\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}}$$

अतः सन्तुलन की स्थिती मे सेतु की किन्ही दो संलग्न भुजाओ के प्रतिरोधो का अनुपात शेष दो संलग्न भुजाओ के प्रतिरोधो के अनुपात के बराबर होता है।



Example ÷




तब $\left[\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}\right]$ $\quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{2\Omega}{4\Omega} = \frac{1}{2}$

Date __/__/____

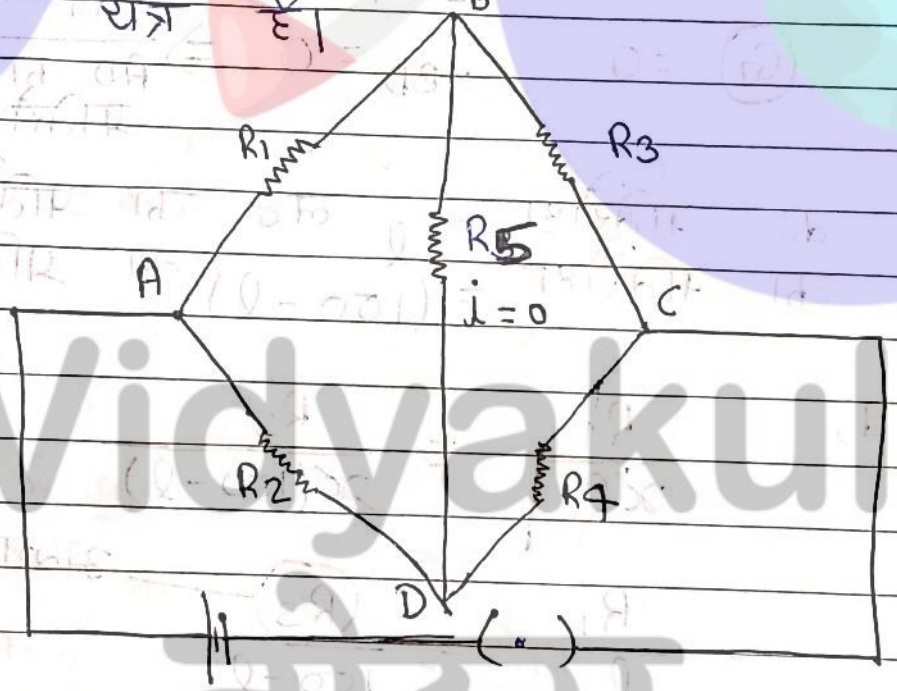
Saathi

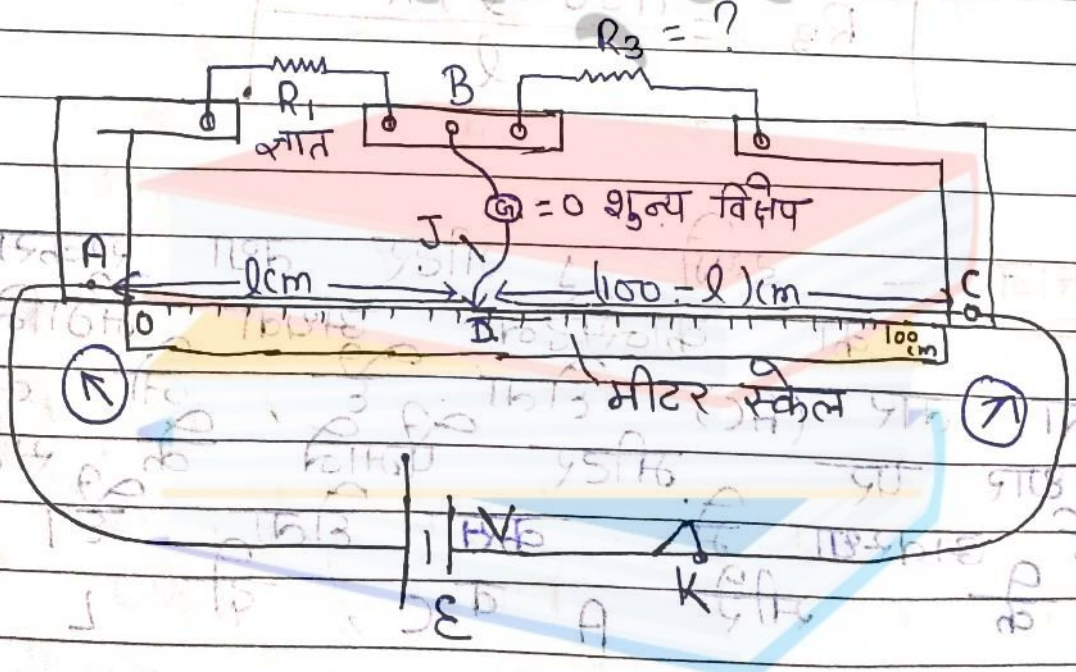
$$\frac{R_3}{R_4} = \frac{3\Omega}{6\Omega} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore \left[\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}\right]$$

