विद्युत

1
अध्याय

सूची

- विद्युत धारा
- धातु में धारा का बहना
- विद्युत संकेत
- ओम का नियम
- चालक का प्रतिरोध
- प्रतिरोधकता
- प्रतिरोधों का संयोजन
- विद्युत ऊर्जा
- विद्युत शक्ति

➤ विद्युत धारा (गतिशील आवेश)

परिभाषा : दिये गये चालक के अनुप्रस्थ काट से एक सेकण्ड में प्रवाहित विद्युत आवेश की मात्रा विद्युत धारा कहलाती है।

इस प्रकार यदि Q वह आवेश है जो समय t पर चालक में से प्रवाहित होता है, तब धारा (I) दी जाती है -

$$\text{धारा } (I) = \frac{\text{आवेश } (Q)}{\text{समय } (t)}$$

विद्युत धारा (या धारा) अदिश राशि है।

◈ धारा की इकाई

आवेश (Q) की SI इकाई कूलाम्ब (C) है, और समय (t) की सेकण्ड (S) है। इसलिए ,

धारा की SI इकाई

$$= \frac{1 \text{ कूलाम्ब}}{1 \text{ सेकण्ड}} = 1\ C\ s^{-1} = 1 \text{ एम्पियर}$$

इकाई कूलाम्ब प्रति सेकण्ड (Cs^{-1}) धारा (A) एम्पियर कहलाती है।

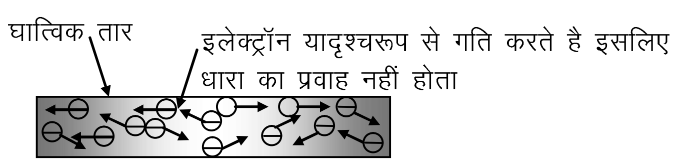
◈ विद्युत धारा की दिशा :

धनात्मक आवेश के प्रवाहित होने की दिशा को विद्युत धारा की दिशा माना जाता है।

जब हम एक साधारण चालक में विद्युत धारा के प्रवाहित होने पर विचार करते है, जैसे कि कॉपर का तार, धारा की दिशा इलेक्ट्रॉन के प्रवाहित होने की दिशा के विपरीत ली जाती है।

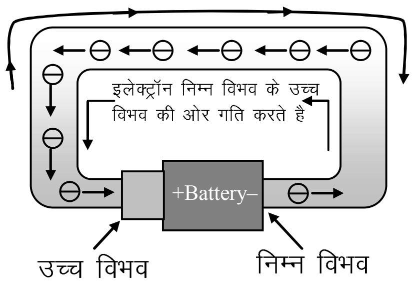
➤ एक धातु में धारा का प्रवाहित होना

धातुएँ एक बहुत अलग प्रकार का बंध प्रदर्शित करती है जिसे धात्विक बंध कहा जाता है। इस बंध के अनुसार, बाह्यतम इलेक्ट्रॉन किसी एक परमाणु से बंधे नहीं होते और धातु के अंदर मुक्तरूप से यादृश्च रूप से चित्रानुसार गति करते है इसलिए ये इलेक्ट्रॉन मुक्त इलेक्ट्रॉन है। ये मुक्त इलेक्ट्रॉन सभी दिशा में मुक्तरूप से गति करते है। विभिन्न इलेक्ट्रॉन विभिन्न दिशाओं में विभिन्न चालों से गति करते हैं इसलिए इलेक्ट्रॉन का किसी विशेष दिशा में कोई कुल प्रवाह नहीं होता है जिसके परिणाम स्वरूप, धारा का किसी विशेष दिशा में कुल प्रवाह शून्य रहता है।



चित्र : एक धात्विक तार के अंदर इलेक्ट्रॉनों का

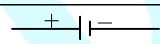
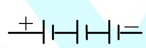
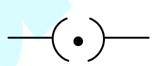
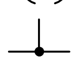
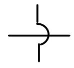
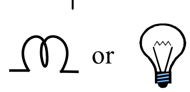
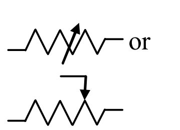
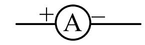
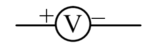
प्रवाह, जबकि इसके सिरों के मध्य कोई विभव नहीं लगाया गया है।



एक धात्विक तार के अंदर इलेक्ट्रोनों का प्रवाह जब तार के दोनों सिरे बैटरी के दोनों टर्मिनलों से जोड़े जाते हैं।

विद्युत संकेत

विद्युत परिपथ को बनाने में कई प्रकार के विभिन्न यंत्र या घटक जोड़े जाते है। कागज पर विद्युत परिपथ बनाने के लिए इन यंत्रो एवं घटकों को उनके संकेतों से प्रदर्शित किया जाता है। विद्युत परिपथ चित्र में प्रयुक्त होने वाले कुछ संकेत निम्न है -

क्रमांक	घटक	संकेत
1.	विद्युत सेल	
2.	बैटरी	
3.	प्लग कुंजी (जब स्विच खुला है)	
4.	प्लग कुंजी (जब स्विच बंद है)	
5.	एक तार का जोड़	
6.	बिना जुड़ाव के क्रोस करने वाले तार	
7.	विद्युत बल्ब	
8.	एक प्रतिरोध R का प्रतिरोध	
9.	परिवर्ती प्रतिरोध या रियोस्टेट	
10.	अमीटर	
11.	वोल्टमीटर	
12.	फ्यूज	

ओम का नियम

◈ **परिभाषा :** नियत ताप पर ओम के नियम के अनुसार, एक चालक से गुजरने वाली धारा चालक पर विभवांतर के सीधे समानुपाती होती है।

इस तरह से, यदि एक चालक से प्रवाहित धारा I है और V तार पर विभवांतर (या वोल्टता) है, तब ओम के नियम के अनुसार,

