3

विद्युत
ELECTRICITY

परिचय
(Introduction)

पिछली कक्षाओं में हमलोगों ने पढ़ा है कि जब प्लास्टिक की सूखी कंघी को कागज के छोटे-छोटे टुकड़ों के पास ले जाया जाता है तो कोई प्रभाव नहीं दिखता है लेकिन जब उसी सूखी कंघी को सूखे बाल में बार-बार रगड़कर कागज के छोटे-छोटे टुकड़ों के पास लाया जाता है तो कागज के छोटे-छोटे टुकड़े उसी कंघी की ओर आकर्षित हो जाती हैं। इससे यह स्पष्ट है कि प्रारंभ में कंघी उदासीन थी लेकिन जब उसे सूखे बाल में रगड़ा गया तो कंघी आवेशित हो गई और आवेशित कंघी उस कागज के छोटे-छोटे टुकड़ों पर विद्युतीय बल लगाया। इसी तरह एक काँच की छड़ को रेशम के कपड़े से, एबोनाइट की छड़ को ऊनी कपड़े से या अन्य किसी पदार्थ को उचित पदार्थ से रगड़ने पर विद्युत आवेश की उत्पत्ति होती है। इसे ही **घर्षण विद्युत** कहा जाता है अर्थात् घर्षण से विद्युत आवेश की उत्पत्ति होती है।

विद्युत आवेश
(Electric charge)

विद्युत आवेश प्रत्येक वस्तु का आन्तरिक गुण होता है जो विद्युत बल आरोपित करता है या आरोपित करने की प्रवृत्ति रखता है। आवेश प्रायः मौलिक कण इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन का आन्तरिक गुण दर्शाता है। आवेश न तो उत्पन्न की जा सकती है और न ही इसे नष्ट किया जा सकता है। अर्थात् आवेश संरक्षित रहता है।

विद्युत आवेश दो प्रकार के होते हैं—धन आवेश तथा ऋण आवेश।

विद्युत आवेश के प्रमुख गुण इस प्रकार हैं—

(a) असमान आवेश एक-दूसरे को आकर्षित करता है।

(b) समान आवेश एक-दूसरे को प्रतिकर्षित करता है।

दो वस्तुएँ जो असमान आवेश से आवेशित हैं, परस्पर आकर्षित करते हैं अर्थात् उन वस्तुओं के बीच आकर्षण बल लगता है। ठीक इसके विपरीत जब दो वस्तुएँ समान आवेश से आवेशित हों तो परस्पर प्रतिकर्षित करते हैं अर्थात् इन दोनों वस्तुओं के बीच प्रतिकर्षण बल लगता है।

आवेशित वस्तुओं के बीच क्रियाशील आकर्षण बल या प्रतिकर्षण बल के संबंध में कूलम्ब ने एक नियम प्रतिपादित किया जो इस प्रकार है—

दो आवेशों के बीच क्रियाशील आकर्षण या प्रतिकर्षण बल (i) उन आवेशों के परिमाण के गुणनफल का सीधा समानुपाती होता है तथा (ii) उन दोनों आवेशों के बीच की दूरी के व का व्युत्क्रमानुपाती होता है।

यदि q_1 तथा q_2 दो आवेश एक-दूसरे से r दूरी पर अवस्थित हो तो कूलम्ब के नियमानुसार, उन आवेशों के बीच क्रियाशील प्रतिकर्षण बल

$$F \propto q_1 q_2 \quad \text{... (i)} \quad \text{तथा} \quad F \propto \frac{1}{r^2} \quad \text{... (ii)}$$

समीकरण (i) तथा (ii) को मिलाने पर हम पाते हैं कि

$$F \propto \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F = k \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad \text{... (iii)}$$ जहाँ k एक नियतांक है।

आवेश की उत्पत्ति के कारण (Cause of formation of charge)

आवेश की उत्पत्ति के मुख्य कारण इलेक्ट्रॉन का स्थानान्तरण है। किसी उदासीन वस्तु में इलेक्ट्रॉन और प्रोटॉन की संख्या समान होती है। नाभिकीय बल द्वारा प्रोटॉन काफी मजबूती से बँधे रहते हैं जबकि इलेक्ट्रॉनों के बीच आकर्षण बल कमजोर होता है। जब एक वस्तु को दूसरे वस्तु के साथ रगड़ा जाता है तो एक वस्तु से इलेक्ट्रॉन निकलकर दूसरे वस्तु में प्रवेश कर जाते है। जिस वस्तु से इलेक्ट्रॉन निकलते है वह वस्तु धनावेशित तथा जिस वस्तु में इलेक्ट्रॉन प्रवेश करते हैं वह वस्तु ऋणावेशित हो जाती है। इसका कारण यह है कि जिस वस्तु में से इलेक्ट्रॉन निकलता है उसमें प्रोटॉन की संख्या बढ़ जाती है लेकिन जिस वस्तु में इलेक्ट्रॉन प्रवेश करता है उसमें इलेक्ट्रॉन की संख्या बढ़ जाती है।

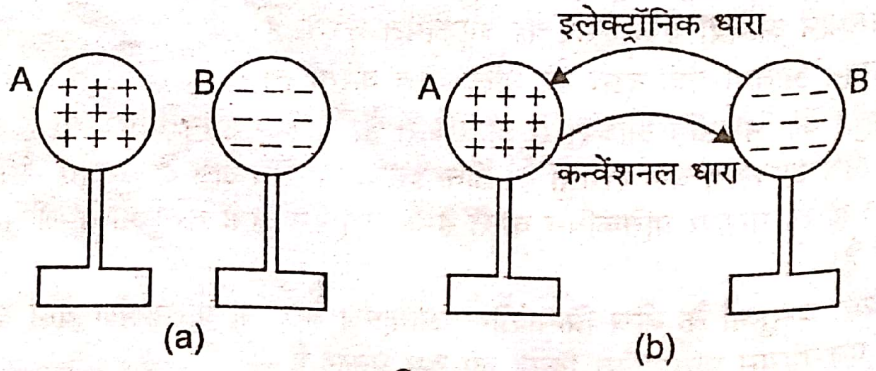
चूँकि इलेक्ट्रॉन ऋणावेशित कण है इसलिए इसकी संख्या में अन्तर से आवेश की प्रकृति बदल जाती है। अतः इससे स्पष्ट है कि **आवेश की उत्पत्ति का मुख्य कारण इलेक्ट्रॉन का स्थानान्तरण है।**

☛ **नोट :** आवेश को प्रायः q से सूचित किया जाता है।
इसका S.I. मात्रक कूलम्ब या कूलॉम होता है।
एक इलेक्ट्रॉन पर 1.6×10^{-19} कूलॉम ऋण आवेश रहता है।

विद्युत आवेश का प्रवाह (Flow of electric charge)

हम जानते हैं कि एक वस्तु को धनावेशित तब कहा जाता है जब उस वस्तु में इलेक्ट्रॉन की संख्या प्रोटॉन की संख्या से कम होती है ठीक इसके विपरीत एक वस्तु को ऋणावेशित तब कहा जाता है जब उसमें इलेक्ट्रॉन की संख्या प्रोटॉन की संख्या से अधिक होती है।

चित्र 3.1(a) में गोला A में धन आवेश है तथा गोला B के पास समान संख्या में ऋण आवेश है। प्रकृति में ये स्थैतिक है अर्थात् इन आवेशों का प्रवाह नहीं होता है।



चित्र 3.1

परंतु चित्र 3.1 (b) की तरह गोला A तथा गोला B को किसी चालक तार से जोड़ दिया जाए तो आवेश एक गोला से दूसरे गोला में प्रवाहित होती है।

अब प्रश्न उठता है कि आवेश गोला A से B में जाएगा कि आवेश गोला B से A में जाएगा?

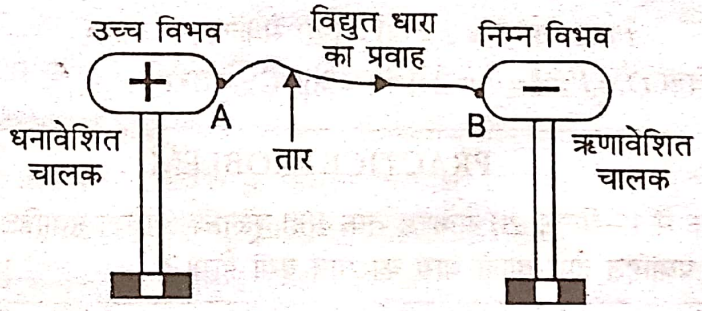
इस प्रश्न को आसान बनाने के लिए धन आवेश को उच्च विद्युतीय विभव तथा ऋण आवेश को निम्न विद्युतीय विभव पर मान लिया गया है।

इस तरह जब चालक तार द्वारा धनावेशित गोला को ऋणावेशित गोला से जोड़ दिया जाता है तो ओवश धन विभव वाले गोले से ऋण विभव वाले गोले की ओर प्रवाहित होता है। चालक से होनेवाले आवेश के प्रवाह को ही **धारा-विद्युत** (current electricity) कहते हैं।

नोट : ध्यान रखें कि वास्तव में धारा ऋण से धन की ओर ही प्रवाहित होता है जिसे इलेक्ट्रॉनिक धारा कहते हैं। लेकिन इस अध्याय में 'कन्वेंशलन धारा' को ही आधार मानकर सारी व्याख्या की गई है। अर्थात् धनावेशित वस्तु को उच्च विभव पर तथा ऋणावेशित वस्तु को निम्न विभव पर मानते हुए धारा धन से ऋण की ओर प्रवाहित होता माना गया है। ऐसी धारा ही कन्वेंशनल धारा कहलाती है।

विद्युत धारा
(Electric Current)

जब दो आवेशित वस्तुओं को विभिन्न विद्युतीय विभव पर रखकर चालक तार से जोड़ दिया जाता है तो धारा उच्च विभव से निम्न विभव की ओर निश्चित समय तक प्रवाहित होता रहता है।



चित्र 3.2

चित्र 3.2 में धनावेशित चालक A को उच्च विभव पर तथा ऋणावेशित चालक B को निम्न विभव पर माना गया है। इसलिए जब इन चालकों को एक चालक तार द्वारा संयोजित किया जाता है तो धारा A से B की ओर उस चालक तार द्वारा प्रवाहित होती है।

अतः विद्युत धारा को इस प्रकार परिभाषित किया जाता है— "किसी चालक में प्रवाहित होनेवाले आवेश के प्रवाह की दर को विद्युतधारा कहते हैं।" इसे प्रायः 'I' से सूचित किया जाता है।

यदि किसी चालक से t sec में प्रवाहित होनेवाले आवेश की मात्रा Q हो तो विद्युत धारा

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

विद्युत धारा का S.I. मात्रक **ऐम्पियर** (A) होता है और इसे **ऐमीटर** से मापा जाता है। विद्युत धारा **अदिश राशि** है।

ऐम्पियर की परिभाषा (Definition of ampere)

जब किसी चालक से एक सेकेण्ड में एक कूलम्ब आवेश प्रवाहित होता हो तो उस चालक से प्रवाहित धारा एक ऐम्पियर कहलाती है।

अर्थात् $$1 \text{ ऐम्पियर} = \frac{1 \text{ कूलम्ब}}{1 \text{ सेकेण्ड}}$$

कभी-कभी चालक से प्रवाहित होनेवाली धारा का मान बहुत ही कम होता है। ऐसी स्थिति में इसे मिली ऐम्पियर या माइक्रो ऐम्पियर में व्यक्त किया जाता है।

$$1 \text{ milli ampere } (1 \text{ mA}) = \frac{1}{1000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

$$1 \text{ micro ampere } (1 \mu\text{A}) = \frac{1}{1000000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

कभी-कभी चालक से प्रवाहित धारा का मान काफी बड़ा होता है। ऐसी स्थिति में इसे किलो-ऐम्पियर या मेगा ऐम्पियर में व्यक्त किया जाता है।

$$1 \text{ kilo-ampere (kA)} = 1000 \text{ A} = 10^3 \text{ A}$$

$$1 \text{ mega-ampere (MA)} = 1000000 \text{ A} = 10^6 \text{ A}$$

Sample Problem

यदि किसी चालक में 2 मिनट तक 3 ऐम्पियर की धारा प्रवाहित की जाए तो उससे कितने कूलॉम आवेश प्रवाहित होंगे?

हल : दिया हुआ है—

$$t = 2 \text{ मिनट} = 2 \times 60 = 120 \text{ सेकेण्ड}, \quad I = 3 \text{ A}$$

$\therefore$ आवेश $Q = I \times t = 3 \times 2 \times 60 = 360 \text{ C}$; **उत्तर।**

PRACTICE PROBLEM

एक चालक में 13 मिनट 20 सेकेण्ड तक 400 कूलम्ब आवेश प्रवाहित हो रहा है। उस चालक में प्रवाहित होने वाली धारा का मान क्या होगा? **[उत्तर : 0.5 A]**

इलेक्ट्रॉन की संख्या के पदों में विद्युत धारा (Electric current in terms of number of electrons)

माना कि n = चालक के अनुप्रस्थ परिच्छेद से प्रवाहित होने वाले इलेक्ट्रॉन की संख्या

प्रत्येक इलेक्ट्रॉन (e) पर आवेश का परिमाण $= 1.6 \times 10^{-19}$ कूलम्ब

$\therefore$ चालक के अनुप्रस्थ-परिच्छेद से प्रवाहित होनेवाले कुल आवेश, $Q = ne$

यदि इलेक्ट्रॉनों को चालक के अनुप्रस्थ परिच्छेद से प्रवाहित होने में लगा समय t हो तो परिभाषा से विद्युत धारा $I = \frac{Q}{t} \Rightarrow I = \frac{ne}{t}$

1 कूलम्ब आवेश में कितने इलेक्ट्रॉन होते हैं?

[How many electrons are in 1 coulomb charge.]

हम जानते हैं कि $Q = ne$

$$\Rightarrow \quad n = \frac{Q}{e} = \frac{1\,\text{C}}{1.6 \times 10^{-19}\,\text{C}} = \frac{10^{19}}{1.6}$$

$$\Rightarrow \quad n = 6.25 \times 10^{18} \text{ electron}$$

Sample Problem

6.25×10^{18} इलेक्ट्रॉन किसी चालक के एक सिरा से दूसरे सिरा तक 5 sec में प्रवाहित होता है। चालक से प्रवाहित होनेवाली धारा का मान ज्ञात करें।

हल : यहाँ $n = 6.25 \times 10^{18}$ electron, $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C, $t = 5$ sec.

चालक से प्रवाहित होनेवाली धारा $I = \frac{Q}{t}$

$$\Rightarrow \quad I = \frac{ne}{t} \Rightarrow I = \frac{6.25 \times 10^{18} \times 1.6 \times 10^{-19}}{5} \quad \therefore I = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ A}$$

PRACTICE PROBLEM

किसी चालक से होकर 2 sec में 0.5 A की विद्युत धारा प्रवाहित होती है। इस समय में कितने इलेक्ट्रॉन उस चालक के एक सिरा से दूसरे सिरे तक प्रवाहित होते हैं यदि प्रत्येक इलेक्ट्रॉन पर आवेश का परिमाण 1.6×10^{-19} C होता है।

[**उत्तर** : 6.25×10^{18} electrons]

(A) स्वयं जाँच कीजिए

(Test yourself)

1. विद्युत धारा का S.I. मात्रक लिखें। (Write the S.I. unit of electric current.)
2. विद्युत आवेश का S.I. मात्रक लिखें। (Write the S.I. unit of electric charge.)
3. प्रत्येक इलेक्ट्रॉन पर आवेश के परिमाण बतावें।
   What is the magnitude of charge on each electron?
4. 1 कूलम्ब आवेश में कितने इलेक्ट्रॉन होते हैं?
   How many electrons are in 1 coloumb charge?
5. विद्युत धारा मापने वाले यंत्र का नाम लिखें।
   Write the name of an instrument to measure the electric current.
6. 1 ऐम्पियर को परिभाषित करें। [Define one (1) ampere.]

विद्युतीय विभव (Electric potential)

इकाई धन आवेश को अनंत से विद्युतीय क्षेत्र के किसी एक बिन्दु तक लाने में किए गए कार्य की मात्रा को उस बिन्दु पर का **विद्युतीय विभव** कहते हैं। इसका S.I. मात्रक **वोल्ट** (volt) होता है जिसे प्रायः V से सूचित किया जाता है। विद्युतीय विभव **अदिश राशि** है।

पृथ्वी पर का विभव **शून्य** माना जाता है। पृथ्वी की अपेक्षा जिस वस्तु का विभव अधिक होता है उसका विभव धनात्मक और जिसका विभव कम होता है उसका विभव ऋणात्मक माना जाता है।

विभवांतर (Potential difference)

इकाई धन आवेश को विद्युतीय क्षेत्र के किसी एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में किए गए कार्य की मात्रा को **विभवांतर** कहते हैं। इसका S.I. मात्रक वोल्ट (volt) होता है। यदि Q कूलम्ब आवेश को एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में किया गया कार्य W जूल हो तो परिभाषा से हम पाते हैं कि

$$\text{विभवांतर } (V) = \frac{W}{Q} \text{ वोल्ट} \quad \therefore \; W = V \times Q \text{ जूल}$$

☛ **नोट** : दो विभवों के बीच के अन्तर को विभवांतर कहते हैं।

एक वोल्ट की परिभाषा (Definition of 1 Volt)

यदि एक कूलम्ब आवेश को एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में किया गया कार्य एक जूल हो तो उन दो बिन्दुओं के बीच का विभवांतर एक वोल्ट होता है।

अर्थात् 1 वोल्ट $= \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ कूलम्ब}}$; विभवांतर को **वोल्टमीटर** से मापा जाता है।

Sample Problem

50 कूलम्ब आवेश को अनंत से विद्युतीय क्षेत्र के एक बिन्दु तक लाने में किया गया कार्य 62.5 J है, तो उस बिन्दु पर का विभव ज्ञात करें।

हल : दिया गया है : $Q = 50\,C$, $Q = 62.5\,J$

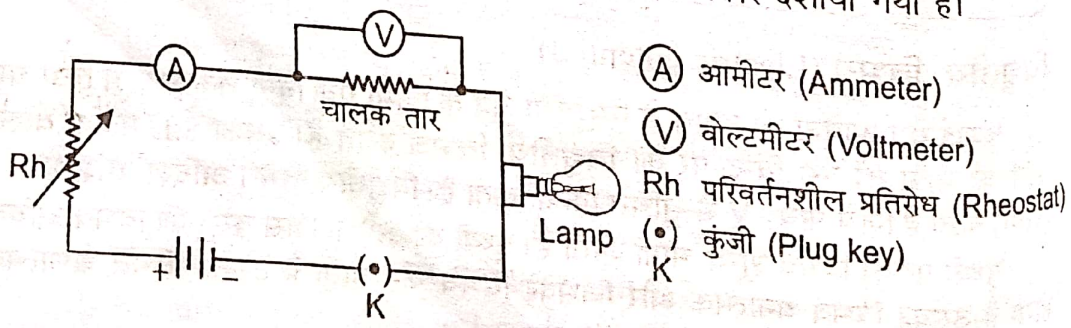
$\therefore$ विभव $(V) = \frac{W}{Q} = \frac{62.5}{50} = 1.25$ volt; **उत्तर।**