## मीटर सेतु (Meter Bridge)

व्हीटस्टोन सेतु के सिद्धांत पर आधारित यह उपकरण अज्ञात प्रतिरोध ज्ञात करने का सुग्राही यंत्र है।



Date __/__/__

यदि $\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \Rightarrow i = 0$

यदि $\boxed{i_{BD} = 0 \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}}$

तार AC, एकांक लं० (प्रति cm) का प्रतिरोध $= x$

ज्ञात प्रतिरोध $= R_1$

$\because$ (G) $= 0$ $\quad i_{BD} = 0 \Rightarrow \frac{R_1}{AD \text{ का प्रतिरोध}} = \frac{R_3}{DC \text{ का प्रतिरोध}}$

AD का प्रतिरोध $= l$ लं० का प्रतिरोध $= xl$

DC का प्रतिरोध $= (100 - l)$ का प्रतिरोध $x(100-l)$

तब, $\frac{R_1}{xl} = \frac{R_3}{x(100-l)}$

$\frac{R_1}{l} = \frac{R_3}{100-l}$ ($R_3$ — अज्ञात प्रतिरोध)

$$\boxed{R_3 = \frac{(100-l)R}{l}}$$

रचना :- इसमे 1 मीटर तथा एकसमान त्रिज्या का कान्सटेन्टन अथवा मैंगनिन का बना तार (AC) होता है, जो लकडी के आधार पर मीटर पैमाने के सहारे तनी हुई अवस्था में कसा होता है। तार के सीरे A व C, दो L के आकार

की तांबे की पत्तियो से जुड़े रहते है। जिनके सिरो पर सम्बन्धक पेंच लगे रहते है। इस पत्ती के बीच में तथा सिरो पर तीन संयोजक पेंच लगे होते है। अंत्य बिंदु A तथा C जहां तार कसा रहता है। के बीच कुंजी K द्वारा सेल जोड़ देते है। पत्ती B के मध्य से लगे पेंच को सुग्राही धारामापी (G) से जोड़ देते है। जिसका दूसरा सिरा सर्पी कुंजी (Sliding Jockey) J से जोड़ दिया जाता है। सर्पी कुंजी J की नोक को तार AC के किसी बिन्दु बिन्दु D पर स्पर्श कर सकते है।

## अज्ञात प्रतिरोध का ज्ञात करना -

जिस तार का प्रतिरोध ($R_3$) ज्ञात करना हो इसे दोनो मे से किसी एक रिक्ति में संयोजित कर देते है। दूसरी रिक्ति के मध्य एक ज्ञात प्रतिरोध $R_1$ संयोजित करते है। जॉकी के तार पर किसी बिंदु D जो कि सिरे से $l$ cm की दूरी पर है, स्पर्श करते है। तार के AD भाग का प्रतिरोध $xl$ तथा DC भाग का प्रतिरोध $x(100-l)$ है।

चार भुजाएँ AB, BC, DA तथा CD (जिनके प्रतिरोध क्रमशः $R_1$, $R_3$, $xl$ तथा $x(100-l)$ है) । स्पस्ट: AC बेटरी की भुजा तथा तथा BD गेल्वेनोमीटर भुजा के साथ एक व्हीटस्टोन सेतु का निर्माण करते है। यदि जॉकी को तार के अनुदिश सरकाया जाता है तो एक स्थान