$I \propto V$ (जब T नियत हो)

या, $I = \frac{V}{R}$ ...(i)

जहाँ R एक नियतांक है, जिसे चालक का प्रतिरोध कहा जाता है।

समीकरण (i) को लिखा जा सकता है -

$V = I \times R$ ...(ii)

◈ **प्रतिरोध की इकाई :**

प्रतिरोध (R) की SI इकाई ओम है। ओम को ग्रीक अक्षर ओमेगा (Ω) से प्रदर्शित किया जाता है।

ओम के नियम से, $R = \frac{V}{I}$

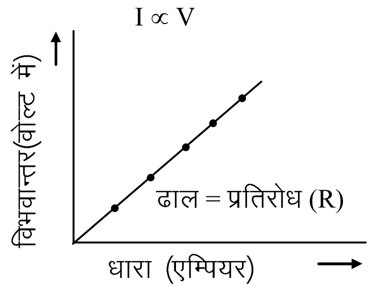
अब, यदि, V = 1 वोल्ट और I = 1 एम्पियर

तब, $R = \frac{1 \text{ वोल्ट}}{1 \text{ एम्पियर}}$

इस प्रकार, 1 ओम चालक का वह प्रतिरोध है जो इसमें से 1 एम्पियर धारा को प्रवाहित होने देता है जब इसके सिरो पर 1 वोल्ट विभवान्तर लगाए रखा जाता है।

◈ **ओम के नियम के परिणाम**

◆ एक चालक से प्रवाहित धारा चालक के सिरों पर लगाए गये विभवान्तर के सीधे समानुपाती होती है।



◆ जब एक परिपथ में विभवान्तर नियत रखा जाता है, तो धारा चालक के प्रतिरोध के व्युत्क्रमानुपाती होती है।

$$I \propto 1/R$$

◆ विभवान्तर एवं धारा के मध्य अनुपात नियत रहता है। नियतांक का मान चालक (या प्रतिरोध) के प्रतिरोध पर निर्भर करता है।

$$V/I = R$$

➤ चालक का प्रतिरोध

धातु में इलेक्ट्रॉनों के विचरण से धारा बहती है। गतिशील इलेक्ट्रॉन एक दूसरे से तथा धातु चालक में उपस्थित धनात्मक आयनों से टकराते है। यह टक्करें इलेक्ट्रॉन की चाल को कम करने का प्रयास करती है और इस तरह से विद्युत धारा के प्रवाह का विरोध करती है।

चालक का वह गुणधर्म जिसके कारण वह उसमें से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा का विरोध करता है, प्रतिरोध कहलाता है।

◆ प्रतिरोध अक्षर R से प्रदर्शित किया जाता है।

◆ प्रतिरोध की SI इकाई ओम है। ओम ग्रीक अक्षर ओमेगा (Ω) से प्रदर्शित किया जाता है।

◆ प्रतिरोध एक अदिश राशि है।

◈ कारक जिस पर किसी चालक का प्रतिरोध निर्भर करता है।

◆ **चालक के प्रतिरोध पर लम्बाई का प्रभाव :** चालक का प्रतिरोध लम्बाई के सीधे समानुपाती होता है। इस प्रकार, चालक का प्रतिरोध ∝ चालक की लम्बाई

◆ **चालक के प्रतिरोध पर अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल का प्रभाव**

चालक का प्रतिरोध उसके अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती होता है। इस तरह,

चालक का प्रतिरोध ;

$$R \propto \frac{1}{\text{चालक का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल}}$$

* यदि चालक का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल दुगुना किया जाता है तो, उसका प्रतिरोध आधा हो जाता है।

◆ **चालक के प्रतिरोध पर ताप का प्रभाव :** सभी शुद्ध धातुओं का प्रतिरोध ताप में वृद्धि के साथ बढ़ता है। मिश्र धातुओं का प्रतिरोध ताप में वृद्धि के साथ बहुत कम बढ़ता है। धातुओं के लिए जब ताप बढ़ता है, प्रतिरोध बढ़ता है और अर्द्धचालकों के लिए जब ताप बढ़ता है प्रतिरोध कम होता है।

◆ **चालक के प्रतिरोध पर पदार्थ की प्रकृति का प्रभाव :** कुछ पदार्थ निम्न प्रतिरोध रखते है, जबकि कुछ अन्य बहुत उच्च प्रतिरोध रखते है। सामान्यतया एक मिश्रधातु उन शुद्ध धातुओं जिनसे वह बनी है, से उच्च प्रतिरोध रखती है।

* कॉपर, चांदी, एलुमिनियम इत्यादि बहुत कम प्रतिरोध रखते है।

* नाइक्रोम, कोन्सटेनटन इत्यादि उच्च प्रतिरोध रखते हैं। नाइक्रकोम हीटर, टोस्टर, विद्युत ईस्त्री इत्यादि के ऊष्मा देने वाले भाग बनाने में प्रयुक्त होता है।

➤ प्रतिरोधकता

$$R \propto \ell$$

$$R \propto \frac{1}{a}$$

इसलिए $R \propto \frac{\ell}{a}$

या $R = \rho \times \frac{\ell}{a}$ ...(i)

जहाँ ρ (rho) चालक के पदार्थ की प्रतिरोधकता कहलाती है।

यदि, $l = 1$ m और $a = 1$ m^2

तब $R = \rho$ ...(ii)

इस प्रकार, यदि हम 1 मीटर लम्बा किसी पदार्थ का टुकड़ा लेते है। जिसके अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल 1 मीटर^2 है, तब पदार्थ के उस टुकड़े का प्रतिरोध प्रतिरोधकता कहलाती है।

किसी पदार्थ की प्रतिरोधकता निम्न प्रकार भी परिभाषित की जा सकती है :

