Chapter 03

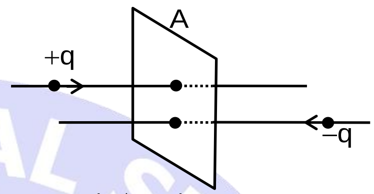
विद्युत धारा (Current Electricity)

CONTENT

- विद्युत धारा
- धारा घनत्व
- चालक में धारा प्रवाह कि क्रियाविधी
- धारा प्रवाह के लिए उत्तरदायी घटक
- वैद्युत प्रतिरोध
- प्रतिरोधकता कि निर्भरता
- प्रतिरोध कि तापमान पर निर्भरता
- सेल, विद्युत वाहक बल, आन्तरिक प्रतिरोध, टर्मिनल वोल्टता
- व्हीट स्टोन सेतु
- वैद्युत ऊर्जा एंव शक्ति
- धारा तथा वोल्टता का मापन
- मीटर सेतु

1. विद्युत धारा (ELECTRIC CURRENT):

किसी अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल में समय के सापेक्ष आवेश के प्रवाह में परिवर्तन की दर को विद्युत धारा कहा जाता है।



- धनात्मक आवेश +q का बाएँ से दाएँ प्रवाह तथा ऋणात्मक आवेश –q का दाएँ से बाएँ प्रवाह बराबर है
- यदि समय अंतराल Δt में प्रवाहित आवेश Δq है तो विद्युत धारा, $i = \dfrac{\Delta q}{\Delta t}$
- **मात्रक :** एम्पीयर (A)
- 1 एम्पीयर = 1 कूलॉम/सैकण्ड
- **विमा :** $[M^0L^0T^0A^1]$
- यदि प्रत्येक t सेकण्ड में किसी अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल से n इलेक्ट्रॉन गुजरते है तो $i = \dfrac{ne}{t}$

  जहाँ $e = 1.6 \times 10^{-19}$ कूलॉम

विद्युत धारा → **औसत धारा**, **तात्क्षणिक धारा**

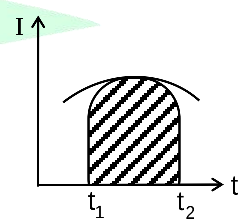
1.1 औसत और तात्क्षणिक विद्युत धारा(Average & Instantaneouscurrent) :

1. औसत धारा (Average current) :

यदि t से $t + \Delta t$ समय अंतराल में चालक के किसी अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल से ΔQ आवेश प्रवाहित होता है तो उस अंतराल में औसत धारा को ΔQ व Δt के अनुपात से परिभाषित करते है; $I_{av} = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t}$

2. तात्क्षणिक धारा (Instantaneous current):

यदि Δt की सीमा शून्य तक कर दी जाए $(\Delta t \to 0)$ तो t समय पर धारा तात्क्षणिक धारा को परिभाषित करते है। $I = \lim\limits_{\Delta t \to 0} \dfrac{\Delta Q}{\Delta t} = \dfrac{dQ}{dt}$



किसी अनुप्रस्थ काट से गुजरने वाली तात्क्षणिक धारा $I = \dfrac{dQ}{dt}$

t से t + dt अंतराल में अनुप्रस्थ काट से गुजरने वाला आवेश

$dQ = Idt$

t_1 से t_2 अंतराल में कुल आवेश $Q = \int_{t_1}^{t_2} Idt$ = I-t ग्राफ में समय अन्तराल t_1 से t_2 के मध्य क्षेत्रफल

t_1 से t_2 अंतराल में औसत धारा $I_{avg} = \dfrac{\Delta Q}{\Delta t} = \dfrac{\int_{t_1}^{t_2} Idt}{\int_{t_1}^{t_2} dt} = \dfrac{\text{I - t ग्राफ के नीचे का क्षेत्रफल}}{\text{समय अन्तराल}}$

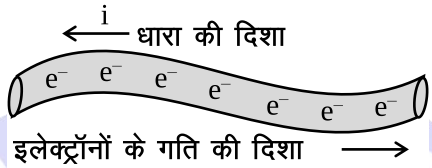
DETECTIVE MIND

1 ऐम्पियर

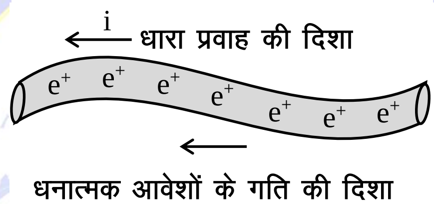
यदि प्रति सैकण्ड में 1 कूलॉम आवेश प्रवाहित होता है तो चालक तार में 1 एम्पीयर धारा प्रवाह माना जाता है। अर्थात् 1 एम्पीयर धारा से तात्पर्य है कि चालक के किसी अनुप्रस्थ काट क्षेत्र से प्रति सेकण्ड मे 6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन प्रवाहित हो रहे है।

1.2 धारा प्रवाह की दिशा :

➢ परम्परागत रूप से धारा की दिशा, धनात्मक आवेशो की गति की दिशा में और ऋणात्मक आवेशो के विपरित दिशा में ली जाती है।

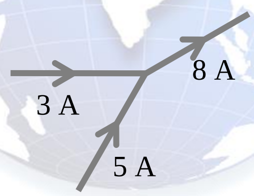


यहॉ $e^- = 1.6 \times 10^{-19}$ C



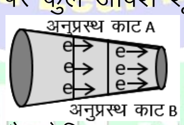
यहॉ $e^+ = 1.6 \times 10^{-19}$ C

➢ विद्युत धारा एक अदिश राशि है और यह सरल बीजगणित का पालन करती है।



1.3 चालक में आवेशो का प्रवाह :

➢ पूरे चालक तार में धारा का मान समान होता है, जबकि चालक के विभिन्न बिन्दुओ का अनुप्रस्थ काट कुछ भी हो सकता है। धारावाही चालक में किसी भी समय अंतराल पर कुल आवेश शून्य होता है।



➢ धारावाही चालक के बाहर विद्युत क्षेत्र शून्य होता है, लेकिन चालक के अंदर यह अशून्य होता है।

➢ स्थिर वैद्युतिकी के अनुसार आवेशित चालक के अंदर विद्युत क्षेत्र शून्य होता है लेकिन धारावाही चालक के अंदर यह अशून्य होता है।

➢ जब चालक से धारा प्रवाहित होता है तो वह अपरिवर्तित रहता है क्योंकि प्रति सैकण्ड एक सिरे पर प्रवेष करने वाला आवेष दूसरे सिरे से प्रति सैकण्ड निकलने वाले आवेष के बराबर होता है।

SPOT LIGHT

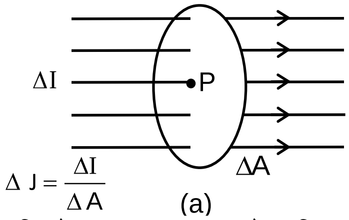
1. द्रव्यो मे, धनात्मक एवं ऋणात्मक आयन आवेश वाहक होते है।

2. गैंसो में, धनात्मक आयन एवं मुक्त इलेक्ट्रान आवेश वाहक होते है।

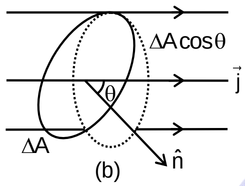
3. अर्द्धचालक में, मुक्त इलेक्ट्रान एवं होल (holes) आवेश वाहक होते है।

2. धारा घनत्व (CURRENT DENSITY):

किसी चालक में एक बिन्दु पर धारा घन्तव (J) धारा (I) का उस बिन्दु से धारा की दिषा से अनुप्रस्थ काट का क्षेत्र (A) के लम्बवत् क्षेत्र का अनुपात है। $\boxed{J = \frac{I}{A}}$



➢ यदि क्षेत्रफल A, धारा I के अभिलम्बवत् न होकर उससे θ कोण बनाये तो



$$J = \frac{I}{A_{\text{लंबवत}}} = \frac{I}{A\cos\theta} \Rightarrow I = J\,A\cos\theta = \vec{J}.\vec{A}$$

$$dI = \vec{J}.d\vec{A} \Rightarrow I = \int \vec{J}.d\vec{A}$$

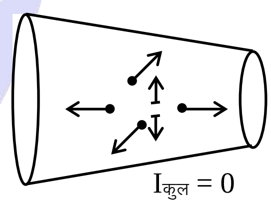
यह एक सदिश राशि हैं, इसकी दिशा, उस बिन्दु पर धनात्मक आवेश की गति की दिशा होती हैं।

मात्रक : ऐम्पीयर/मीटर^2 (A/m^2)

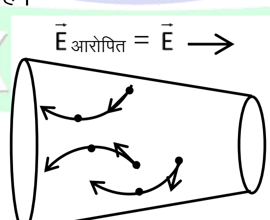
विमा : $[M^0L^{-2}T^0A]$

3. चालक में धारा प्रवाह की क्रियाविधि (MECHANISM OF CURRENT FLOW IN A CONDUCTORS) :

यदि एक वैद्युत आवेश पर वैद्युत क्षेत्र आरोपित किया जाता है तो यह एक बल अनुभव करता है। यदि यह आवेश गति करने के लिए मुक्त है तो एक धारा प्रवाह का निर्माण करता है। विद्युत क्षेत्र की अनुपस्थिति में, इलेक्ट्रॉन उनकी तापीय गति से गति करते है। उनकी यादृच्छिक गति के दौरान वे जमे हुए आयनो से टक्कर करते है परिणामस्वरूप टक्कर से पहले की उनकी चाल और टक्कर के बाद की चाल बराबर हो जाती है। लेकिन टक्कर के बाद वेग की दिशा पूर्णतया यादृच्छिक होती है। अतः किसी एक निश्चित दिशा में बहने वाले इलेक्ट्रॉनो की संख्या उनके विपरित दिशा में बहने वाले इलेक्ट्रॉनो की संख्या के बराबर हो जाती है अर्थात् वहाँ कोई नेट (कुल) विद्युत धारा नही होती है।



जब इलेक्ट्रॉनो पर विद्युत क्षेत्र आरोपित किया जाता है तो इलेक्ट्रॉन क्षेत्र,की कारण से B सिरे से A की ओर त्वरित होते है। यह गति विद्युत धारा का निर्माण करती है।



4. धारा प्रवाह के लिए उत्तरदायी घटक (FACTORS RESPONSIBLE FOR CURRENT FLOW):

4.1 तापीय चाल ($V_T = 10^5$ m/s)

चालक में बहुत अधिक संख्या में मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं, जो निरन्तर यादृच्छिक गति करते रहते है।

चालक में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की कुल संख्या = N

औसत वेग $\vec{u}_{avg.} = \left[\frac{\vec{u}_1 + \vec{u}_2 + ... + \vec{u}_N}{N}\right] = 0$

KHAN GLOBAL STUDIES Most Trusted Learning Platform

SPOT LIGHT
- तापीय औसत वेग शून्य होता है परन्तु तापीय औसत चाल शून्य नही होती है
- स्थिर वैद्युत स्थिति में चालक में कुल विद्युत क्षेत्र शून्य होता है
- वैद्युत गति की स्थिति में चालक के अन्दर कुल विद्युत क्षेत्र शून्य नही होता है।

4.2 अपवहन वेग (Drift Velocity)

यह इलेक्ट्रॉन का ओसत वेग है जिसके साथ मुक्त इलेक्ट्रॉन आरोपित विद्युत क्षेत्र के प्रभाव में चालक के अन्दर चलते है।

4.3 विश्रान्ति काल(Relaxation time)

दो क्रमागत टक्करों के बीच लगा औसत समय है।
- इसकी कोटि 10^{-14} सेकण्ड है।
- यह चालक के पदार्थ के ताप पर निर्भर करने वाला अभिलक्षण है।
- यह ताप में वृद्धि के साथ कम होता है।

4.4 अपवहन वेग व विश्रान्ति काल के मध्य सम्बंध : (Relation between drift velocity & relaxation time)

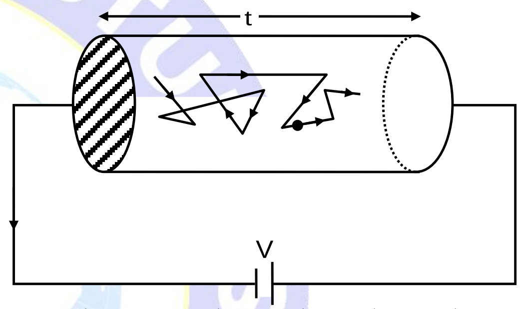
जब चालक के सिरों को वि.वा.बल स्त्रोत के सिरों से जोड़ा जाता है तो चालक में एक विद्युत क्षेत्र स्थापित हो जाता है।, $E = \frac{V}{\ell}$

जहाँ V = चालक के सिरों पर विभवांतर तथा t = = चालक की लम्बाई

विद्युत क्षेत्र $\vec{E}$, के कारण चालक के प्रत्येक इलेक्ट्रॉन पर $-e\vec{E}$ वैद्युत बल लगता है।