PRACTICE PROBLEM

यदि अनंत से विद्युतीय क्षेत्र के एक बिन्दु तक 84 कूलम्ब आवेश को लाने में किया गया कार्य 24 J हो तो उस बिन्दु का विभव क्या होगा? [**उत्तर** : 0.285 V]

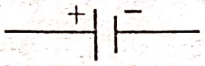
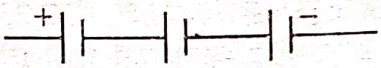
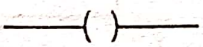
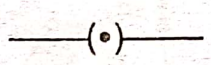
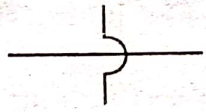
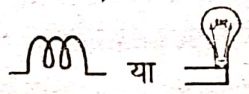
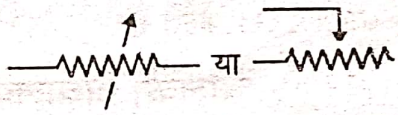
विद्युत परिपथ (Electric circuit)

ऐसी व्यवस्था जिससे लगातार विद्युत धारा प्राप्त होती है, **विद्युत परिपथ** कहलाती है। वास्तव में विद्युत परिपथ एक रास्ता है जो विद्युत ऊर्जा के स्रोत (सेल, बैटरी, डायनेमो, इत्यादि) से जुड़ा रहता है तथा उस रास्ते में चालक तार के साथ अन्य कई विद्युतीय उपकरण जुड़ा रहता है। एक सामान्य विद्युत परिपथ आरेख को इस प्रकार दर्शाया गया है।



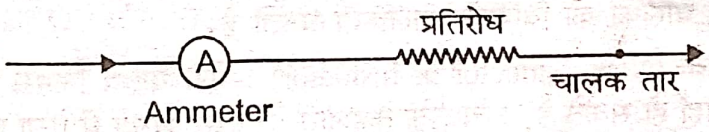
चित्र 3.3

विद्युत परिपथ में उपयोगी कुछ उपकरणों के प्रतीक

क्र॰सं॰	अवयव	प्रतीक
1.	विद्युत सेल	
2.	बैटरी अथवा सेलों का संयोजन	
3.	(खुली) प्लग कुंजी अथवा स्विच	
4.	(बंद) प्लग कुंजी अथवा स्विच	
5.	तार संधि	
6.	(बिना संधि के) तार क्रॉसिंग	
7.	विद्युत बल्ब	
8.	प्रतिरोधक	
9.	परिवर्ती प्रतिरोधक (रियोस्टैट) अथवा धारा नियंत्रक	
10.	ऐमीटर	
11.	वोल्टमीटर	

ऐमीटर (Ammeter)

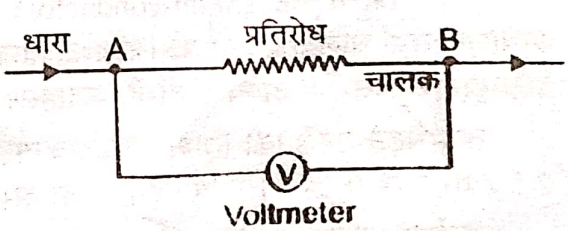
ऐसा विद्युतीय यंत्र जिसके द्वारा विद्युत परिपथ में प्रवाहित होने वाली धारामापी जाती है ऐमीटर कहलाता है। विद्युत परिपथ में जुड़े अन्य उपकरणों के साथ आमीटर को श्रेणीक्रम संयोजन में जोड़ा जाता है ताकि परिपथ की पूरी धारा का मान प्राप्त हो क्योंकि यह बहुत कम प्रतिरोध वाला विद्युतीय यंत्र है।



चित्र 3.4

वोल्टमीटर (Voltmeter)

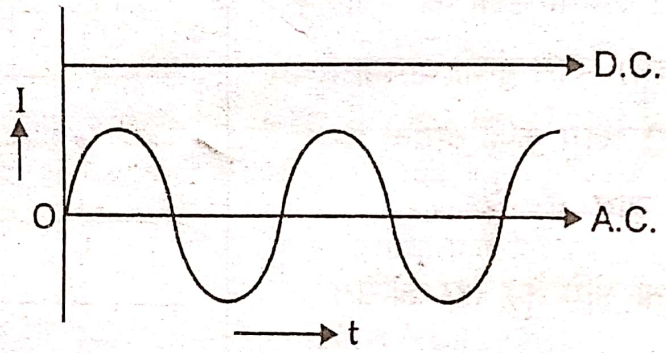
ऐसा विद्युतीय यंत्र जिसके द्वारा परिपथ के किन्हीं दो बिन्दुओं के बीच का विभवांतर मापा जाता है, वोल्टमीटर कहलाता है। विद्युत परिपथ में जुड़े अन्य उपकरण के साथ वोल्टमीटर को समांतरक्रम में जोड़ा जाता है जिससे यह परिपथ की धारा में अत्यल्प कमी (नगण्य कमी) उत्पन्न करता है, क्योंकि वोल्टमीटर एक उच्च प्रतिरोध वाला विद्युतीय यंत्र होता है।



चित्र 3.5

दिष्टधारा एवं प्रत्यावर्ती धारा (Direct current and Alternating current)

विद्युत परिपथ में यदि धारा हमेशा एक ही दिशा में प्रवाहित होती है, तो ऐसी धारा दिष्ट धारा कहलाती है। इसे संक्षेप में **डी०सी०** (D.C.) कहते हैं।



चित्र 3.6

जब किसी खास समय तक धारा एक दिशा में और उतने ही समय तक विपरीत दिशा में बारी-बारी से प्रवाहित होती है, तो ऐसी धारा प्रत्यावर्ती धारा कहलाती है। इसे संक्षेप में **ए०सी०** (A.C.) कहते हैं।

चालक, अचालक, अर्द्धचालक एवं अतिचालक (Conductor, Non-conductor, Semi-conductor amd Super conductor)

विद्युत आवेश के प्रवाह के लिए भिन्न-भिन्न पदार्थों की आवश्यकता होती है। उनकी प्रकृति के अनुसार इन्हें चार भागों में विभक्त किया गया है—

[A] **चालक** (Conductor) : ऐसा पदार्थ जिनसे होकर विद्युत आवेश एक जगह से दूसरी जगह आसानी से चले जाते हैं, चालक कहलाता है। दूसरे शब्दों में जिन पदार्थों की विशिष्ट चालकता काफी अधिक होती है, **चालक** कहलाता है। चालक पदार्थों में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या काफी अधिक होती है। उदाहरण—सोना, चाँदी, ताँबा, लोहा, ऐल्युमिनियम, नमकीन घोल इत्यादि।

चाँदी सर्वश्रेष्ठ चालक है। इसकी विशिष्ट चालकता $10^7\ \Omega^{-1}m^{-1}$ की कोटि की होती है। ताप बढ़ने पर चालकों की विशिष्ट चालकता घटती है।

[B] **अचालक** (Non-conductor or Insulator) : ऐसे पदार्थ जिनसे होकर विद्युत आवेश प्रवाहित नहीं हो सकते हैं, अचालक कहलाते हैं। दूसरे शब्दों में ऐसा पदार्थ जिनकी विशिष्ट चालकता बहुत ही कम होती है, **अचालक** कहलाता है। अचालक पदार्थ में मुक्त इलेक्ट्रॉन नहीं होते हैं। उदाहरण—सल्फर, काँच, रबड़, प्लास्टिक, सूखी लकड़ी इत्यादि।

सेरामिक्स की विशिष्ट चालकता बहुत ही कम ($10^{-7}\Omega^{-1}m^{-1}$) की कोटि की होती है।

[C] **अर्द्धचालक** (Semi-conductor) : ऐसा पदार्थ जिनकी विशिष्ट चालकता अचालक तथा चालक पदार्थों की विशिष्ट चालकताओं के बीच होती है, इन पदार्थों में मुक्त इलेक्ट्रॉनों की संख्या अल्प होती है। उदाहरण—जर्मेनियम एवं सिलिकॉन।

ताप बढ़ने पर इनकी विशिष्ट चालकता बढ़ती है। इन पदार्थों की विशिष्ट चालकता 2.5×10^{-4} से $0.25 \times 10^{-4}\ \Omega^{-1}m^{-1}$ के दायरे (range) में होती है।

अर्द्धचालक का उपयोग ट्रांजिस्टर, डायोड तथा कम्प्यूटर के लिए स्मरण युक्तियों के निर्माण में किया जाता है।

[D] **अतिचालक** (Super conductor) : ऐसे पदार्थ जिनमें अति निम्न ताप (निरपेक्ष शून्य के निकट) पर बिना किसी प्रतिरोध के विद्युत का गमन होता है, **अतिचालक** कहलाते हैं तथा यह घटना अतिचालकता कहलाती है। ऐसी ही घटना का प्रदर्शन 1911 ई॰ में डच भौतिकवेत्ता H.K. Onnes ने पारा (mercury) को ठंढ़ा करके किया।

धात्वीय चालक को ठंढ़ा करने पर उसका प्रतिरोध घटता है। यह एक ऐसा न्यूनतम ताप होता है जिसपर उसका प्रतिरोध लगभग शून्य हो जाता है। उदाहरणस्वरूप पारा का ताप धीरे-धीरे इतना कम कर दिया गया कि 4.12 K (– 269°C) पर उसका प्रतिरोध गायब ही हो गया अर्थात् शून्य हो गया। यह घटना ही अतिचालकता कहलाती है तथा इस स्थिति में वे चालक अतिचालक कहलाते हैं। जिस विशेष ताप के नीचे ऐसा होता है उसे पदार्थ का **अतिचालकीय कला संक्रमण ताप** कहते हैं। धातुओं में सीसा, जिंक, एल्युमिनियम तथा मिश्रधातुओं में बिस्मथ + सोना, नाइयोबियम का नाइट्राइड अपने-अपने अतिचालकीय कला संक्रमण के तापों के नीचे अतिचालक पदार्थ होते हैं।

1986 ई॰ में एक **सेरामिक** पदार्थ जिसमें बेरियम एवं लैन्थेनियम मिला हुआ है को 35 K (–238°C) ताप पर अतिचालक बनाया गया। ऐसा प्रयास किया जा रहा है कि कमरे के ताप पर भी अतिचालक का निर्माण किया जा सके। यदि ऐसा संभव हुआ तो निश्चित तौर पर विद्युतीय संयंत्रों के कार्य क्षेत्र में क्रांति आ जाएगी।

हमारे देश के प्रधान केन्द्र बैंगलोर का भारतीय विज्ञान संस्थान और दिल्ली का राष्ट्रीय भौतिकी प्रयोगशाला इस दिशा में अग्रसर है।

प्रतिरोध
(Resistance)

जब किसी चालक पदार्थ में इलेक्ट्रॉन का प्रवाह होता है अर्थात् इलेक्ट्रॉन गतिशील होते हैं, तो चालक पदार्थ के कणों से उसकी टक्कर होती है। फलस्वरूप अपनी ऊर्जा का कुछ भाग खो देता है जो ऊष्मा के रूप में प्रकट होती है। टक्कर के कारण चालक पदार्थ में बहनेवाली इलेक्ट्रॉन का विरोध होता है और चालक पदार्थ में प्रतिरोध उत्पन्न होता है। अतः प्रतिरोध को निम्न रूप में परिभाषित किया जाता है—

"चालक पदार्थ का वह गुण जो उस पदार्थ से होकर प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा का विरोध करता है, प्रतिरोध कहलाता है।

इसे प्रायः 'R' से सूचित किया जाता है। इसका S.I. मात्रक ओम होता है। संकेताक्षर में इसे ग्रीक अक्षर Ω (ओमेगा) से व्यक्त किया जाता है।

अर्थात् $R = \frac{V}{I}$, जहाँ V = विभवांतर तथा I = विद्युत धारा है।

1 ohm : यदि किसी चालक के दोनों सिरों पर 1 वोल्ट विभवांतर आरोपित करके उससे 1 ऐम्पियर की धारा प्रवाहित की जाए तो उस चालक का प्रतिरोध 1 ओम कहलाता है।

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

किसी चालक का प्रतिरोध निम्नलिखित बातों पर निर्भर करता है—

(1) **चालक की लंबाई पर** : चालक का प्रतिरोध उस चालक के लंबाई का सीधा समानुपाती होता है अर्थात् चालक की लंबाई बढ़ने पर उसका प्रतिरोध बढ़ता है।

यदि चालक का प्रतिरोध R तथा उसकी लंबाई l हो तो हम पाते हैं कि

$$R \propto l \quad \text{... (i)} \qquad \text{अर्थात्} \quad \frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$$

(2) **चालक के अनुप्रस्थ परिच्छेद के क्षेत्रफल पर :** चालक का प्रतिरोध उसके अनुप्रस्थ परिच्छेद के क्षेत्रफल का व्युत्क्रमानुपाती होता है। अर्थात् चालक के अनुप्रस्थ परिच्छेद के क्षेत्रफल बढ़ने पर उस चालक का प्रतिरोध घटता है।

यदि चालक का प्रतिरोध R तथा अनुप्रस्थ परिच्छेद का क्षेत्रफल A हो तो हम पाते हैं कि

$$R \propto \frac{1}{A} \quad \text{... (ii)} \qquad \text{अर्थात्} \quad \boxed{\frac{R_1}{R_2} = \frac{A_2}{A_1}}$$

(3) **चालक की प्रकृति पर :** चालक का प्रतिरोध चालक पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करता है। अर्थात् अलग-अलग चालक पदार्थों का प्रतिरोध भिन्न-भिन्न होता है।

समीकरण (i) से हम पाते हैं $R \propto l$

तथा समीकरण (ii) से हम पाते हैं $R \propto \frac{1}{A}$

इन्हें मिलाने पर हम पाते हैं $R \propto \frac{l}{A} \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{l}{A}$ ... (iii)

जहाँ ρ (रो) एक नियतांक है जिससे **प्रतिरोधकता या विशिष्ट प्रतिरोध** कहते हैं। इसका मान चालक की प्रकृति पर निर्भर करता है।

(4) **चालक के ताप पर :** चालक पदार्थ का प्रतिरोध उस पदार्थ के ताप पर निर्भर करता है। प्रायः चालक पदार्थ के ताप बढ़ने से उस पदार्थ का प्रतिरोध बढ़ता है। अपवाद स्वरूप कुछ मिश्रधातुएँ जर्मन सिल्वर, मैगनीन इत्यादि का प्रतिरोध ताप के बढ़ने से नहीं बढ़ता है। इसके अतिरिक्त कार्बन फिलामेंट लैम्प का प्रतिरोध ताप के बढ़ने से घटता है।

विशिष्ट प्रतिरोध या प्रतिरोधकता
(Specific Resistance or Resistivity)

प्रयोग द्वारा यह पाया गया कि

(i) चालक पदार्थ का प्रतिरोध उस पदार्थ की लंबाई का सीधा समानुपाती होता है।

अर्थात् $R \propto l$ ... (1)

(ii) चालक पदार्थ का प्रतिरोध, उसके अनुप्रस्थ परिच्छेद के क्षेत्रफल का व्युत्क्रमानुपाती होता है।

अर्थात् $R \propto \frac{1}{A}$ ... (2)

समीकरण (1) तथा (2) को मिलाने पर $R \propto \frac{l}{A} \Rightarrow R = \rho \cdot \frac{l}{A}$

जहाँ ρ (रो) एक नियतांक है जिसे विशिष्ट प्रतिरोध या प्रतिरोधकता कहते हैं।

$$\Rightarrow \qquad \rho = R\frac{A}{l} \qquad \text{... (3)}$$

इसका S.I. मात्रक ओम मीटर (Ω m) होता है।

यदि $A = 1\ m^2$ तथा $l = 1\ m$ हो तो $\rho = R$ होगा।

अर्थात् चालक पदार्थ के इकाई अनुप्रस्थ परिच्छेद वाले इकाई लंबाई के खंड का प्रतिरोध उसका विशिष्ट प्रतिरोध (प्रतिरोधकता) कहलाता है।

20°C पर कुछ पदार्थों की विद्युत प्रतिरोधकता

	पदार्थ	प्रतिरोध (Ω m)
चालक	सिल्वर	1.60×10^{-8}
	कॉपर	1.62×10^{-8}
	ऐलुमिनियम	2.63×10^{-8}
	टंगस्टन	5.20×10^{-8}
	निकेल	6.84×10^{-8}
	आयरन	10.0×10^{-8}
	क्रोमियम	12.9×10^{-8}
	मर्करी	94.0×10^{-8}
	मैगनीज	1.84×10^{-6}
मिश्रधातुएँ	कांस्टेंटन (Cu तथा Ni की मिश्रातु)	49×10^{-6}
	मैगनीज (Cu, Mn तथा Ni की मिश्रातु)	44×10^{-6}
	निक्रोम (Ni, Cr, Mn तथा Fe की मिश्रातु)	100×10^{-6}
विद्युतरोधी	काँच	$10^{10} - 10^{14}$
	कठोर रबड़	$10^{13} - 10^{16}$
	एबोनाइट	$10^{15} - 10^{17}$
	डायमंड (हीरा)	$10^{12} - 10^{13}$
	कागज (शुष्क)	10^{12}
	क्वार्ट्ज	7.5×10^{16}

विशिष्ट चालकता (Specific conductivity)

विशिष्ट प्रतिरोध के प्रतिलोम को विशिष्ट चालकता कहते हैं। इसका S.I. मात्रक प्रति ओम प्रति मीटर ($\Omega^{-1}m^{-1}$) होता है।

प्रतिरोध ताप गुणांक (Temperature coefficient of resistance)

प्रति इकाई ताप वृद्धि से चालक पदार्थ के प्रतिरोध में होनेवाले आंशिक वृद्धि को प्रतिरोध ताप गुणांक कहते हैं। इसे प्रायः 'α' से सूचित किया जाता है।

यदि t°C ताप पर किसी चालक तार का प्रतिरोध R_t ओम हो और 0°C ताप पर उसका प्रतिरोध R_0 ओम हो तो $R_t = R_0 (1 + \alpha t)$ होगा।

$$\Rightarrow \quad \alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0} \times \frac{1}{t} \qquad \ldots (1)$$