(संतुलन बिंदु) ऐसा आएगा जहाँ गैल्वेनोमीटर कोई धारा नहीं दर्शाएगा। तब ऐसे संतुलन बिंदु पर सेतु के चार प्रतिरोधों के मान $R_1$, $R_3$, $x\ell$ तथा $x(100-\ell)$ है। संतुलन प्रतिबंध के लिए सभी के अनुसार —

तब, $\frac{R_1}{x\ell} = \frac{R_3}{x(100-\ell)}$

$\frac{R_1}{\ell} = \frac{R_3}{100-\ell}$ — अज्ञात प्रतिरोध

$$R_3 = \frac{(100-\ell)\,R}{\ell}$$

## विभवमापी (Potentiometer)

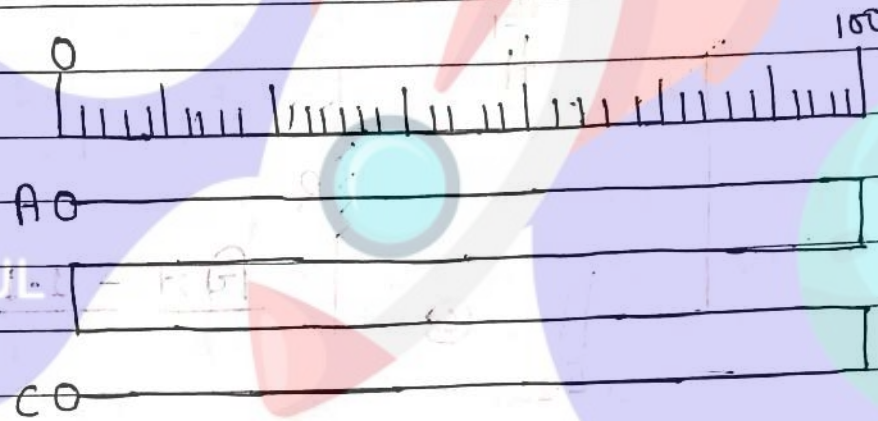
विभवमापी का उपयोग परिपथ में दो बिन्दुओं के बीच विभवान्तर अथवा किसी सेल के वि० वा० बल के मापन के लिये किया जाता है।

रचना – इसमें अधिक विशिष्ट प्रतिरोध तथा निम्न ताप गुणांक वाले पदार्थ (कान्सटेन्टन अथवा मैंगनिन) का 4 से 12 मी० लम्बा तथा एकसमान व्यास का तार एक-एक मीटर के समान्तर टुकड़ो के रूप में लकड़ी के तख्ते पर कसा रहता है। तार के दोनो सिरे A व C पर संयोजी पेंच लगे होते है।

Saathi

Date __/__/____

तारों की लम्बाई के समान्तर एक मीटर पैमाना लगा होता है जिस पर शून्य विक्षेप के संगत तार की लम्बाई पढ़ी जा सकती है।




चित्र = 1.0

सिद्धांत :- विभवमापी के सिद्धांत को ठीक से समझने के लिये पहले हम चित्र 1.1 में प्रदर्शित परिपथ पर विचार करते हैं। इस चित्र में वि० वा० बल $E_1$ व $E_2$ तथा नगण्य प्रतिरोध के दो सेलों को प्रतिरोध R तथा धारामापी G से जोड़ा गया है।

यदि $E_1 > E_2$ हो तो परिपथ में धारा

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R} \quad \text{(वामावर्त)}$$

अतः धारामापी में एक दिशा में विक्षेप होगा।

यदि $E_2 > E_1$ हो तो परिपथ में धारा

$$I = \frac{E_2 - E_1}{R} \quad \text{(दक्षिणावर्त)}$$

अतः धारामापी विपरीत दिशा में विक्षेप होगा।

यदि $E_1 = E_2$ हो तो $I = 0$

अतः धारामापी में विक्षेप शून्य होगा।

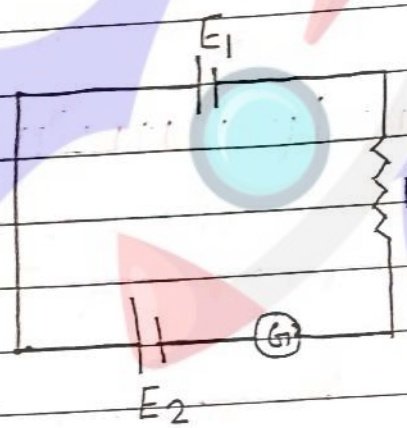
अतः यदि एक वि० वा० बल परिवर्ती हो तो इसे बदलकर ऐसी स्थिती में लाया

Page No.

