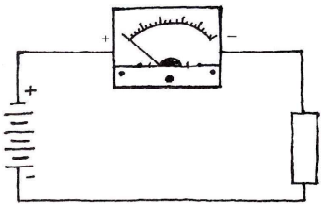
अध्याय–6

विद्युत धारा एवं परिपथ

(ELECTRIC CURRENT AND CIRCUIT)



पिछली कक्षाओं में आपने कुछ आसान विद्युत परिपथ बनाने सीखे हैं। क्या आप एक तार, एक बल्ब व एक बैटरी द्वारा पूर्ण परिपथ बना सकते हैं? आप इन सभी को कितने प्रकार से जोड़कर दिखा सकते हैं? ध्यान रहे कि आपको तार का केवल एक ही संयुक्त टुकड़ा उपयोग में लेना है।

इस अध्याय में हम विद्युत की कई अवधारणाओं के बारे में जानेंगे। आप जानते हैं कि विद्युत दो स्वरूपों में पाई जाती है, स्थिर विद्युत और धारा विद्युत। स्थिर विद्युत, विद्युत का वह स्वरुप है जिसमें विद्युत आवेश अपने स्थान पर स्थिर रहते हैं। परन्तु धारा विद्युत में विद्युत आवेश गतिशील होते हैं जिसके कारण विद्युत धारा उत्पन्न होती है। स्थिर विद्युत के बारे में हम पूर्व कक्षाओं में पढ़ चुके हैं। इस पाठ में हम धारा विद्युत के बारे में ही पढ़ेंगे।

6.1 विद्युत धारा (Electric Current)

आइए हम एक क्रियाकलाप की सहायता से विद्युत धारा की अवधारणा को समझने का प्रयास करें।

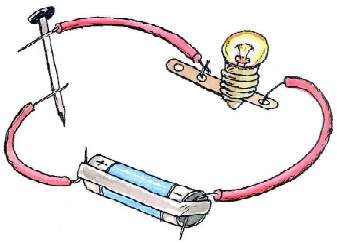
क्रियाकलाप–1

आवश्यक सामग्री : संयोजी तारें, लोहे की कील, लकड़ी की छड़ या पेन्सिल, एक विद्युत बल्ब और एक सेल।

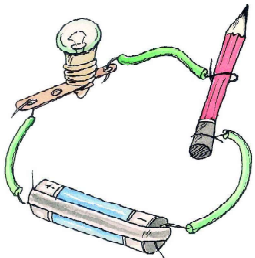
स्थिति–1 :चित्र–1 (अ) के अनुसार एक विद्युत परिपथ बनाएं। इसमें संयोजी तारों की मदद से एक सेल को एक कील व एक बल्ब के साथ जोड़कर परिपथ पूर्ण करें। परिपथ पूरा होने पर बल्ब का अवलोकन करें। क्या बल्ब जल उठता है?

स्थिति–2 :अब कील के स्थान पर परिपथ में एक पेन्सिल जोड़ें जैसा कि चित्र–1(ब) में दिखाया गया है। क्या परिपथ पूर्ण होने पर बल्ब जल उठता है? यदि नहीं तो क्यों?

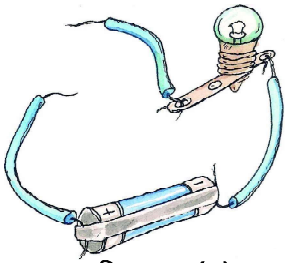
स्थिति–3 :परिपथ में दो संयोजी तारों के बीच चित्र–1(स) में दिखाए अनुसार, जगह छोड़ दें। अर्थात परिपथ टूटा हुआ छोड़ दें। क्या ऐसी स्थिति में बल्ब जलेगा?



चित्र–1 (अ)



चित्र–1 (ब)



चित्र–1 (स)

इसी प्रकार आप सिक्का, कांच की छड, कागज़, रबर आदि का उपयोग कर यह प्रयोग दोहरा सकते हैं।

हमने देखा कि जब परिपथ संयोजी तारों से जुड़ कर पूर्ण हो, अथवा उसमें चालक तारों के साथ ही कोई अन्य चालक वस्तु भी उपस्थित हो तब भी बल्ब जलने लगता है। अर्थात् ऐसी स्थिति में परिपथ में विद्युत आवेशों का प्रवाह बिना किसी रूकावट के होता है। परन्तु किसी विद्युतरोधी पदार्थ की उपस्थिति में, अथवा टूटे हुए परिपथ की स्थिति में आवेशों का प्रवाह रुक जाता है, और बल्ब नहीं जल पाता। ऊपर दिए गए प्रयोग में आपके द्वारा ली गई वस्तुओं को चालक व विद्युतरोधी की श्रेणी में बांटें।