जहाँ α प्रतिरोध ताप गुणांक है। इसका मात्रक /°C (प्रति °C) होता है।

☛ **नोट :** जिन मिश्रधातुओं का प्रतिरोध ताप गुणांक काफी अधिक होता है उसका उपयोग मानक प्रतिरोध बनाने में नहीं किया जाता है। यही कारण है कि नाइक्रोम का उपयोग मानक प्रतिरोध बनाने में नहीं किया जाता है क्योंकि इसका प्रतिरोध ताप गुणांक काफी अधिक होता है।

Sample Problem 1. ————————

किसी चालक का प्रतिरोध 1 Ω, लंबाई 1 m तथा अनुप्रस्थ क्षेत्रफल 0.01 m^2 है। उस चालक की प्रतिरोधकता ज्ञात करें।

हल : यहाँ $R = 1\,\Omega,\ l = 1\text{ m},\ A = 0.01\text{ m}^2$

हम जानते हैं कि $R = \rho\dfrac{l}{A} \Rightarrow \rho = \dfrac{R \times A}{l} = \dfrac{1 \times 0.01}{1}$ $\therefore\ \rho = 0.01\,\Omega\text{ m}.$

Sample Problem 2. ————————

1 mm व्यास तथा 50 m लंबा ताँबे के तार का प्रतिरोध ज्ञात करें यदि ताँबा की प्रतिरोधकता $= 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}.$

हल : $l = 50\text{ m},\ d = 1 \times 10^{-3}\text{ m}$

$\therefore\ r = \dfrac{d}{2} = \dfrac{1 \times 10^{-3}}{2}\text{ m},\ \rho = 1.7 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}$

अब प्रतिरोध $R = \rho\dfrac{l}{A} = \dfrac{1.7 \times 10^{-8} \times 50}{\pi \times r^2}$

$\therefore\quad R = \dfrac{4 \times 1.7 \times 10^{-8} \times 50}{3.14 \times 10^{-6}} = 1.08\,\Omega$

(B) स्वयं जाँच कीजिए
(Test yourself)

1. विद्युतीय विभव एवं विभवांतर को परिभाषित करें।
   Define electric potential and potential difference.
2. विद्युतीय विभव का S.I. मात्रक लिखें। (Write S.I. unit of electric potential.)
3. उस यंत्र का नाम बतावें जिससे विभवांतर मापा जाता है।
   Name the instrument which is used to measure the potential difference.
4. विद्युत परिपथ क्या है? (What is an electric circuit?)
5. 1 वोल्ट को परिभाषित करें। (Define 1 volt.)
6. प्रतिरोध का S.I. मात्रक लिखें। 1 ओम को परिभाषित करें।
   Write the S.I. unit of resistance. Define one (1) ohm.
7. विशिष्ट चालकता को परिभाषित करें। (Define specific conductivity.)
8. प्रतिरोधकता (resistivity) क्या है? इसके मात्रक को लिखें।
   What is resistivity ? Write its S.I. unit.
9. चालक का प्रतिरोध चालक की लंबाई एवं चालक के अनुप्रस्थ क्षेत्रफल पर किस प्रकार निर्भर करता है? (How does the resistance of a conductor depend on the length and area of cross-section the conductor?)
10. आयरन की प्रतिरोधकता $10 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}$ तथा मर्करी की प्रतिरोधकता $9.6 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}$ है। इनमें से कौन विद्युत का अच्छा चालक है?
    The resistivity of Iron is $10 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}$ and that of mercury is $9.6 \times 10^{-8}\ \Omega\text{ m}$. Which is better conductor of electricity?

ओम का नियम
(Ohm's Law)

ओम का नियम विद्युतधारा एवं विभवांतर के बीच संबंध बतलाता है। इस नियम के अनुसार, **अचर ताप पर किसी चालक से प्रवाहित होनेवाली विद्युतधारा चालक के सिरों के बीच के विभवांतर का सीधा समानुपाती होता है।**

यदि चालक से प्रवाहित होनेवाली विद्युतधारा (I) तथा चालक के सिरों के बीच का विभवांतर (V) हो तो ओम के नियमानुसार,

[जहाँ ताप अचर है]

$$V \propto I$$

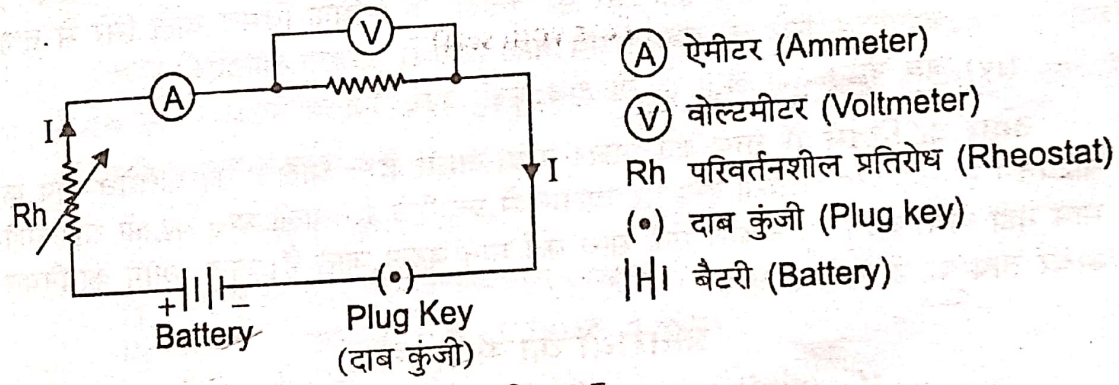
$$\Rightarrow \quad V = RI$$

जहाँ R एक नियतांक है जिसे चालक का प्रतिरोध कहते हैं।

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

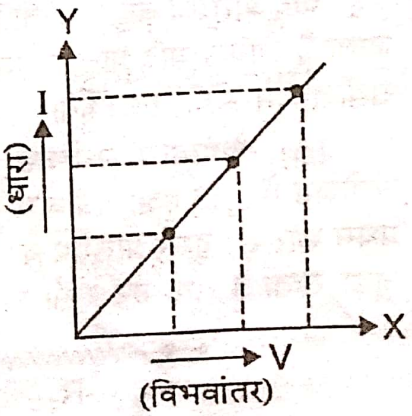
उपर्युक्त संबंध से यह स्पष्ट है कि (i) विद्युतधारा, विभवांतर का सीधा समानुपाती होता है तथा (ii) विद्युतधारा, प्रतिरोध का व्युत्क्रमानुपाती होता है।

प्रायोगिक सत्यापन (Experimental verification) : ओम के नियम को प्रयोग द्वारा प्रमाणित करने के लिए सर्वप्रथम चालक तार, ऐमीटर, वोल्टमीटर, दाब कुंजी, बैटरी, परिवर्तनशील प्रतिरोध इत्यादि लेकर चित्रानुसार सजा दिया जाता है। ऐमीटर को श्रेणीक्रम तथा वोल्टमीटर को समांतरक्रम में जोड़ा जाता है।



चित्र 3.7

अब दाब कुंजी दबाकर बैटरी से धारा प्रवाहित की जाती है आमीटर (A) से धारा का मान तथा वोल्टमीटर (V) से विभवांतर का मान ज्ञात हो जाता है। परिवर्तनशील प्रतिरोध को स्लाइड पर आगे-पीछे खिसकाकर प्रयोग को बार-बार दुहराया जाता है। अलग- अलग स्थितियों में ऐमीटर से धारा का मान तथा वोल्टमीटर से विभवांतर का मान ज्ञात कर लिया जाता है। प्राप्त मान को देखने से पता चलता है कि विभवांतर का मान दुगुना होने पर धारा का मान भी दुगुना हो जाता है। जबकि विभवांतर का मान आधा होने पर धारा का मान भी आधा हो जाता है इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि चालक के सिरों के बीच का विभवांतर उस चालक से प्रवाहित होनेवाली धारा का सीधा समानुपाती होता है।



चित्र 3.8

अब विभवांतर (V) को x-अक्ष पर तथा धारा (I) को y-अक्ष पर रखकर एक ग्राफ खींचा जाता है तो एक सरल रेखा के रूप में प्राप्त होती है जो ओम के नियम को साबित करती है।

ऐमीटर एवं वोल्टमीटर की सहायता से किसी चालक तार का प्रतिरोध ज्ञात करना : किसी चालक तार का प्रतिरोध ज्ञात करने के लिए चालक तार, ऐमीटर, वोल्टमीटर, दाब कुंजी, बैटरी, परिवर्तनशील प्रतिरोध इत्यादि लेकर चित्रानुसार (चित्र 3.7) सजा दिया जाता है। ऐमीटर को श्रेणीक्रम में तथा वोल्टमीटर को समांतरक्रम में जोड़ा जाता है।

अब दाब कुंजी दबाकर बैटरी से धारा प्रवाहित की जाती है ऐमीटर से धारा (I_1) तथा वोल्टमीटर से विभवांतर (V_1) का मान ज्ञात कर लिया जाता है। इसके बाद स्लाइड पर परिवर्तनशील प्रतिरोध को आगे-पीछे खिसकाकर प्रयोग को बार-बार दुहराया जाता है। भिन्न-भिन्न स्थितियों में ऐमीटर से क्रमशः धारा I_2, I_3, I_4 तथा I_5 एवं वोल्टमीटर से क्रमशः विभवांतर V_2, V_3, V_4 तथा V_5 का मान प्राप्त कर लिया जाता है। अब ओम के नियम से प्राप्त सूत्र $R = \frac{V}{I}$ का उपयोग करते हुए क्रमशः R_1, R_2, R_3, R_4 तथा R_5 का मान ज्ञात करके उन सभी प्रतिरोधों का औसत प्रतिरोध प्राप्त किया जाता है जो उस चालक तार का सही प्रतिरोध होता है।

सावधानियाँ (Precautions) :

(i) परिपथ में ऐमीटर को श्रेणीक्रम में तथा वोल्टमीटर को समांतरक्रम में जोड़ना चाहिए।

(ii) विद्युत परिपथ को पूरा करने के लिए सभी पेंचों को ठीक से कस देना चाहिए।

(iii) वोल्टमीटर के धनात्मक सिरे को कुंडली के अधिक विभव वाले सिरे से तथा ऋणात्मक सिरे को कम विभव वाले सिरे से जोड़ना चाहिए।

(iv) जब पठन नहीं लेना हो तो दाब कुंजी हटा लेना चाहिए।

ओम के नियम में ताप को अचर रखा जाता है : चालक का प्रतिरोध ताप के परिवर्तन से बदलता है। ऐसा होने पर चालक से प्रवाहित होनेवाली धारा का भी सही-सही मान नहीं प्राप्त होता है। अर्थात् एक साथ कई मान बदल जाते हैं। अतः ओम का नियम अचर ताप पर ही सही होता है।

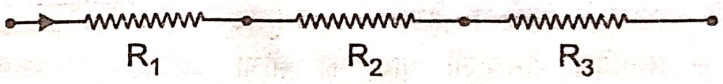
प्रतिरोधों का संयोजन
(Grouping or combination of resistances)

प्रतिरोधों को प्रायः दो प्रकार से संयोजित किया जाता है—

(A) श्रेणीक्रम संयोजन और (B) समांतरक्रम संयोजन।

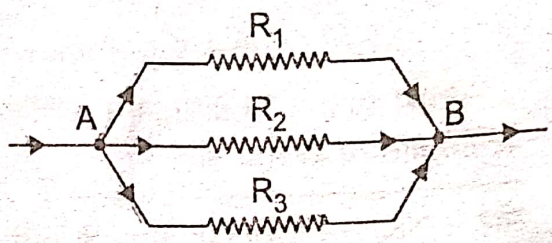
यदि प्रतिरोध बढ़ाना होता है तो अलग-अलग प्रतिरोधों को श्रेणीक्रम में संयोजित किया जाता है लेकिन यदि प्रतिरोध घटाना होता है तो उन अलग-अलग प्रतिरोधों को समांतरक्रम संयोजन में संयोजित किया जाता है।

[A] **श्रेणीक्रम संयोजन** (Series combination) : अनेक प्रतिरोधों को श्रेणीक्रम संयोजन में जुड़ा हुआ तब कहा जाता है जब पहले प्रतिरोध का अंतिम छोर दूसरे प्रतिरोध के प्रथम छोर से, दूसरे प्रतिरोध का अंतिम छोर तीसरे प्रतिरोध के पहले छोर से इत्यादि क्रम में जुड़ा रहता है तथा उन सभी प्रतिरोधों से एक समान विद्युत धारा प्रवाहित होती है।



चित्र 3.9

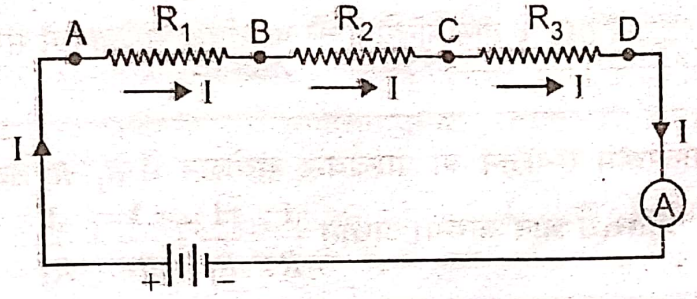
[B] **समांतरक्रम संयोजन** (Parallel combination) : अनेक प्रतिरोधों को समांतरक्रम संयोजन में जुड़ा हुआ तब कहा जाता है जब उन सभी प्रतिरोधों का बायाँ छोर एक बिन्दु पर तथा दायाँ छोर दूसरे बिन्दु पर संयोजित रहता है तथा उन सभी प्रतिरोधों से अलग-अलग धारा प्रवाहित होती है। ऐसे संयोजन को पार्श्ववद्ध संयोजन भी कहा जाता है।



चित्र 3.10

अनेक प्रतिरोधों का समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करना।

[A] **श्रेणीक्रम संयोजन में R_1, R_2 तथा R_3 प्रतिरोधों का समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करना। अर्थात् $R = R_1 + R_2 + R_3$**



चित्र 3.11

माना कि R_1, R_2 तथा R_3 तीन प्रतिरोध हैं जो श्रेणीक्रम में संयोजित हैं। इन सभी प्रतिरोधों से एक समान धारा I प्रवाहित होती है। साथ ही माना कि बिन्दु A, बिन्दु B, बिन्दु C तथा बिन्दु D पर के विभव क्रमशः V_A, V_B, V_C तथा V_D हैं।

ओम के नियम से प्राप्त सूत्र $V = IR$ के अनुसार

R_1 प्रतिरोध के छोरों के बीच का विभवांतर $V_A - V_B = IR_1$ ... (1)

R_2 प्रतिरोध के छोरों के बीच का विभवांतर $V_B - V_C = IR_2$ ... (2)

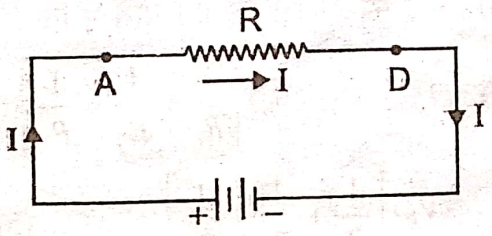
R_3 प्रतिरोध के छोरों के बीच का विभवांतर $V_C - V_D = IR_3$ ... (3)

समीकरण (1) + (2) + (3) से हम पाते हैं कि

$$V_A - V_B + V_B - V_C + V_C - V_D = I(R_1 + R_2 + R_3)$$

$$\Rightarrow \quad V_A - V_D = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad \text{... (4)}$$

अब यदि R_1, R_2 तथा R_3 प्रतिरोधों का समतुल्य प्रतिरोध R हो, तो R प्रतिरोध के छोर के बीच विभवांतर $V_A - V_D = IR$ ... (5)



चित्र 3.12

समीकरण (4) एवं (6) से हम पाते हैं कि

$$IR = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad \Rightarrow \quad \boxed{R = R_1 + R_2 + R_3}$$

इससे स्पष्ट है कि श्रेणीक्रम में संयोजित अनेक प्रतिरोधों के समतुल्य प्रतिरोध का मान प्रत्येक प्रतिरोध से बड़ा होता है।

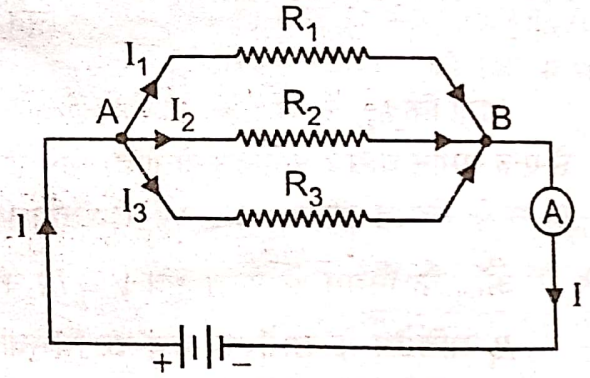
नोट : यदि समान मान r के n प्रतिरोध श्रेणीक्रम संयोजन में संयोजित हो तो उनका समतुल्य प्रतिरोध $\boxed{R = nr}$ होगा।

PRACTICE PROBLEM

1. 3Ω के तीन प्रतिरोधों को समांतर क्रम समूहन में समूहित करने पर समतुल्य प्रतिरोध क्या होगा? [उत्तर : 1Ω]
2. $2\Omega, 3\Omega$ तथा 6Ω के तीन प्रतिरोधों को पार्श्ववद्ध संयोजन में संयोजित करने पर समतुल्य प्रतिरोध क्या होगा? [उत्तर : 1Ω]

[B] समांतरक्रम संयोजन या पार्श्ववद्ध संयोजन में R_1, R_2 तथा R_3 प्रतिरोधों का समतुलय प्रतिरोध ज्ञात करना। अर्थात् $\dfrac{1}{R} = \dfrac{1}{R_1} + \dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_3}$

माना कि R_1, R_2 तथा R_3 तीन प्रतिरोध हैं जो समांतर क्रम में संयोजित हैं। साथ ही V वोल्ट का बैटरी आरोपित करके परिपथ से मुख्य धारा I प्रवाहित की जाती है जो क्रमशः I_1, I_2 तथा I_3 में विभक्त हो जाती है।



चित्र 3.13

अर्थात् $I = I_1 + I_2 + I_3$ ... (1)

अब ओम के नियमानुसार,

R_1 प्रतिरोध के छोरों के बीच प्रवाहित होनेवाली धारा $I_1 = \dfrac{V_A - V_B}{R_1}$ ... (2)

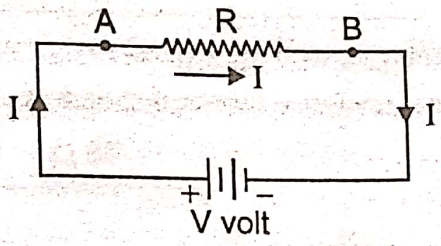
R_2 प्रतिरोध के छोरों के बीच प्रवाहित होनेवाली धारा $I_2 = \dfrac{V_A - V_B}{R_2}$ ... (3)