जा सकता है। जिससे धारामापी में विक्षेप शून्य हो। इस स्थिति में दोनों वि० वा० बल समान होंगे। यही विभवमापी का सिद्धांत है।




चित्र - 1.1



विभव प्रवणता (Potementential gradient) — तार की एकांक ल० में विभव पतन को विभव प्रवणता कहते है। यदि तार AC के सिरो का विभवान्तर V तथा इसकी ल० L हो तो विभव प्रवणता,

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

विभवमापी के अनुप्रयोग (Applications of Potentiometer) —

विभवमापी के 2 प्रमुख अनुप्रयोग है —

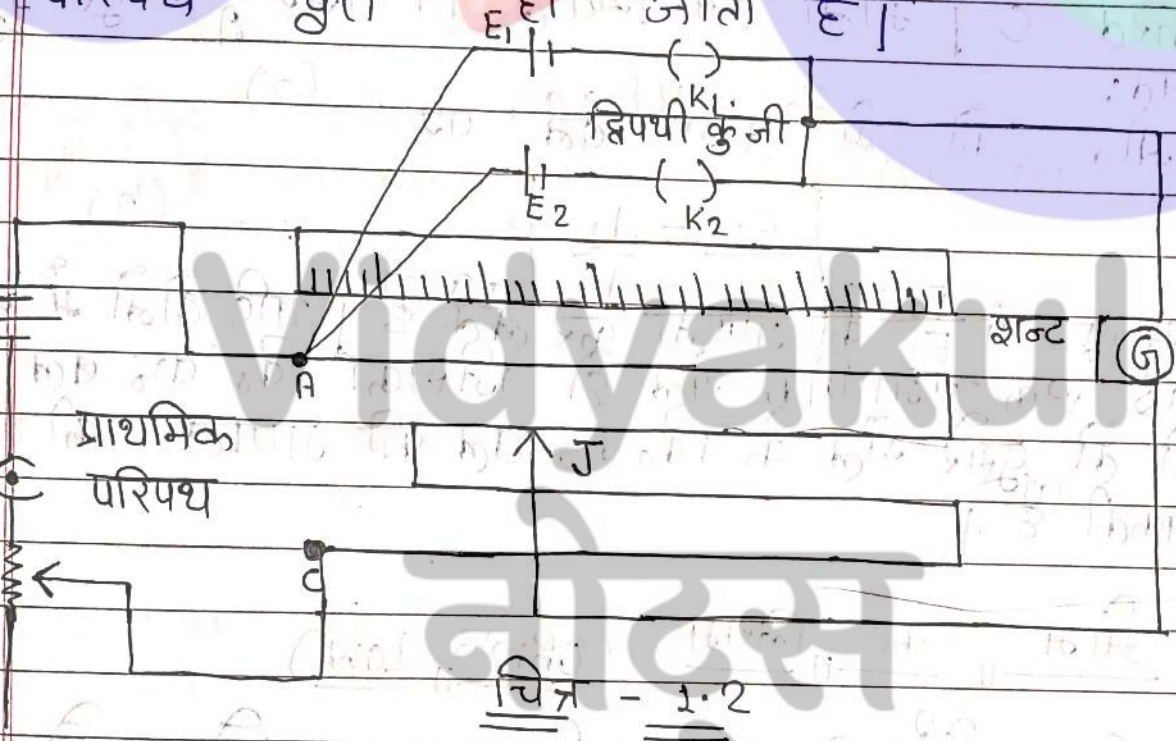
(A) दो सेलो के वि० वा० बल की तुलना करना →

परिपथ — सर्वप्रथम चित्र 1.2 के अनुसार परिपथ बनाते है। इसके लिये

Date __/__/____

Saathi

विभवमापी के तार AC के सिरो के बीच बैटरी B, कुंजी K तथा धारा नियन्त्रक Rh को इस प्रकार जोड़ते है कि बैटरी B का धन सिरा तार के सिरे A से जुड़े। इस प्रकार प्राथमिक परिपथ पूरा हो जाता है। अब इन दो सेलो $E_1$ व $E_2$ के वि० वा० बलो की तुलना करनी है। उनके धन सिरो को A से तथा ऋण सिरो को द्विपथी कुंजी $K_1 - K_2$ के साथ धारामापी मे जोड़ देते है। इस प्रकार द्वितीयक परिपथ पूरा हो जाता है।