एक पदार्थ के उस घन का प्रतिरोध जिसकी भुजा 1 मीटर है, तथा धारा विपरीत फलकों से गुजरती हो, उसे पदार्थ की प्रतिरोधकता कहते है।

◈ प्रतिरोधकता की इकाई

समीकरण (i) से, हम लिख सकते है कि

$$\rho = \frac{R \times a}{\ell}$$

इसलिए, प्रतिरोधकता (ρ) का SI मात्रक

$$= \frac{\text{ओम} \times \text{मीटर}^2}{\text{मीटर}} = \text{ओम-मीटर}$$

इस प्रकार, प्रतिरोधकता की SI इकाई ओम-मीटर (या Ω . m) है।

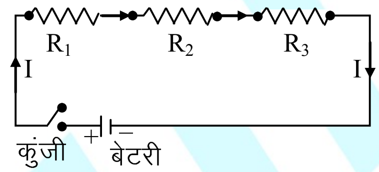
◈ प्रतिरोधकता के आधार पर पदार्थ का वर्गीकरण

- **पदार्थ जो बहुत कम प्रतिरोधकता रखते है :** पदार्थ जो बहुत कम प्रतिरोधकता रखते है उनमें से विद्युत धारा प्रवाहित होने देते है। इस तरह के पदार्थ चालक कहलाते हैं।
  उदाहरण के लिए, ताँबा, सोना, चांदी, एलुमिनियम और विद्युत अपघट्य विलयन, चालक हैं।
- **पदार्थ जो मध्यम प्रतिरोधकता रखते है :** पदार्थ जो मध्यम प्रतिरोधकता रखते है, उनमें से बहने वाली विद्युत धारा को प्रर्याप्त प्रतिरोध देते हैं। इसलिए, इस तरह के पदार्थ प्रतिरोध कहलाते हैं। उदाहरण के लिए, मिश्र धातुए जैसे नाइक्रोम, मैंगनीन, कोन्सटेनटन और कार्बन इत्यादि प्रतिरोध है।
- **पदार्थ जो बहुत अधिक प्रतिरोधकता रखते है :** पदार्थ जो बहुत उच्च प्रतिरोधकता रखते है विद्युत को उनमें से प्रवाहित होने नहीं देते हैं। वे पदार्थ जो विद्युत को उनमें से नहीं गुजरने देते कुचालक कहलाते हैं। उदाहरण के लिए रबर, प्लास्टिक, सूखी लकड़ी इत्यादि कुचालक है।

➤ प्रतिरोधों का संयोजन

◈ श्रेणी क्रम संयोजन

जब दो या अधिक प्रतिरोध सिरे से सिरे पर इस प्रकार से जुड़े हो कि उनमें से प्रत्येक में समान धारा बहे, श्रेणी में जुड़े हुए कहे जाते है।



जब प्रतिरोध का श्रेणी क्रम संयोजन एक बैटरी से जोड़ा जाता है, तो समान धारा (I) उनमें से प्रत्येक में बहती है।

- **प्रतिरोधों के श्रेणी क्रम संयोजन का नियम :** प्रतिरोधों के श्रेणीक्रम संयोजन का नियम कहता है कि जब बहुत सारे प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जोड़े जाते है। उनका तुल्य प्रतिरोध उनके अलग-अलग प्रतिरोधों के जोड़ के बराबर होता है। इस प्रकार यदि R_1, R_2, R_3 ..., इत्यादि श्रेणी में संयोजित किये जाते है, तब तुल्य प्रतिरोध (R) दिया जाता है,

  $$R = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots \qquad ....(i)$$

- **प्रतिरोधों के श्रेणीक्रम संयोजन के गणितीय व्यंजक को व्युत्पन्न करना :** माना कि R_1, R_2 और R_3 प्रतिरोध हैं जो श्रेणीक्रम में जुड़े हैं। I परिपथ में बहने वाली धारा है, जो प्रत्येक प्रतिरोध से गुजरती है और V_1, V_2 तथा V_3 क्रमशः R_1, R_2 तथा R_3, पर विभवान्तर है। तब, ओम के नियम से

  $$V_1 = IR_1,\ V_2 = IR_2 \text{ तथा } V_3 = IR_3 \qquad ...(ii)$$

  यदि, V प्रतिरोधों के संयोजन पर कुल विभवान्तर है तब,

  $$V = V_1 + V_2 + V_3 \qquad ...(iii)$$

  यदि, R परिपथ का तुल्य प्रतिरोध है तब $V = IR$

  समीकरणों (i) से (iv) तक का प्रयोग करके हम लिख सकते हैं कि,

  $$IR = V = V_1 + V_2 + V_3$$

$= IR_1 + IR_2 + IR_3$

या, $IR = I(R_1 + R_2 + R_3)$

या, $R = R_1 + R_2 + R_3$

इस प्रकार, जब प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जोड़े जाते हैं तो तुल्य प्रतिरोध उनके अलग-अलग प्रतिरोध से अधिक होता है।

◆ **श्रेणीक्रम संयोजन के बारे में कुछ परिणाम :**

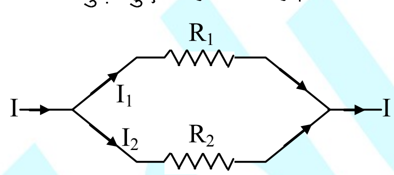
(i) जब दो या दो से अधिक प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जोड़े जाते है, तो संयोजन का कुल प्रतिरोध सभी प्रतिरोधों के अलग-अलग मान के जोड़ के बराबर हैं।

(ii) जब दो या अधिक प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जुड़े है, तो प्रत्येक प्रतिरोध में समान धारा बहती है।

(iii) जब कई प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जुड़े होते हैं। संयोजन पर विभव (i.e. परिपथ में बैटरी की वोल्टता) प्रत्येक अलग-अलग प्रतिरोध पर विभवपतन (विभवान्तर) के जोड़े के बराबर होता है।