प्रत्येक इलेक्ट्रॉन का त्वरण $\vec{a} = \frac{-e\vec{E}}{m}$

m = इलेक्ट्रॉन का द्रव्यमान
e = इलेक्ट्रॉन का आवेश



आरोपित अपवहन के साथ इलेक्ट्रॉन के विद्युत क्षेत्र कि यादृच्छिक गति

अतः प्रत्येक इलेक्ट्रॉन का वेग $\vec{v}_{av} = \vec{v}_d = <\vec{u} + \vec{a}t> \Rightarrow \vec{v}_d = <\vec{u}> + \vec{a}<t>$

क्योकि मुक्त इलेक्ट्रॉनों की औसत तापीय चाल शून्य होती हैं।

$\vec{v}_d = \vec{a}\tau \Rightarrow \boxed{\vec{v}_d = -\frac{e\vec{E}}{m}\tau}$ अपवहन वेग की कोटि 10^{-4} m/s होती हैं।

4.5 माध्य मुक्त पथ [Mean free Path (λ)] :

किसी मुक्त इलेक्ट्रॉन द्वारा विश्रांति काल में तय की गयी दूरी, माध्य मुक्त पथ (λ) कहलाती है। चालन इलेक्ट्रॉन का माध्य मुक्त पथ = तापीय वेग × विश्रांति काल (λ = 10Å) (धातु मे)

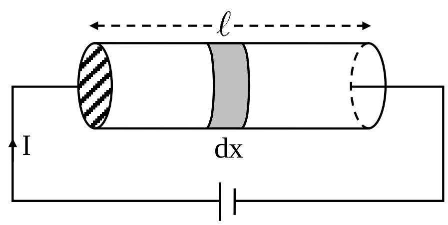
SPOT LIGHT
चालक मे मुक्त इलेक्ट्रॉन घनत्व 10^{28} इलेक्ट्रॉन/ मी^{3} होता है।
जबकि अर्द्धचालक मे 10^{16} इलेक्ट्रॉन/मी^{3}

4.6 धारा घनत्व, चालकता व विद्युत क्षेत्र में सम्बन्ध :

मानाकि किसी चालक में एकांक आयतन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या = n
dx दूरी में कुल इलेक्ट्रॉनों की संख्या = n(Adx)
कुल आवेश dQ = n(Adx)e
अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल = A

विद्युत धारा, $I = \frac{dQ}{dt} = nAe\frac{dx}{dt}$

$I = neaV_d$



धारा घनत्व $J \Rightarrow J = \frac{I}{A} = nev_d \Rightarrow J = ne\left(\frac{eE}{m}\right)\tau$

$J = \left(\frac{ne^2\tau}{m}\right)E \qquad \because v_d = \left(\frac{eE}{m}\right)\tau$

पुनः $\vec{J} = \sigma\vec{E} \Rightarrow$ चालकता $\sigma = \frac{ne^2\tau}{m} = \frac{1}{\rho}$

सदिश रुप मे σ चालकता को व ρ प्रतिरोधकता को प्रदर्षित करता है। यहाँ σ पदार्थ कि चालकता व तापमान पर निर्भर करता है।

SPOT LIGHT
अतिचालक में इलेक्ट्रॉन आवेष को वहन करता है।

4.7 गतिशीलता (Mobility μ) :

प्रति इकाई विद्युत क्षेत्र पर अपवहन वेग का परिमाण का अनुपात गतिशीलता को परिभाषित करता है।

$$\mu = \frac{|\vec{v}_d|}{|E|}$$

- इसका SI मात्रक $m^2V^{-1}s^{-1}$
- इसका प्रायोगिक मात्रक $cm^2V^{-1}s^{-1}$
- $V_d = \frac{e\tau E}{m} \Rightarrow \mu = \frac{v_d}{E} = \frac{e\tau}{m}$
- मुक्त इलेक्ट्रॉनो की गतिशीलता, विद्युत क्षेत्र और चालक की विमाओं पर निर्भर नही करती।

5. वैद्युत प्रतिरोध(ELECTRICAL RESISTANCE):

यह किसी चालक का वह गुण होता है जिसके द्वारा प्रत्येक इलेक्ट्रॉन को इलेक्ट्रॉन (अभ्र) बादलो और धात्विक करनेल (kernels) (जालक परमाणु और आयन) के विरूद्ध अपवहन चाल से गति करने के लिए एक बाह्य विद्युत क्षेत्र की आवश्यकता होती है। अर्थात् तार के अनुदिश v_dएकसमान अपवहन वेग से एक इलेक्ट्रॉन के धक्का देने के लिए एक बाह्य कारक को आवश्यक कार्य करना पडेगा। दूसरे शब्दो में, विद्युत धारा की दिशा में चालक के अनुदिश विभव पात हुआ है।

संक्षिप्त में, प्रतिरोध चालक का वह गुण होता है जो धारा प्रवाह में अवरोध उत्पन्न करता है जिससे चालक में विभव पात होता है।

5.1 Ω का नियम (Ω's law):

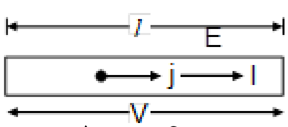
यह प्रायोगिकी रूप से सिद्ध किया गया है कि वोल्टता (विभव पात, V) चालक से प्रवाहित धारा के समानुपाती होती है।

$V \propto I$

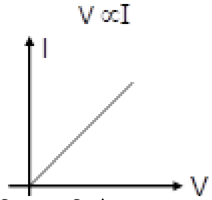
$V = RI$

जहाँ R आनुपातिकता स्थिरांक है जिसे चालक का प्रतिरोध कहा जाता है।

उपयुक्त संबंध कुछ चालको के लिए एक निश्चित तापमान तक ही उचित है।



तार के साथ विभवपात
$V = IR$

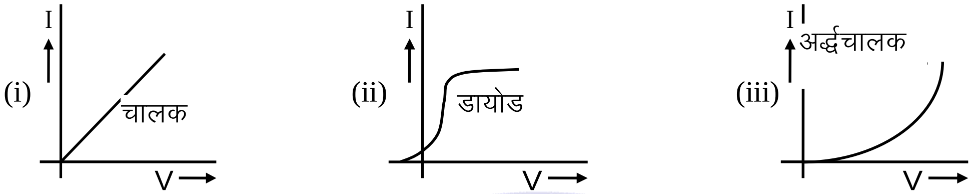


ओमिक प्रतिरोध का ढाल
I-V ग्राफ है,
$\frac{dI}{dv}$ = नियतांक

KHAN GLOBAL STUDIES
Most Trusted Learning Platform
KHAN SIR

- प्रतिरोध का मात्रक : $\Omega(\Omega)$

  $1\ \Omega$ = 1 वोल्ट/1 एम्पीयर
- प्रतिरोध का विमीय सूत्र R: $[M^1L^2T^{-3}A^{-2}]$
- Ω का नियम सभी चालक धातुओं के लिये सत्य हैं जिनमें मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं।
- अर्द्धचालक, ट्रांजिस्टर एवं आयनित गैसों इत्यादि में Ω का नियम लागू नहीं होता हैं।



6. (प्रतिरोध कि निर्भरता) DEPENDANCE OF RESISTANCE

6.1 प्रतिरोधकता (Resistivity):

चालक का प्रतिरोध उसमें प्रवाहित धारा I और चालक के अनुदिष विभवान्तर पर निर्भर नहीं करता है, यह निर्भर करता हैं–

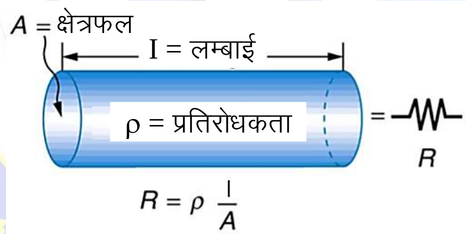
(a) लम्बाई $R \propto l$ (b) क्षेत्रफल $R \propto \frac{1}{A}$ (c) प्रतिरोधकता $R \propto \rho$)

$R \propto l\ ;\ R \propto \frac{1}{A}$

तो $R \propto \frac{l}{A} \Rightarrow R = \rho \frac{l}{A}$

जहाँ ρ = चालक कि प्रतिरोधकता R Ω (Ω)मे होता है।

- ρ कि इकाईΩ–m होती है।
- ρ कि विमा $[M^1 L^3 T^{-3} A^2]$



6.2 चालकत्व (Conductance)

प्रतिरोध के व्युत्क्रम को पदार्थ की चालकता कहा जाता है इसे G से प्रदर्षित किया जाता है। $G = \frac{1}{R}$

6.3 चालकता (Conductivity)

- प्रतिरोधकता के व्युत्क्रम को पदार्थ कि चालकता(σ)कहा जाता है

  $\sigma = \frac{1}{\rho}$
- इकाई : म्हो m^{-1}

DETECTIVE MIND

प्रतिरोधकता को चालक के अंदर किसी बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता (E) और उसी बिन्दु पर धारा घनत्व J के अनुपात से भी परिभाषित किया जाता है।$\rho = \frac{E}{J}$ या $J \propto E$

- प्रतिरोधकता चालक के पदार्थ का एक विशिष्ट गुण होता है। यह चालक के लम्बाई, क्षेत्रफल इत्यादि पर निर्भर नही करता। यद्यपि यह तापमान पर निर्भर करता है। यह तापमान मे वृद्धि के साथ बढता है।
- चालको के लिए प्रतिरोध का मान सबसे कम और कुचालको के लिए अधिक होता है।

KHAN GLOBAL STUDIES Most Trusted Learning Platform KHAN SIR

- $\rho_{कुचालक} > \rho_{अर्द्धचालक} > \rho_{चालक}$
- चालक तार को खींचने पर प्रतिरोध पर प्रभाव $R = \frac{\rho\ell}{A}$ $R \propto \frac{\ell}{A}$

$$R = P \times \frac{\ell}{A} \times \frac{\ell}{\ell} = R = \frac{\rho\ell^2}{v} \quad R \propto \ell^2 \ldots\ldots\ldots(1)$$

$$R = \frac{\rho\ell^2}{A} \times \frac{A}{A} = \frac{\rho V}{A^2} = \frac{\rho A}{\pi^2 r^4}$$

- यदि तार की लम्बाई परिवर्तित होती है, तो $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\ell_1^2}{\ell_2^2}$
- यदि तार की त्रिज्या परिवर्तित होती है, तो $\frac{R_1}{R_2} = \frac{r_2^4}{r_1^4}$
- यदि तार की लम्बाई में x% का परिवर्तन लाते है तो इसके प्रतिरोध में 2x% का परिवर्तन होगा। परन्तु यह तथ्य केवल $x <$ 5% के लिए ही सत्य है।
- यदि तार को इस तरह से खिंचा जाए कि उसकी त्रिज्या वास्तविक मान की $1/n^{th}$गुना कम हो जाती है तो प्रतिरोध n^4गुना अधिक हो जायेगा। समान रूप से यदि तार को सिकुड़ कर उसी त्रिज्या को n गुना बढाया जाए तो प्रतिरोध n^4गुना कम हो जायेगा।
- चालक के आयतन को नियत रखते हुए उसका प्रतिरोध

$$R = \rho\frac{L}{A} = \rho\frac{LA}{A^2} = \frac{\rho V}{A} = \frac{\rho m}{A^2 d}$$
m = द्रव्यमान d = पदार्थ का घनत्व

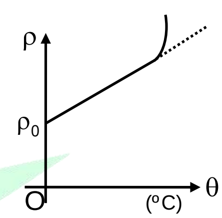
(a) यदि तार की लम्बाई को n गुना कर दिया जाए तो तार का प्रतिरोध प्रारम्भिक मान का n^2गुना हो जायेगा$(R \propto L^2)$

(b) यदि अनुप्रस्थ काट क्षेत्र को n गुना कर दिया जाए तो तार का प्रतिरोध उसके प्रारम्भिक मान का $\frac{1}{n^2}$ गुना होगा।

$$\left(R \propto \frac{1}{A^2}\right)$$

7. प्रतिरोध की तापमान पर निर्भरता(Temperature dependance of Resistance) :

यदि चालक के तापमान में वृद्धि कि जाये, पदार्थ में जालक के परमाणु अधिक वेग और आयाम के साथ कम्पन्न करेंगे। इसके अतिरिक्त चालक इलेक्ट्रॉन (प्रवाहकत्व) अधिक वेग से गति करेंगे। इसका अर्थ है कि चालक की प्रतिरोधकता बढती है।



$r = r_0(1+\alpha\theta)$upto certaintemperature

- यह प्रायोगिक रूप से प्रमाणित किया गया है कि एक निश्चित तापमान तक चालक की प्रतिरोधकता तापमान के साथ रेखीय रूप से बदलती है।