R_3 प्रतिरोध के छोरों के बीच प्रवाहित होनेवाली धारा $I_3 = \dfrac{V_A - V_B}{R_3}$ ... (4)

समीकरण (2) + (3) + (4) को जोड़ने पर हम पाते हैं कि

$$I_1 + I_2 + I_3 = (V_A - V_B)\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right]$$

$$\Rightarrow \qquad I = (V_A - V_B)\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right] \quad \text{... (5)} \quad [\because I = I_1 + I_2 + I_3]$$



चित्र 3.14

अब यदि R_1, R_2 तथा R_3 प्रतिरोधों का समतुल्य प्रतिरोध R हो, तो R प्रतिरोध के छोरों के बीच प्रवाहित होनेवाली धारा

$$I = \frac{V_A - V_B}{R} \quad \ldots (6)$$

समीकरण (5) एवं (6) से हम पाते हैं कि

$$\frac{(V_A - V_B)}{R} = (V_A - V_B)\left[\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right] \Rightarrow \boxed{\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

इससे स्पष्ट है कि समांतरक्रम में संयोजित अनेक प्रतिरोधों का समतुल्य प्रतिरोध का मान प्रत्येक प्रतिरोध से छोटा होता है।

निष्कर्षतः समानान्तर क्रम में संयोजित प्रतिरोधों के व्युत्क्रमों का योगफल उनके समतुल्य प्रतिरोध के व्युत्क्रम के तुल्य होता है।

☛ **नोट :** यदि समान मान r के n प्रतिरोध समांतरक्रम समूहन में संयोजित हों तो उनका समतुल्य प्रतिरोध $\boxed{R = r/n}$ होगा।

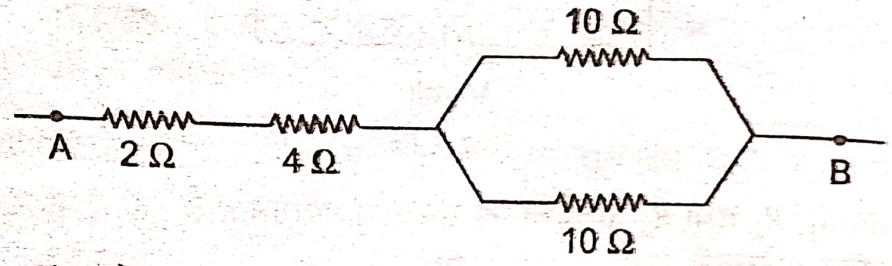
PRACTICE PROBLEM

1. 3Ω के तीन प्रतिरोधों को समांतर क्रम समूहन में समूहित करने पर समतुल्य प्रतिरोध क्या होगा? [उत्तर : 1Ω]
2. $2\Omega, 3\Omega$ तथा 6Ω के तीन प्रतिरोधों को पार्श्ववद्ध संयोजन में संयोजित करने पर समतुल्य प्रतिरोध क्या होगा? [उत्तर : 1Ω]

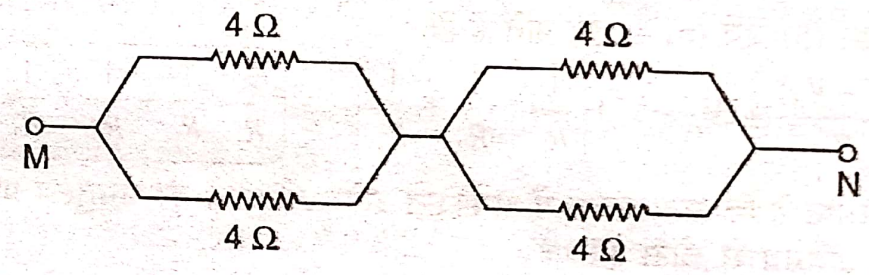
(C) स्वयं जाँच कीजिए
(Test yourself)

1. ओम का नियम लिखें। (Write Ohm's law.)
2. ओम के नियम में ताप को अचर रखा जाता है। क्यों?
   Why temperature is kept constant in Ohm's law?
3. ओम के नियम से प्राप्त सूत्र को लिखें।
   Write the formula obtained from Ohm's law.
4. R_1 तथा R_2 प्रतिरोधों का समतुल्य प्रतिरोध क्या होगा यदि R_1 एवं R_2 (a) श्रेणीक्रम में एवं (b) समांतर क्रम में जोड़ा जाता है।
   What will be equivalent resistance of R_1 and R_2 if they are connected (a) in series and (b) in parallel.

5. A और B के बीच समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करें।
Find the equivalent resistance between A and B. [उत्तर : 11 Ω]



6. M एवं N के बीच समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करें।
Find the equivalent resistance between M and N. [उत्तर : 4Ω]



विद्युत धारा का ऊष्मीय प्रभाव
(Heating effect of electric current)

ऊर्जा संरक्षण के नियम से हम जानते हैं कि ऊर्जा न तो उत्पन्न की जा सकती है और न ही ऊर्जा को नष्ट किया जा सकता है बल्कि एक रूप से दूसरे रूप में रूपांतरित हो जाती है।

ऊर्जा के विभिन्न प्रकारों में विद्युत भी एक ऊर्जा का रूप है जिसे आसानी से संयंत्रों की सहायता से एक रूप से दूसरे रूप में परिणत किया जा सकता है। उदाहरणस्वरूप, विद्युत मोटर और पंखा द्वारा विद्युत ऊर्जा को गतिज ऊर्जा में बदला जाता है। इसके अतिरिक्त हीटर द्वारा विद्युत ऊर्जा को ऊष्मा ऊर्जा में बदला जाता है जबकि बल्ब की सहायता से विद्युत ऊर्जा को प्रकाश ऊर्जा में बदला जाता है।

आधुनिक युग में विद्युत के बिना जीवन की कल्पना करना कठिन है।

चालक में ऊष्मा के रूप में विद्युत ऊर्जा का अंतरण

चालक में आरोपित विभवांतर के अधीन जब इलेक्ट्रॉन गतिशील होते हैं तब परमाणुओं से उनकी बारंबार टक्कर होती है इन टक्करों के कारण इलेक्ट्रॉन विद्युत क्षेत्र से प्राप्त की हुई ऊर्जा को खो देते हैं और यह ऊर्जा उन कणों को प्राप्त हो जाता है जिनसे इलेक्ट्रॉन टकराता है फलस्वरूप परमाणुओं की औसत गतिज ऊर्जा बढ़ जाती हैं। इस प्रकार चालक में ऊष्मा के रूप में विद्युत ऊर्जा का अन्तरण होता है।

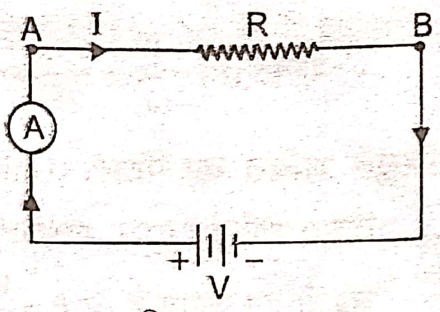
अतः, जब किसी चालक से विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो चालक गर्म हो जाता है।

सूत्र $Q = I^2 Rt$ का निगमन

विभव की परिभाषा से स्पष्ट है, यदि किसी चालक के सिरों पर का विभवांतर V वोल्ट हो तो एक कूलॉम आवेश को एक सिरे से दूसरे सिरे तक जाने में किया गया कार्य

$$W = V \times 1 \text{ J}$$

इसी तरह यदि Q कूलॉम आवेश को एक सिरे से दूसरे सिरे तक ले जाया जाए तो किया गया कार्य $W = V \times Q$ J होगा।



चित्र 3.15

$$\Rightarrow \quad W = IR \times Q \quad [\because V = IR]$$

$$= IR \times It \quad [\because Q = It]$$

$$W = I^2Rt \text{ J} \qquad \ldots (1)$$

यदि किया गया सम्पूर्ण कार्य ऊष्मा (Q) के रूप में परिणत हो और इसे Q से व्यक्त किया जाए तो $Q = I^2Rt$ J

☛ **नोट :** प्राप्त ऊष्मा को यदि कैलोरी में व्यक्त किया जाए और इसे H से सूचित किया जाए तो $H = 0.24\, I^2Rt$ cal $[\because 1 \text{ cal} = 4.2 \text{ J}]$

जूल का ऊष्मीय नियम (Joule's heating law)

किसी चालक से प्रवाहित धारा के कारण उत्पन्न ऊष्मा संबंधी नियम का प्रतिपादन जूल ने किया था जिसे जूल का ऊष्मीय नियम कहते हैं। इस नियम के अनुसार चालक में उत्पन्न ऊष्मा (Q)

(i) उस चालक से प्रवाहित होनेवाली विद्युत धारा (I) के वर्ग के सीधा समानुपाती होती है। अर्थात् $Q \propto I^2$ (जहाँ R एवं t अचर है)

(ii) चालक के प्रतिरोध (R) का सीधा समानुपाती होती है।
अर्थात् $Q \propto R$ (जहाँ I एवं t अचर है)

(iii) चालक से प्रवाहित होनेवाली धारा में लगे समय (t) का सीधा समानुपाती होती है। अर्थात् $Q \propto t$ (जहाँ I और R अचर है)

विद्युत शक्ति (Electric power)

एक सेकेण्ड (1 sec) में किसी विद्युतीय उपकरण द्वारा उपभुक्त (consumed) विद्युत ऊर्जा को उस उपकरण की विद्युत शक्ति कहा जाता है। इसे प्रायः 'P' से सूचित किया जाता है तथा इसका S.I. मात्रक वाट होता है।

यदि t sec में किया गया विद्युतीय कार्य W हो तो विद्युत शक्ति

$$P = W / t \qquad \ldots (1)$$

$$\because \quad W = I^2Rt \Rightarrow P = \frac{I^2Rt}{t} \Rightarrow \boxed{P = I^2R} \qquad \ldots (2)$$

पुनः हम जानते हैं कि $W = V \times Q \Rightarrow W = VIt \quad [\because Q = It]$

$$\therefore \quad P = \frac{W}{t} = \frac{VIt}{t} \Rightarrow \boxed{P = VI} \qquad \ldots (3)$$

यदि इन पदों को मात्रक के रूप में व्यक्त किया जाए तो

वाट = वोल्ट × ऐम्पियर

पुनः $\quad W = V \times Q = VIt = V \times \frac{V}{R} \times t \quad [\because$ ओम के नियम से $I = V / R]$

$$\Rightarrow \quad W = \frac{V^2}{R} \times t$$

$$\therefore \text{ शक्ति } (P) = \frac{W}{t} = \frac{V^2 \times t}{R \times t} \quad \therefore \boxed{P = \frac{V^2}{R}} \qquad \ldots (4)$$

विद्युत शक्ति का मात्रक (Units of Electric Power)

विद्युत शक्ति का S.I. मात्रक 'वाट' होता है।

सूत्र से हम जानते हैं कि $P = \frac{W}{t} \Rightarrow 1 \text{ वाट} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ सेकेण्ड}}$

अर्थात् 1 जूल प्रति सेकेण्ड कार्य करने की दर को 1 वाट कहते हैं।

विद्युत शक्ति का बड़ा मात्रक इस प्रकार है—

(i) 1 किलोवाट (kW) = 1000 वाट $= 10^3$ वाट

(ii) 1 मेगावाट (MW) $= 10^6$ वाट

इसके अतिरिक्त विद्युत शक्ति का व्यवहारिक मात्रक अश्व शक्ति (H.P.) होता है।

अर्थात् 1 अश्व शक्ति (Horse power) = 746 वाट

$\Rightarrow$ $\boxed{1 \text{ H.P.} = 746 \text{ watt}}$

PRACTICE PROBLEM

220 V पर 60 W के बल्ब से होकर प्रवाहित होनेवाली विद्युत धारा का मान ज्ञात करें।

[उत्तर : $\frac{3}{11}$ A]

विद्युत ऊर्जा (Electric energy)

आरोपित विभवांतर के अधीन जब किसी चालक से आवेश प्रवाहित होता है तो विद्युतीय कार्य का होना समझा जाता है।

यदि आरोपित विभवांतर V के अधीन Q कूलम्ब आवेश को विद्युतीय क्षेत्र में एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में किया गया कार्य W हो तो, $V = W / Q$

$\therefore \quad \boxed{W = VQ}$

विद्युतीय कार्य की मात्रा को विद्युत ऊर्जा कहते हैं।

विद्युत ऊर्जा का मात्रक (Unit of Electric Energy)

विद्युत ऊर्जा का S.I. मात्रक जूल होता है।

इसे निम्न प्रकार से परिभाषित किया जा सकता है—

1 वोल्ट विभवांतर के अधीन चालक से 1 कूलम्ब आवेश प्रवाहित करने पर किया गया कार्य 1 जूल के बराबर होता है।

अर्थात् 1 जूल = 1 कूलम्ब × 1 वोल्ट

विद्युत ऊर्जा का बड़ा मात्रक किलोजूल (kJ) तथा मेगा जूल (MJ) होता है।

$\boxed{1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}}$ $\boxed{1 \text{ MJ} = 10^6 \text{ J}}$

विद्युत ऊर्जा का व्यवसायिक मात्रक **किलोवाट घंटा (kWh)** होता है।

यदि विद्युत परिपथ में एक घंटे तक एक किलोवाट (1 kW) की दर से विद्युत का उपभोग होता है तो समझा जाता है कि परिपथ में 1 kWh विद्युत ऊर्जा का उपभोग हुआ।

1 kWh को एक यूनिट विद्युत ऊर्जा कहते हैं।

$$1\ \text{kWh} = 1000\ \text{Wh} = 10^3\ \text{Wh}$$

आजकल उपभोक्ताओं को उपभुक्त विद्युत ऊर्जा का पाठ्यांक B.O.T. यूनिट में ही प्राप्त होता है।

1 B.O.T. (Board of Trade Unit) यूनिट = 1 kWh

$\Rightarrow$ 1 B.O.T. यूनिट $= 1000\ \text{W} \times (60 \times 60)\ \text{sec}$

$= 36 \times 10^5\ \text{W sec} = 36 \times 10^5\ \text{J}$

$\Rightarrow$ 1 B.O.T. यूनिट $= 1\ \text{kWh} = 3.6 \times 10^6\ \text{J}$

$\Rightarrow$ $1\ \text{kWh} = 3.6\ \text{MJ}$

☛ **नोट :** यह ध्यान रखें कि वाट एवं किलोवाट शक्ति का मात्रक है जबकि वाट घंटा एवं किलोवाट घंटा ऊर्जा का मात्रक है।

Example : एक विद्युत बल्ब पर अंकित 220 V – 100 W का क्या अर्थ है?

इसका अर्थ है 220 V विभवांतर पर उस बल्ब द्वारा प्रति सेकेण्ड 100 जूल विद्युत ऊर्जा का उपभोग होता है। अर्थात् उस बल्ब की शक्ति 100 watt है।

इसके अतिरिक्त उस बल्ब से प्रवाहित होनेवाली विद्युत धारा तथा उस बल्ब का प्रतिरोध ज्ञात किया जा सकता है।

हम जानते हैं कि $P = V \times I$

$$\Rightarrow \quad 100 = 220 \times I \Rightarrow I = \frac{100}{220} = \frac{5}{11}\ \text{A} \Rightarrow I = \frac{5}{11}\ \text{A}$$

उस बल्ब का प्रतिरोध $(R) = \frac{V}{I} = \frac{220}{5} \times 11 = 44 \times 11 \Rightarrow R = 484\ \Omega$.

अतः उस बल्ब का प्रतिरोध 484 Ω है तथा उस बल्ब से $\frac{5}{11}$ A की धारा प्रवाहित हो रही है।

PRACTICE PROBLEM

एक छात्र 100 वाट का बल्ब 6 घंटे जलाकर प्रतिदिन रात में पढ़ता है। बिजली का बिल सितम्बर माह का क्या आएगा यदि विद्युत ऊर्जा का मूल्य 40 पैसे प्रति यूनिट हो?

[उत्तर : 7.20 रु॰]

(D) स्वयं जाँच कीजिए

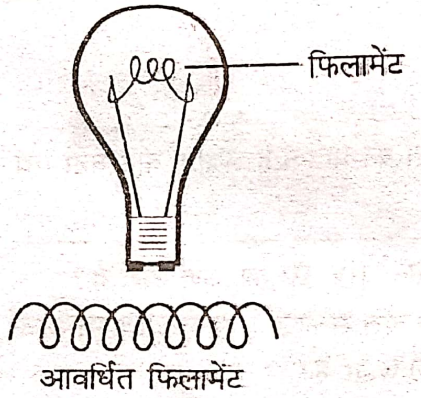
(Test yourself)

1. विद्युत ऊर्जा एवं विद्युत शक्ति को परिभाषित करें।
   Define electric energy and electric power.
2. जूल का ऊष्मन नियम लिखें। (Write Joule's heating law.)
3. विद्युत ऊर्जा का व्यवसायिक मात्रक लिखें।
   Write the commerical unit of electric energy.

4. विद्युत शक्ति का S.I. मात्रक लिखें। (Write the S.I. unit of electric power.)
5. B.O.T. unit क्या है? (What is B.O.T. unit?)
6. किलोवाट घंटा (kWh) किस राशि का मात्रक है?
[Which quantity of the unit kilowatt hour (kWh).]