❖ **समान्तर संयोजन**

जब दो या अधिक प्रतिरोध दो उभयनिष्ठ बिन्दुओं के मध्य जोड़े जाते है। ताकि उनमें से प्रत्येक पर समान विभवान्तर लगाया जाता है। तो वे समान्तर क्रम संयोजन में जुड़े हुए कहे जाते है।



जब प्रतिरोधों का ऐसा संयोजन बैटरी से जोड़ा जाता है, तो सभी प्रतिरोध उनके सिरों पर समान विभव रखते है।

◆ **समान्तर क्रम संयोजन के लिए गणितीय व्यंजक को व्युत्पन्न करना :**

माना कि दो उभयनिष्ठ बिन्दुओं A व B के मध्य विभवान्तर V है। तब ओम के नियम से

R_1, से गुजरने वाली धारा $I_1 = V/R_1$ ...(i)

R_2, से गुजरने वाली धारा $I_2 = V/R_2$ ...(ii)

R_3, से गुजरने वाली धारा $I_3 = V/R_3$ ...(iii)

यदि R तुल्य प्रतिरोध है, तब ओम के नियमानुसार परिपथ से गुजरने वाली कुल धारा दी जाती है -

$I = V/R$ ...(iv)

तथा $I = I_1 + I_2 + I_3$ ...(v)

समीकरण (v) में I, I_1, I_2 तथा I_3 का मान रखने पर,

$$\frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad ...(vi)$$

उभयनिष्ठ V पद को निरस्त करने पर, हम पाते हैं कि

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

प्रतिरोधों के समान्तर क्रम संयोजन में तुल्य प्रतिरोध प्रत्येक अलग-अलग प्रतिरोध में से प्रत्येक से छोटा होता है।

◆ **समान्तर क्रम संयोजन के बारे में कुछ महत्वपूर्ण परिणाम :**

(i) परिपथ से बहने वाली कुल धारा इससे गुजरने वाली अलग-अलग धाराओं के योग के बराबर होती हैं।

(ii) प्रतिरोधों के समान्तर क्रम संयोजन में प्रत्येक प्रतिरोध पर विभवान्तर समान होता है और यह आरोपित विभव के बराबर होता है।
i.e. $v_1 = v_2 = v_3 = v$:

(iii) प्रत्येक प्रतिरोध से गुजरने वाली धारा उसके प्रतिरोध के व्युत्क्रमानुपाती होती है। इस प्रकार एक प्रतिरोध का प्रतिरोध जितना अधिक होता है, तो उससे बहने वाली धारा उतनी ही कम होगी।

❖ हल किये गये उदाहरण ❖

Ex.1 एक TV सेट इलेक्ट्रॉनों के एक पुंज को बाहर की तरफ छोड़ता है। पुंज की धारा 10μA है -

(a) प्रत्येक सेकण्ड में कितने इलेक्ट्रॉन TV स्क्रीन पर टकरायेंगे ?

(b) एक मिनट में कितना आवेश स्क्रीन से टकरायेगा ?

Sol. पुंज की धारा, $I = 10\ \mu A = 10 \times 10^{-6} A$

समय, $t = 1$ s

इसलिए,

(a) प्रति सेकण्ड प्रवाहित आवेश है,

$Q = I \times t = 10 \times 10^{-6} A \times 1s = 10 \times 10^{-6} C$

हमें ज्ञात है कि,

एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश $= 1.6 \times 10^{-19} C$

इसलिए, प्रति सेकण्ड स्क्रीन पर टकराने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या है TV = $\frac{10\times10^{-6}C}{1.6\times10^{-19}C}$

$= 6.25 \times 10^{14}$

(b) प्रति मिनिट स्क्रीन पर गिरने वाला आवेश है -

$= (6.25 \times 10^{14} \times 60) \times 1.6 \times 10^{-19}C$

$= 6.0 \times 10^{-3}C$

Ex.2 एक चालक में 10A धारा है। मान लिजिए कि यह धारा पूर्ण रूप से इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह के कारण है। (a) प्रति सेकण्ड अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल को पार करने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या है, (b) यदि ऐसी धारा 1 घंटे के लिए जारी रखी जाये, आवेश का कुल प्रवाह ज्ञात करो -

Sol. धारा, I = 10 A

परिपथ से गुजरने वाला आवेश एक सेकण्ड में है,

Q = 10 C ($\because \frac{\text{आवेश}}{\text{समय}}$ = धारा)

(a) हम जानते है कि, एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश

$= 1.6 \times 10^{-19}C$

इसलिए, प्रति सेकण्ड गुजरने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या है = $\frac{10C}{1.6\times10^{-19}} = 6.25 \times 10^{19}$

(b) एक घंटे में आवेश का कुल प्रवाह है

= धारा × समय

= 10 A × 1 h

10 A × (1 × 60 × 60 s) = 36000 C

Ex.3 5.0 A की एक धारा एक परिपथ से 15 मिनट के लिए बहती है। इस समय के दौरान परिपथ में से बहने वाले विद्युत आवेश की मात्रा ज्ञात करो -

Sol. दिया है : धारा, I = 5.0 A

समय, t = 15 min. = 15 × 60 s = 900 s

तब, आवेश जो परिपथ से बहता है,

Q = धारा × समय

= 5.0A × 900 s

= 4500 A.s = 4500 C

Ex.4 तार का एक टुकड़ा खीचकर दुगुना कर दिया जाता है। नये प्रतिरोध की वास्तविकि प्रतिरोध से तुलना करो।

हल. तार के पदार्थ का आयतन समान रहता है। इसलिए, जब लम्बाई को दुगुना करते है, इसके अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल आधा हो जाता है। इसलिए, यदि l व a तार की वास्तविक लम्बाई एवं अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल है तो,