हम कह सकते हैं की चालक वे पदार्थ होते हैं जिनमें से विद्युत धारा का प्रवाह हो पाता है, जबकि विद्युतरोधी अर्थात् कुचालक वे पदार्थ हैं जो विद्युत धारा का प्रवाह नहीं होने देते हैं। ध्यान रहे कि दरअसल प्रवाह विद्युतधारा का नहीं बल्कि विद्युत आवेशों का होता है, जिस कारण विद्युत की धारा उत्पन्न होती है। परन्तु सरलता के लिए हम विद्युत धारा का प्रवाह भी कहते हैं। यह उसी प्रकार है जिस प्रकार जल के बहाव के कारण जलधारा उत्पन्न होती है। यहाँ पर, जल की मात्रा, आवेशों की मात्रा के अनुरूप है। इस पाठ में हम विद्युत की कुछ अवधारणाओं को समझने के लिए इसी समरूपी परिस्थिति का उपयोग करेंगे। ध्यान रहे कि जिस प्रकार पानी या किसी पदार्थ के कण होते हैं, उस तरह बिजली के कण नहीं होते, क्योंकि बिजली/विद्युत कोई पदार्थ नहीं है। इसीलिए जिस प्रकार पानी के कटे हुए पाइप से पानी प्रवाह बाधित होता है, कटे हुए तार में से विद्युत का बहाव नहीं दिखता बल्कि बहाव रुक जाता है।

फ्रांसीसी वैज्ञानिक सर आंद्रे–मेरी एम्पीयर (1775–1836) को 'फादर ऑफ इलेक्ट्रोडाइनॉमिक्स' के नाम से जाना जाता है। इन्हीं के नाम पर एम्पीयर मात्रक का नाम पड़ा।

विद्युत धारा वह कुल आवेश (charge) है जो चालक के किसी अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल (cross section area) में से इकाई समय में गुज़रता है। आवेश का मात्रक कुलॉम्ब है। यदि 'Q' कुलॉम्ब आवेश किसी चालक से t सेकंड में प्रवाहित होता है तो उस चालक में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा का मान होगा,

विद्युत धारा, $I = Q / t$ ..... समी. (1)

विद्युत धारा का SI मात्रक एम्पीयर होता है जिसे 'A' द्वारा प्रदर्शित करते हैं। यह एक अदिश राशि है।

समी. (1) के अनुसार, हम कह सकते हैं कि जब एक चालक के अनुप्रस्थ काट में से 1 सेकंड में 1 कुलॉम्ब आवेश प्रवाहित होता है, तब उस चालक में से प्रवाहित विद्युत धारा की मात्रा 1 एम्पीयर कहलाती है।

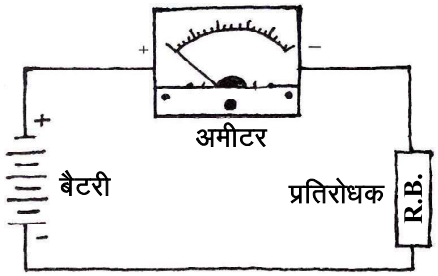
1 एम्पीयर = 1 कुलॉम्ब /1 सेकंड

कभी कभी एक छोटी इकाई मिली–एम्पीयर (mA) अथवा माइक्रो एम्पीयर (μA) का भी उपयोग किया जाता है।

$1\ mA = 1/1000\ A = 10^{-3}\ A$

$1\ \mu A = 1/1000000\ A = 10^{-6}\ A$

किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा का मापन अमीटर की मदद से किया जाता है। यह एक ऐसा उपकरण है जो विद्युत की मात्रा को दर्शाता है। अमीटर के धनात्मक सिरे को सेल के धनात्मक सिरे से, व ऋणात्मक सिरे को सेल के ऋणात्मक सिरे से जोड़ा जाता है। इस स्थिति में धारा का प्रवाह अमीटर के धनात्मक सिरे से ऋणात्मक सिरे की ओर होता है। अमीटर की प्रतिरोधकता बहुत कम होती है इसलिए अमीटर को परिपथ में हमेशा श्रेणी क्रम में ही संयोजित किया जाता है ताकि उसमें से अधिकतम धारा प्रवाहित हो।



चित्र–2 : अमीटर (Ammeter) का विद्युत परिपथ में श्रेणी क्रम में संयोजन।

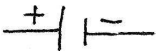
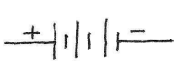
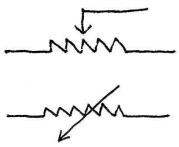
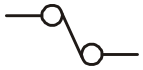
प्रश्न :

1. किसी विद्युत परिपथ में 0.4 A की विद्युत धारा 10 मिनट तक प्रवाहित होती है। विद्युत परिपथ से प्रवाहित विद्युत आवेश का परिमाण ज्ञात कीजिए।
2. विद्युत धारा के मात्रक की परिभाषा लिखिए।
3. क्या होगा विद्युत परिपथ में यदि अमीटर को समांतर क्रम में जोड़ा जाएगा?