चित्र - 1.2

प्रयोग विधि - पहले कुंजी को लगाकर प्राथमिक परिपथ मे धारा प्रवाहित करते है जिससे तार के सिरो के बीच विभवान्तर उत्पन्न हो जाता है। अब कुंजी $K_1$ व $K_2$ को बारी-बारी से लगाकर धारा नियंत्रक को इस प्रकार समायोजित करते है कि संपी कुंजी को तार के सिरो व पर स्पर्श करने पर धारामापी मे परस्पर विपरीत दिशा मे विक्षेप प्राप्त हो। यह प्राथमिक परिपथ का समायोजन है। माना इस स्थिति

vidyakul नोट्स

Page No.

में तार पर विभव प्रवणता है।

(ii) द्विपथी कुंजी के प्लग को $K_1$ में बन्द तथा $K_2$ को खुला रखकर सेल $E_1$ को द्वितीयक परिपथ में डालते हैं तथा स्पर्श कुंजी द्वारा तार पर शून्य विक्षेप की स्थिति ज्ञात करते हैं। माना इस स्थिति में सिरे A से दूरी $l_1$ है। अतः

$$E_1 = Kl_1 \quad \ldots (1)$$

(iii) अब प्लग $K_1$ को खुला रखकर तथा $K_2$ को बन्द रखकर सेल $E_2$ को द्वितीयक परिपथ में डालते हैं तथा स्पर्श कुंजी द्वारा तार पर शून्य विक्षेप की स्थिति ज्ञात करते हैं। माना इस स्थिति को सिरे A से दूरी $l_2$ है।

अतः

$$E_2 = Kl_2 \quad \ldots (2)$$

समी० (1) को (2) से भाग देने पर

$$\boxed{\frac{E_1}{E_2} = \frac{l_1}{l_2}} \quad \ldots (3)$$

इस सूत्र से $\frac{E_1}{E_2}$ की गणना कर लेते हैं। यदि दोनों में से कोई एक प्रमाणिक सेल हो जिसका वि० वा० बल ज्ञात हो तो दूसरे सेल के वि० वा० बल की गणना की जा सकती है।

## ओम का नियम (Ohm's Law)

जर्मन वैज्ञानिक जार्ज साइमन ओम ने सन 1828 में विद्युत धारा के प्रवाह से सम्बन्धित एक नियम व्यक्त किया जिसे 'ओम का नियम' कहते हैं।

इस नियम के अनुसार — "यदि किसी चालक की भौतिक अवस्थायें (ताप, दाब आदि) अपरिवर्तित रहें तो चालक में प्रवाहित धारा (I) इसके सिरों के विभवान्तर (V) के समानुपाती होती है, अर्थात्

Date ___/___/___

$[I \propto V]$ अथवा $\left[\frac{V}{I} = R = \text{नियतांक}\right]$

यहाँ R समानुपाती नियतांक है जिसे चालक का प्रतिरोध कहते हैं।

दूसरे शब्दों में — 'यदि चालक की भौतिक अवस्थाये न बदले तो चालक के सिरो के विभवान्तर तथा चालक में उत्पन्न धारा का अनुपात नियत रहता है।'

चालकता अथवा विशिष्ट चालकत्व

विशिष्ट प्रतिरोध के व्युत्क्रम को चालकता अथवा विशिष्ट चालकत्व कहते है। इसे $\sigma$ से प्रदर्शित करते है।

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

SI मात्रक — $(\text{ओम - मीटर})^{-1}$

विमा — $[M^{-1}L^{-3}T^{3}A^{2}]$

प्र० - ओमीय तथा अन-ओमीय प्रतिरोध मे अन्तर स्पस्ट कीजिये।

उ० - यदि किसी चालक की भौतिक अवस्थाये न बदलते हुए —

(a) प्रतिरोध नियत रहे अर्थात विभवान्तर बदलने पर न बदले तो इसे ओमीय प्रतिरोध कहते है। Ex — धातु का तार।