प्रतिरोध का वास्तविक मान, $R = \rho \times \frac{\ell}{a}$

तथा,

प्रतिरोध का नया मान,

$$R' = \rho \times \frac{2\ell}{a/2} = \rho\frac{\ell}{a} \times 4 = 4R$$

Ex.5 एक 100 m लम्बे ताँबे के तार के प्रतिरोध की गणना करो। ताँबे के तार का व्यास 1 mm है।

Sol. निम्न सम्बन्ध का प्रयोग करके,

$$R = \rho \times \frac{\ell}{a} = \rho \times \frac{\ell}{\pi r^2}$$

दिया है, $r = \frac{1}{2}$ mm = 0.5×10^{-3} m

$$R = \frac{1.6\times10^{-6}\,\text{ohm.cm}\times100\text{m}}{3.141\times(0.5\times10^{-3}\,\text{m})^2}$$

R = 2.04 ohm

Ex.6 यदि चार प्रतिरोध प्रत्येक 1 ओम के श्रेणीक्रम में जोड़े जाते हैं। तुल्य प्रतिरोध ज्ञात करें।

Sol. **श्रेणीक्रम में,**

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 1\text{ohm}$

मान रखने पर हम पाते हैं कि,

$R_s = 1 + 1 + 1 + 1 = 4$

Ex.7 माना कि एक लैम्प पर 6-volt बैटरी जोड़ी जाती है। लैम्प का प्रतिरोध 20 ohm है। परिपथ में धारा 0.25 A है, तो प्रतिरोध की गणना करो जो कि प्रयुक्त होना चाहिए।

Sol. लैम्प का प्रतिरोध, R = 20 ओम

अन्य प्रतिरोध, R = ?

(परिकलित करना है)

R व R’ श्रेणीक्रम में है,

तो परिपथ का कुल प्रतिरोध, $R_s = R + R'$

ओम के नियम से, $R_s = \frac{V}{I}$

मान रखने पर हम पाते है कि, $R_s = \frac{6}{0.25}$

$= 24$ ohm

किन्तु $R_s = R + R'$

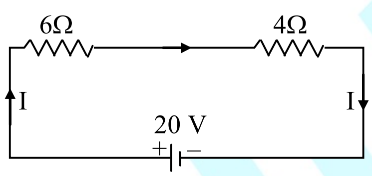
इस प्रकार $R' = R_s - R$

$= 24 - 20 = 4$ ohm

अतिरिक्त प्रतिरोध, **R’ = 4 ओम.**

Ex.8 एक 6 ओम का प्रतिरोध 4 ओम के दूसरे प्रतिरोध के साथ श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है। संयोजन पर 20 वोल्ट का विभवान्तर लगाया जाता है। परिपथ से जाने वाली धारा तथा 6 ओम प्रतिरोध के सिरों पर विभवान्तर ज्ञात करो।

Sol. अच्छी तरह से समझने के लिए हमें एक उचित परिपथ चित्र बनाना चाहिए जिसे चित्र में दिखाया गया है -



हम विद्युत अवयवों के लिए उचित संकेत प्रयोग करते हैं। प्रतिरोध एक 20 V की बैटरी के साथ श्रेणी क्रम में जुड़े हुए दिखाये गये हैं। धारा प्रवाह की दिशा बैटरी के धनात्मक टर्मिनल से ऋणात्मक टर्मिनल की ओर दिखाई गई है।

विभवान्तर, $V = 20$ V

6 Ω पर विभवान्तर,

$V_1 = ?$ (परिकलित करना है)

कुल परिपथ प्रतिरोध $= 10\,\Omega$

ओम के नियम से, $I_s = \frac{V}{R_S}$

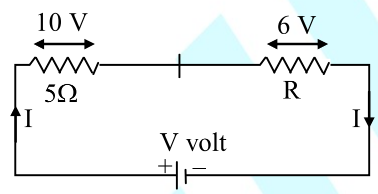
परिपथ धारा, **I = 2 एम्पियर या (2A)**

मान रखने पर हम पाते हैं कि,

$V_1 = 2 \times 6 = 12$ वोल्ट

$6\,\Omega$ प्रतिरोध पर विभवान्तर है $= 12$ V

Ex.9 दो प्रतिरोध चित्रानुसार श्रेणीक्रम में जुड़े हैं -



(i) 5 ओम प्रतिरोध से जाने वाली धारा कितनी है?

(ii) R से जाने वाली धारा कितनी है ?

(iii) R का मान क्या है ?

(iv) V का मान क्या है ?

Sol. प्रथम प्रतिरोध, $R_1 = 5\,\Omega$

(i) 5 ओम प्रतिरोध से जाने वाली धारा, $I = ?$

(ii) R से जाने वाली धारा, $I = ?$

(iii) दूसरे प्रतिरोध का मान, $R = ?$

(iv) बैटरी द्वारा लगाया गया विभवान्तर, $V = ?$

(i) ओम के नियम से, $R = \frac{V}{I}$

हम पाते है कि, $I = \frac{V}{R} = \frac{V_1}{R_1}$

$I = \frac{10}{5} = 2$ एम्पियर

$5\,\Omega$ प्रतिरोध से गुजरने वाली धारा $= 2$ एम्पियर (2A).

(ii) क्योंकि R, 5 Ω के साथ श्रेणीक्रम में है, इसमें से भी समान धारा प्रवाहित होगी,

R से प्रवाहित धारा = 2 A.