यदि 0°C पर प्रतिरोधकता $= \rho_0$

θ°C पर प्रतिरोधकता$\rho_\theta = \rho_0(1 + \alpha\theta)$

जहाँα = प्रतिरोधकता का तापीय गुणांक

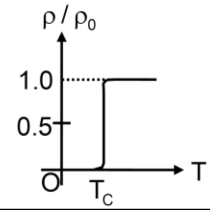
$$\alpha = \frac{\rho_\theta - \rho_0}{\rho_0\theta}$$

- इसका मात्रक है K^{-1}या $°C^{-1}$.
- तब किसी θ ताप परप्रतिरोध $R_{पर\ प्रतिरोध} = R_0(1 + \alpha\theta)$ जहाँ R_0 = 0°C ताप पर प्रतिरोध औरα = प्रतिरोध का औसत तापीय गुणांक
- मिश्रधातु के लिएαका मान बहुत छोटा होता है। अतः तापमान के बढाने या घटाने पर से उनका प्रतिरोध नही बदलता। इसलिए मिश्रधातुओ को नियत मान वाले प्रतिरोध बनाने में उपयोग किया जाता है।

SPOT LIGHT

अतिचालकता

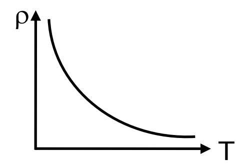
बहुत कम तापमान पर, धातु की प्रतिरोधकता सामान्य कमरे के तापमान की प्रतिरोधकता से थोड़ी कम होती है। कुछ धातु 0 K तापमान के करीब (परम शून्य ताप पर) उनका प्रतिरोध पूर्ण रूप से खत्म कर देती है। चालक के इस गुण को अतिचालकता और इन पदार्थो को अति चालक (super conductor) कहते हैं। वह तापमान जिस पर एक पदार्थ अतिचालक बनता है क्रांतिक तापमान T_C कहलाता है।



- पदार्थ की प्रतिरोधकता तापमान पर निर्भर होती है। चालको में,

  प्रतिरोधकता $\rho = \dfrac{m}{ne^2\tau}$ जहाँ $\rho \propto \dfrac{1}{n}$ और $\rho \propto \dfrac{1}{\tau}$

- जब चालक का तापमान बढ़ाया जाता है, मुक्त इलेक्ट्रॅानो का औसत वेग भी बढता है। जैसे ही परिणामी टक्कर की आवृत्ति बढ़ती है विश्रांती काल घटता है। धातुओ में n मुक्त e^- की संख्या तापमान पर निर्भर नही करती और तापमान वृद्धि के साथ ρ बढता है।
- अर्द्धचालको के लिए, α ऋणात्मक होता है जिससे तापमान बढ़ने के साथ ρ घटता है (n की संख्या तापमान बढ़ने के साथ घटती है) अर्द्धचालक के लिए प्रतिरोधक की तापमान परनिर्भरता को चित्र में दर्शाया गया है।



SOLVED EXAMPLES

Example: 1 **यदि किसी तार में 1A धारा प्रवाहित हो रही हो, तो प्रति सैकण्ड प्रवाहित इलेक्ट्रॉनों की संख्या होगी-**

(1) 2.5×10^{18} **(2) 6.25×10^{18}** **(3) 12.5×10^{18}** **(4) 5×10^{18}**

Solution: $I = \dfrac{q}{t} = \dfrac{ne}{t}$ [∵ q = ne, आवेश के क्वान्टीकरण नियम से]

$$\Rightarrow n = \frac{I \times t}{e} = \frac{1 \times 1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{18}$$

Example: 2 **हाइड्रोजन परमाणु में एक इलेक्ट्रॅान 5×10^{-11} m त्रिज्या की कक्षा में 2.2×10^6 m/s के वेग से चक्कर लगाता हैं, तो तुल्य धारा होगी -**

(1) 1.12 mA **(2) 4.32 mA** **(3) 3.32 mA** **(4) 7.12 mA**

Solution: इलेक्ट्रॅान द्वारा 1 चक्कर पूरा करने में लगा समय

$T = \dfrac{2\pi r}{v}$; धारा $I = \dfrac{Q}{T} = \dfrac{Qv}{2\pi R}$

जहॉ r कक्षा की त्रिज्या तथा v इलेक्ट्रॅान का वेग हैं। $I = \dfrac{2.2 \times 10^6 \times 1.6 \times 10^{-19}}{2 \times \left(\dfrac{22}{7}\right) \times (5 \times 10^{-11})} = 1.12$ mA

Example: 3 **किसी असमान अनुप्रस्थ क्षेत्रफल वाले चालक तार के तीन भिन्न–भिन्न बिन्दुओं पर अनुप्रस्थ क्षेत्रफल $A_1 = 2cm^2$, $A_2 = 4cm^2$ तथा $A_3 = 6cm^2$ है। यदि 5 A की धारा A_1 से प्रवाहित की जाए, तो A_2 व A_3 से प्रवाहित धाराओं के मान क्रमशः होंगें-**

(1) 10 A, 15 A **(2) 20 A, 30 A** **(3) 2.5 A, 1.66 A** **(4) 5A, 5A**

Solution: (4) धारा समान रहेगी।

Example: 4 **किसी 1000 मीटर लंबे सीधे तार में 70 ऐम्पीयर की धारा प्रवाहित होती हैं, तो इसमें इलेक्ट्रॉनों का कुल संवेग होगा (N.s. में)-**

(1) 0.40×10^{-6} **(2) 0.20×10^{-6}** **(3) 0.80×10^{-6}** **(4) 0.16×10^{-6}**

Solution: हम जानते हैं $I = neAv_d$

जहाँ $v_d \rightarrow$ अपवहन वेग

$n \rightarrow$ प्रति एकांक आयतन में इलेक्ट्रॉनों की संख्या

इलेक्ट्रॉनों की कुल संख्या $N = nA\ell$

इलेक्ट्रॉनों का कुल संवेग (P)

$'P' = Nmv_d$ या $P = \frac{I}{neA}(nA\ell m) = \frac{I\ell m}{e} \Rightarrow \quad P = \frac{70 \times 1000 \times 9.3 \times 10^{-31}}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.40\mu$ Ns

Example: 5 **चालक में मुक्त इलेक्ट्रॉनो की तापीय गति से आप क्या समझते है ?**

Solution: चालक तारो में, कुछ इलेक्ट्रॉन चालक के अंदर प्रायोगिक रूप से मुक्त अवस्था में होते है। इन इलेक्ट्रॉनो की गतिज ऊर्जा चालक के तापमान T पर निर्भर करती है। अर्थात्, $E = \frac{3}{2}kT$, जहाँ k = वोल्टजमान नियतांक है, अतः इन इलेक्ट्रॉनो की गति को तापीय गति कहते है।

Example: 6 **क्या इलेक्ट्रॉन उनकी तापीय गति के कारण धारा उत्पन्न कर सकता है ? वर्णन करे।**

Solution: नही। तापीय गति के दौरान मुक्त इलेक्ट्रॉनो का वेग यादृच्छिक होता है। अतः किसी अनुप्रस्थकाट क्षेत्रफल से उनका कुल प्रवाह शून्य होता है।

Example: 7 **एक चालक के अंदर मुक्त इलेक्ट्रॉनो के सम्भावित पथ क्या होंगे ?**

Solution: चालक के अंदर विद्युत क्षेत्र की अनुपस्थिति में, मुक्त इलेक्ट्रॉन अत्वरित रहते है। अतः दो लगातार टक्करो के बीच उनका पथ सरल रेखा होता है। जबकि चालक के अंदर विद्युत क्षेत्र की उपस्थिती में मुक्त इलेक्ट्रॉन त्वरित होते है अतः उनका पथ सामान्यतया वक्राकार हो जाता है।

Example: 8 **तांबे में इलेक्ट्रॉनो का संख्या घनत्व 8.5×10^{28} m^{-3} है। $1 mm^2$ अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल, 0.2 m लम्बाई के एक तांबे के तार में धारा प्रवाह ज्ञात करो जब इसे 3V की बैटरी से जोडा गया हो। दिया गया इलेक्ट्रॉन गतिशीलता = $4.5 \times 10^{-6} m^2 V^{-1}s^{-1}$ और इलेक्ट्रॉन का आवेश= 1.6×10^{-19} C.**

(1) 1 A **(2) 0.5 A** **(3) 0.92 A** **(4) 0.62 A**

Solution: यहाँ, V = 3 volt; $l = 0.2$ m; $A = 1\ mm^2 = 10^{-6}\ m^2$; $n = 8.5 \times 10^{28}\ m^{-3}$; $\mu = 4.5 \times 10^{-6}\ m^2V^{-1}s^{-1}$

और $e = 1.6 \times 10^{-19}$C

चालक के सिरो पर स्थापित विद्युत क्षेत्र

$E = \frac{V}{\ell} = \frac{3}{0.2} = 15\ Vm^{-1}$

अब चालक तार से प्रवाहित धारा का मान

$I = n A \mu E e = 8.5 \times 10^{28} \times 10^{-6} \times 4.5 \times 10^{-6} \times 15 \times 1.6 \times 10^{-19} = 0.92$ A

Example: 9 **एक युक्ति से एक तार को इस तरह खिंचा जाता है कि उसकी लम्बाई दुगुनी हो जाती है। इसका प्रतिरोध क्या होगा ?**

(1) चार गुणा हो जाता है। (2) समान रहता है।

(3) एक चौथाई हो जाता है। **(4) दो गुणा हो जाता है।**

Solution: $R = \rho\frac{l}{A} = \rho\frac{l^2}{Al}$ अतः आयतन (=V=Al) नियत रहेगा $R \propto l^2$

जैसे ही लम्बाई को दुगुना किया जायेगा प्रतिरोध 4 गुना हो जायेगा।

Example: 10 **10^{-3} cm^2 अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल तथा 50 cm लम्बे तार में विभवान्तर 2 V हैं, यदि तार में प्रवाहित धारा 0.25 ऐम्पियर हो, तो ज्ञात करो -**

(i) तार में वैद्युत क्षेत्र की तीव्रता

(1) $\frac{1}{3}$ V/m **(2) $\frac{1}{4}$ V/m** **(3) 3 V/m** **(4) 4 V/m**

(ii) धारा घनत्व

(1) 2.5×10^6 A/m^2 **(2) 2×10^6 A/m^2** **(3) 2×10^5 A/m^2** **(4) 2.5×10^{-6} A/m^2**

(iii) धातु की चालकता

(1) 5.25×10^5 mho/m **(2) 6.2×10^5 mho/m** **(3) 6×10^5 mho/m** **(4) 6.25×10^5 mho/m**

Solution: (i) $E = V/d = 2V/50cm = \frac{2\,V}{0.5\ m} = 4$ V/m

(ii) $J = i/A = 0.25\ A/10^{-3}\times10^{-4}\ m^2 = 2.5 \times 10^6\ A/m^2$

(iii) $\sigma = J/E = (2.5 \times 10^6\ A/m^2)/(4V/m) = 6.25 \times 10^5$ mho/m

Example: 11 **एक टंगस्टन तन्तु का प्रतिरोध 150ºC पर 133 Ω हैं। तो इसका 500° C पर प्रतिरोध कितना होगा ? (टंगस्टन के प्रतिरोध का तापमान गुणांक 0.0045 प्रति °C हैं।)**

(1) 257 Ω **(2) 79 Ω** **(3) 50 Ω** **(4) कोई नहीं**

Solution: यदि तार का 0°C पर प्रतिरोध R_0 और t°C पर प्रतिरोध R_t हैं, तो

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \text{ या } R_0 = \frac{R_1}{1+\alpha t}$$

जहाँ α = प्रतिरोध ताप गुणांक हैं।

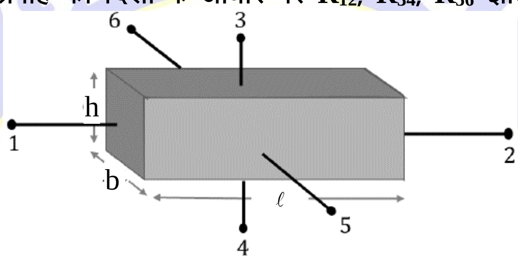
दिया गया हैं 150ºC पर तन्तु का प्रतिरोध 133 Ω हैं, तो 0° C पर प्रतिरोध होगा।

$$R_0 = \frac{133}{1+(0.0045)\times150} = 79.0\ \Omega$$

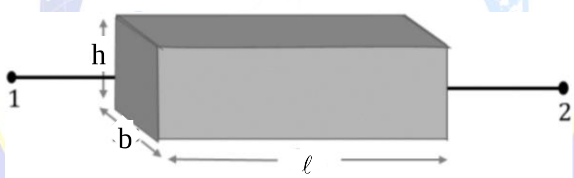
अब 500° C पर तन्तु का प्रतिरोध

$$R_{500} = R_0\,(1 + \alpha\, t_{500}) = 79.0\,[1 + (0.0045) \times 500] = 257\ \Omega$$