विभिन्न प्रकार के विद्युत ताप उपकरण एवं विद्युत युक्तियाँ

[A] **विद्युत बल्ब** (Electric Bulb) : विद्युत बल्ब विद्युत धारा के ऊष्मीय प्रभाव को दर्शाता है। बल्ब के अन्दर का चालक तार इतना गर्म हो जाता है कि उससे प्रकाश निकलने लगता है। अतः इसे तापदीप्त लैम्प भी कहते हैं।



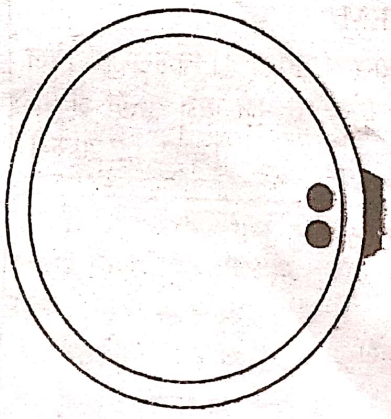
चित्र 3.16

विद्युत बल्ब काँच का बना होता है। इसके अन्दर टंगस्टन तार का बना तंतु (फिलामेंट) होता है (टंगस्टन का गलनांक काफी अधिक अर्थात् 3000°C से अधिक होता है।) बल्ब के अन्दर की हवा निकालकर उसमें निष्क्रिय गैस भर दी जाती है क्योंकि यदि हवा की उपस्थिति में ही फिलामेंट से धारा प्रवाहित कराई जाए तो गर्म होने पर यह ऑक्सीकृत होकर भंगुर हो जाएगा तथा चूर-चूर हो जाएगा। दूसरे शब्दों में टंगस्टन के वाष्पन को रोकने के लिए ही बल्ब के अन्दर कुछ मात्रा में निष्क्रिय गैस भर दिया जाता है।

फिलामेंट के सिरों को चालक तार द्वारा बल्ब के आधार से जोड़ दिया जाता है। बल्ब का आधार एक होल्डर से लगाया जाता है जिससे धातु के पिन चालक तारों को स्पर्श करते रहते हैं। ये पिन मुख्य तार से भी जुड़ा रहता है।

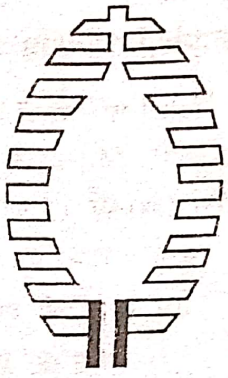
जब स्वीच दबाकर धारा प्रवाहित की जाती है तो फिलामेंट से प्रवाहित होने पर यह उच्च प्रतिरोध उत्पन्न करता है जिसके कारण फिलामेंट गर्म हो जाता है जब ताप काफी अधिक हो जाता है तो बल्ब दीप्त होने लगता है। इसलिए इसे तापदीप्त लैम्प भी कहा जाता है।

[B] **विद्युत हीटर** (Electric Heater) : विद्युत हीटर में धातु के आधार पर चीनी मिट्टी की एक चिपटी प्लेट लगी रहती है जिसमें वक्राकार खाँचे बनी रहती हैं। इन वक्राकर खाँचों में नाइक्रोम (निकेल + क्रोमियम) तार की बनी कुंडली फैली रहती हैं तथा इसके सिरे मुख्य तारों से जुड़े रहते हैं। नाइक्रोम तार का विशिष्ट प्रतिरोध एवं गलनांक काफी अधिक होता है। प्रबल धारा प्रवाहित करने पर भी यह गलता नहीं है। इसलिए इसका उपयोग कुंडली के रूप में किया जाता है।


चित्र 3.17

हीटर की कुण्डली में प्रबल धारा प्रवाहित करने पर कुण्डली काफी गर्म होकर लाल हो जाती है तथा काफी ऊष्मा प्रदान करती है। इसलिए विद्युत हीटर का उपयोग चूल्हे के रूप में भी किया जाता है। इसी आधार पर अन्य युक्तियाँ जैसे बॉयलर एवं टोस्टर भी बनाए जाते हैं।

[C] **विद्युत इस्त्री** (Electric Iron) : विद्युत इस्त्री में ऊष्मीय अवयव नाइक्रोम की पतली पत्ती का बना होता है। अभ्रक की पत्ती पर नाइक्रोम का तार लपेटा रहता है। इस पत्ती को ऊपर और नीचे से अभ्रक की ही दो पत्तियों के बीच रखते हुए लोहे के प्लेट के ऊपर कस दिया जाता है ताकि इस्त्री के बाहरी ढाँचे से विद्युत सम्पर्क न रहे।



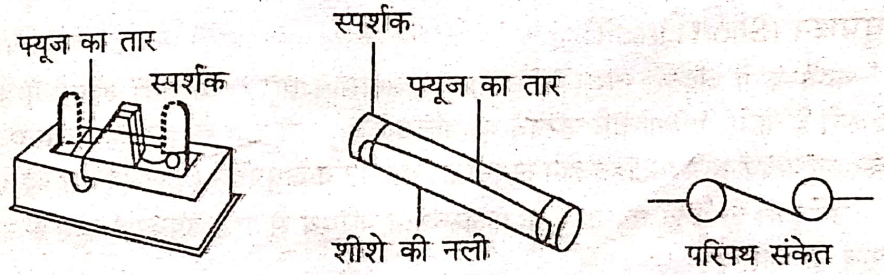
चित्र 3.18

तार से जब धारा प्रवाहित कराई जाती है तो यह गर्म होकर लोहे की प्लेट को गर्म कर देती है जो कपड़ों की सिलवटें दूर करती है।

[D] **विद्युत विकिरक** (Electric radiator) : विद्युत विकिरक में चीनी मिट्टी के पतले बेलन पर नाइक्रोम तार की कुंडली लपेट दी जाती है। साथ ही बेलन धातु के एक चमकीले परवलयाकार परावर्त्तक के रेखा-फोकस पर व्यवस्थित कर दिया जाता है। कुंडली से जब प्रबल धारा प्रवाहित की जाती है तो यह गर्म होकर लाल हो जाता है। फलस्वरूप विकरित ऊष्मा आगे की ओर परिचालित हो जाती है।

[E] **विद्युत फ्यूज** (Electric fuse) : फ्यूज सुरक्षा की एक युक्ति है। अतिभारण एवं लघुपथन से परिपथ की सुरक्षा के लिए इसका उपयोग किया जाता है।

विद्युत परिपथ में अचानक किसी कारणवश धारा का प्राबल्य बढ़ जाने से परिपथ में लगी युक्तियाँ जलकर नष्ट हो सकती हैं। इसलिए इन युक्तियों को नष्ट होने से बचाने के लिए परिपथ में जहाँ-तहाँ फ्यूज लगा दिया जाता है।



चित्र 3.19

फ्यूज में ऐसे तार का उपयोग किया जाता है जिसका गलनांक बहुत कम होता है। प्रायः ताँबे तथा टिन अथवा शीशा एवं टिन के मिश्रधातु के तार का उपयोग किया जाता है जिसका गलनांक बहुत कम होता है। जैसे ही अत्यधिक धारा प्रवाहित होती है तो फ्यूज का तार गर्म होकर गल जाता है और परिपथ भंग हो जाती है जिसके फलस्वरूप उसमें लगी युक्तियाँ जलकर नष्ट नहीं होती है। विद्युत परिपथ में फ्यूज हमेशा जीवित तार से जुड़ा रहता है।

मकानों के विद्युत परिपथ में फ्यूज चीनीमिट्टी के आधार पर बना दिखाई देता है जबकि रेडियो, टेलीविजन आदि में इसे शीशे की नली में देखा जाता है।

[F] **फ्यूज की क्षमता** (Power of fuse) : जिस मान पर धारा का प्राबल्य पहुँचते ही फ्यूज गल जाता है, फ्यूज की क्षमता कहलाती है। उदाहरणस्वरूप किसी फ्यूज की क्षमता यदि 15 A हो तो इसका अर्थ है धारा का मान 15 A से बढ़ने पर फ्यूज गल जाएगा।

Sample Problem

किसी परिपथ में जुड़े फ्यूज की क्षमता 5 A है। परिपथ में अधिकतम बल्बों की संख्या क्या होगी, जिन बल्बों को सुरक्षित रूप से उपयोग में लाया जा सकता है, यदि एक बल्ब पर अंकन 100 W – 220 V हो?

हल : माना कि बल्बों की कुल संख्या = x

एक बल्ब की शक्ति = 100 W

$\therefore$ x बल्ब की शक्ति $(P) = 100 \times x$ वाट

विभवांतर $V = 220$ V, धारा $(I) = 5$ A

अब हम जानते हैं कि $P = V \times I \Rightarrow 100 \times x = 220 \times 5$

$$\Rightarrow \quad x = \frac{220 \times 5}{100} \quad \therefore \quad x = 11$$

अतः अधिकतम 11 बल्बों को सुरक्षित रूप में उपयोग में लाया जा सकता है।

अतिभारण (Over loading)

विद्युत परिपथ में बहुत ऐसे उपकरण जुड़े रहते हैं जिनकी शक्ति काफी अधिक होती है। जैसे, विद्युत इस्तरी, वाटर हीटर आदि। जब कभी एक ही समय में उन सभी उपकरणों से धारा प्रवाहित की जाती है तो परिपथ से आवश्यकता से अधिक धारा खींचने लगती है। अर्थात् उपकरणों की कुल शक्ति इस स्वीकृत सीमा से बढ़ जाती है। यह घटना अतिभारण कहलाती है।

लघुपथन (Short circuit)

कभी-कभी जीवित तार (गर्म तार) एवं उदासीन तार (ठंढा तार) आपस में सम्पर्क में आ जाते हैं तो ऐसी स्थिति में परिपथ का प्रतिरोध बहुत ही कम हो जाता है। फलस्वरूप उनसे होकर अत्यधिक धारा प्रवाहित होने लगती है। यह घटना लघुपथन (शार्ट सर्किट) कहलाती है।

उपर्युक्त दोनों ही घटनाओं के फलस्वरूप परिपथ से जुड़े उपकरण बहुत ही गर्म होकर खराब हो जाते हैं।

विद्युत से खतरा

हम जानते हैं कि विद्युत, ऊर्जा का एक बहुत बड़ा स्रोत है। विद्युत के रूप में ऊर्जा के उपयोग से हमें अनेक प्रकार की इच्छित सुख-सुविधाएँ प्राप्त होती हैं। लेकिन थोड़ी-सी असावधानी या लापरवाही से कभी-कभी यह बहुत खतरनाक भी हो सकती है। मानव शरीर का प्रतिरोध लगभग 30,000 ओम है जिसका मुख्य भाग चर्म पर होता है। चर्म गीला होने पर यह 200 से 300 ओम हो जाता है। इसलिए विद्युत परिपथ में धारावाही चालक तार या अन्य किसी बिन्दु को छूने मात्र से झटका लगता है और कभी-कभी यह झटका इतना खतरनाक होता है कि हमारी जान भी जा सकती है।

घरों के विद्युत परिपथ में निम्नलिखित खराबियाँ उत्पन्न होती रहती हैं—

(i) ढीला संयोजन (Loose connection)

(ii) स्विच की खराबी

(iii) संयोजित तार का पुराना हो जाना

(iv) लघुपथन अथवा अतिभारण के कारण चिनगारी का निकलना

(v) उपकरण की खराबी
(vi) संयोजित तार का खुला रह जाना इत्यादि।

खतरा से बचने के लिए सावधानियाँ—

(i) किसी भी प्रकार का खतरा होने पर परिपथ का स्विच तुरन्त ही बन्द कर देना चाहिए।
(ii) स्विचों तथा अन्य जोड़ों पर संयोजन कसा (tight) होना चाहिए।
(iii) संयोजन तार विद्युतरोधी पदार्थ से ढँका रहना चाहिए।
(iv) जब कभी परिपथ के किसी भाग पर मरम्मत का कार्य करना हो तो रबड़ से बने दस्ताने तथा जूते का उपयोग करना चाहिए। उपलब्ध नहीं होने पर इसके बदले सूखी लकड़ी आदि पर भी खड़े होकर मरम्मत कार्य किया जा सकता है।
(v) उपयुक्त क्षमता वाली फ्यूज का उपयोग करना चाहिए साथ ही फ्यूज उपयुक्त पदार्थ का बना होना चाहिए।
(vi) विद्युत उपकरणों को प्रयोग करते समय भू-तार का उपयोग अवश्य करना चाहिए।
(vii) अगर किसी व्यक्ति का सम्पर्क विद्युतित तार से हो जाता है तो उस व्यक्ति को अचालक पदार्थ (प्लास्टिक, लकड़ी आदि) का आधार लेकर छुड़ाना चाहिए।

(E) स्वयं जाँच कीजिए
(Test yourself)

1. विद्युत बल्ब का तंतु टंगस्टन के बनाए जाते हैं, क्यों?
   Why the filament of bulb is made of tungston?
2. विद्युत बल्ब के अन्दर निष्क्रिय गैस भरी जाती है, क्यों?
   Why enert gas is filled inside the bulb?
3. विद्युत फ्यूज क्या है? (What is an electric fuse?)
4. लघुपथन (शॉर्ट सर्किट) तथा अतिभारण क्या है?
   What is short circuit and overloading?
5. विद्युत फ्यूज बनाने के लिए किस पदार्थ का उपयोग किया जाता है?
   Which material are used to make an electric fuse?

स्मरणीय तथ्य
(Points to Remember)

- विद्युत आवेश प्रत्येक वस्तु का आंतरिक गुण होता है जिसे घर्षण द्वारा उत्पन्न किया जा सकता है।
- आवेश दो प्रकार के होते हैं— **धन आवेश** तथा **ऋण आवेश।**
- आवेश का S.I. मात्रक **कूलॉम** होता है।
- गति के लिए मुक्त धन आवेश उच्च विभव से निम्न विभव की ओर जाती है और ऋणावेश निम्न विभव से उच्च विभव की ओर जाती है।
- आवेश की उत्पत्ति का मुख्य कारण इलेक्ट्रॉन का स्थानान्तरण है।
- एक इलेक्ट्रॉन पर 1.6×10^{-19} कूलॉम ऋण आवेश रहता है।
- एकांक धनावेश को अनंत से विद्युत क्षेत्र में किसी बिन्दु तक लाने में किए गए कार्य को उस बिन्दु पर विभव कहते हैं। विभव का S.I. मात्रक **वोल्ट (V)** है।

- पृथ्वी का विभव **शून्य** माना जाता है।
- दो विभवों के बीच के अंतर को **विभवांतर** कहते हैं। इसका S.I. मात्रक **वोल्ट** होता है। इसे **वोल्टमीटर** से मापा जाता है।
- विभवांतर के अधीन आवेश के प्रवाह को **विद्युत धारा** कहते हैं। इसका ए.ई. मात्रक **ऐम्पियर** होता है। इसे **ऐमीटर** से मापा जाता है।
- प्रतिरोध का S.I. मात्रक **ओम** (Ω) होता है।
- ओम के नियम में चालक का ताप अचर रहता है।
- ओम के नियमानुसार $V = IR$
- ऐमीटर को श्रेणीक्रम में तथा वोल्टमीटर को **समांतर क्रम** में जोड़ा जाता है।
- विशिष्ट प्रतिरोध के प्रतिलोम को **विशिष्ट चालकता** कहते हैं।
- चालक पदार्थ के इकाई अनुप्रस्थ परिच्छेद वाले इकाई लंबाई के खंड का प्रतिरोध उसका **विशिष्ट प्रतिरोध (प्रतिरोधकता)** कहलाता है।
- अतिचालक पदार्थ का विशिष्ट प्रतिरोध एक विशेष ताप के नीचे शून्य हो जाता है।
- गतिशील इलेक्ट्रॉनों का परमाणुओं से बारंबार टक्कर के फलस्वरूप विद्युत ऊर्जा का ऊष्मा के रूप में अंतरण होता है।
- धारा के प्रवाह से ऊष्मा में अंतरित ऊर्जा का परिमाप $Q = I^2Rt$ जूल सूत्र से प्राप्त होता है।
- **1 cal = 4.2 J**
- एक सेकेण्ड में किसी विद्युतीय उपकरण द्वारा उपभोक्त विद्युत ऊर्जा को उस उपकरण की विद्युत शक्ति कहते हैं।
- 1 H.P. (अश्व शक्ति) = 746 watt
- विद्युत ऊर्जा का व्यवसायिक मात्रक **किलो वाट घंटा (kWh)** होता है।
- एक किलोवाट घंटा को एक यूनिट (B.O.T. यूनिट) कहते हैं।

1 B.O.T. यूनिट $= 3.6 \times 10^6$ J.

- विद्युत बल्ब के तंतु **टंगस्टन धातु** का बना होता है।
- विद्युत बल्ब के अन्दर **निष्क्रिय गैस** भर दिया जाता है ताकि टंगस्टन का वाष्पन न हो।
- **विद्युत फ्यूज**, सुरक्षा की एक युक्ति है।
- विद्युत फ्यूज, **ताँबा तथा टिन** के मिश्र धातु से बनाया जाता है।
- विद्युत ताप उपकरणों में नाइक्रोम तार का उपयोग व्यापक तौर पर किया जाता है।
- मानव शरीर का प्रतिरोध लगभग **30,000** ओम है।

साधित उदाहरण
(Solved Examples)

1 एक तार के अनुप्रस्थ परिच्छेद से प्रति सेकेण्ड 10^9 इलेक्ट्रॉन पार कर रहे हैं। तार से कितनी धारा प्रवाहित हो रही है? ($e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

हल : ∵ 1 इलेक्ट्रॉन पर आवेश $= 1.6 \times 10^{-19}$ C

∴ 10^9 इलेक्ट्रॉन पर आवेश $= 10^9 \times 1.6 \times 10^{-19}$ C $= 1.6 \times 10^{-10}$ C

अर्थात् $Q = 1.6 \times 10^{-10}$ C, $t = 1$ sec

∴ धारा $(I) = \frac{Q}{t} = \frac{1.6 \times 10^{-10}}{1} = 1.6 \times 10^{-10}$ A.

2 किसी चालक में 2 मिनट 40 सेकेण्ड तक 8860 कूलम्ब आवेश प्रवाहित हो रहा है, तो उस चालक में प्रवाहित होनेवाली धारा का मान ज्ञात करें।

हल : दिया गया है : $Q = 8860$ C

$t = 2$ मिनट 40 सेकेण्ड $= (2 \times 60 + 40)$ सेकेण्ड $= 160$ सेकेण्ड

धारा $(I) = \frac{Q}{t} = \frac{8860}{160} = 55.375$ A.

3 2 कूलम्ब आवेश को अनंत से किसी विद्युतीय क्षेत्र के दो बिन्दु A तथा B तक लाया जाता है। बिन्दु A तक लाने में किया गया कार्य 12 J तथा बिन्दु B तक लाने में किया गया कार्य 16 J है, तो बिन्दु A और B के बीच विभवांतर ज्ञात करें।

हल : **Case 1.** बिन्दु A पर का विभव $V_1 = \frac{W_1}{Q} = \frac{12}{2} = 6$ V

Case 2. बिन्दु B पर का विभव $V_2 = \frac{W_2}{Q} = \frac{16}{2} = 8$ V

$\therefore$ बिन्दु A और B के बीच का विभवांतर $V_2 - V_1 = (8 - 6) = 2$ V.

4 एक तार के श्रेणीक्रम में जुड़े ऐमीटर का पठन 2 A है और उसके समांतर क्रम में जुड़े वोल्टमीटर का पठन 6 V है। तार का प्रतिरोध ज्ञात करें।

हल : $I = 2$ A, $V = 6$ V; प्रतिरोध $(R) = \frac{V}{I} = \frac{6}{2} = 3\,\Omega$.

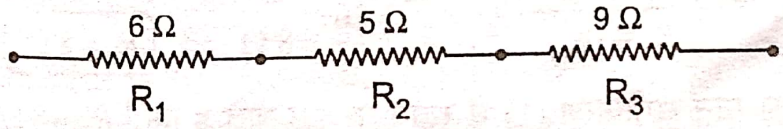
5 एक चालक तार की लंबाई 80 cm तथा इस तार के अनुप्रस्थ परिच्छेद का क्षेत्रफल 0.025 cm^2 है। यदि उस तार का प्रतिरोध 1.50 Ω हो, तो उसका विशिष्ट प्रतिरोध (प्रतिरोधकता) ज्ञात करें।

हल : दिया गया है : $l = 80$ cm, $A = 0.025$ cm^2, $R = 1.50\,\Omega$

विशिष्ट प्रतिरोध $(\rho) = \frac{RA}{l} = \frac{1.5 \times 0.025}{80} = 0.000469\,\Omega$-cm.