(iii) ओम के नियम से, $R = \frac{V}{I}$

$R_2 = \frac{V_2}{I}$

$R_2 = \frac{6}{2} = 3$ ohms

प्रतिरोध R मान रखता है = 3 ओम

(iv) सम्बन्ध, $V = V_1 + V_2$

$V = 10 + 6 = 16$ वोल्ट

$V = 16$ वोल्ट

Ex.10 प्रतिरोध R_1, R_2 एवं R_3 जो क्रमशः 5Ω , 10Ω, एवं 30Ω का मान रखते हैं, समान्तर क्रम में एक 12 वोल्ट की बैटरी से जुड़े है। ज्ञात कीजिए-

(a) प्रत्येक प्रतिरोध से जाने वाली धारा

(b) परिपथ में कुल धारा

(c) परिपथ का कुल प्रतिरोध

Sol. यहाँ,

$R_1 = 5\Omega$, $R_2 = 10\Omega$, $R_3 = 30\ \Omega$, $V = 12$ V

(a) $I_1 = ?$ $\quad I_2 = ?$ $\quad I_3 = ?$

(b) $I = I_1 + I_2 + I_3 = ?$

(c) $R_p = ?$

(a) सम्बन्ध, (ओम के नियम से), $R = \frac{V}{I}$

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

मान रखने पर हम जाते हैं कि,

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{12}{5} = 2.4 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{12}{10} = 1.2 \text{ A}$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{12}{30} = 0.4 \text{ A}$$

(b) कुल धारा, $\quad I = I_1 + I_2 + I_3$

$$I = 2.4 + 1.2 + 0.4 = 4 \text{ A}$$

(c) सम्बन्ध $\quad \frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{5} + \frac{1}{10} + \frac{1}{30} = \frac{6+3+1}{30} = \frac{10}{30}$$

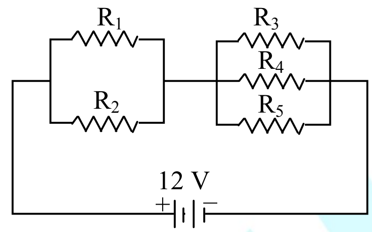
$R_p = 3$ ओम

Ex.11 प्रतिरोध R_1 = 10 ओम, R_2 = 40 ओम, R_3 = 30 ओम, R_4 = 20 ओम, R_5 = 60 ओम और एक 12 V बैटरी चित्रानुसार जुड़ी हुई है -

ज्ञात करो :

(a) कुल प्रतिरोध और (b) परिपथ में प्रवाहित होने वाली कुल धारा

Sol. परिस्थिति चित्र में दिखाई गयी है -



R_1 व R_2 समान्तर है -

$$\frac{1}{R_{P_1}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{1}{10} + \frac{1}{40} = \frac{4+1}{40} = \frac{5}{40} = \frac{1}{8}$$

or $\quad R_{P_1} = 8$ ओम

R_3, R_4 और R_5 समान्तर है-

$$\frac{1}{R_{P_2}} = \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} = \frac{1}{30} + \frac{1}{20} + \frac{1}{60}$$

$$= \frac{2+3+1}{60} = \frac{6}{60} = \frac{1}{10}$$

या $\quad R_{P_2} = 10$ ओम

(a) R_{P_1} व R_{P_2} श्रेणीक्रम में है।

कुल प्रतिरोध, $\quad R = R_{P_1} + R_{P_2}$

मान रखने पर हम पाते है कि, $\quad R = 8 + 10 = 18$

कुल प्रतिरोध, $\quad$ R = 18 ohms. Ans.

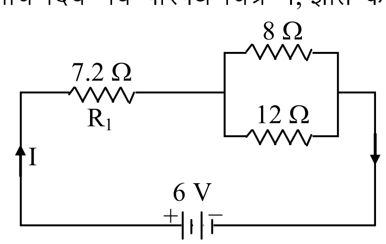
(b) सम्बन्ध (ओम के नियम से) $R = \frac{V}{I}$ से

हम पाते है कि $\quad I = \frac{V}{R}$

मान रखने पर, हम पाते है कि, $I = \frac{12}{18} = \frac{2}{3} = 0.67$

कुल धारा, $\quad$ I = 0.67 A. $\quad$ Ans

Ex.12 नीचे दिये गये परिपथ चित्र में, ज्ञात करो -



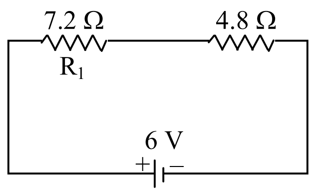
(i) परिपथ का कुल प्रतिरोध

(ii) परिपथ में प्रवाहित कुल धारा
(iii) R_1 पर विभवान्तर

Sol. **(i) कुल प्रतिरोध के लिए**

8 Ω व 12 Ω समान्तर क्रम में जोड़े गये है

उनका तुल्य प्रतिरोध 7.2 Ω प्रतिरोध के साथ श्रेणीक्रम में है।



7.2 Ω और 4.8 Ω श्रेणीक्रम में है

$$R_s = 7.2 + 4.8 = 12\ \Omega$$

परिपथ का कुल प्रतिरोध = 12 ओम

(ii) कुल धारा के लिए

कुल परिपथ प्रतिरोध, $R = 12$ ओम

आरोपित विभवान्तर, $V = 6\ V$

$I = ?$

ओम के नियम से $R = \frac{V}{I}$

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

$I = \frac{6}{12} = 0.5$

कुल परिपथ धारा = 0.5 A **Ans.**

(iii) R_1 पर विभवान्तर के लिए -

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

$V = IR$

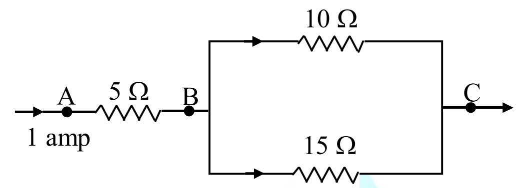
$V_1 = IR_1$

$V_1 = 0.5 \times 7.2$

$= 3.6\ V$

विभवान्तर, $V_1 =$ **3.6 V.** **Ans**

Ex.13 चित्र में दिखाये अनुसार 3 प्रतिरोध जोड़े गये हैं। 5 ओम के प्रतिरोध से धारा 1 एम्पियर प्रवाहित है :