6.2 विद्युत परिपथ के घटक

किसी विद्युत परिपथ में संयोजी तारें, विद्युत बल्ब, स्विच, अमीटर, वोल्टमीटर इत्यादि विद्युत घटक हो सकते हैं। हम किसी विद्युत परिपथ को सरलता के लिए विद्युत आरेख द्वारा दर्शा सकते हैं। जिसमें सभी घटकों को निम्न चिन्हों द्वारा प्रदर्शित किया जाता है (सारणी–1)। इन सभी घटकों को इकठ्ठा करके इनके अलावा अन्य घटकों को भी सारणीबद्ध करने का प्रयास कीजिए।

सारणी–1 : विद्युत परिपथ के आरेख में प्रयुक्त चिन्ह

विद्युत घटक	चित्र	चिन्ह	विद्युत घटक	चित्र	चिन्ह
सेल			बैटरी		
संयोजी तार			प्रतिरोध		
संधि तार			परिवर्ती प्रतिरोध		
विद्युत बल्ब			अमीटर		
स्विच चालु			वोल्टमीटर		
स्विच बंद			फ्यूज		

प्रश्न :

1. क्या आप केवल विद्युत परिपथ में लगे तार को देखकर बता सकते हैं कि उस तार से विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है या नहीं? यदि नहीं तो आप किस तरह विद्युत धारा के प्रवाह को ज्ञात कर सकते हैं?

2. जब किसी व्यक्ति को विद्युत के सम्पर्क में आने पर बिजली के झटके लगते हैं तो उसे हटाने के लिए हम लकड़ी अथवा रबर की किसी वस्तु को उपयोग में क्यों लेते हैं?

6.3 विद्युत विभव एवं विभवान्तर (Electric potential and potential difference)

आपने अपने दैनिक जीवन में अनुभव किया है कि पानी का बहाव सदैव ही उच्च तल वाले बर्तन से निचले तल वाले बर्तन की ओर तब तक होता है जब तक की दोनों बर्तनों में पानी का तल समान न हो जाए। सामान्यतः पानी का यह प्रवाह दाबांतर के कारण ही होता है। और यह प्रवाह तब तक जारी रहता है जब तक दोनों बर्तनों में पानी का दाब समान न हो जाए। उपरोक्त घटना में उच्च दाब से निम्न दाब की ओर पानी प्रवाह स्वतः ही होता है।

इसी प्रकार विद्युत परिपथ में विद्युत आवेशों के प्रवाह के लिए विभवांतर (potential difference) होना आवश्यक है। परिपथ में विभवांतर के कारण ही आवेशों का प्रवाह अधिक विभव वाले सिरे से कम विभव वाले सिरे की ओर होता है। आवेशों के इस प्रवाह को विद्युत धारा कहते हैं। विद्युत विभवांतर को निरंतर बनाए रखने के लिए, हमें एक वोल्टेज स्रोत का उपयोग करना पड़ता है। बैटरी व सेल एक प्रकार के वोल्टेज स्रोत ही हैं।

विद्युत क्षेत्र (Electric Field)

आवेश का वह क्षेत्र जहाँ कोई अन्य आवेश रखने पर वह आकर्षण अथवा प्रतिकर्षण बल का अनुभव करता है, विद्युत क्षेत्र कहलाता है। यदि कोई धन आवेश q किसी बिन्दु पर रखा हुआ है। तो इसके चारों ओर एक विद्युत क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। इस आवेश के निकट बिंदुओं पर विद्युत क्षेत्र अधिक तथा दूरी बढ़ने पर यह कम होता जाता है।

किसी विद्युत क्षेत्र में किसी बिन्दु पर एकांक धनावेश को रखने पर वह जितने बल का अनुभव करता है, वह उस बिन्दु पर विद्युत क्षेत्र की तीव्रता कहलाती है। इसे E से दर्शाते हैं। इसका मात्रक न्यूटन/कूलाम है। यदि q धनावेश रखने पर बल F है तो एकांक धनावेश पर बल $= \frac{F}{q}$ होगा

विद्युत क्षेत्र की तीव्रता $E = \frac{F}{q}$

विद्युत क्षेत्र में किसी बिन्दु P पर विद्युत विभव उस कार्य के बराबर होगा जो इकाई धन आवेश को अनंत से विद्युत क्षेत्र के उस बिन्दु पर लाने में करना पड़ेगा।

यदि q आवेश को अनंत से विद्युत क्षेत्र के किसी बिंदु तक लाने में W कार्य करना पड़ता है। तो इकाई आवेश को अनंत से विद्युत क्षेत्र के उस बिन्दु तक लाने में किया गया कार्य

$$\text{विभव } (V) = \frac{W}{q} = \frac{\text{कार्य}}{\text{आवेश}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ समी. (2)}$$

S.I. पद्धति में विभव का मात्रक जूल/कूलॉम = वोल्ट होगा।

इतालवी भौतिकी 'अलेसान्द्रो वोल्टा' के नाम पर ही विद्युत विभव के मात्रक का नाम पड़ा।

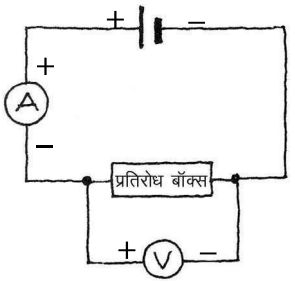
इसी प्रकार दो बिन्दुओं के बीच का विद्युत विभवान्तर, कार्य की वह मात्रा है, जो किसी धनात्मक आवेश को एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु पर ले जाने के लिए किया जाता है।