(b) प्रतिरोध विभवान्तर बदलने पर बदले तो इसे अन - ओमीय प्रतिरोध कहते है।

Ex - डायोड वाल्व, ट्रांजिस्टर।

Saathi

Date ___/___/_____

⇒ **किलोवाट - घण्टा** वैद्युत ऊर्जा का व्यापारिक मात्रक किलोवाट - घण्टा (KWh) है। 1 किलोवाट वैद्युत शक्ति वाले परिपथ मे एक घण्टे मे व्यय वैद्युत ऊर्जा को एक किलोवाट - घण्टा कहते है।

1 किलोवाट - घण्टा = 1 किलोवाट × 1 घण्टा

= $3.6 \times 10^6$ वाट - से०

= $3.6 \times 10^6$ जूल

किसी परिपथ मे व्यय यूनिटो की सं० —

$= \frac{\text{वोल्ट} \times \text{एम्पियर} \times \text{घण्टे}}{1000} = \frac{\text{वाट} \times \text{घण्टे}}{1000}$

VIDYAKUL
Vidyakul नोट्स

Saathi



# Lesson - 3
## Important Formula

① वि० वा० बल $(E) = I(R + r)$
जहाँ $R$ = बाह्य प्रतिरोध $r$ = आंतरिक प्रतिरोध

② $V = \frac{W}{Q}$

③ $V = IR$

④ $R = \rho \frac{L}{A}$ $\rho$ = विशिष्ट प्रतिरोध

⑤ $R_{तुल्य} = R_1 + R_2 + R_3 - - - + R_n$

⑥ $\frac{1}{R_{तुल्य}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} - - - + \frac{1}{R_n}$

⑦ अनुगमन वेग तथा वैद्युत धारा मे सम्बन्ध-
$i = neAV_d$ Where, $A$ = अनुप्रस्थ परिच्छेद का क्षे०
$n$ = प्रति एकांक आयतन में $e^-$ की सं०

⑧ $V = E + Ir$

⑨ $R = \frac{V^2}{P}$ $P$ = वॉटेज , $V$ = वोल्टेज

⑩ $I_{max} = \frac{P}{V}$

⑩ $P = VI = I^2R = \frac{V^2}{R}$ [$R$ = प्रतिरोध]
जहाँ. $P$ = विद्युत शक्ति, $I$ = धारा, $V$ = विभवान्तर



VIDYAKUL
Vidyakul नोट्स

Saathi

Date ___/___/______

(11) वैद्युत धारा $(I) = \frac{q}{t} = \frac{ne}{t}$ (आवेशो का क्वाण्टीकरण $q = ne$)

$q$ = आवेश, $n$ = इलेक्ट्रानो की सं०

⇒ 1 Ampere = $6.25 \times 10^{18}$ इलेक्ट्रॉन / सेकेण्ड

(12) मुक्त इलेक्ट्रानों का अपवहन वेग या अनुगमन वेग होता है।

$$V_d = \frac{eV\tau}{ml}$$

| | |
|---|---|
| जहाँ, $l$ = चालक की लं० | $V$ = चालक के सिरो के बीच विभवान्तर |
| $\tau$ = श्रांतिकाल | |
| $e$ = इलेक्ट्रान पर आवेश | $m$ = इलेक्ट्रानो का द्रव्यमान |

⇒ किसी चालक में मुक्त इलेक्ट्रानो की टक्कर के बीच के समयान्तराल को श्रांतिकाल कहते है।

(13) धारा घनत्व $(J) = \frac{I}{A}$ = $\frac{\text{एम्पियर}}{\text{मीटर}^2}$

Where, $A$ = अनुप्रस्थ काट का क्षे०
$I$ = धारा

धारा घनत्व तथा अनुगमन वेग मे सम्बन्ध-

$$J = neV_d$$

Where, $n$ = मुक्त $e^-$ घनत्व, $V_d$ = अनुगमन वेग
$e$ = इलेक्ट्रान का आवेश

(14) गतिशीलता $\mu = \frac{V_d}{E}$

Where, $V_d$ = अनुगमन वेग
$E$ = वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता

(15) विशिष्ट चालकता $\sigma = \frac{1}{\rho}$

Where, $\rho$ = विशिष्ट प्रतिरोध

Vidyakul नोट्स