(i) अन्य दो प्रतिरोधों में से प्रवाहित धारा क्या है?
(ii) AB के सिरों के मध्य तथा AC के सिरों के मध्य विभवान्तर क्या है ?
(iii) कुल प्रतिरोध क्या है।

Sol. **(i) समान्तर क्रम में स्थित प्रतिरोध में धारा के लिए :** दो समान्तर प्रतिरोधों पर समान विभवान्तर के लिए,

$$V = I_1R_1 = I_2R_2$$

i.e. $= \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

धारा स्वयं को प्रतिरोध के व्युत्क्रमानुपात में बाँटती है।

कुल धारा, $I = I_1 + I_2$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{15}{10} = \frac{3}{2}$$

Also, $I_1 + I_2 = 1$ amp.

$\mathbf{I_1 = 0.6A, I_2 = 0.4\ A.}$ **Ans.**

10Ω प्रतिरोध से प्रवाहित धारा = **0.6 A**

(ii) AB पर विभवान्तर के लिए

ओम के नियम से, $R = \frac{V}{I}$, $V = IR$

$V = 1 \times 5 = 5V$

AB पर विभवान्तर = **5 V. Ans**

10 Ω व 15 Ω के समान्तर क्रम संयोजन के लिए

BC पर विभवान्तर, $V = I_1R_1 = 0.6 \times 10 = 6\ V$

AC पर विभवान्तर = AB पर विभवान्तर + BC पर विभवान्तर

$= 5 + 6 = 11\ V$

(iii) परिपथ के कुल प्रतिरोध के लिए

10 Ω और 15 Ω समान्तर क्रम में होने के कारण

$$R_p = \frac{10 \times 15}{10 + 15} = \frac{150}{25} = 6\ \Omega$$

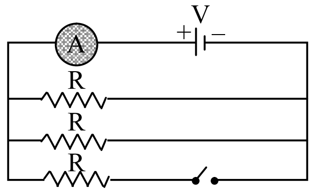
कुल प्रतिरोध = 5 + 6 = 11 Ω

कुल परिपथ प्रतिरोध = **11 Ω. Ans**

$$\left[\text{इसके अतिरिक्त } R = \frac{V}{I} = \frac{11}{1} = 11\Omega\right]$$

Ex.14 नीचे दिखाये गये चित्र में सेल व अमीटर दोनों नगण्य प्रतिरोध रखते हैं। प्रतिरोध समान है। कुंजी K को खुला रखने पर, अमीअर 0.6 A पढ़ता है। अमीटर का पाठ्यांक क्या होगा जब कुंजी को बंद किया जाता है ?

Sol.



माना कि सेल विभवान्तर V रखता है और प्रत्येक प्रतिरोध, प्रतिरोध R रखता है।

जब कुंजी खुली होती है

विभवान्तर, = V

दो समान्तर क्रम में स्थित प्रतिरोधों का परिपथ प्रतिरोध,

$$R_{P_1} = \frac{R}{n_1} = \frac{R}{2}\,\Omega$$

परिपथ में धारा, $I_1 = 0.6$ A

जब कुंजी K बंद होती है

विभवान्तर = V

तीन समान्तर क्रम में स्थित प्रतिरोधों का परिपथ है,

$$R_{P_2} = \frac{R}{n_2} = \frac{R}{3}\,\Omega$$

परिपथ धारा, $I_2 = ?$

समान विभवान्तर V के लिए

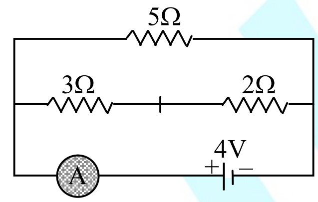
$$V = I_1 R_{P_1} = I_2 R_{P_2}$$

$$I_2 = \frac{I_1 R_{P_1}}{R_{P_2}}$$

$$I_2 = 0.6 \times \frac{R}{2} \times \frac{3}{R} = 0.9$$

बंद कुंजी में परिपथ धारा = **0.9 A**.

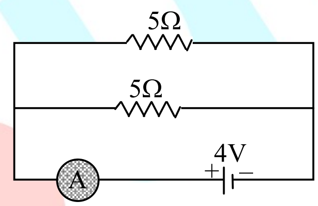
Ex.15 परिपथ चित्र में



ज्ञात करिये (i) कुल प्रतिरोध

(ii) अमीटर A द्वारा दर्शायी गई धारा

Sol. 3 Ω व 2 Ω श्रेणीक्रम में जुड़कर 5 Ω होते हैं। तुल्य परिपथ चित्र में दिखाया गया है।



(i) कुल प्रतिरोध के लिए

$R_1 = R_2 = 5\ \Omega$ समान्तर क्रम में है।

$$R_p = \frac{5 \times 5}{5+5} = \frac{25}{10} = 2.5\ \Omega$$

तुल्य धारा **= 2.5 ohm**

(ii) परिपथ धारा के लिए

विभवान्तर, V = 4 V

परिपथ प्रतिरोध $R_p = 2.5\ \Omega$

परिपथ धारा, I = ? (परिकलित करना है)