किसी विद्युत परिपथ में दो बिन्दुओं के बीच के विभवान्तर का मापन एक उपकरण 'वोल्टमीटर' द्वारा किया जाता है। वोल्टमीटर के धनात्मक सिरे को अमीटर की ही तरह सेल के धनात्मक सिरे से व ऋणात्मक सिरे को सेल के ऋणात्मक सिरे से समानांतर क्रम में जोड़ा जाता है।

विद्युत विभवांतर का ईं मात्रक भी वोल्ट होता है। इसे 'ड्ड' द्वारा दर्शाया जाता है।

हम जानते हैं कि बैटरी अथवा सेल के धनात्मक सिरे का विभव ऋणात्मक सिरे के विभव की तुलना में अधिक होता है। अर्थात, जब हम किसी विद्युत परिपथ में धनात्मक सिरे से ऋणात्मक सिरे की ओर जाते हैं तो विभव का मान कम होने लगता है जिसे विभव पतन (voltage drop) कहते हैं।

चित्र–3 : परिपथ में वोल्टमीटर (voltmeter) का संयोजन



प्रश्न :–10V विभवान्तर के दो बिन्दुओं के बीच 2 कूलाम्ब आवेश को ले जाने में कितना कार्य किया जाएगा।

6.3.1 ओम का नियम (Ohm's Law)

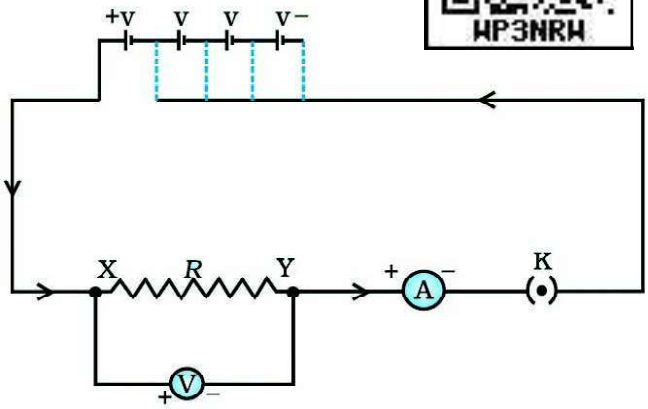
जॉर्ज साईमन ओम

सन् 1827 में भौतिक वैज्ञानिक 'जॉर्ज साईमन ओम' ने किसी विद्युत परिपथ में विभवांतर, विद्युत प्रतिरोध और प्रवाहित विद्युत धारा के बीच में सम्बन्ध स्थापित किया था। इस सम्बन्ध को समझने के लिए हम नीचे दिया क्रियाकलाप करेंगे।

HP3NRH

क्रियाकलाप–2

चित्र में दिखाए अनुसार एक परिपथ तैयार कीजिए। इस परिपथ के लिए एक 0.5 मीटर का नाइक्रोम का तार XY, एक अमीटर, एक वोल्टमीटर, चार विद्युत सेल जिनका विभव 1.5 वोल्ट हो, की आवश्यकता है।



चित्र–4 : ओम के नियम का परिपथ

सबसे पहले परिपथ में हम केवल एक सेल का उपयोग करेंगे। परिपथ में XY से प्रवाहित होने वाली विद्युतधारा के पाठ्यांक I के लिए अमीटर और तार के सिरों के बीच विभवांतर V के पाठ्यांक के लिए वोल्टमीटर का प्रयोग करेंगे।

इसके पश्चात् परिपथ में दो सेल जोड़िए और इसी प्रकार XY में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा तथा इसके बीच के विभवांतर का मान ज्ञात कीजिए।

इसी प्रकार तीन सेल, फिर चार सेल का परिपथ में उपयोग कर XY में प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा तथा XY के बीच के विभवांतर का मान भी सारणी–2 में भरिए।

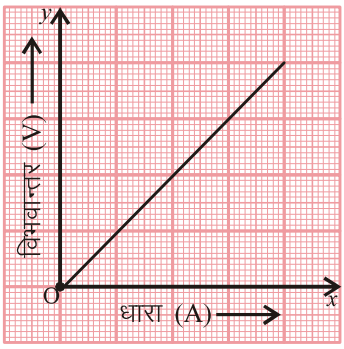
विभवांतर V तथा विद्युत धारा I के प्रत्येक युगल के लिए V/I का मान क्या होगा?

V तथा I के बीच ग्राफ खींचिए तथा इस ग्राफ की प्रकृति का प्रेक्षण कीजिए।

सारणी–2

क्र.	परिपथ में जुड़े सेलों की संख्या	नाइक्रोम तार से प्रवाहित विद्युत धारा (I)	नाइक्रोम तार के सिरों का विभवांतर (V)	V/I वोल्ट
1	1			
2	2			
3	3			
4	4			

इस क्रियाकलाप में आप पाएंगे कि V/I का मान लगभग समान ही रहता है। इस प्रकार V, I ग्राफ चित्र में दिखाए अनुसार मूल बिंदू से गुज़रने वाली एक सरल रेखा होती है। अर्थात् V/I एक नियत अनुपात है। चालक तार के सिरों के बीच विभवान्तर V चालक में प्रवाहित विद्युत धारा के समानुपाती होती है। इसे ओम का नियम कहते हैं।