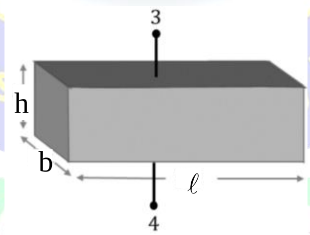
Example: 12 **विभिन्न पथों से धारा प्रवाह की दिशा के आधार पर R_{12}, R_{34}, R_{56} ज्ञात करें।**



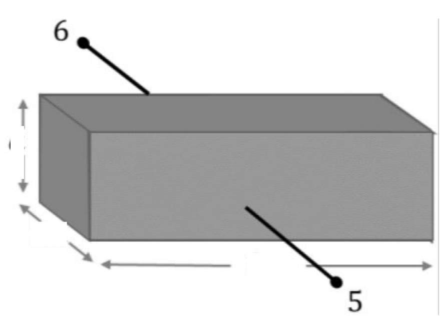
Solution:



$$R_{12} = \frac{\rho\ell}{A} = \frac{\rho\ell}{bh}$$



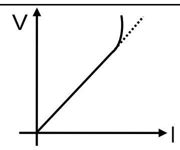
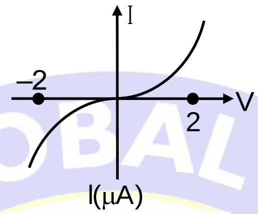
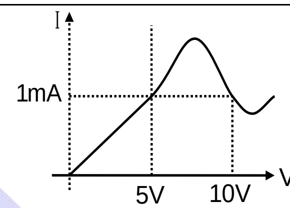
$$R_{34} = \frac{\rho\ell}{A} = \frac{\rho h}{\ell b}$$



$$R_{56} = \frac{\rho \ell}{A} = \frac{\rho b}{\ell h}$$

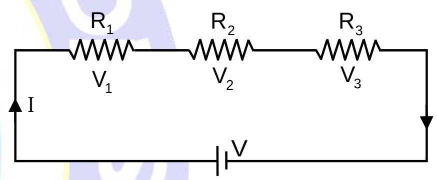
8. Ω के नियम की कमियाँ(LIMITATIONS OF Ω'S LAW) :

कुछ निश्चित पदार्थो एवं विद्युत परिपथो में उपयोगी उपकरणों के लिए V और I का अनुपात नियत नही होता है।

(i) अच्छे चालक के लिए V, I के आनुपातिक होता है।	(ii) अर्द्धचालको में V की दिशा बदलने पर समान विभवान्तर के लिए धारा का मान विभिन्न आता है।	(iii) समान धारा के लिए विभव का मान विभिन्न है।
		

9. प्रतिरोधों का संयोजन(Combination of Resistors) :

9.1 श्रेणी संयोजन(Series combination) :



प्रत्येक प्रतिरोध में धारा समान होती हैं।

प्रतिरोधों के सिरों पर विभवान्तर इनके मान के अनुसार अलग–अलग होते हैं।

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

प्रतिरोधो के बीच विभवान्तरों का योग परिपथ में प्रयुक्त विभवान्तर के बराबर होता हैं।

$V = V_1 + V_2 + V_3$ $V = IR_1 + IR_2 + IR_3$

$V / I = \boxed{R = R_1 + R_2 + R_3}$ जहाँ, R = तुल्य प्रतिरोध

विभव विभाजन नियम (VDR) :–

श्रेणी क्रम संयोजन में परिपथ का विभवपात प्रतिरोध के अनुपात में विभाजित होता है।

अर्थात् $V_1 : V_2 : V_3 = R_1 : R_2 : R_3$

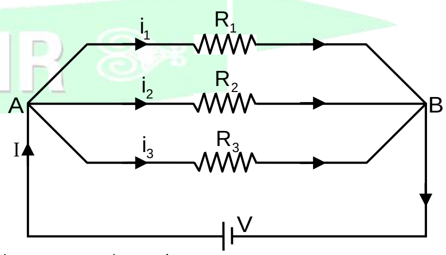
तथा $V_1 + V_2 + V_3 = V$ (∵ श्रेणी में i समान होती है ∴ $V \propto R$)

अतः $V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2 + R_3} V \Rightarrow V_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2 + R_3} V$ & $V_3 = \frac{R_3}{R_1 + R_2 + R_3} V$

9.2 समान्तर क्रम संयोजन :

"प्रतिरोध समान्तर क्रम मे होंगे यदि उन पर विभव पात समान हो।''

प्रत्येक प्रतिरोध में धारा इसके प्रतिरोध के व्युत्क्रमानुपाती होती हैं। $i_1 = \frac{V}{R_1}$, $i_2 = \frac{V}{R_2}$, $i_3 = \frac{V}{R_3}$



परिपथ में प्रवाहित कुल धारा प्रतिरोधो में प्रवाहित धाराओं के योग के बराबर होती हैं।

$I = i_1 + i_2 + i_3$ $\Rightarrow I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$

$\frac{I}{V} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ $\Rightarrow \boxed{\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$

जहाँ R = तुल्य प्रतिरोध

धारा विभाजन नियम (CDR):

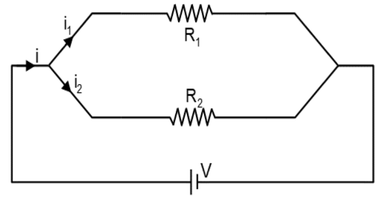
∴ समांतर क्रम में विभव समान होता है। अतः $I \propto \frac{1}{R}$

$$I_1 : I_2 : I_3 = \frac{1}{R_1} : \frac{1}{R_2} : \frac{1}{R_3}$$

DETECTIVE MIND

- प्रत्येक प्रतिरोध पर विभव पात समान होगा।
  - (i) समान्तर क्रम में तुल्य प्रतिरोध सबसे कम प्रतिरोध के मान से भी कम होता हैं।
  - (ii) दो प्रतिरोधो के समान्तर संयोजन के लिए

$$I = i_1 + i_2 = \frac{V(R_1 + R_2)}{R_1R_2}$$



यदि N समरूप प्रतिरोध (प्रत्येक R) को जोड़ा जाये

(a) श्रेणीक्रम में इनका तुल्य प्रतिरोध nR होगा अर्थात् $R_s = nR$

(bसमान्तर क्रम में इनका तुल्य प्रतिरोध R/n होगा अर्थात् R_p =

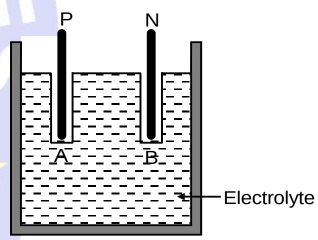
(c) $\frac{R_s}{R_p} = n^2$

10. सेल : विद्युत वाहक बल, आंतरिक प्रतिरोध और टर्मिनल वोल्टता (CELL : EMF, INTERNAL RESISTANCE & TERMINAL VOLTAGE) :

10.1 सेल और बैटरी(Cell & Battery) :

एक विद्युत अपघट्य सेंल मे दो इलेक्ट्रॉड होते है जिन्हे एनोड (+) और केथोड (–) कहते है। दोनो को विद्युत अपघट्य विलयन में डूबोया जाता है, जैसा कि चित्र में दर्शाया है। इलेक्ट्रॉड विलयन के साथ आवेश आदान प्रदान करते है।

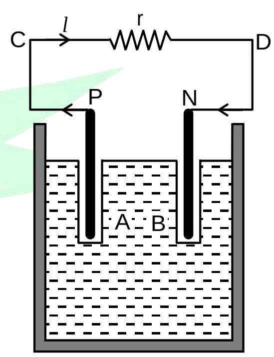
- बैटरी को कई सेलो का संयोजन माना जा सकता है।

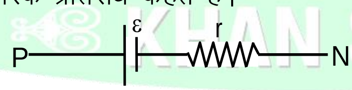


एक से अधिक सेलो के सयोंजन को बेटरी माना जाता है।

जब कोई धारा प्रवाहित न हो, इलेक्ट्रॉलाइट समान विभव पर रहता है। अतः P और N के बीच विभवान्तर को विद्युत वाहक बल से जाना जाता है। इसेεसे व्यक्त करते है।

वि. वा. बल एक विभवान्तर है बल नही। जब सेल से एक R प्रतिरोध को जोडा जाता है, जैसा कि चित्र में दर्शाया जाता है। एक धाराI, C से D को प्रवाहित होती है। एक नियत धारा प्रतिरोध से होती हुई P से N की ओर बहती है। और इलेक्ट्रोलाइट से होती हुई N से P में प्रवाहित होती है। इलेक्ट्रोलाइट जिसमें से धारा गुजरती है उसका एक निश्चित प्रतिरोध r होता है जिसे सैल का आन्तरिक प्रतिरोध कहते है।





10.2 सेल के प्राचल (Parameter of cell) :

(a) विद्युत वाहक बल Electro Motive Force (EMF):

सेल के सिरों के मध्य का विभवान्तर उसके विद्युत वाहक बल (EMF) के बराबर होता हैं। जबकि सेल से कोई धारा ली या दी नहीं जा रही हैं।

सेल के प्रति एकांक आवेश के लिए उपलब्ध कुल ऊर्जा भी सेल EMF के बराबर होती हैं।

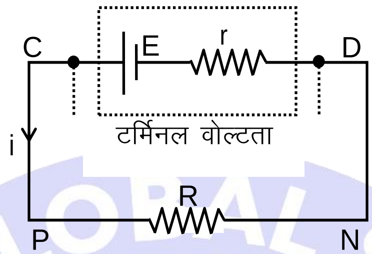
विद्युत वाहक बल के स्त्रोत द्वारा ईकाई आवेश पर किया गया कार्य, स्त्रोत का विद्युत वाहक बल कहलाता हैं।

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

- विद्युत वाहक बल की निर्भरता:
  (i) वैद्युत अपघटय की प्रकृति पर (ii) इलेक्ट्रॉड़ की धातु पर
- विद्युत वाहक बल निर्भर नहीं करता है:
  (i) प्लेट के क्षेत्रफल पर (ii) इलेक्ट्रॉड़ के मध्य की दूरी पर
  (iii) वैद्युत अपघट्य की मात्रा पर (iv) सेल के आकार पर

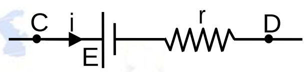
(b) टर्मिनल वोल्टता [Terminal voltage (V)] :

- जब सेल से धारा ली जाये या सेल द्वारा धारा दी जाये तो उसके सिरों पर विभवान्तर को टर्मिनल वोल्टता कहते है।



- जब सेल से i धारा ली जाऐ तो टर्मिनल वोल्टता का मान उसके वि. वा.बल E से कम होता है।
  $V_C - V_D = V = E - i\,r$

- सेल को आवेशित करते समय जब सेल में धारा प्रवाहित होती है, तो टर्मिनल वोल्टता V, वि.वा.बल E से अधिक होती है। अर्थात् $V_C - V_D = V = E + i\,r$



- विद्युत वाहक बल व टर्मिनल वोल्टता दोनों की इकाई वोल्ट होती है

(c) आन्तरिक प्रतिरोध [Internal resistance (r)] :

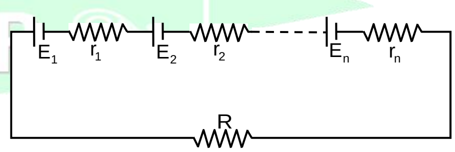
जब सेल से विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो वैद्युत अपघट्य द्वारा सेल में धारा प्रवाह के विरोध को आन्तरिक प्रतिरोध कहते है।

- दो इलेक्ट्रॉड़ो के मध्य की दूरी बढ़ने पर r↑ बढ़ता है।
- वैद्युत अपघट्य में इलेक्ट्रॉड़ के डूबे हुये भाग का क्षेत्रफल बढ़ने पर r↓घटता है।
- वैद्युत अपघट्य की सान्द्रता बढ़ाने पर r↓घटता है।
- ताप बढ़ाने पर r↓घटता है।

10.3 सेलो का संयोजन (Combination of Cell):

(a) श्रेणीक्रम संयोजन (Series Combination) :

जब सेलो को श्रेणीक्रम में जोड़ते है तो कुल विद्युत वाहक बल, श्रेणीक्रम में लगे सभी सेलों के विद्युत वाहक बल के योग के बराबर होता है और सेलों के आन्तरिक प्रतिरोध भी श्रेणीक्रम में होते है।



तुल्य आन्तरिक प्रतिरोध $r = r_1 + r_2 + r_3 + ...$

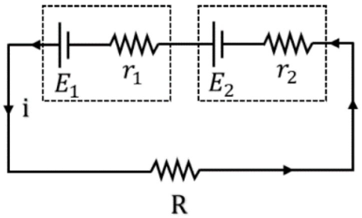
तुल्य विद्युत वाहक बल $E = E_1 + E_2 + E_3 + ...$

धारा $I = \dfrac{E_{कुल}}{r_{कुल} + R}$ यदि सभी n सेल समरुप हो तो $I = \dfrac{nE}{nr + R}$