ओम के नियम से, $R = \frac{V}{I}$

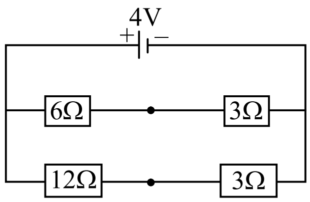
$$I = \frac{V}{R_P}$$

$$I = \frac{4}{2.5} = 1.6\text{ A}$$

परिपथ की धारा = **1.6 A**

अमीटर परिपथ की धारा को **1.6 A** पढ़ता है।

Ex.16 निम्न चित्र में दिखाये गये परिपथ चित्र में निम्न का मान क्या होगा -



(i) 6 Ω प्रतिरोध से गुजरने वाली धारा

(ii) 12 Ω पर विभवान्तर

Sol. **(i) 6 Ω प्रतिरोध से धारा के लिए**

4 V बैटरी से निकलने वाली धारा समान्तर ब्रांचों में से पहली ब्रांच 6 Ω व 3 Ω जो श्रेणीक्रम में है। प्रवाहित होगी।

इस ब्रान्च में धारा

$$I = \frac{4}{6+3} = \frac{4}{9} = \mathbf{0.44\ A}$$

(ii) 12 Ω के विभवान्तर के लिए

दूसरी समान्तर ब्रांच से धारा गुजरने के लिए

$$I = \frac{4}{12+3} = \frac{4}{15}\ A$$

12 Ω पर विभवान्तर, $V = \frac{4}{15} \times 12 = 3.2\ V.$

➤ विद्युत ऊर्जा

वैद्युत ऊर्जा : जब किसी प्रतिरोध के सिरो को बैटरी से जोड़ते हैं, तो तार में मुक्त इलेक्ट्रॉन अनुगमन 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 होता हैं। इस प्रकार बैटरी से ली गई उर्जा का क्षय होता हैं। अतः इलेक्ट्रॉनो की गति बनाए रखने के लिए बैटरी से लगातार उर्जा ली जाती हैं। यह उर्जा 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 उष्मा उर्जा के रूप में बदल जाती हैं। इसे वैद्युत उर्जा कहते हैं। इसे जूल/धारा का उष्मीय प्रभाव कहते हैं।

R = तार का प्रतिरोध

I = तार में प्रवाहित धारा

V = सिरो पर विभवान्तर

't' छोटे समय में तार से प्रवाहित आवेश $q = It$ इसे तार में क्षय उर्जा $W = Vq = VIt$

$\because\ V = IR$

$\therefore\ W = VIt = I^2Rt = \frac{V^2}{R}t = Vq$ जूल में

यह उर्जा क्षय तार में उत्पन्न उष्मा के मान के बराबर या बैटरी द्वारा किये गये कार्य के बराबर होता है।

➤ वैद्युत शक्ति

वैद्युत शक्ति : किसी वैद्युत परिपथ में उर्जा के क्षय होने की दर को वैद्युत शक्ति कहते हैं।

$$p = \frac{W}{t} = I^2 R = IV = \frac{V^2}{R}$$

शक्ति = जूल/सैकण्ड, वॉट, अश्वशक्ति

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

वैद्युत ऊर्जा के मात्रक = वॉट सैकण्ड, किलोवॉट घंटे।

1 किलोवॉट घंटा (kwh) = 3.6×10^6 जूल

➤ याद रखने योग्य बिन्दु

◆ **धारा :** एक चालक से आवेश (Q) के प्रवाह की दर धारा कहलाती है।

धारा (I) दी जाती है,

$$\text{धारा} = \frac{\text{आवेश}}{\text{समय}} \text{ या } I = \frac{Q}{t}$$

धारा की SI इकाई है (A) : 1A = 1 C/s

एक परिपथ में से बहने वाली धारा को उपकरण 'अमीटर' के द्वारा मापा जाता है। **अमीटर** को चालक के साथ श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है। धारा की दिशा धनात्मक आवेश के प्रवाहित होने की दिशा में ली जाती है।

- **ओम का नियम :** किसी नियत ताप पर एक चालक में से प्रवाहित धारा (I) चालक पर लगाये गये विभवान्तर के सीधे समानुपाती होती है।

गणितीय रूप से,

$$I = V/R \text{ या } V = IR$$

- **प्रतिरोध :** प्रतिरोध चालक का वह गुण होता है, जो उसके अंदर विद्युत प्रवाह का विरोध करता है। प्रतिरोध 'ओम' में मापा जाता है। प्रतिरोध एक अदिश राशि है।

- **प्रतिरोधकता :** 1 मीटर भुजा के एक घन द्वारा दिया गया प्रतिरोध, जबकि धारा विपरीत फलकों के लम्बवत् प्रवाहित होती है, प्रतिरोधकता (ρ) कहलाती है। प्रतिरोधकता की SI इकाई ओम मीटर है।

- **तुल्य प्रतिरोध :** एक अकेला प्रतिरोध जो प्रतिरोधों के संयोजन को इस तरह से विस्थापित करे ताकि परिपथ में धारा वही रहे। तुल्य प्रतिरोध कहलाता है।

- **श्रेणीक्रम में प्रतिरोधों के संयोजन का नियम :** जब कई सारे प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जुड़े हो, तो उनका तुल्य प्रतिरोध उनके अलग-अलग प्रतिरोधों के जोड़ के बराबर होता है।

यदि R_1, R_2, R_3, इत्यादि को श्रेणीक्रम में जोड़ा गया है, तब तुल्य प्रतिरोध (R) दिया जाता है,

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + ...$$

कई सारे प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जुड़े हो तो सभी का तुल्य प्रतिरोध प्रत्येक अलग–अलग प्रतिरोध से अधिक होता है।

- **समान्तर क्रम में जुड़े प्रतिरोधों के संयोजन का नियम :** जब बहुत सारे प्रतिरोध समान्तर में जोड़े जाते है, तुल्य प्रतिरोध का व्युत्क्रम अलग–अलग प्रतिरोध के व्युत्क्रम के जोड़ के बराबर होता है।प्रत्येक अलग-अलग प्रतिरोध से कम होता है।

यदि R_1, R_2, R_3, इत्यादि समान्तर क्रम में जोड़े जाते है तब तुल्य प्रतिरोध (R) दिया जाता है।

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

समान्तर क्रम में जुड़े बहुत सारे प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध प्रत्येक अलग-अलग प्रतिरोध से कम होता है।