ग्राफ–1

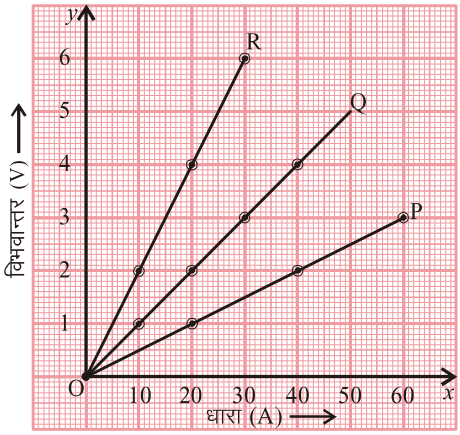
अतः $V \propto I$

$V = RI$ (जहाँ R एक नियतांक है।)

अथवा, $R = V/I$ या $I = V/R$ .....समी.(3)

यहाँ R एक नियतांक है जिसे तार का प्रतिरोध कहते हैं प्रतिरोध का SI मात्रक ओम (Ω) है। समी. (3) से, यदि किसी चालक के दोनों सिरों के बीच का विभवांतर 1 V है तथा उससे 1 A विद्युत धारा प्रवाहित होती है तब उस चालक का प्रतिरोध R, 1Ω होता है। $1 \text{ ओम} = \frac{1 \text{ वोल्ट}}{1 \text{ एम्पियर}}$

समीकरण (3) से स्पष्ट है कि किसी प्रतिरोधक से प्रवाहित होने वाली विद्युत धारा उसके प्रतिरोध के व्युत्क्रमानुपाती होती है। समान विभवांतर पर यदि प्रतिरोध दोगुना हो जाए तो विद्युत धारा आधी रह जाती है। व्यवहार में कई बार किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा को घटाना अथवा बढ़ाना आवश्यक हो जाता है। स्रोत की वोल्टता में बिना कोई परिवर्तन किए परिपथ की विद्युत धारा को नियंत्रित करने के लिए उपयोग किए जाने वाले अवयव को **परिवर्ती प्रतिरोध** (variable resistance) कहते हैं। इस युक्ति को धारा नियंत्रक (rheostat) भी कहते हैं।



ग्राफ–2

प्रश्नः प्रतिरोधक P,Q,R, के लिए विभव और धारा के बीच खींचा गया ग्राफ, ग्राफ–2 में प्रदर्शित है। इनके प्रतिरोधों को ज्ञात कीजिए। इनमें क्या अनुपात है, अर्थात् P : Q : R क्या होगा?

6.4 धारा प्रतिरोध व चालकता (Resistance and Conductance)

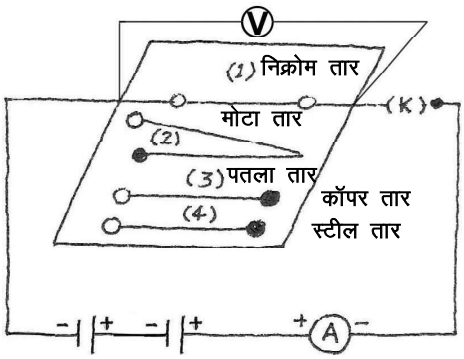
सामान्यतः आपने देखा होगा कि घरों के विद्युत परिपथ में कहीं मोटे तार का उपयोग होता है तो कहीं पतले तार का, ऐसा क्यों करते हैं? आप अनुमान लगा सकते हैं कि किसी विद्युत परिपथ में बहने वाली धारा केवल विद्युत विभव पर ही नहीं परन्तु परिपथ में उपस्थित धारा प्रतिरोध पर भी निर्भर करती है। समान मोटाई के लम्बे तार का प्रतिरोध छोटे तार की अपेक्षा अधिक होता है तथा समान लम्बाई के मोटे तार का प्रतिरोध पतले तार की अपेक्षा कम होता है। इसलिए परिपथ में मोटे एवं कम लम्बाई के तार से धारा का प्रवाह आसानी से होता है। अतः घरों के विद्युत परिपथ में प्रयोग में लाने वाले तार की लम्बाई एवं मोटाई पर विशेष ध्यान दिया जाता है।

किसी चालक में विद्युत प्रतिरोध, निम्न अवयवों पर निर्भर करता है।

- चालक की लम्बाई l के समानुपाती होती है।
- चालक के अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल A के व्युत्क्रमानुपाती होती है।
- चालक के पदार्थ की प्रकृति पर, और
- चालक के ताप पर

क्रियाकलाप–3

चालक की लम्बाई पर



चित्र–5 : चालक के प्रतिरोध का अध्ययन

- 100 सेमी. लम्बा एक पतला नाइक्रोम का तार लें।
- तार के दोनों सिरों को विद्युत माउंट में लगाएँ। ध्यान रहे कि तार कसा हुआ हो और उसमें कहीं ऐंठन न बने।
- अब इसे श्रेणी क्रम में लगी 2V वाली दो सेल, एक अमीटर और एक वोल्टमीटर के साथ चित्रानुसार जोड़कर एक परिपथ बनाएं।
- परिपथ पूर्ण होने पर इस तार से प्रवाहित हो रही विद्युत धारा और इसके दोनों सिरों के बीच के विद्युत विभव का मान सारणी क्र.–3 (अ) में भरें।
- अब ऊपर दी गई प्रक्रिया को माउंट का उपयोग कर तार की लम्बाई 80 सेमी., 60 सेमी., 40 सेमी. और 20 सेमी. करके सारणी क्र.–3 (अ) भरें।