6 तीन चालक जिनके प्रतिरोध क्रमशः 6 Ω, 5 Ω तथा 9 Ω हैं को श्रेणीक्रम संयोजन में जोड़ा गया है। इनका समतुल्य प्रतिरोध क्या है?

हल : $R_1 = 6\,\Omega$, $R_2 = 5\,\Omega$ तथा $R_3 = 9\,\Omega$



श्रेणीक्रम संयोजन में समतुल्य प्रतिरोध (R)

$= R_1 + R_2 + R_3 = (6 + 5 + 9)\,\Omega = 20\,\Omega$.

7 चार चालक जिनका प्रतिरोध क्रमशः 24 Ω, 12 Ω, 8 Ω तथा 4 Ω हैं को समांतर क्रम में जोड़ा गया है, इनका समतुल्य प्रतिरोध क्या है?

हल : $R_1 = 24\,\Omega$, $R_2 = 12\,\Omega$, $R_3 = 8\,\Omega$, $R_4 = 4\,\Omega$

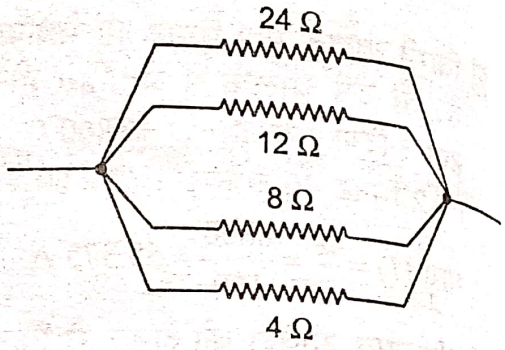
समांतर क्रम संयोजन में,

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{R}=\frac{1}{24}+\frac{1}{12}+\frac{1}{8}+\frac{1}{4}$$

$$=\frac{1+2+3+6}{24}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{1}{R}=\frac{12}{24} \quad \therefore \quad R=\frac{24}{12}=2\,\Omega.$$



8 **3 Ω के तीन प्रतिरोधों को किस प्रकार संयोजित किया जाए कि उसका समतुल्य प्रतिरोध 1 Ω हो।**

हल : श्रेणीक्रम संयोजन में $R=R_1+R_2+R_3=(3+3+3)\,\Omega=9\,\Omega$

समांतर क्रम संयोजन में $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{3}+\frac{1}{3}+\frac{1}{3}=\frac{3}{3}$

$\therefore \quad \boxed{R=1\,\Omega}$

अतः समांतर क्रम संयोजन में समतुल्य प्रतिरोध 1 Ω होगा।

9 **दो चालकों को श्रेणीक्रम एवं समांतर क्रम में जोड़ने पर उनके समतुल्य प्रतिरोध क्रमशः 16 Ω तथा 4 Ω हैं। उनके प्रतिरोध ज्ञात करें।**

हल : श्रेणीक्रम संयोजन में $R=R_1+R_2 \Rightarrow R_1+R_2=16\,\Omega$ ... (1)

समांतर क्रम संयोजन में $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2} \Rightarrow \frac{1}{R}=\frac{R_1+R_2}{R_1R_2} \Rightarrow \frac{1}{4}=\frac{16}{R_1R_2}$

$\therefore \quad R_1R_2=64\,\Omega^2$ ... (2)

हम जानते हैं कि $R_1-R_2=\sqrt{(R_1+R_2)^2-4R_1R_2}$

$$=\sqrt{(16)^2-4\times 64}=\sqrt{256-256}$$

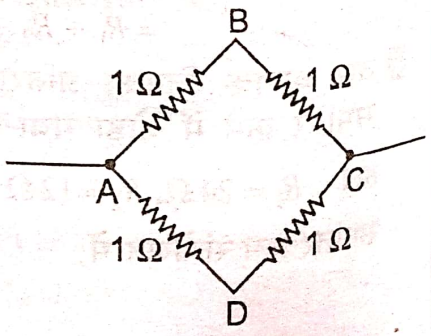
$\therefore \quad R_1-R_2=0\,\Omega$ ... (3)

समीकरण (1) + समीकरण (3) से हम पाते हैं कि

$$R_1+R_2=16$$
$$R_1-R_2=0$$
$$2R_1=16 \quad \therefore \quad R_1=\frac{16}{2}=8\,\Omega \Rightarrow \boxed{R_1=8\,\Omega.}$$ **Ans.**

अब R_1 का मान समीकरण (1) में रखने पर हम पाते हैं कि $\boxed{R_2=8\,\Omega}$ **Ans.**

10 **चार प्रतिरोध निम्न चित्रानुसार जोड़े गए हैं। A तथा C के बीच समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करें।**

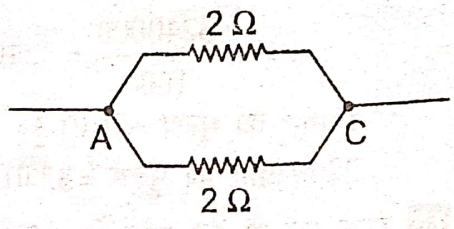


हल : A और C के ऊपर वाले भाग का समतुल्य प्रतिरोध $R_1=(1+1)=2\,\Omega$

पुनः A और C के नीचे वाले भाग का समतुल्य प्रतिरोध $R_2=(1+1)=2\,\Omega$

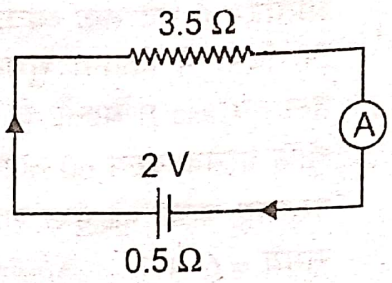
अब A और C के बीच समतुल्य प्रतिरोध

$$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}=\frac{1}{2}+\frac{1}{2}=\frac{2}{2}$$



$\therefore$ $\boxed{R=1\,\Omega.}$

11 चित्रानुसार ऐमीटर द्वारा पढ़ी गई धारा का मान ज्ञात करें।



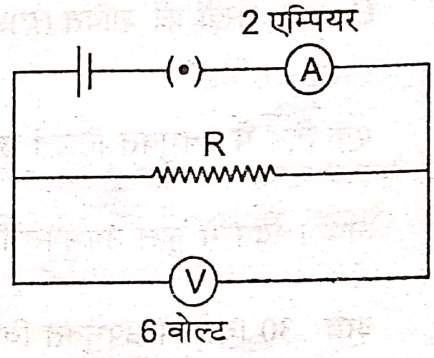
हल : परिपथ का कुल प्रतिरोध

$(R)=(3.5+0.5)=4\,\Omega$

विभवांतर $(V)=2$ V

$\therefore$ धारा $(I)=\dfrac{V}{R}=\dfrac{2}{4}=\dfrac{1}{2}=0.5$ ampere.

12 ऐमीटर A और वोल्टमीटर V चित्रानुसार जोड़े गए हैं जिनके पठन क्रमशः 2 ऐम्पियर तथा 6 वोल्ट हैं। प्रतिरोध R का मान ज्ञात करें।



हल : धारा $(I)=2$ A

विभवांतर $(V)=6$ V

$\therefore$ प्रतिरोध $(R)=\dfrac{V}{I}=\dfrac{6}{2}$

$\therefore$ $\boxed{R=3\,\Omega.}$

13 बिजली की इस्तरी में 200 V विभवांतर के स्रोत से 2 घंटे तक धारा प्रवाहित करने पर कितनी विद्युत ऊर्जा का उपभोग होगा, जबकि इस्तरी का प्रतिरोध 80 Ω है।

हल : दिया गया है : $V=200$ Volt, $t=2$ hour, $R=80\,\Omega$

ओम के नियमानुसार, $I=\dfrac{V}{R}=\dfrac{200}{80}=\dfrac{5}{2}$ A

हम जानते हैं कि $P=V\times I \Rightarrow P=200\times\dfrac{5}{2}=500$ watt

उपभुक्त विद्युत ऊर्जा $=P\times t=500\times 2=1000$ Wh $=1$ kWh.

14 एक बड़े छात्रावास में 360 बिजली के बल्ब जलते हों। प्रत्येक बल्ब 50 W का है और प्रतिदिन 6 घंटे जलता है। विद्युत ऊर्जा का मूल्य ज्ञात करें यदि 40 पैसे प्रति यूनिट हो तो 30 दिनों के महीने के लिए बिजली का बिल कितना आएगा?

हल : बल्बों की कुल संख्या = 360

प्रत्येक बल्ब 50 W का है इसलिए कुल बल्बों की शक्ति

$=360\times 50=18000$ watt

चूँकि प्रतिदिन 6 घंटा जलता है इसलिए 30 दिनों में उपभुक्त विद्युत ऊर्जा

$=30\times 6\times 18000$ Wh $=3240000$ Wh

$$= \frac{3240000}{1000} = 3240 \text{ kWh} = 3240 \text{ unit}$$

$\because$ 1 unit का मूल्य = 0.40 रु०

$\therefore$ 3240 unit का मूल्य $= 3240 \times 0.40 = 1296.00 = 1296$ रु०।

15 **एक घर में 60 वाट के 10 बल्ब और 75 वाट के 4 पंखे लगे हैं। यदि ये प्रतिदिन 6 घंटे तक व्यवहार में लाये जाएँ तो प्रति यूनिट एक रुपया की दर से 30 दिनों में कितना भुगतान करना होगा?**

हल : Case 1. बल्बों की कुल संख्या = 10

चूँकि प्रत्येक बल्ब 60 वाट का है।

इसलिए बल्बों की कुल शक्ति $= 10 \times 60 = 600$ वाट $= \frac{600}{1000}$ किलोवाट

समय = 6 घंटा

एक दिन में उपभुक्त विद्युत ऊर्जा $= \frac{600}{1000} \times 6 = \frac{36}{10}$ kWh

Case 2. पंखों की शक्ति $(P) = 4 \times 75 = 300$ वाट $= \frac{300}{1000} = \frac{3}{10}$ किलोवाट

समय = 6 घंटा

एक दिन में उपभुक्त विद्युत ऊर्जा $= \frac{3}{10} \times 6 = \frac{18}{10}$ kWh

अब 1 दिन में कुल उपभुक्त विद्युत ऊर्जा $= \left(\frac{36}{10} + \frac{18}{10}\right)$ kWh $= \frac{54}{10}$ kWh

अतः 30 दिनों में उपभुक्त विद्युत ऊर्जा $= 30 \times \frac{54}{10} = 162$ kWh $= 162$ unit

$\because$ 1 यूनिट विद्युत ऊर्जा का मूल्य = 1 रुपया

$\therefore$ 162 यूनिट विद्युत ऊर्जा का मूल्य = 162 रुपया।

16 **दो बिजली के बल्बों के प्रतिरोधों का अनुपात 1 : 2 है। दोनों समांतरक्रम में एक स्रोत से जुड़ा है जिसका विभवांतर स्थिर है। दोनों की शक्तियों का अनुपात ज्ञात करें।**

हल : माना कि आनुपातिक राशि $= x$

$\therefore \quad R_1 = x$ तथा $R_2 = 2x$

प्रश्न से, विभवांतर स्थिर है $\therefore V_1 = V_2 = V$

हम जानते हैं कि $P = \frac{V^2}{R}$

$\therefore \quad P_1 = \frac{V^2}{R_1}$ ... (1) तथा $P_2 = \frac{V^2}{R_2}$ ... (2)

$$\therefore \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{V^2}{R_1} \times \frac{R_2}{V^2} = \frac{R_2}{R_1} \Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{2x}{x} = \frac{2}{1}$$

$\therefore$ अनुपात = 2 : 1.

17 **एक किलोवाट की बिजली की केतली में 20°C ताप पर एक किलोग्राम जल है। जल को 100°C तक (बिना उबले) गर्म होने में कितना समय लगेगा? केतली का जल तुल्यांक 500 g है और जल की विशिष्ट ऊष्मा 4.2×10^3 J / kg/°C है।**

हल : दिया गया है— शक्ति $(P) = 1\text{ kW} = 1000\text{ W}$

ताप में परिवर्तन $(\Delta T) = (100 - 20) = 80°\text{C}$

जल की मात्रा $= 1500\text{ g} = \frac{1500}{1000}\text{ kg} = 1500 \times 10^{-3}\text{ kg}$

जल की विशिष्ट ऊष्मा $(C) = 4.2 \times 10^3\text{ J/kg/°C}$

हम जानते हैं कि $P = \frac{W}{t} \Rightarrow W = P \times t$ ... (1)

जहाँ W = किया गया कार्य जो ऊष्मा के रूप में प्रकट होता है। t = समय

पुनः प्राप्त ऊष्मा $(Q) = mc\Delta T$ ... (2)

जहाँ Q = किया गया कार्य ही है जो ऊष्मा के रूप में प्राप्त होता है।

समीकरण (1) और (2) से हम पाते हैं कि $P \times t = mc\Delta T$

$\Rightarrow \quad 1000 \times t = 1500 \times 10^{-3} \times 4.2 \times 10^3 \times 80$

$\Rightarrow \quad t = \frac{1500 \times 4.2 \times 80}{1000} = 120 \times 4.2$

$= 504\text{ sec} = 8$ मिनट 24 सेकेण्ड।

18 एक विद्युत बल्ब का प्रतिरोध 400 Ω है तथा यह 0.5 A की धारा प्राप्त करता है। उस बल्ब की शक्ति ज्ञात करें तथा सिरों के बीच का विभवांतर बताएँ।

हल : दिया गया है— प्रतिरोध $(R) = 400\ \Omega$, धारा $(I) = 0.5\text{ A}$

हम जानते हैं कि

शक्ति $(P) = I^2R = (0.5)^2 \times 400 = 0.25 \times 400 = 100$ Watt.

बल्ब के सिरों के बीच का विभवांतर $(V) = IR = 0.5 \times 00 = 200$ Volt.

19 एक टॉर्च बल्ब का विभवांतर 3 वोल्ट है तथा यह 0.4 ऐम्पियर की धारा प्राप्त करता है। यदि 5 मिनट तक टार्च के बल्ब को जलाया जाता है तो बल्ब द्वारा उपभुक्त विद्युत ऊर्जा का मान ज्ञात करें।

हल : दिया हुआ है— विभवांतर $(V) = 3$ Volt (वोल्ट)

धारा $(I) = 0.4$ Ampere (ऐम्पियर)

समय $(t) = 5$ मिनट $= 5 \times 60 = 300$ सेकेण्ड

बल्ब द्वारा उपभुक्त विद्युत ऊर्जा $(E) = W = V \times Q = V \times It \quad [\because Q = It]$

$= 3 \times 0.4 \times 300 = 360\text{ J.}$

20 एक विद्युत हीटर के कुण्डली का प्रतिरोध 50 Ω है तथा 5 A की धारा खींचता है। यदि हीटर में 5 मिनट तक धारा भेजी जाए तो हीटर द्वारा मुक्त ऊर्जा का मान किलो जूल में बतावें।

हल : दिया हुआ है— धारा $(I) = 5\text{ A}$, प्रतिरोध $(R) = 50\ \Omega$

समय $(t) = 5$ मिनट $= 5 \times 60 = 300$ सेकेण्ड

मुक्त ऊर्जा $(E) = W = I^2Rt$

$= (5)^2 \times 50 \times 300 = 25 \times 50 \times 300$

$= 375000\text{ J} = 375 \times 10^3\text{ J} = 375\text{ kJ.}$

मॉडल प्रश्न
(Model Questions)

बहुविकल्पीय प्रश्न (Multiple Choice Questions)

सही विकल्प चुनें (Pick the correct option)

1. प्रतिरोध का S.I. मात्रक क्या है? [Bihar 2015 (C), 2015 (A), 2017 (C)]
   (A) ऐम्पियर (B) ओम
   (C) अर्ग (D) वोट

2. 1 वोल्ट कहलाता है [Bihar 2016 (A)]
   (A) 1 जूल/सेकेण्ड (B) 1 जूल/कूलॉम
   (C) 1 जूल/एम्पियर (D) इनमें से कोई नहीं

3. निम्नलिखित में से कौन विद्युत विभवान्तर का S.I. मात्रक है? [Bihar 2012 (A); 2018 (A)]
   (A) वाट (B) एम्पीयर
   (C) वोल्ट (D) ओम

4. विद्युत शक्ति का SI मात्रक होता है [Bihar 2013 (C), 2013 (A), 2016 (C)]
   (A) वाट (B) वोल्ट
   (C) ऐम्पियर (D) ओम

5. आवेश का SI मात्रक होता है [Bihar 2011 (C)]
   (A) वोल्ट (B) ओम
   (C) जूल (D) कूलॉम

6. कौन विद्युत का सर्वोत्तम सुचालक है? [Bihar 2016 (A)]
   (A) Cu (B) Ag
   (C) Al (D) Fe

7. विभवान्तर मापने वाले यंत्र को कहा जाता है [Bihar 2016 (A)]
   (A) आमीटर (B) वोल्टमीटर
   (C) गैल्वनोमीटर (D) इनमें से कोई नहीं

8. आमीटर को विद्युत परिपथ में कैसे जोड़ा जाता है? [Bihar 2016 (A)]
   (A) श्रेणीक्रम (B) पार्श्वबद्ध
   (C) 'A' और 'B' दोनों (D) इनमें से कोई नहीं

9. जब किसी चालक तार से विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो गतिशील कण होते हैं [Bihar 2014 (A)]
   (A) परमाणु (B) आयन
   (C) प्रोटॉन (D) इलेक्ट्रॉन

10. विद्युत बल्ब का तंतु बना होता है [Bihar 2013 (A)]
    (A) लोहे का (B) ताँबा का
    (C) टंगस्टन का (D) ऐल्युमिनियम का

11. धारा मापने में किसका उपयोग होता है [Bihar 2017 (C)]
(A) एमीटर (B) वोल्टामीटर
(C) वोल्टमीटर (D) मोनोमीटर

12. एक माइक्रो एम्पीयर विद्युत धारा निम्नलिखित में कौन सी है? [Bihar 2018 (A)]
(A) 10^{-4} A (B) 10^{-5}A
(C) 10^{-6}A (D) 10^{-7}A

13. निम्नलिखित पदार्थों में कौन चालक है?
(A) चीनी-मिट्टी (B) अभ्रक
(C) काँच (D) ऐलुमिनियम

14. विद्युत-परिपथ की शक्ति होती है
(A) VR (B) V^2R (C) $\frac{V}{R}$ (D) $\frac{V^2}{R}$