- यदि $nr >> R$, $I = \dfrac{E}{r}$ = केवल एक सेल से प्राप्त धारा

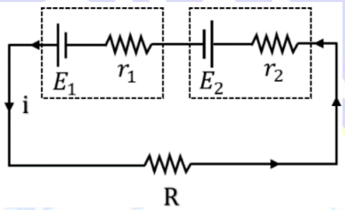
➢ यदि $nr << R, I = \frac{nE}{R}$ = n (केवल एक सेल प्राप्त धारा)

➢ जब दो सेल समान ध्रुवता से जुडे होते हैं



$E_{net} = E_1 + E_2$ और $r_{net} = r_1 + r_2$

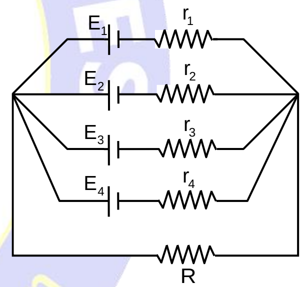
➢ जब दो सेल विपरित ध्रुवता से जुडे होते हैं



$E_{net} = E_1 – E_2$ और $r_{net} = r_1 + r_2$

(b) समान्तर क्रम संयोजन (Parallel Combination) :

जब सेलों का संयोजन समान्तर क्रम में हो तो समान्तर क्रम का कुल विद्युत वाहक बल, एक सेल के वि.वा. बल $E_{कुल}$ के बराबर होता है और सेलों के आन्तरिक प्रतिरोध $r_{कुल}$ भी समान्तर क्रम में होते हैं।



➢ $E_{net} = \dfrac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2} + ...}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + ...}$

➢ आंतरिक प्रतिरोध $\frac{1}{r_{net}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + ...$

यदि m समरुप सेल समान्तर क्रम में जुड़े है

तो संयोजन का कुल आन्तरिक प्रतिरोध $r_{कुल} = r/m$

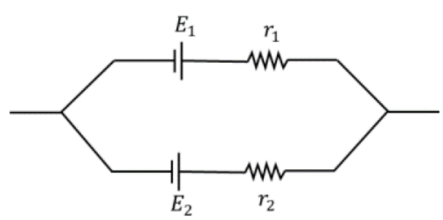
संयोजन का कुल वि. वा. बल $E_T = E$

∴ परिपथ में धारा $I = \dfrac{E_r}{R + \frac{r}{m}} = \dfrac{E}{R + \frac{r}{m}} = \dfrac{mE}{mR + r}$

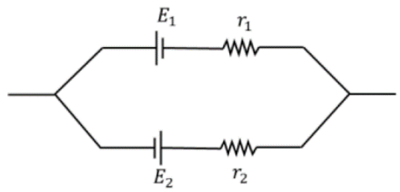
- यदि $r << mR; I = \frac{E}{R}$ = एक सेल से प्राप्त धारा
- यदि $r >> mR; I = \frac{mE}{r}$ = m (एक सेल से प्राप्त धारा)

➢ जब दो सेल समान ध्रुवता से जुडे होते हैं

$$E_{net} = \dfrac{\frac{E_1}{r_1} + \frac{E_2}{r_2}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} \text{ और } \frac{1}{r_{net}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$



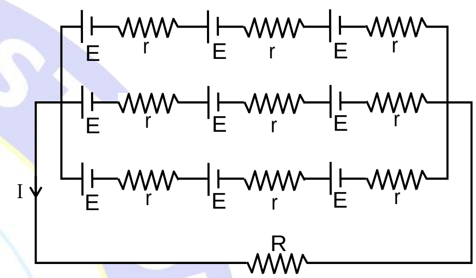
➢ जब दो सेल विपरित ध्रुवता से जुडे होते हैं



$$E_{net} = \frac{\frac{E_1}{r_1} - \frac{E_2}{r_2}}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}} \text{ और } \frac{1}{r_{net}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2}$$

(c) संयुक्त या मिश्रित संयोजन(Mixed combination):

एक शाखा में श्रेणीक्रम में n सेल तथा ऐसी कुल m शाखाएँ है तो इस परिपथ में कुल समरुप सेलों की संख्या nm है।



अतः एक पंक्ति में सेलों का आन्तरिक प्रतिरोध = nr

इस प्रकार m पंक्तियाँ है,

$r_{net} = \frac{nr}{m}$ ($\because$ यहाँ इस प्रकार की m पंक्तिया हैं।)

परिपथ का कुल वि.वा.बल पंक्ति में जुड़े सेलों का कुल वि.वा.बल अर्थात् E_T या $E_{net} = nE$

$$I = \frac{E_{net}}{R + r_{net}} = \frac{nE}{R + \frac{nr}{m}} = \frac{mnE}{mR + nr}$$

जब परपिथ में बाह्य प्रतिरोध सेलों के कुल आन्तरिक प्रतिरोध के समान हो ; $R = nr / m$ तो परिपथ में अधिकतम धारा प्रवाहित होती है।

11. किरचॉफ का नियम(KIRCHOFF'S RULE):

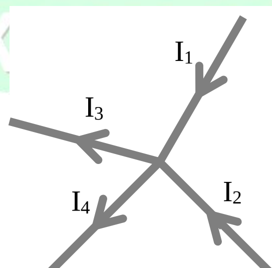
किरचॉफ ने जटिल विद्युत परिपथों के लिए 1842 में दो नियम दिए। जो निम्नलिखित हैं

11.1 प्रथम नियम (First law) :

किसी विद्युत परिपथ में, किसी संधि पर मिलने वाली समस्त धाराओं की बीजगणितीय योग शून्य होता हैं।

$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 0$

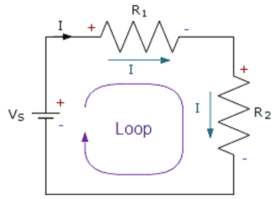
➢ यह नियम आवेश के संरक्षण पर आधारित है। जब किसी परिपथ में स्थायी धारा प्रवाहित होती हैं, तो किसी भी संधि पर न तो आवेश का संचय होता हैं न ही उस स्थान से आवेश हटाया जाता हैं।



$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$

11.2 द्वितीय नियम(Second law) :

एक 'बंद' परिपथ में विभवान्तर का बीजगणितीय योग शून्य है।



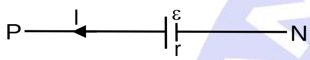
- यह नियम ऊर्जा के संरक्षण के नियम पर आधारित है।
- इस नियम का प्रयोग करने पर, जब धारा की दिशा में चलते हैं तो धारा तथा संगत प्रतिरोध का गुणनफल, धनात्मक रूप में लिया जाता है तथा emf धनात्मक लिया जाता है, जब विद्युत अपघटय के द्वारा सेल के ऋणात्मक से धनात्मक इलेक्ट्रॉड की ओर जाते हैं।

11.3 चिन्ह परिपाटी (Sign Conventions):

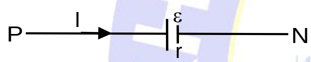
-

  यदि A से B की ओर R प्रतिरोध से धारा प्रवाहित होती है। तब AB पर विभवान्तर $V_A - V_B = IR$ (Iको धनात्मक माना जायेगा).

  इसी तरह BA विभवान्तर $V_B - V_A = -IR$ (Iको ऋणात्मक माना जायेगा)

  इसी प्रकार BA पर विभवान्तर $V_B - V_A = -IR$ [I का मान ऋणात्मक प्राप्त होता हैं।].
- 

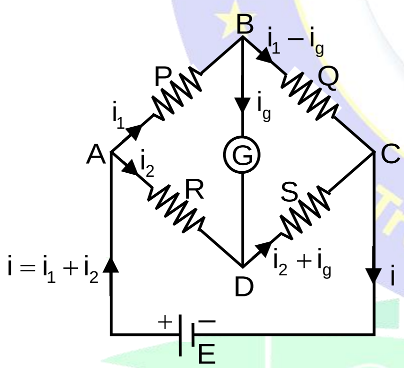
  तब, सेल का विभवान्तर $V = V_P - V_N = \varepsilon - Ir$
- यदि P से N की ओर धारा प्रवाहित हो

  तब $V = V_P - V_N = \varepsilon + Ir$

12. व्हीट स्टोन सेतु (WHEAT STONE BRIDGE):

- प्रतिरोधो की चित्रनुसार व्यवस्था व्हीटस्टोन सेतु कहलाती हैं।



- यदि $i_g = 0$ अर्थात् प्रतिरोध को इस प्रकार समायोजित किया जाए कि धारामापी में विक्षेप शून्य हो, तो सेतु संतुलित कहलाता हैं।
- यदि धारामापी में विक्षेप शून्य हैं,

  तो $i_g = 0$ (i) $V_D = V_B$ (ii) $= \frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$
- परिपथ का तुल्य प्रतिरोध (संतुलन की स्थिति में) = $\frac{(P+Q)(R+S)}{P+Q+R+S}$
- यदि $\frac{P}{Q} < \frac{R}{S}$ तो $V_B > V_D$ एवं धारा B से D तक बहेगी।
- यदि $\frac{P}{Q} > \frac{R}{S}$, तो $V_B < V_D$ एवं धारा D से B की ओर बहेगी।

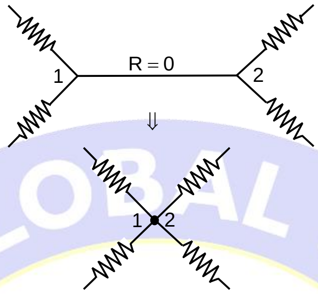
KHAN GLOBAL STUDIES Trusted Learning Platform KHAN SIR

- इसके सिद्धांत पर मीटर ब्रिज एवं पोस्ट ऑफिस बॉक्स कार्य करते हैं।

13. समविभव बिन्दु(Shorting / Equipotential Points) :

समविभव बिन्दु (Equipotential Points) :

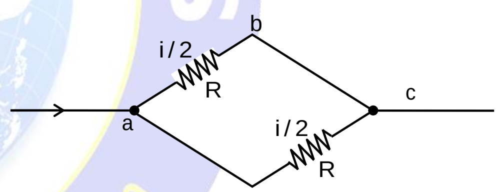
एक धारावाही विद्युत परिपथ में, दो बिन्दुओ को समविभव कहते है यदि वे समान विभव पर हो। बिन्दु 1 व 2 के बीच विभव $V_1 = V_2$, यदि $\Delta V = iR = 0$



- तो हमारे पास दो स्थितियाँ है, यदि $R = 0, \Delta V = 0$ $(i \neq 0)$ और यदि $i = 0$ (R अनन्त है) $\Delta V = 0$। प्रथम स्थिति बताती है कि जब हम किन्ही दो बिन्दुओ को एक आदर्श चालक से जोडते है। उनके बीच विभवान्तर शून्य हो जाता है। यह "लघू परिपथ" कहलाता है।
- दूसरी स्थिति बताती है कि यदि हम किन्ही दो बिन्दुओ को एक अशून्य प्रतिरोध द्वारा जोडते है तो प्राप्त होता है कि प्रतिरोध के अनुदिश धारा नही है। हम इन बिन्दुओ को समविभव बिन्दु कह सकते है। समविभव बिंदुओ को प्राप्त करने के बाद दिये परिपथ को सरल करने के लिए उनको एक एकल बिन्दु से जोडते है।

14. विद्युत सममिति (Electric Symmetry):

यदि शाखा ab और ac समान प्रतिरोध और समान धारा रखती है। तब उसके सापेक्ष समान विभव पात होगा। अतः ab और ac शाखाएँ विद्युतीय सममित होती है। इस स्थिति में, बिन्दु b और c समविभव बिन्दु होंगे। तब आप इन बिन्दुओ को जोड सकते है –



15. परिपथ बिन्दु को भूसम्पर्कित(Earthing of a circuit point):

यदि परिपथ में किसी संधि बिन्दु (Node) को भूसम्पर्कित किया जाता है तब उस संधि नोड का विभव शून्य हो जाता है। अर्थात् समान संधि बिन्दु सापेक्ष विभव बन जाता है।

16. वैद्युत ऊर्जा एवं शक्ति (ELECTRICAL ENERGY & POWER):

16.1 वैद्युत ऊर्जा (Electric energy) :

जब किसी प्रतिरोध के सिरो को बैटरी से जोड़ते हैं, तो तार में मुक्त इलेक्ट्रॉन अपवहन वेग से चलने लगते हैं तथा तार में वैद्युत धारा बहने लगती हैं। ये इलेक्ट्रॉन तार के धन आयनों से टकराते हैं तथा इससे इनकी उर्जा क्षय होती हैं। इस प्रकार बैटरी से ली गई उर्जा का क्षय होता हैं। अतः इलेक्ट्रॉनो की गति बनाए रखने के लिए बैटरी से लगातार ऊर्जा ली जाती हैं। यह ऊर्जा मुक्त इलेक्ट्रॉनों द्वारा तार के आयनो को दे दी जाती हैं। इससे आयनो की उष्मीय गति बढ़ जाती हैं। फलस्वरूप तार का ताप बढ़ जाता हैं। इस प्रकार बैटरी से ली गई ऊर्जा, उष्मा के रूप में बदल जाती हैं। इसे वैद्युत ऊर्जा कहते हैं। इसे जूल/धारा का ऊष्मीय प्रभाव कहते हैं।