सारणी–3

	तार की लम्बाई (*l*)	**विद्युत धारा (I)**	**विद्युत विभव (V)**	**प्रतिरोध (V/I)**
3 (अ)	100 cm			
	80 cm			
	60 cm			
	40 cm			
	20 cm			
3 (ब)	**अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल**			
	पतला तार (100 cm)			
	मोटा तार (100 cm)			
3 (स)	**तार का पदार्थ**			
	नाइक्रोम (100 cm)			
	कॉपर (100 cm)			
	स्टील (100 cm)			

प्रतिरोध व तार की लम्बाई के बीच ग्राफ बनाकर इन दोनों के बीच सम्बन्ध स्थापित कीजिये।

क्या आपने पाया कि R, l के अनुक्रमानुपाती है?

चालक तार के अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर

- 100 सेमी. या समान लम्बाई वाले नाइक्रोम के दो अलग अलग मोटाई वाले तार लें।
- एक एक करके तार को माउंट पर कसकर बांधे और तार से प्रवाहित विद्युत धारा व तार के दोनों सिरों के बीच के विभवान्तर का मान सारणी क्रमांक–3 (ब) में भरें।
- तार की मोटाई और प्रतिरोध के बीच में सम्बन्ध स्थापित करें।
- ध्यान रखें कि मोटे तार का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल पतले तार की तुलना में अधिक होगा। इसीलिए ज़्यादा अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल के तार में पतले तार की तुलना में प्रतिरोध कम होगा या अधिक? आपने क्या पाया?

चालक तार के पदार्थ की प्रकृति पर

- नाइक्रोम, कॉपर, स्टील के समान लम्बाई व मोटाई के तार लें।
- एक एक करके परिपथ में जोड़ें और सारणी–3 (स) भरें।
- किस तार का प्रतिरोध सबसे अधिक है व किस तार का सबसे कम?

प्रायोगिक कार्य करने के पश्चात् आप पाएंगे कि,

प्रतिरोध $R \propto l$ ..... (1)

$R \propto \frac{1}{A}$ ..... (2) (मोटे तार के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल पतले तार से अधिक होगा)

(1) व (2) से,

$R \propto l/A$ ..... (3)

अथवा $R = \rho\, l/A$ ..... समी. (4)

यहाँ ρ (रो) अनुपातिक स्थिरांक है जिसे चालक की विद्युत **'प्रतिरोधकता'** (resistivity) कहते हैं। प्रतिरोधकता का SI मात्रक ओम–मीटर (Ωm) है। यह किसी पदार्थ का अभिलाक्षणिक गुणधर्म होता है। धातुओं तथा मिश्रधातुओं की प्रतिरोधकता अत्यंत कम होती है, जिसका परिसर $10^{-8}\,\Omega m$ से $10^{-6}\,\Omega m$ है। इसीलिए ये विद्युत के अच्छे चालक होते हैं। शुद्ध धातुओं की प्रतिरोधकता ताप वृद्धि पर बढ़ जाती है और ताप कम होने पर कम हो जाती है। परन्तु मिश्रधातुओं, जैसे नाइक्रोम, मेगनीन आदि की प्रतिरोधकता ताप पर निर्भर करती है। यही कारण है कि मिश्र धातुओं का उपयोग विद्युत इस्तरी, टोस्टर आदि सामान्य विद्युत तापन युक्तियों के निर्माण में किया जाता है। विद्युत बल्बों के तंतुओं के निर्माण में एकमात्र टंगस्टन धातु का ही उपयोग किया जाता है। इसका प्रतिरोध एवं गलनांक उच्च होता है। कॉपर तथा ऐल्युमिनियम का उपयोग विद्युत संचरण के लिए उपयोग होने वाले तारों के निर्माण में किया जाता है।

किसी पदार्थ की विद्युत प्रतिरोधकता उसकी लम्बाई व अनुप्रस्थ काट के क्षेत्रफल पर निर्भर नहीं करती, केवल पदार्थ की प्रकृति पर निर्भर करती है। यदि हम ऐसा तार लें जिसकी लम्बाई एकांक हो तथा जिसका अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल भी एकांक हो।

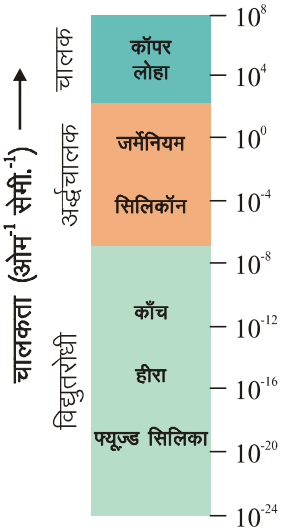
तब, प्रतिरोध $R = \rho \frac{l}{A}$

चूंकि $l = 1, A = 1$

$R = \rho$

अतः एकांक लम्बाई तथा एकांक अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल वाले तार का प्रतिरोध ही उस तार की प्रतिरोधकता कहलाता है।