15. किलोवाट घंटा (kWh) मात्रक है
(A) धारा का (B) समय का
(C) विद्युत ऊर्जा का (D) विद्युत-शक्ति का

16. भारत में उत्पादित प्रत्यावर्ती विद्युत धारा की आवृति है [Bihar 2018 (A)]
(A) 50 Hz (B) 60 Hz
(C) 70 Hz (D) 80 Hz

17. विद्युत वाहक बल किस यंत्र से मापा जाता है?
(A) ऐमीटर (B) थर्मामीटर
(C) वोल्टमीटर (D) वोल्टामीटर

18. किलोवाट घंटा बराबर होता है [Bihar 2017 (C)]
(A) 1 यूनिट (B) 1000 यूनिट
(C) 10,000 यूनिट (D) इनमें कोई नहीं

19. 1 HP (अश्वशक्ति) बराबर होता है [Bihar 2017 (C)]
(A) 746 W (B) 946 W
(C) 756 W (D) 846 W

20. आवेश के एक क्वांटम का मान होता है?
(A) 1 कूलम्ब (B) 0.1 कूलम्ब
(C) 1.6×10^{-19} कूलम्ब (D) 1.6×10^{-12} कूलम्ब

21. घरों में विद्युत परिपथ समूहित रहता है
(A) श्रेणीक्रम (B) समांतर क्रम
(C) मिश्रित क्रम (D) इनमें से कोई नहीं

22. मानव शरीर का प्रतिरोध होता है
(A) 10000 ओम (B) 300 ओम
(C) 300000 ओम (D) 30000 ओम

23. वोल्ट/ऐम्पियर प्रदर्शित करता है
(A) ऐम्पियर^2 (B) वोल्ट^2
(C) ओम (D) वाट

24. ऐम्पियर-सेकेण्ड मात्रक है
(A) विद्युत ऊर्जा का (B) विद्युत वाहक बल का
(C) आवेश का (D) धारा का

25. ओम का नियम सत्य है
(A) केवल धात्विक चालकों के लिए (B) केवल अधात्विक चालकों के लिए
(C) केवल अर्द्धचालकों के लिए (D) सभी के लिए

26. $V \propto I$ का नियम दिया
(A) फैराडे ने (B) वाट ने
(C) ओम ने (D) कूलॉम ने

27. ओम के नियम का सूत्र है
(A) $I = V \times R$ (B) $R = V \times I$
(C) $V = I \times R$ (D) इनमें से कोई नहीं

28. इलेक्ट्रॉन पर कितना आवेश होता है?
(A) 1.6×10^{-19} कूलॉम (B) 16×10^{-19} कूलॉम
(C) 0.16×10^{-19} कूलॉम (D) 1.6×10^{19} कूलॉम

29. 1 कैलोरी बराबर होता है
(A) 6.2 जूल के (B) 4.2 जूल के
(C) 2.2 जूल के (D) 1 जूल के

30. 1 कूलम्ब विद्युत आवेश कितने प्रोटॉनों से बनता है? [Bihar 2014 (C)]
(A) 1.6×10^{-19} (B) 1.6×10^{19}
(C) 6.25×10^{18} (D) 6.25×10^{-18}

31. किसी चालक के छोरों के बीच विभवांतर V, प्रतिरोध R एवं प्रवाहित धारा I के बीच संबंध है [Bihar 2014 (A)]
(A) $I = \frac{R}{V}$ (B) $R = \frac{I}{V}$
(C) $R = \frac{V}{I}$ (D) इनमें से कोई नहीं

32. r ओम प्रतिरोध वाले n प्रतिरोधों को समान्तर क्रम में जोड़ने पर तुल्य प्रतिरोध होगा [Bihar 2014 (C)]
(A) nr (B) $\frac{n}{r}$
(C) $\frac{r}{n}$ (D) इनमें से कोई नहीं

33. किसी कुण्डली का प्रतिरोध ज्ञात करने का सूत्र है [Bihar 2016 (A)]
(A) $R = V \times I$ (B) $R = \frac{V}{I}$
(C) $R = \frac{I}{V}$ (D) $R = V - I$

34. 1 किलोवाट-घंटा निम्नलिखित में किसके बराबर होता है?
[Bihar 2014 (C), 2015 (A)]
(A) 0.36×10^{10} जूल (B) 1.6×10^{-19} जूल
(C) 3.6×10^{6} जूल (D) इनमें से कोई नहीं

35. विद्युत बल्ब में फिलामेंट तार बना होता है [Bihar 2016 (C)]
(A) अल्युमिनियम का (B) ताम्बे का
(C) लोहे का (D) टंगस्टन का

36. किसी चालक के प्रतिरोधकता का मात्रक है [Bihar 2014 (C)]
(A) Ω^{-1} (B) $\Omega \cdot m$
(C) Ω/m (D) इनमें से कोई नहीं

37. विद्युत फ्यूज विद्युत धारा के किस प्रभाव पर कार्य करता है?
[Bihar 2015 (C), 2016 (A)]
(A) ऊष्मीय (B) चुम्बकीय
(C) रासायनिक (D) इनमें से कोई नहीं

38. प्रतिरोध R के किसी तार के टुकड़े को पाँच बराबर भागों में काटा जाता है। इन टुकड़ों को फिर पार्श्वक्रम में संयोजित कर देते हैं। यदि संयोजन का तुल्य प्रतिरोध R' है तो R/R' अनुपात का मान क्या है?
(A) 1/25 (B) 1/5
(C) 5 (D) 25

39. निम्नलिखित में से कौन-सा पद विद्युत परिपथ में विद्युत शक्ति को निरूपित नहीं करता? [Bihar 2015 (C)]
(A) I^2R (B) IR^2
(C) VI (D) V^2 / R

40. किसी विद्युत बल्ब का अनुमंताक 220 V; 100 W है। जब इसे 110 V पर प्रचलित करते हैं तब इसके द्वारा उपभुक्त शक्ति कितनी होती है?
(A) 100 W (B) 75 W
(C) 50 W (D) 25 W

41. दो चालक तार जिनके पदार्थ, लंबाई तथा व्यास समान हैं किसी विद्युत परिपथ में पहले श्रेणीक्रम में और फिर पार्श्वक्रम में संयोजित किए जाते हैं। श्रेणीक्रम तथा पार्श्वक्रम संयोजन में उत्पन्न ऊष्माओं का अनुपात क्या होगा?
(A) 1 : 2 (B) 2 : 1
(C) 1 : 4 (D) 4 : 1

42. किसी वोल्टमीटर के स्केल पर 0 V और 1 V के बीच 20 विभाजन चिह्न है, तो उस वोल्टमीटर का अल्प मापांक है [Bihar 2018 (A)]
(A) 0.5 V (B) 0.05 V
(C) 0.005 V (D) 0.0005 V

43. एक विद्युत हीटर की कुंडली जिसका प्रतिरोध 55Ω है, 220 V के स्रोत से जो विद्युत धारा लेगी, उसका मान होगा [Bihar 2014 (C)]
(A) 4 एम्पियर (B) 40 एम्पियर
(C) 2.5 एम्पियर (D) 25 एम्पियर

44. किसी बल्ब से 1 मिनट में 120 कूलम्ब आवेश प्रवाहित हो रहा है, तो विद्युत धारा का मान है **[Bihar 2015 (A)]**

(A) 1 एम्पीयर (B) 2 एम्पीयर
(C) 3 एम्पीयर (D) 4 एम्पीयर

45. किसी बल्ब से 220 V पर 2 A की धारा प्रवाहित होती है, तो फिलामेंट का प्रतिरोध होगा **[Bihar 2015 (A)]**

(A) 55 Ω (B) 110 Ω
(C) 220 Ω (D) 440 Ω

46. किसी विद्युत बल्ब पर 220 V तथा 100 W अंकित है। जब इसे 110 वोल्ट पर प्रचालित करते हैं तब इसके द्वारा उपभुक्त शक्ति कितनी होती है? **[Bihar 2013 (A)]**

(A) 100 W (B) 75 W
(C) 50 W (D) 25 W

47. 100 W-220 V के विद्युत बल्ब के तंतु का प्रतिरोध क्या होगा? **[Bihar 2012 (C)]**

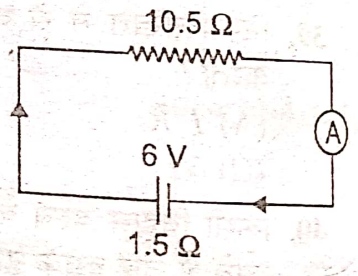
(A) 900 Ω (B) 484 Ω
(C) 220 Ω (D) 100 Ω

48. 100 W का विद्युत बल्ब 250 V के विद्युत मेन से जोड़ा जाता है। बल्ब से प्रवाहित धारा का मान होगा **[Bihar 2014 (A)]**

(A) 0.1 ऐम्पियर (B) 0.4 ऐम्पियर
(C) 2.5 ऐम्पियर (D) 10 ऐम्पियर

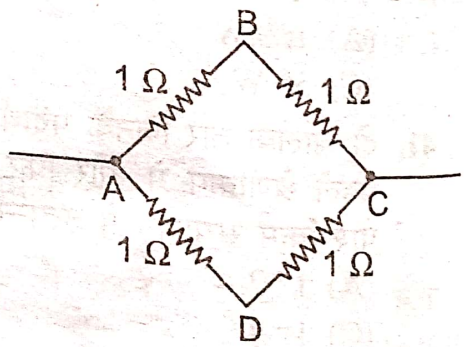
49. चित्रानुसार ऐमीटर द्वारा पढ़ी गई धारा का मान क्या होगा?

(A) 4 ऐम्पियर
(B) 2 ऐम्पियर
(C) 1 ऐम्पियर
(D) 0.5 ऐम्पियर



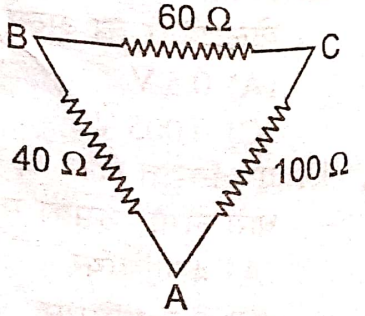
50. 1 ओम के 4 बराबर प्रतिरोध चित्रानुसार जोड़े गए हैं। A तथा C के बीच समतुल्य प्रतिरोध का मान होगा

(A) 1 Ω
(B) 2 Ω
(C) 4 Ω
(D) $\frac{1}{2}$ Ω

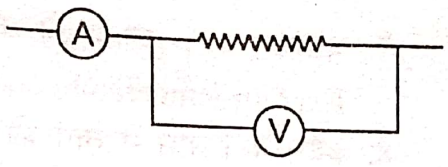


51. तीन प्रतिरोध निम्नांकित चित्र के अनुसार एक त्रिभुज ABC की भुजाओं के रूप में जुड़े हैं। A और B सिरों के मध्य तुल्य प्रतिरोध होगा

(A) 50 Ω
(B) 60 Ω
(C) 32 Ω
(D) 200 Ω



52. चित्र में प्रदर्शित परिपथ में ऐमीटर A का पाठ्यांक 4 ऐम्पियर एवं वोल्टमीटर V का पाठ्यांक 20 वोल्ट है तो प्रतिरोध R का मान होगा



(A) 5Ω (B) 4Ω (C) 6Ω (D) 10Ω

53. यदि R_1 और R_2 प्रतिरोध पार्श्ववद्ध हो तो उनका समतुल्य प्रतिरोध होता है

(A) $R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ (B) $R = R_1 - R_2$

(C) $R = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ (D) $R = R_1 + R_2$

54. 60 W का दो बल्ब प्रतिदिन 5 घंटे जलता है। 30 दिन के महीने में खर्च हुई विद्युत ऊर्जा का मान होगा

(A) 1.8 kWh (B) 18 kWh (C) 180 kWh (D) 1800 kWh

उत्तर (Answers)

1. (B)	2. (B)	3. (C)	4. (A)	5. (C)	6. (C)
7. (B)	8. (A)	9. (D)	10. (C)	11. (A)	12. (C)
13. (D)	14. (D)	15. (C)	16. (A)	17. (C)	18. (B)
19. (A)	20. (C)	21. (B)	22. (D)	23. (C)	24. (C)
25. (A)	26. (C)	27. (C)	28. (A)	29. (B)	30. (B)
31. (C)	32. (A)	33. (B)	34. (C)	35. (D)	36. (B)
37. (A)	38. (D)	39. (B)	40. (D)	41. (C)	42. (B)
43. (A)	44. (B)	45. (C)	46. (D)	47. (B)	48. (C)
49. (D)	50. (A)	51. (C)	52. (A)	53. (C)	54. (B)

लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Type Questions)

[2 अंक स्तरीय]

1. कूलम्ब के नियम को लिखें।
   Write coulomb's law.
2. विभव एवं विभवांतर को समझावें।
   Explain electric potential and potential difference.
3. एक विद्युत परिपथ का आरेख खींचे।
   Draw a circuit diagram.
4. ऐमीटर को श्रेणीक्रम में तथा वोल्टमीटर को समांतरक्रम में जोड़ा जाता है क्यों?
   Why an ameter is connected in series and a voltmeter in parallel?
5. दिष्ट धारा एवं प्रत्यावर्ती धारा को परिभाषित करें।
   Define direct current and alternating current.
6. विशिष्ट प्रतिरोध या प्रतिरोधकता क्या है?
   What is specific resistance or resistivity?

7. प्रतिरोध ताप गुणांक को समझावें।
   Explain temperature coefficient of resistance.
8. ओम के नियम में ताप को अचर रखा जाता है, क्यों?
   Why temperature is kept constant in ohm's law?
9. विद्युत ताप उपकरणों में नाइक्रोम तार का उपयोग किया जाता है, क्यों?
   Why nichrome wires are used in electric thermal devices?
10. विद्युत बल्ब में निष्क्रिय गैस भरी जाती है, क्यों?
    Why inert gases are filled in electric bulbs?
11. विद्युत बल्ब के तंतु टंगस्टन के बनाए जाते हैं, क्यों?
    The filament of an electric bulb in made of tungston. Why?
12. फ्यूज तार घरेलू विद्युत परिपथ में लगाए जाते हैं, क्यों?
    Fuse wire is used in domestic circuit. Why?
13. विद्युत मिस्त्री विद्युत परिपथ पर कार्य करते समय रबर के जूते या दस्ताने का उपयोग करते हैं, क्यों? (An electric man uses rubber shoes or gloves during working on electric circuit. Why?)
14. अतिभारण एवं लघुपथन को समझायें।
    Explain over-loading and short circuit.
15. जूल का ऊष्मीय नियम लिखें।
    Write the joule's heating law.

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Type Questions)

[5 अंक स्तरीय]

1. चालक, अचालक, अर्द्धचालक और अतिचालक को समझाएँ।
   Explain conductor, semi-conductor and super conductor.
2. ओम का नियम क्या है? इसे प्रयोग द्वारा कैसे सत्यापित किया जाता है?
   What is Ohm's law? How is it verified experimentally?
3. ऐमीटर और वोल्टमीटर की सहायता से किसी चालक तार के कुण्डली का प्रतिरोध कैसे ज्ञात करेंगे? (How will determine the resistance of a coil with the help of ammeter and voltmeter?)
4. किसी चालक तार का प्रतिरोध किन-किन बातों पर निर्भर करता है? उल्लेख करें।
   On what factors the resistance of a conducting wire depends, explain them?
5. R_1, R_2 तथा R_3 तीन प्रतिरोधों के श्रेणीक्रम समूहन में समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करने का व्यंजक प्राप्त करें। (Obtain an expression for equivalent resistance of three resistances R_1, R_2 and R_3 in series combination.)
6. R_1, R_2 तथा R_3 तीन प्रतिरोधों के समांतरक्रम समूहन में समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करने का व्यंजक प्राप्त करें।
   Obtain an expression for equivalent resistance of three resistances R_1, R_2 and R_3 in parallel combination.

7. विद्युत धारा के उष्मीय प्रभाव से आप क्या समझते हैं? समझावें।
What do you mean by thermal effect of electric current? Explain.
8. निम्न विद्युत ताप उपकरणों का संक्षेप में वर्णन करें—
(a) विद्युत बल्ब, (b) हीटर, (c) विद्युत इस्तरी
Describe in brief the following thermal devices :
(a) electric bulb, (b) electric heater and (c) electric iron.
9. सूत्र $Q = I^2Rt$ का निगमन करें। (Derive the formula $Q = I^2Rt$.)
10. विद्युत फ्यूज पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखें। (Write short notes on electric fuse.)
11. विद्युत ऊर्जा एवं विद्युत शक्ति की गणना किस प्रकार की जाती है? समझाएँ।
How is electric energy and electric power calculated? Explain.
12. विद्युत के खतरे से बचने के लिए किन-किन बातों पर विशेष ध्यान देना चाहिए?
What precautions should be taken to the danger of electricity?

आंकिक प्रश्न (Numerical Questions)

1. एक चालक में 200 कूलम्ब आवेश 2 मिनट 30 सेकेण्ड तक प्रवाहित हो रहा है। चालक में प्रवाहित होनेवाली धारा का मान ज्ञात करें। [उत्तर : 1.33 A]
A 200 coulomb is flowing in a conductor by 2 min 30 sec. Find the amount of current flowing in the conductor. [Ans. 1.33 A]
2. 75 कूलम्ब आवेश को अनंत से विद्युतीय क्षेत्र के एक बिन्दु तक लाने में किया गया कार्य यदि 12.5 J हो तो उस बिन्दु पर का विभव ज्ञात करें। [उत्तर : 0.166 V]
If the amount of workdone in bringing a charge of 75 coublomb from infinity to a point in a electric field is 12.5 J, find the potential at that point.
[Ans. 0.166 V]
3. 5 कूलम्ब आवेश को अनंत से विद्युतीय क्षेत्र के दो बिन्दु A तथा B तक लाने में किया गया कार्य यदि 25 J एवं 30 J हो तो बिन्दु A तथा B के बीच विभवांतर ज्ञात करें।
[उत्तर : 1 V]
If the amount of workdone in bringing a charge of 5 columb from infinity to the two points A and B are 25 J and 30 J then find the potential difference between A and B.
[Ans. 1 V]
4. 100 m लंबे टेलीफोन तार से 0.1 A की धारा प्रवाहित होती है जब उसके सिरों के बीच 12 V की बैटरी जोड़ी जाती है, तार का प्रति मीटर प्रतिरोध क्या है?
[उत्तर : $1.20\Omega\ m^{-1}$]
The amount of currect 0.1 A flows between the ends of a telephone wire of length 100 m when a battery of 12 V connected between them, find the resistance per meter wire.
[Ans. $1.20\Omega\ m^{-1}$]
5. 150 cm लंबे तार का प्रतिरोध 4.5Ω एवं अनुप्रस्थ परिच्छेद का क्षेत्रफल 0.04 cm^2 है। उस तार का विशिष्ट प्रतिरोध क्या होगा? [उत्तर : 0.0012Ω-cm]
The resistance of a wire of length 150 cm is 4.5Ω and its cross section area is 0.04 cm^2. Find the specific resistance that wire. [Ans. 0.0012Ω-cm]

6. एक चालक का प्रतिरोध 440 ओम है। यदि इसे 110 V के स्रोत से जोड़ा जाए तो इसमें कितनी धारा प्रवाहित होगी? [उत्तर : 0.25 A]
The resistance of a conductor is 440 Ω. If it is connected with a source 110 V then how much current will flow through it? [Ans. 0.25 A]

7. एक चालक के सिरों पर बैटरी जोड़ने पर वोल्टमीटर का पठन 10 V मिलता है। यदि चालक में 0.05 A की धारा प्रवाहित होती है, तो इसका प्रतिरोध क्या होगा? [उत्तर : 200 Ω.
On connecting the battery at the ends of a conductor, the reading of a voltmeter is 10 V. If the current 0.05 A flows in the conductor what will be its resistance. [Ans. 200 Ω.