R = तार का प्रतिरोध

I = तार में प्रवाहित धारा

V = सिरो पर विभवान्तर

'dt' समय में तार से प्रवाहित आवेश $dq = Idt$ इसे तार में क्षय ऊर्जा $dW = Vdq = VIdt$

$\because$ $V = IR$

$\therefore$ यह ऊर्जा क्षय तार में उत्पन्न उष्मा के मान के बराबर या बैटरी द्वारा किये गये कार्य के बराबर होती है।

यदि तार में ऊर्जा क्षय को कैलोरी में लिखना हो, तो

$$dW = \frac{dW}{4.2} \text{ cal}$$

जब dW ऊर्जा (जूल में) है।

16.2 वैद्युत शक्ति (Electrical power) :

विद्युत परिपथ मे ऊर्जा कि ह्रास कि दर को विद्युत शक्ति कहते है इसे P से प्रदर्षित करते है।

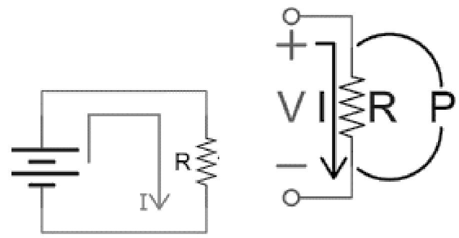
$$P = \frac{dw}{dt} = I^2R = IV = \frac{v^2}{R}$$

शक्ति = जूल / सैकण्ड, वॉट, अश्वशक्ति

1 वॉट = 1 जूल / सैकण्ड, 1 अश्वशक्ति = 746 वॉट

वैद्युत ऊर्जा के मात्रक = वॉट सैकण्ड, किलोवॉट घंटा

1 किलोवॉट घंटा (kwh) = 36 x 10^5 जूल



16.3 संचार तारो में शक्ति हास (हानि)(Power loss in transmission lines) :

माना कि एक युक्ति का प्रतिरोध R है जो V वोल्टता पर कार्यरत् है, उसमें I धारा प्रवाहित है, तब युक्ति की शक्ति P = VI। यदि पॉवर स्टेशन से जुडे हुए तारो का प्रतिरोध R_C है तो

$$P_C = I^2R_C = \frac{P^2R_c}{V^2}$$

इसलिए P शक्ति के एक युक्ति को चलाने के लिए, संयोजन तारो की शक्ति हानि $P_C \propto \frac{1}{V^2} \propto R_C$

जैसे पॉवर स्टेशन से दूरी बहुत अधिक है, R_C अधिक होता है। अतः P_C को कम करने के लिए, ये तार बहुत अधिक मान की वोल्टता पर धारा ले जाते है। और यही कारण होता है कि संचार लाइनो पर खतरे का चिन्ह अंकित होते है। इन्ही वोल्टताओ को एक सयंत्र की सहायता से कम करके उपयोगी मान तक लाया जाता है जिसे हम ट्रॅासफार्मर कहते है।

DETECTIVE MIND

1. **फ्यूज तार (Fuse Wire) :** परिपथ में इस तार का उपयोग परिपथ में बहने वाली अधिक धारा को नियंत्रित करने मे किया जाता है। यह एक पतला और अधिक प्रतिरोध वाला तार होता है। निम्न गलनांक बिन्दु वाले पदार्थो से बनाया जाता है। धारा क्षमता $I \propto r^{3/2}$, $I \propto \ell^0$
2. घरेलु परिपथ समान्तर क्रम में जुडे होते है। अतः प्रत्येक बल्ब पर वोल्टता नियत होती है।

17. विद्युत उपकरणो के संयोजन(CONNECTION OF ELECTRICAL APPLIANCES) :

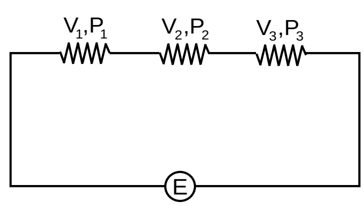
17.1 रेटिंग(Rating) :

यदि किसी वैद्युत उपकरण पर 220V व 40W लिखा हो, तो यह उसकी मानक रेटिंग (Standard Ratings) कहलाती हैं। इसका तात्पर्य यह होता हैं, कि इस विद्युत उपकरण का प्रतिरोध इस प्रकार से लिया जाए की इसे 220V पर प्रयुक्त करने से 40W की शक्ति उत्पन्न होती हैं। अतः इसका प्रतिरोध

$$R = \frac{V^2}{P} = \frac{(220)^2}{40} \Omega$$

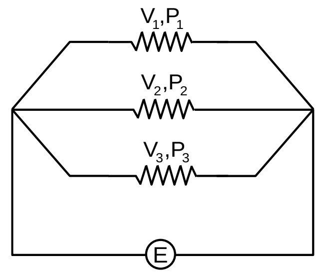
17.2 श्रेणी क्रम संयोजन :–

➢ यदि व्ययित कुल शक्ति P हो, तो



$$\frac{1}{P} = \frac{1}{P_1} + \frac{1}{P_2} + \frac{1}{P_3},$$

➢ बल्बों के श्रेणी क्रम में कम से कम शक्ति वाला बल्ब सबसे अधिक तथा सबसे अधिक शक्ति वाला बल्ब सबसे कम चमकता हैं।



17.3 समान्तर क्रम संयोजन :–

➢ संयोजन में व्ययित शक्ति $P = P_1 + P_2 + P_3$

➢ समान्तर क्रम में जिस बल्ब की शक्ति कम होती हैं, वह कम चमकता हैं या जिस बल्ब में अधिकतम धारा प्रवाहित होती है, वह ज्यादा चमकेगा।

नोट (Note) :

(1) उपरोक्त संयोजन के सूत्र केवल तभी लागू होगें जब सभी वैद्युत उपकरणों की voltage ratings समान हो एवं प्रयुक्त स्त्रोत की Voltage Rating भी उपकरणों की Voltage Rating के बराबर हो। अगर Voltage Raitng अलग–अलग हो, तो उपकरणों के तुल्य प्रतिरोधों का परिपथ बनाकर उसे हल करेंगें।

(2) उपकरणों को उनके तुल्य प्रतिरोध से विस्थापित किजिए। यदि उपकरण की Standard Rating (V,P) हो तो उसका तुल्य प्रतिरोध $R = V^2/P$

(3) किरचॉफ के द्वितीय नियम के उपयोग से भिन्न शाखाओं में धारा व वोल्टता ज्ञात कीजिऐ।

(4) संयोजन में व्यतित उर्जा उसके तुल्य प्रतिरोध में व्यतित उर्जा के बराबर होती हैं। यदि किसी बल्ब की Rating (V_1, P_1) से बदलकर (V_2, P_2) कर दी जाए तो

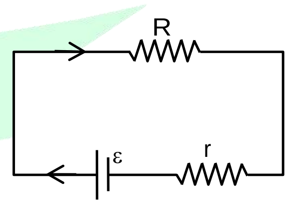
$$\frac{V_1^2}{P_1} = \frac{V_2^2}{P_2} = R \text{ या } P_2 = \frac{V_2^2}{V_1^2} P_1$$

DETECTIVE MIND

- दो समरूप हीटर कुडलियाँ कुल H_sऊष्मा देती है जब उन्हे श्रेणी क्रम में जोडते है और जब उन्हे समान्तर क्रम मे जोडते है तब कुल ऊष्मा H_pहोती है। तब $H_p/H_s = 4$ (इसमें, ऐसा माना है कि आपूर्ति वोल्टता समान है)
- यदि एक हीटर m kg पानी को T_1समय में उबालता है और दूसरे हीटर उतने ही पानी को T_2समय में उबालता है। दोनो को श्रेणी क्रम मे जोडने पर समान पानी को उबालने का समय $T_s = T_1 + T_2$और यदि समान्तर क्रम में जोडे तो$T_p = T_1T_2/(T_1 + T_2)$

18. सेल द्वारा शक्ति का वितरण(POWER DISTRIBUTION BY CELL) :

(i) जब 'R' भार प्रतिरोध को E emf और 'r' आंतरिक प्रतिरोध वाली बैटरी से जोडते है तब



➢ भार में धारा$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$

➢ भार को प्रदान की गई शक्ति $P = I^2R = \frac{\varepsilon^2 R}{(R + r)^2}$

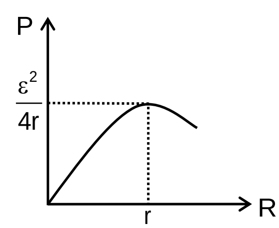
➢ भार को प्रदान की गई शक्ति अधिकतम होगी,

जब $\frac{dP}{dR} = 0$

➢ उपयुक्त समीकरण को हल करने पर R = r

$$P_{max} = \frac{\varepsilon^2 r}{(r + r)^2} = \frac{\varepsilon^2}{4r}$$

➢ P और R के बीच वक्र



(i) जब EMF और आंतरिक प्रतिरोध r कि एक सेल अलग अथवा प्रतिरोध R_1व R_2को भार करने के लिए समान शक्ति प्रदान करती है।

$$P_1 = I_1^2 R_1 = \left(\frac{\varepsilon}{R_1 + r}\right)^2 R_1$$

$$P_2 = I_2^2 R_2 = \left(\frac{\varepsilon}{R_2 + r}\right)^2 R_2$$

स्थिति के अनुसार $P_1 = P_2$

$$\frac{\varepsilon^2}{(R_1 + r)^2} R_1 = \frac{\varepsilon^2}{(R_2 + r)^2} R_2$$

$\Rightarrow R_1(R_2 + r)^2 = R_2(R_1 + r)^2$

$\Rightarrow R_1 R_2^2 + R_1 r^2 + 2R_1 R_2 r = R_2 R_1^2 + R_2 r^2 + 2R_2 R_1 r$

$\Rightarrow R_1 R_2 (R_2 - R_1) = (R_2 - R_1) r^2$

$\Rightarrow r^2 = R_1 R_2$

$\Rightarrow r = \sqrt{R_1 R_2}$

SOLVED EXAMPLES

Example: 13 **R, (R + 1), (R + 2) .... (R + n) Ωके प्रतिरोध श्रेणी क्रम में जोड़े जाते हैं, तो इनका तुल्य प्रतिरोध होगा-**

(1) $(n+1)\left[R + \frac{n}{2}\right]$ **(2)** $(n-1)\left[R - \frac{n}{2}\right]$ **(3)** $n(R + n)$ **(4)** $n(R - n)$

Solution: माना दिये गये प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध R' हैं, तो

$$R' = R + (R + 1) + (R + 2) + \dots\dots (R + n) = \frac{(n+1)}{2}[2R + (n + 1) - 1] = \frac{(n+1)}{2}[2R + n] = (n + 1)\left[R + \frac{n}{2}\right]$$

Example: 14 **दो प्रतिरोधों को श्रेणीक्रम में जोड़ने पर इनका तुल्य प्रतिरोध 40Ωहैं। जबकि समान्तर क्रम में जोड़ने पर 7.5Ω हैं, तो प्रतिरोध होगें -**

(1) $R_1 = 25\Omega, R_2 = 15\Omega$ **(2)** $R_1 = 5\Omega, R_2 = 35\Omega$ **(3)** $R_1 = 30\Omega, R_2 = 10\Omega$ **(4)** $R_1 = 20\Omega, R_2 = 20\Omega$

Solution: श्रेणीक्रम में, $R_1 + R_2 = 40\Omega$ ...(1)

समान्तर क्रम में, $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 7.5\ \Omega$

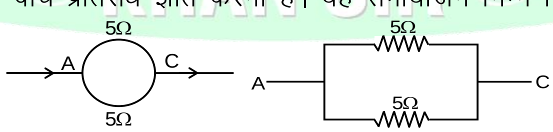
चूंकि, $(R_1 - R_2)^2 = (R_1 + R_2)^2 - 4R_1R_2 = 40^2 - 1200 = 400 \Rightarrow R_1 - R_2 = 20$ ...(2)

समीकरण (1) व (2) से, $R_1 = 30\Omega$ व $R_2 = 10\Omega$

Example: 15 **10Ωप्रतिरोध का एक तार वृत्ताकार रूप में मोड़ा जाता हैं। इसका, व्यास के दो विपरीत बिन्दुओं के बीच प्रतिरोध होगा (Ω में)-**

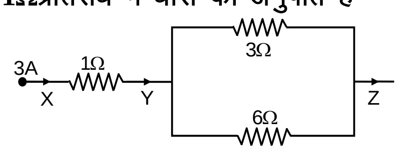
(1) 3.5 **(2)** 5 **(3)** 2.5 **(4)** 1.5