विद्युत प्रतिरोधकता किसी वस्तु की चालकता के व्युत्क्रमानुपाती होती है। जिन पदार्थों की प्रतिरोधकता कम होती है, अच्छे चालक होते हैं। जबकि अधिक प्रतिरोधकता वाले पदार्थ विद्युतरोधी होते हैं। कोई भी पदार्थ पूर्ण रूप से शुद्ध चालक अथवा विद्युतरोधी नहीं होता है। बढ़ती चालकता व घटती प्रतिरोधकता के आधार पर पदार्थों को निम्न क्रम में दर्शाया जा सकता है। चित्र–6 देखें।



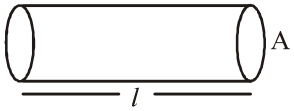
चित्र–6 : पदार्थों की चालकता का बढ़ता क्रम

उदाहरण–1 : यदि 8Ω प्रतिरोध वाले किसी तार को पिघला कर एक ऐसा तार बनाया जाए जिसका क्षेत्रफल पहले से दुगुना हो तो इस नये तार का प्रतिरोध कितना होगा?

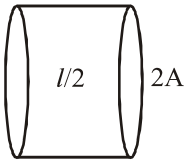
हल : दिया गया है $R = 8\Omega$

जब तार की मोटाई दुगुनी कर दी जाती है तो धातु का आयतन (V) निर्धारित होने के कारण उसकी लम्बाई आधी रह जाती है। तथा तार के अनुप्रस्थ काट का क्षेत्रफल दुगुना हो जाता है। जैसा कि हम जानते हैं कि–

$$\text{प्रतिरोध} = \text{प्रतिरोधकता} \times \frac{\text{तार की लम्बाई}}{\text{तार का अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल}}$$



$$R = p\frac{l}{A}, \qquad R_{\text{नया}} = \rho\frac{\text{आधी लंबाई}}{\text{दुगुना अनुप्रस्थ काट क्षेत्रफल}} = \rho\frac{l/2}{2A}$$



$$\frac{R_{\text{नया}}}{R} = \left[p\frac{l/2}{2A}\right] / \left[p\frac{l}{A}\right] = \frac{1}{4}$$

अतः $R_{\text{नया}} = \frac{R}{4} = \frac{8\Omega}{4} = 2\Omega$

अतः तार का नया प्रतिरोध 2Ω है।

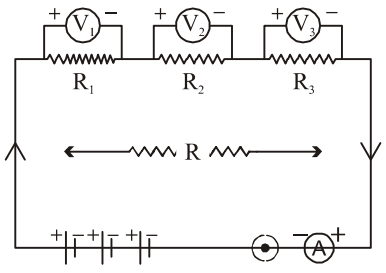
6.5 प्रतिरोधों का संयोजन (Combination of Resistance)

जैसा कि हमने पढ़ा है कि विद्युत धारा के प्रवाह के लिए एक पूर्ण परिपथ की आवश्यकता होती है जिसमें बहुत सारे विद्युत घटक उपस्थित होते हैं। जैसे प्रतिरोधक, विद्युत बल्ब, सेल, संयोजी तारें आदि। जब किसी परिपथ में विद्युत धारा को नियंत्रित करने के लिए एक से अधिक प्रतिरोध का इस्तेमाल किया जाता है तब प्रतिरोधों को परिपथ में निम्न दो प्रकार से संयोजित किया जा सकता है।

1. श्रेणी क्रम संयोजन 2. समानांतर क्रम संयोजन

6.5.1 श्रेणी क्रम संयोजन (Series Combination)

जब किसी विद्युत परिपथ में पहले प्रतिरोध का दूसरा सिरा, दूसरे प्रतिरोध के पहले सिरे से जोड़ देते हैं और दूसरे प्रतिरोध का दूसरा सिरा तीसरे प्रतिरोध के पहले सिरे से जोड़ देते हैं। तो ऐसे संयोजन को श्रेणीक्रम संयोजन कहते हैं। इस क्रम को हम आवश्यकता अनुसार बढ़ा सकते हैं। इस प्रकार पहले प्रतिरोध के पहले सिरे एवं अंतिम प्रतिरोध के दूसरे सिरे के मध्य आवश्यकता अनुसार सेल, स्विच एवं धारामापी जोड़ देते हैं।



चित्र–7 : श्रेणीक्रम में संयोजन

दिए गए चित्र में तीन प्रतिरोध R_1, R_2 व R_3 श्रेणी क्रम में जोड़े गए हैं। यदि कोई अकेला प्रतिरोध इन सभी प्रतिरोधों के संयोजन को इस प्रकार प्रतिस्थापित कर दे कि परिपथ में धारा का मान अपरिवर्तित रहे तो इस अकेले प्रतिरोध को तुल्य अथवा परिणामी प्रतिरोध कहते हैं।

यदि ऊपर दर्शाए चित्र–7 में विद्युत परिपथ में प्रवाहित विद्युत धारा I है तो समान विद्युत धारा I प्रत्येक प्रतिरोध में से प्रवाहित होगी। जैसा कि हम जानते हैं कि किसी विद्युत परिपथ में प्रत्येक बिन्दुओं के बीच का विभवांतर अलग–अलग होता है इसलिए प्रत्येक प्रतिरोध जो श्रेणीक्रम में जुड़े हैं उनका विभवांतर भी अलग–अलग