8. 4 Ω तथा 16 Ω के दो प्रतिरोधों को समांतर क्रम में जोड़ने पर समतुल्य प्रतिरोध की गणना करें। [उत्तर : 3.2 Ω.
Calculate the equivalent resistance of two resistances 4 Ω and 16 Ω when they are connected in parallel? [Ans. 3.2 Ω]

9. 3 Ω, 4 Ω तथा 6 Ω के तीन प्रतिरोधों को श्रेणीक्रम संयोजन में तथा समांतरक्रम संयोजन में समतुल्य प्रतिरोध की गणना करें। [उत्तर : 13 Ω, $\frac{4}{3}$ Ω]
Calculate the equivalent resistance when three resistances 3 Ω, 4 Ω and 6 Ω are connected in series combination and parallel combination. [Ans. 13 Ω, $\frac{4}{3}$ Ω]

10. दो अज्ञात प्रतिरोधों का समतुल्य प्रतिरोध श्रेणीक्रम में 14 Ω तथा पार्श्ववद्ध संयोजन में $\frac{20}{7}$ Ω है। दोनों अज्ञात प्रतिरोधों का अलग-अलग मान ज्ञात करें। [उत्तर : 10 Ω तथा 4 Ω.
The equivalent resistance of two unknown resistances are 14 Ω and 20 / 7 Ω in series combination and parallel combination respectively. Find the value of resistance separately. [Ans. 10 Ω and 4 Ω]

11. 2 Ω, 3 Ω, 5 Ω तथा 6 Ω प्रतिरोध की चार कुंडलियों को श्रेणीक्रम में जोड़कर 64 V की एक बैटरी से जोड़ा गया है। पहली कुंडली के सिरों पर के विभवांतर की गणना करें। [उत्तर : 8 V]
The four coils each of resistance are 2 Ω, 3 Ω, 5 Ω and 6 Ω are connected in series with a battery of 64 V. Calculate the potential difference across the first coil. [Ans. 8 V]

12. एक विद्युत इस्तरी (आयरन) का प्रतिरोध 500 Ω है। 250 वोल्ट विभवांतर के स्रोत से 10 सेकेण्ड तक धारा प्रवाहित की जाती है तो (i) धारा का मान तथा (ii) उत्पन्न ऊष्मा ऊर्जा का मान किलो जूल में बताएँ। [उत्तर : (i) 0.5 A (ii) 1.250 J]
The resistance of an electric Iron is 500 Ω. The electric current flows by 10 sec with a source of 250 V. Potential difference. Find (i) the value of electric current, (ii) the heat energy produced in kJ. [Ans. (i) 0.5 A (ii) 1.250 J]

13. एक हीटर पर 4 kW - 220 V अंकित है तो
(a) हीटर में प्रवाहित होनेवाली धारा

(b) हीटर का प्रतिरोध
(c) 2 घंटे में उपभुक्त विद्युत ऊर्जा
(d) 50 पैसे प्रति यूनिट की दर से बिल का भुगतान ज्ञात करें।

[उत्तर : (a) 18.18 A (b) 12.1 Ω (c) 8 kWh (d) 4 रु॰]

On a heater 4 kW-220 V is marked.
Find (a) the current flowing in heater
(b) the resistance of heater
(c) the consumed electric energy in 2 hours
(d) the cost of bill at the rate of 50 paise per unit.

[**Ans.** (a) 18.18 A (b) 12.1 Ω (c) 8 kWh (d) Rs 4]

14. एक बल्ब पर 200 V-100 W अंकित है।
(a) उस बल्ब का प्रतिरोध ज्ञात करें।
(b) ऐसे ही 5 बल्ब 4 घंटे तक जलाए जाते हैं। उपभुक्त विद्युत ऊर्जा का मान ज्ञात करें।
(c) 60 पैसे प्रति यूनिट की दर से बिल का भुगतान क्या करना होगा?

[उत्तर : (a) 400 Ω (b) 2 kWh (c) 1.20 रु॰]

A bulb is rated at 200 V-100 W. Find
(a) the resistance of the bulb.
(b) five such bulbs burn for 4 hours. What is the electric energy consumed?
(c) the cost if the rate is 60 paise per unit.

[**Ans.** (a) 400 Ω (b) 2 kWh (c) Rs 1.20]

15. 200 V पर एक बल्ब 10 घंटे में 1 यूनिट विद्युत ऊर्जा का उपभोग करता है। इसकी शक्ति तथा प्रतिरोध की गणना करें। [उत्तर : 100 W, 400 Ω]
A bulb works on 200 V and consumes 1 unit electric energy in 10 hours. Calculate its power and resistance. [**Ans.** 100 W, 400 Ω]

16. एक विद्युत चूल्हा का प्रतिरोध 20 Ω है तथा 10 A की धारा खींचता है। यह प्रतिदिन 3 घंटा कार्य करता है। 3.20 रु॰ प्रति यूनिट की दर से साप्ताहिक बिल का भुगतान क्या करना होगा? [उत्तर : 134.40 रु॰]
An electric oven of resistance 20 Ω draws a current of 10 A. It works 3 hours daily. Calculate the weekly bill when energy cost Rs 3.20 per unit.

[**Ans.** Rs 134.40]

17. 40 वाट के चार ट्यूबलाइट एवं 100 वाट के दो पंखे प्रतिदिन 8 घंटे जलाए जाते हैं। यदि प्रति यूनिट 3 रु॰ खर्च हो तो अप्रैल माह के बिल का भुगतान क्या होगा?

[उत्तर : 259.20 रु॰]

Four tube lights each of 20 watt and two fans each of 100 W are switched on 8 hours daily. If the cost of per unit is Rs 3.00 then find the bill of month April?

[**Ans.** Rs 259.20]

18. यदि 2 Ω के किसी प्रतिरोध में 5 A की धारा 30 मिनट के लिए प्रवाहित हो तो कितनी ऊर्जा खर्च होगी। [उत्तर : 90000 जूल]
If the amount of current 5 A flows through a resistance. of 2 Ω by 30 minutes then how much energy will be consume? [**Ans.** 9000 joule]

19. (a) 1 kWh को जूल में बदलें।
(b) 1.8×10^6 जूल को किलोवाट घंटा में बदलें।
[उत्तर : (a) 3.6×10^6 J (b) 0.5 kWh]

(a) Convert 1 kWh into joule.
(b) Convert 1.8×10^6 J into kWh. [Ans. (a) 3.6×10^6 J (b) 0.5 kWh]

20. 2 kW तथा 220 V का निमज्जन ऊष्मक (Immersion heater) किसी बाल्टी में 15 लीटर पानी गर्म करने के लिए व्यवहार में लाया जाता है। यदि पानी का प्रारंभिक ताप 20°C हो तो पानी को 15 मिनट तक गर्म करने के बाद उसका ताप क्या होगा? यदि पानी की विशिष्ट ऊष्मा 4200 J/kg/°C है। [उत्तर : 48.57°C]

An immersion-heater rated at 2 kW-220 V is used to warm 15 litre water in a bucket. If the initial temperature of water is 20°C then what will be the temperature after 15 minutes on heating.
[Sp. heat of water = 3200 J/kg/°C] [Ans. 48.57°C]

21. किसी कार के 12 V के अग्रदीप (Head light) में 6 A की धारा 20 मिनट के लिए प्रवाहित होती है। इस समय में उपभुक्त विद्युत ऊर्जा ज्ञात करें। [उत्तर : 86400 J]

An electric current of 6 A flows in a head light of a car of 12 V by 20 minutes. Find the energy consumed during this time. [Ans. 86400 J]

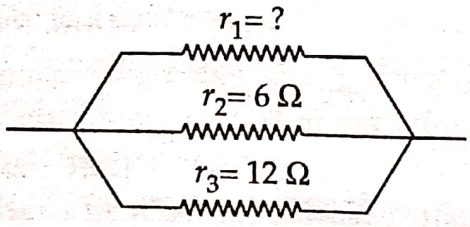
22. किसी धारावाही तार में 4 सेकेण्ड में उत्पन्न ऊष्मा 40 J है। यदि धारा दुगुनी कर दी जाए तो 4 सेकेण्ड में उत्पन्न ऊष्मा का मान ज्ञात करें। [उत्तर : 160 J]

The heat produced in a conductor carrying current is 40 J in 4 sec. If the current be doubled then find the heat produced in 4 sec. [Ans. 160 J]

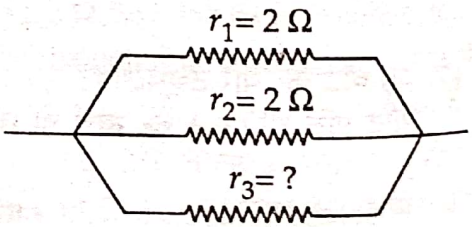
चित्र पर आधारित प्रश्न (Problem based on figure)

1. दिए गए परिपथ (a) तथा (b) में कुल प्रतिरोध क्रमशः 2Ω तथा 0.5Ω है। परिपथ (a) में r_1 तथा परिपथ (b) में r_3 का मान ज्ञात करें।

In the given circuit (a) and (b) total resistance are 2 Ω and 0.5 Ω. Find the value of r_1 in circuit (a) and r_3 in circuit (b).



(a)



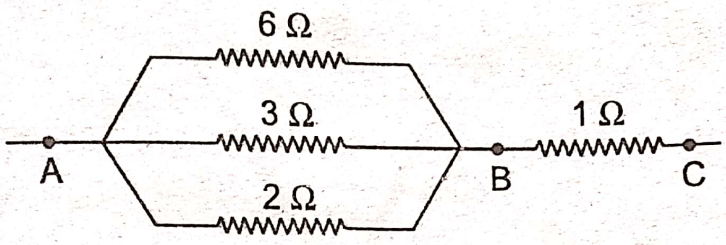
(b)

[उत्तर : 4Ω, 1Ω]

2. कुल प्रतिरोध का मान ज्ञात करें (Find the total resistance)

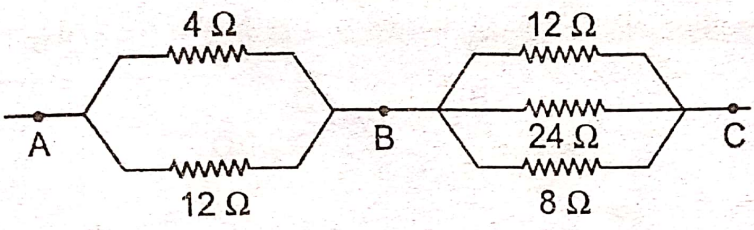
(i) A और B के बीच [between A & B]

(ii) A और C के बीच [between A & C]



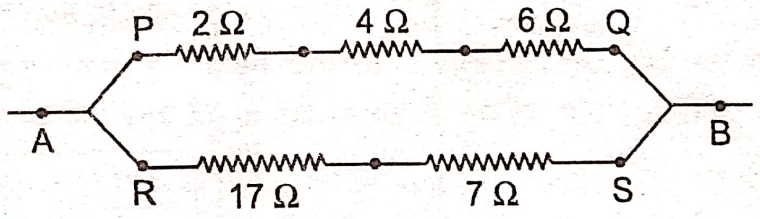
[उत्तर : (i) 1 Ω (ii) 2 Ω]

3. कुल प्रतिरोध का मान ज्ञात करें (Find the total resistance)
   (i) A और B के बीच [between A & B]
   (ii) B और C के बीच [between B & C]
   (iii) A और C के बीच [between A & C]



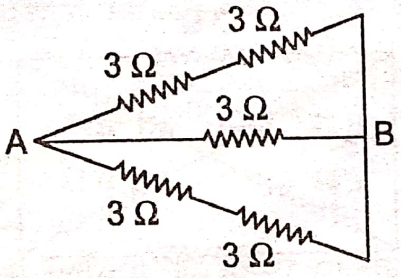
[उत्तर : (i) 3 Ω (ii) 4 Ω (iii) 7 Ω]

4. कुल प्रतिरोध का मान ज्ञात करें (Find the total resistance)
   (i) P और Q के बीच [between P & Q]
   (ii) R और S के बीच [between R & S]
   (iii) A और B के बीच [between A & B]



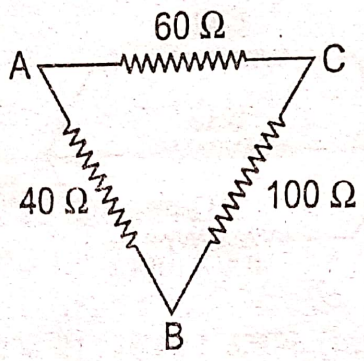
[उत्तर : (i) 12 Ω (ii) 24 Ω (iii) 8 Ω]

5. A और B के बीच समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करें।
   Find the equivalent resistance between A & B.



[उत्तर : $\frac{3}{2}\Omega$]

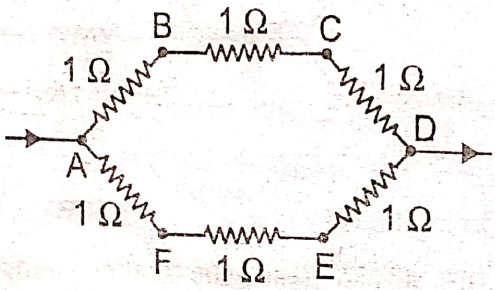
6. A और B सिरों बीच के समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करें।
   Find the equivalent resistance between A & B.



[**संकेत** : $R_1 = 40\Omega,\ R_2 = 100 + 60 = 160\,\Omega$

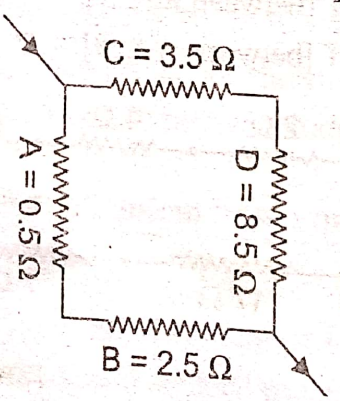
$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$] [**उत्तर** : $32\,\Omega$]

7. *A* और *D* के बीच समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करें।
Find the equivalent resistance between *A* & *D*.

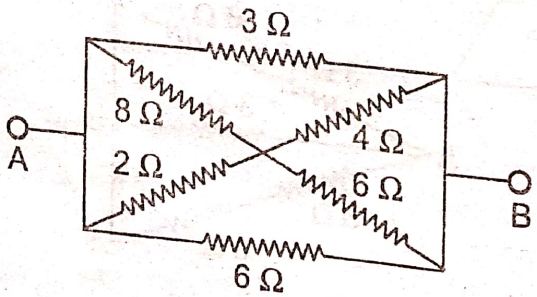


[**उत्तर** : $\frac{3}{2}\Omega$]

8. कुल प्रतिरोध ज्ञात करें। [Find the total resistance.]



9. *A* और *B* के बीच समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करें। [**उत्तर** : 2.4Ω]
Find the equivalent resistance between *A* & *B*.



[**उत्तर** : $\frac{4}{3}\Omega$]

10. (i) A और B के बीच

(ii) C और D के बीच

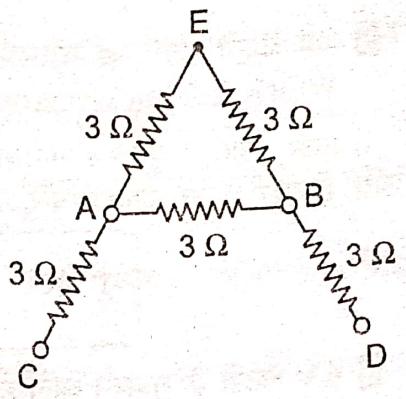
समतुल्य प्रतिरोध ज्ञात करें।

Find the equivalent resistance between

(i) A & B and

(ii) C & D

[उत्तर : (i) 2 Ω (ii) 8 Ω]



मानक N.C.E.R.T. प्रश्न एवं उनके उत्तर
(STANDARD N.C.E.R.T. QUESTIONS AND THEIR ANSWERS)

N.C.E.R.T. INSIDE QUESTIONS

1 विद्युत परिपथ का क्या अर्थ है?

What does an electric circuit mean?

उत्तर : यह एक बन्द (closed) एवं नियमित (continuous) पथ है, जिससे विद्युत धारा लगातार प्रवाहित होता है।

2 विद्युत धारा के मात्रक की परिभाषा लिखिए।

Define the unit of electric current.

उत्तर : विद्युत धारा का S.I. मात्रक ऐम्पियर (A) होता है। जब किसी चालक से 1 sec में 1 कूलम्ब आवेश प्रवाहित होता है, तो उस चालक से प्रवाहित धारा 1 A कहलाती है।

अर्थात् $\boxed{1\ \text{A} = \frac{1\ \text{C}}{1\ \text{sec}}}$

3 एक कूलॉम आवेश की रचना करने वाले इलेक्ट्रॉनों की संख्या परिकलित कीजिए।

Calculate the no. of electrons constituting one coulomb of charge.

उत्तर : एक इलेक्ट्रॉन पर आवेश $(e) = 1.6 \times 10^{-19}$ C होता है।

अतः 1 कूलम्ब आवेश में उपस्थित इलेक्ट्रॉन की संख्या

$$n = \frac{Q}{e} \Rightarrow n = \frac{1\ \text{C}}{1.6 \times 10^{-19}\ \text{C}} = \frac{100}{16} \times 10^{18}$$

$$\therefore \quad \boxed{n = 6.25 \times 10^{18}}$$

4 उस युक्ति का नाम लिखिए जो किसी चालक के सिरों पर विभवांतर बनाए रखने में सहायता करती है? (Name a device that helps to maintain a potential difference across a conductor.)

उत्तर : बैटरी, जिसके पास एक या एक से अधिक सेल आपस में जुड़ा रहता है।