Solution: माना हमें A व C के बीच प्रतिरोध ज्ञात करना हैं। यह समायोजन निम्न चित्रानुसार होगा।



अतः तुल्य प्रतिरोध $= \frac{5 \times 5}{5 + 5}\ \Omega = 2.5\Omega.$

Example: 16 **निम्नलिखित चित्र में 3Ωव 1Ωप्रतिरोध में धारा का अनुपात है –**

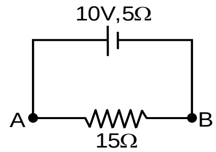


(1) 1/3 **(2)** 2/3 **(3)** 1 **(4)** 2

Solution: 1 Ω प्रतिरोध में 3A धारा है। 3Ωप्रतिरोध में धारा$I_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} I = \frac{6}{3+6} \times 3 = 2A$

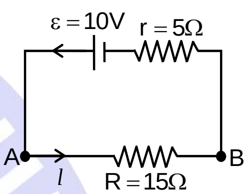
अतः अनुपात 2/3 है।

Example: 17 **एक सेल का वि. वा. ब. 10 V और आंतरिक प्रतिरोध 5Ωहै। इसे 15Ωप्रतिरोध से जोडा जाता है। AB पर विभवान्तर ज्ञात करो।**



(1) 7.5 वोल्ट **(2) 8.5** वोल्ट **(3) 6.5** वोल्ट **(4) 5.5** वोल्ट

Solution: उपयुक्त परिपथ को पुनः बनाया जाए, R से धारा I A से B की ओर है। नेटवर्क एक साधारण श्रेणीक्रम नेटवर्क है।



कुल प्रतिरोध = R + r = (15 + 5) Ω = 20Ω

धारा$I = \frac{\varepsilon}{R + r} = \frac{10V}{20\Omega} = 0.5\ A$

AB पर विभवान्तर

$V_A - V_B = IR = (0.5\ A) \times 15\Omega = 7.5\ V$

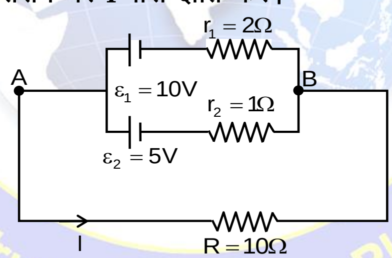
Example: 18 **2 वोल्ट वि. वा. बल और 0.1Ωआंतरिक प्रतिरोध की एक बैटरी को 5A धारा से आवेशित किया जाता है। बैटरी के टर्मिनलो के बीच विभवान्तर क्या होगा ?**

(1) 1.5V **(2) 2.5V** **(3) 3.5V** **(4) 4.5V**

Solution: आंतरिक प्रतिरोध पर विभव पात = 0.1 × 5 = 0.5V

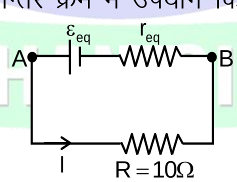
अतः टर्मिनलो पर विभवान्तर होगा = 2 + 0.5 = 2.5V

Example: 19 **चित्रानुसार जाल में 10Ω प्रतिरोध पर I धारा ज्ञात करे।**



(1) $\frac{5}{3}$**A** **(2)** $\frac{3}{5}$**A** **(3)** $\frac{8}{5}$**A** **(4)** $\frac{5}{8}$**A**

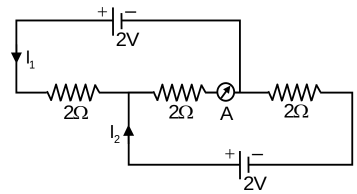
Solution: A और B बिन्दु पर दो सेलो को समान्तर क्रम में उपयोग किया गया। अतः उपयुक्त परिपथ को पुनः बनाया जाए तो



$\varepsilon_{eq} = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 + r_2} = \frac{10 \times 1 + 5 \times 2}{1+2} = \frac{20}{3} V$ $r_{eq} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} = \frac{1 \times 2}{1+2} = \frac{2}{3}\Omega$

R में धारा $I = \frac{\varepsilon_{eq}}{R + r_{eq}} = \frac{\frac{20}{3}}{10 + \frac{2}{3}} = \frac{20}{32} \times A = \frac{5}{8} A$

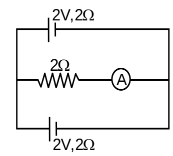
Example: 20 **निम्न चित्र में अमीटर का पाठ्यांक होगा -**



(1) 1 A **(2) 2 A** **(3) 0.67 A** **(4) 1.5 A**

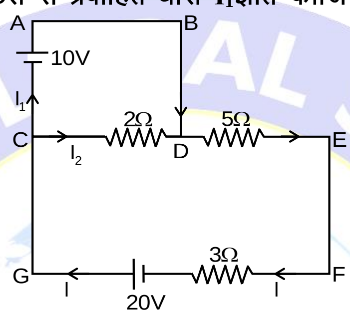
Solution: परिपथ पुनः रचित करने पर

अतः भार में प्रवाहित धारा होगी (सेलो के संमान्तर क्रम के आधार पर)



$$I = \frac{E_r}{R + \frac{r}{m}} = \frac{E}{R + \frac{r}{m}} = \frac{2}{2 + \frac{2}{2}} = 0.67 \text{ Amp}$$

Example: 21 **दिये गये परिपथ में 10 V बैटरी से प्रवाहित धारा I_1 ज्ञात कीजिए।**



(1) $\frac{37}{4}$ **A** **(2)** $\frac{4}{35}$ **A** **(3)** $\frac{35}{4}$ **A** **(4)** $\frac{33}{5}$ **A**

Solution: C से D पर सन्धि नियम लगाने पर

$I = I_1 + I_2$

10 V की बैटरी CD के सिरों से जुड़ी हुई है

$V_D - V_C = 10$ V

$$I_2 = \frac{V_C - V_D}{2\Omega} = \frac{-10V}{2\Omega} = -5A$$

(ऋणात्मक चिन्ह दर्शाता है कि धारा I_2 सिरे D से C की ओर है)

CDEFGC पर लूप नियम लगाने पर

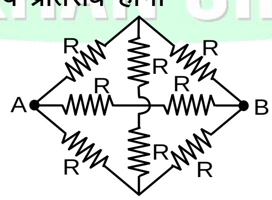
$2I_2 + 5I + 3I - 20 = 0 \Rightarrow 2(-5) + 8I - 20 = 0$

$$\Rightarrow -10 + 8I - 20 = 0 \Rightarrow I = \frac{30}{8} = \frac{15}{4} \text{ A}$$

समीकरण (i) से

$$I_1 = I - I_2 = \frac{15}{4} \text{ A} - (-5A) = \left(\frac{15}{4} + 5\right) \text{ A} = \frac{35}{4} \text{ A}$$

Example: 22 **निम्न चित्र में A व B के बीच तुल्य प्रतिरोध होगा -**



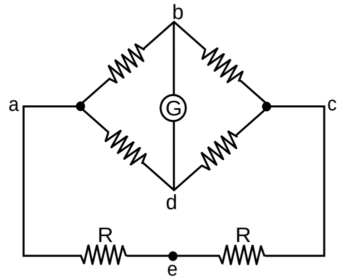
(1) 2R/3 **(2) R/3** **(3) R** **(4) 3R**

Solution: दिये गये परिपथ को निम्न रूप में दर्शाया जा सकता हैं। यह abcd के मध्य एक संतुलित व्हीटस्टोन सेतु हैं अतः bd भुजा के बीच जुड़े प्रतिरोध को प्रभावहीन माना जा सकता हैं। abc, adc, aec के बीच जुड़े प्रतिरोध समान्तर क्रम में हैं,

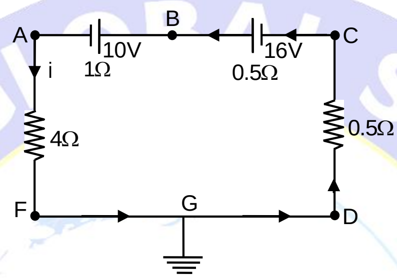
अतः इनका तुल्य प्रतिरोध

KHAN GLOBAL STUDIES Most Trusted Learning Platform KHAN SIR

i.e. $\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} + \frac{1}{2R} = \frac{3}{2R} \Rightarrow R_{eq} = \frac{2}{3}R$



Example: 23 **चित्र से गणना कीजिए –**



(i) A पर विभव

(1) 4 volt **(2) 5 volt** **(3) 6 volt** **(4) 7 volt**

(ii) C पर विभव और

(1) 0.5 volt **(2) 0.2 volt** **(3) –0.5 volt** **(4) –0.3 volt**

(iii) 10V बैटरी पर जुडे वोल्टमीटर का पाठयांक

(1) 14 volt **(2) 12 volt** **(3) 13 volt** **(4) 11 volt**

Solution: लूप CBAFGDC को मानते हुए, परिपथ में धारा –

$$I = \frac{E_2 - E_1}{r_1 + r_2 + R_1 + R_2} = \frac{16-10}{1+0.5+4+0.5} = 1A$$

(i) $V_A - V_F = IR = 4$ volt

क्योकि $V_F = 0$(भूसम्पर्कित), अत: $V_A = 4$ volt

(ii) $V_D - V_C = 1 \times 0.5 = 0.5$ volt

$\therefore$ $V_D = 0$ (भूसम्पर्कित), अत: $V_C = -0.5$ volt

(iii) 10V बैटरी को आवेशित किया गया है। अत:

$V = E + Ir = 10 + 1 \times 1 = 11$ volt

Example: 24 **100 वॉट के एक बल्ब जो 200 V पर चालु है, के तंतु तार से प्रति सेकण्ड गति करने वाले इलेक्ट्रॉनो की संख्या ज्ञात करे। इलेक्ट्रॉन e पर आवेश = 1.6×10^{-19} C**

(1) 3.125×10^{20} **(2) 3.4×10^{18}** **(3) 3.125×10^{18}** **(4) 3×10^{18}**

Solution: यहॉं, इलेक्ट्रॉन पर आवेश $e = 1.6 \times 10^{-19}$C

लेम्प की शक्ति P = 100 W

संचालन वोल्टता V = 200 volt

अब $P = VI$

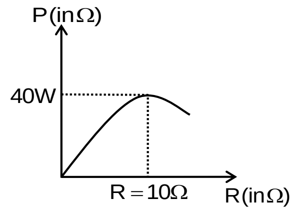
$\therefore$ $I = \frac{P}{V} = \frac{100}{200} = 0.5$ A

1s में लेम्प से गुजरने वाली धारा,

$q = I \times t = 0.5 \times 1 = 0.5$ C

अतः प्रति सेकण्ड से तंतु तार में गति करने वाले इलेक्ट्रॉन की संख्या $n = \frac{q}{e} = \frac{0.5}{1.6 \times 10^{-19}} = 3.125 \times 10^{18}$

Example: 25 **परिवर्ती भार को प्रदान की गई शक्ति चित्रनुसार भार प्रतिरोध के साथ परिवर्तित होती है। इसका विद्युत वाहक बल तथा आंतरिक प्रतिरोध ज्ञात करो।**



(1) 10 V, 40 Ω **(2) 40 V, 10 Ω** **(3) 40 V, 5 Ω** **(4) 30 V, 5 Ω**

Solution: अधिकतम शक्ति प्रदान करने के लिए

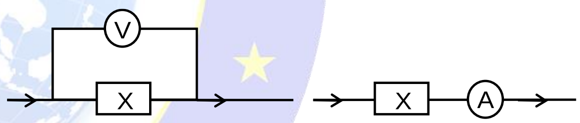
$r = R = 10\Omega$

$P_{max} = 40W = \frac{\varepsilon^2}{4r} \Rightarrow \varepsilon = 40\ V$

मापक युक्तियाँ (MEASURING DEVICES):

19. धारा तथा विभव मापन(CURRENT & VOLTAGE MEASUREMENT) :

D.C. परिपथ में, हम वि. वा. बल, विभव, धारा तथा प्रतिरोध की बात करते है। हम अज्ञात प्रतिरोध को Ω के नियम का उपयोग करते हुए $R = \frac{V}{I}$ द्वारा ज्ञात करते है। परिपथ के किसी अवयव पर विभव को 'वोल्टमीटर' की सहायता से मापा जा सकता है तथा किसी शाखा पर धारा को अमीटर की सहायता से मापा जा सकता है। सेल के विद्युत वाहक बल को विभव मापी की सहायता से मापा जा सकता है। सामान्यतः किसी परिपथ अवयव X पर विभव तथा धारा को वोल्टमीटर तथा अमीटर के द्वारा संयोजन के दो संभव तरीको से ज्ञात किया जा सकता है। गैल्वेनोमीटर को धारा तथा विभव दोनो के मापने में उपयोग में लिया जाता है। गैल्वेनोमीटर को उपयुक्त प्रतिरोध के साथ संयोजित करके अमीटर तथा वोल्टमीटर की तरह उपयोग में लिया जा सकता हैं।

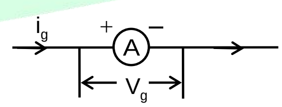


19.1 गेल्वेनोमीटर (GALVANOMETER) :

यह युक्ति चुम्बकीय बल के द्वारा धारा को मापता है जिसे हम अगले पाठ में समझेंगे। अधिकतम धारा जो गैल्वेनोमीटर से मापी जा सकती है वह है i_g (पूर्ण पैमाना विक्षेप) तथा गैल्वेनोमीटर पर संबंधित विक्षेप V_gहै, तो $\frac{V_g}{i_g}$ = गैल्वेनोमीटर प्रतिरोध = G। गतिमान कुण्डली गैल्वेनोमीटर में विक्षेप θ इसके प्रवाहित होने वाली धारा i के अनुक्रमानुपाती है।

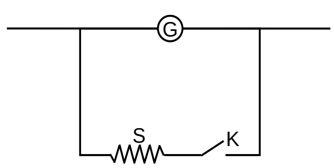
$i \propto \theta$; या $i = k\theta$; (k गेल्वेनोमीटर नियतांक है),

जहाँ $\frac{\theta}{i} = \frac{1}{k}$ सुग्राहिता कहलाती है जिसे धारा प्रति इकाई विक्षेप से समझा जाता है।



(A) शन्ट(SHUNT) :

गेल्वेनोमीटर में धारा नियन्त्रण हेतु, इसके समान्तर क्रम में एक अल्प प्रतिरोध का तार जोड़ा जाता हैं, जिसे शन्ट कहते हैं।.



(B) शन्ट के लाभ

• गेल्वेनोमीटर कुण्डली को जलने से बचाना

- इससे किसी गेल्वेनोमीटर को आवश्यक परास के अमीटर में बदला जा सकता हैं।

(C) शन्ट के दोष

शन्ट का प्रतिरोध गेल्वेनोमीटर की सुग्राहिता को कम कर देता हैं।

19.2 अमीटर (AMMETER) :

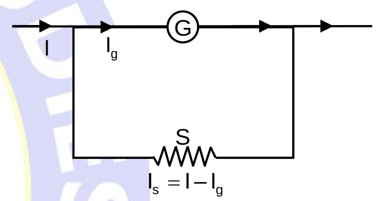
- यह एक शन्ट युक्त गेल्वेनोमीटर होता हैं, जो धारा मापन में प्रयुक्त होता हैं।
- यह सदैव श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता हैं, ताकि सम्पूर्ण धारा इससे गुजर सके।
- सैद्धान्तिक रूप में, जब किसी परिपथ में अमीटर जोड़ा जाता हैं, उस समय परिपथ में धारा परिवर्तित नहीं होनी चाहिए, अतः एक आदर्श अमीटर का प्रतिरोध शून्य होता है।
- व्यावहारिक रूप में चल कुण्डल धारामापी का कुछ प्रतिरोध होता हैं, इसी कारण अमीटर जोड़ने पर परिपथ में धारा का मान परिवर्तित (कम) हो जाता हैं।

19.3 वोल्टमीटर(Voltmeter) :

वोल्टमीटर एक ऐसा यंत्र हैं, जिससे किसी विद्युत परिपथ के सिरों के बीच विभवान्तर मापा जाता हैं, इसे सदैव परिपथ के समान्तर क्रम में जोड़ा जाता हैं।

नोट : अमीटर को श्रेणी क्रम, में जबकि वोल्टमीटर को समान्तर क्रम में जोड़ा जाता हैं।

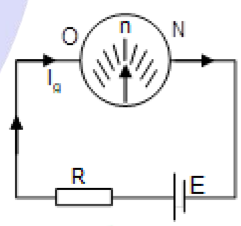
19.4 गेल्वेनोमीटर का अमीटर में रूपान्तर (Conversion of galvanometer into ammeter) :



- गेल्वेनोमीटर के समान्तर क्रम में शन्ट प्रतिरोध जोड़ने पर यह अमीटर की भांति कार्य करने लगता हैं।
- चित्र से

$I_g G = (I - I_g)S$ या $S = \dfrac{I_g G}{I - I_g}$

- उच्च परास के अमीटर हेतु शन्ट का प्रतिरोध का मान न्यून होना चाहिए।
- माना गेल्वेनोमीटर में I_g धारा बहने पर n विक्षेप (खानो में) होता है। माना गेल्वेनोमीटर पैमाने पर कुल खानो की संख्या N हैं, तो, $I_g = \dfrac{E}{R+G}\left(\dfrac{N}{n}\right)$

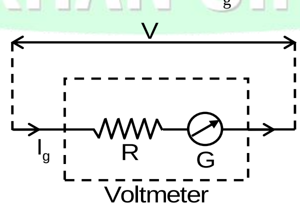


अमीटर का प्रभावी प्रतिरोध $R_A = \dfrac{GS}{G+S}$

आदर्श अमीटर के लिए, $R_A = 0$

19.5 गेल्वेनोमीटर का वोल्टमीटर में रूपान्तरण (Conversion of galvanometer into voltmeter) :

- गेल्वेनोमीटर के श्रेणीक्रम में उच्च प्रतिरोध जोड़ने पर यह वोल्टमीटर की भांति कार्य करने लगता हैं।
- चित्र से $\quad I_g(R+G) = V$ या $R = \dfrac{V}{I_g} - G$

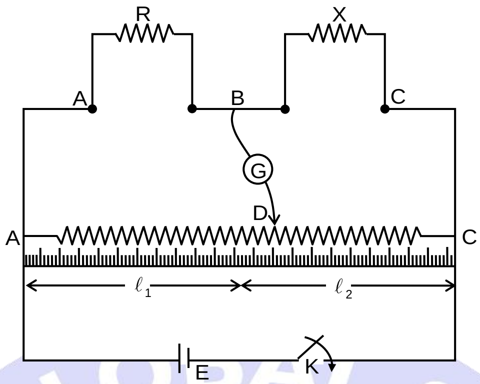


- उच्च परास के वोल्टमीटर हेतु प्रतिरोध का मान भी उच्च होना चाहिए।
- वोल्टमीटर का प्रभावी प्रतिरोध $R_V = R + G$

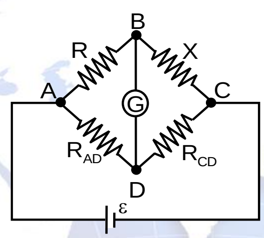
आदर्श वोल्टमीटर के लिए $R_V = \infty$

20. मीटर सेतु(METER BRIDGE):

यह यंत्र संतुलित व्हीटस्टोन सेतु पर आधारित है जो अज्ञात प्रतिरोध X, जो कि B व C के मध्य स्थित है जबकि ज्ञात प्रतिरोध R बिन्दु A तथा B के मध्य स्थित है, को मापने के लिए उपयोग में लिया जाता है। स्लाइडर D प्रतिरोध बॉक्स AC के सापेक्ष खिसकाया जाता है जब तक i_g किसी भी बिन्दु D (माना) पर शून्य नही हो जाती।



अब $\frac{R_{AD}}{R_{DC}} = \frac{\ell_1}{\ell_2}$ जहाँ l_1 तथा l_2 प्रतिरोध R_{AD} तथा R_{DC} की पैमाने से मापी गई लम्बाईयाँ है। यदि $\ell_1 + \ell_2 = 1$ m, $\ell_1 = y$ हमे ज्ञात है$_2 = (1 - y)$. $\frac{\ell_1}{\ell_2}$ का मान ज्ञात करने के बाद इसे R/X के बराबर करने से अज्ञात प्रतिरोध प्राप्त किया जा सकता है।



SOLVED EXAMPLES

Example26: **एक गेल्वेनोमीटर के पास 60 Ω प्रतिरोध की कुण्डली है तथा 50 μA धारा के लिए पूर्ण पैमाना विक्षेप दर्शाती है। इस गैल्वेनोमीटर को 10 mA परास के अमीटर में बदलने के लिए आवश्यक प्रतिरोध होगा –**

(1) 0.30 Ω **(2) 0.20 Ω** **(3) 0.6Ω** **(4) 0.40 Ω.**

Solution: दिया गया है, $I_g = 50\ \mu A = 50 \times 10^{-6}$ A

$I = 10$ mA $= 10 \times 10^{-3}$ A, $G = 60\ \Omega$

इसलिए $S = \frac{I_g G}{I - I_g} = \frac{50\times10^{-6}\times60}{10\times10^{-3} - 50\times10^{-6}} = 0.30\ \Omega$

Example: 27 **एक वोल्टमीटर, अमीटर तथा प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जोडे गया है, वोल्टमीटर में विक्षेप उत्पन्न होता है परन्तु अमीटर में यह नगण्य है, क्यो ?**

Solution: वोल्टमीटर के श्रेणीक्रम में होने से परिपथ का प्रतिरोध बढ जाता है। जिससे धारा बहुत कम हो जाती है। यह धारा वोल्टमीटर की कुण्डली मे से गुजरने पर कुछ विक्षेप उत्पन्न करती है। परन्तु अमीटर में इसका अधिकांश हिस्सा शन्ट के रूप में चला जाता है अतः अमीटर की कुण्डली में जाने वाली धारा इतनी कम होती है कि यह कोई विक्षेप उत्पन्न नही कर पाती है।

Example: 28 **गेल्वेनोमीटर के पास 100 Ω प्रतिरोध की कुण्डली है तथा 100 μA की धारा गुजरने पर पूर्ण पैमाना विक्षेपण दर्शाती है। 5V परास के वोल्टमीटर की तरह उपयोग में लेने के लिए आवश्यक प्रतिरोध होगा –**

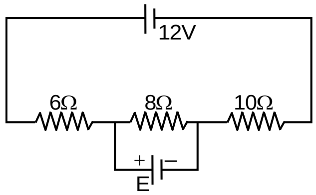
(1) 95 kΩ **(2) 9.5 kΩ** **(3) 49.9 kΩ** **(4) 4.99 kΩ**

Solution: दिया गया है, $I_g = 100\ \mu A = 100\times 10^{-6}$ A, $G = 100\Omega$ तथा V = 5volt

अतः $R = \frac{V}{I_g} - G = 5 \times 10^4 - 100 = 49.9$ kΩ

Example: 29 **दर्शाइये गये परिपथ में यदि E को जोडने पर धारा विभाजन अपरिवर्तित रहता है तब E का मान होगा –**

KHAN GLOBAL STUDIES Most Trusted Learning Platform KHAN SIR



(1) 12 V **(2) 6 V** **(3) 4 V** **(4) 2 V**

Solution: $I = \frac{E_p}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{12}{6+8+10} = 0.5\ A$ .....(1)

$R_2 = 8\Omega$, 8Ω प्रतिरोध पर विभव

$V_2 = I R_2 = 0.5 \times 8$

$V_2 = 4$ volt .....(2)

धारा विभाजन के अपरिवर्तित होने के लिए $V_2 = E = 4V$

QUICK FOLLOW UP

विद्युत शक्ति
$(P = I^2R)$

ओम का नियम
$(V \propto I)$ $IR)$

विभव प्रवणता
$\phi = \frac{V_{AB}}{L}$

अपवाह वेग
$\left(\vec{V}_d = \frac{-e\vec{E}}{m}\tau\right)$

वोल्टमीटर (विभवान्तर का मापन)

अमीटर (आण्विक परास की धारा)

गैल्वेनोमीटर (अल्प धारा)

मीटर सेतु (उच्च शुद्ध प्रतिरोध)
$\frac{R_{AD}}{R_{DC}} = \frac{l_1}{l_2}$

व्हीट स्टोन सेतु (प्रतिरोध)
$\frac{P}{Q} = \frac{R}{S}$

आवेष (गति में)

प्रतिरोध
- श्रेणी संयोजन $(R_s = R_1 + R_2 + \ldots + R_n)$
- समांतर संयोजन $\left(\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots \frac{1}{R_p}\right)$

सेल
$\left(I = \frac{m\varepsilon}{mR + r}\right)$
- श्रेणी संयोजन $\rho = \frac{R\ell}{A}$
- समांतर संयोजन $\sum I = 0$
- मिश्रित संयोजन $\left(I = \frac{n\varepsilon}{R + nr}\right)$

R
$R = \frac{\rho\ell}{A}$
प्रतिरोधकता
$\rho = \frac{RA}{\ell}$
$\rho = \frac{E}{J}$

$I = \frac{q}{t}$ (एम्पीयर)

चालकत्व, $G = \frac{1}{R}$
चालकता
$\sigma = \frac{1}{\rho} = \frac{\ell}{RA}$
धारा घनत्व
$J = \frac{1}{R} = \sigma E = nev_d$

किरचॉफ के नियम
(i) धारा के लिए
$\sum I = 0$
(ii) वोल्टेज के लिए
$\sum IR = \sum \varepsilon$