होगा। यदि प्रतिरोध R_1 का विभवांतर V_1 है, प्रतिरोध R_2 का विभवांतर V_2 है, प्रतिरोध R_3 का विभवांतर V_3 है, तो ओम के नियम के अनुसार

$V = IR$

अतः $V_1 = IR_1, V_2 = IR_2, V_3 = IR_3$ .....(i)

परन्तु श्रेणीक्रम में कुल विभवांतर प्रत्येक प्रतिरोध के विभवांतर का जोड़ होता है।

$V = V_1 + V_2 + V_3$.....(ii)

ऊपर दिए गए समीकरणों (i) और (ii) द्वारा

$IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$

$R = R_1 + R_2 + R_3$

अर्थात् श्रेणीक्रम में जुड़े दो या उससे अधिक प्रतिरोधों का परिणामी प्रतिरोध उनका योग होता है।

श्रेणी क्रम में लगे प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध

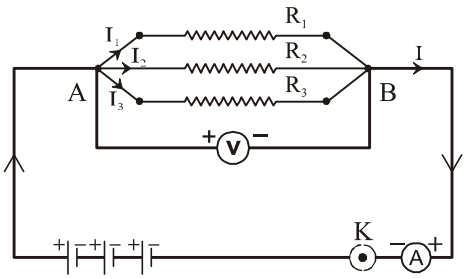
$R = R_1 + R_2 + R_3$ होता है।

श्रेणीक्रम परिपथ से एक प्रमुख हानि यह होती है कि जब परिपथ का एक अवयव कार्य करना बंद कर देता है तो परिपथ टूट जाता है और परिपथ का अन्य कोई अवयव भी कार्य नहीं कर पाता।

इसी प्रकार वोल्टमीटर व अमीटर का भी प्रतिरोध होता है। अमीटर का प्रतिरोध बहुत कम होता है इसीलिए उसे परिपथ में श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है ताकि उसमें से अधिकतम धारा प्रवाहित हो। जबकि वोल्टमीटर का प्रतिरोध अधिक होने के कारण उसे समानांतर क्रम में संयोजित किया जाता है ताकि कम धारा उसमें से प्रवाहित हो।

6.5.2 समानांतर क्रम संयोजन (Parallel Combination)

जब किसी विद्युत परिपथ में सभी प्रतिरोधों के पहले सिरों को एक बिंदु और दूसरे सिरों को दूसरे बिंदु पर जोड़ा जाता है तो यह संयोजन समानांतर संयोजन कहलाता है। इस क्रम को हम आवश्यकता अनुसार बढ़ा सकते हैं। यहाँ चित्र–8 में तीन प्रतिरोधों R_1, R_2 तथा R_3 को समानांतर क्रम में जोड़ा गया है। संयोजन में बैटरी, स्विच एवं अमीटर भी जोड़ा गया है। प्रत्येक प्रतिरोधों में समान विभवांतर V है। लेकिन प्रत्येक प्रतिरोध में प्रवाह होने वाली विद्युत धारा अलग–अलग होगी। यदि R_1, R_2 तथा R_3 में क्रमशः I_1, I_2 एवं I_3 धारा प्रवाहित हो,



चित्र–8 : समानान्तर क्रम में आयोजन

तो ओम के नियम के अनुसार प्रतिरोध R_1, R_2 व R_3 में बहने वाली धारा $I_1 = \frac{V}{R_1}$, $I_2 = \frac{V}{R_2}$, $I_3 = \frac{V}{R_3}$

सभी प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध R हो तो $I = \frac{V}{R}$

किन्तु $I = I_1 + I_2 + I_3$ (समानांतर संयोजित श्रेणी क्रम में कुल विद्युत धारा का मान प्रत्येक प्रतिरोध में प्रवाहित विद्युत धारा के योग के बराबर होता है।)

ऊपर दिए गए समीकरण द्वारा $\frac{V}{R}=\frac{V}{R_1}+\frac{V}{R_2}+\frac{V}{R_3}$

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

जैसा कि आपने देखा श्रेणी क्रम संयोजन में तुल्य प्रतिरोध सबसे अधिकतम प्रतिरोध से भी अधिक होता है। लेकिन समानांतर क्रम संयोजन में तुल्य प्रतिरोध संयोजन के न्यूनतम प्रतिरोध से भी कम होता है।

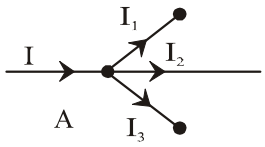
किरचौफ का नियम (Kirchoff's rule)

चित्र के अनुसार बिन्दु A पर I धारा आती है तथा बिन्दु A से I धारा तीन भागों (I_1, I_2 व I_3) में बँट जाती है।

अर्थात् बिंदु A पर,

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

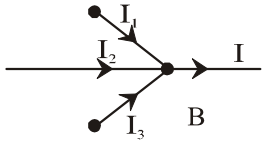
$$I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$$



बिंदु B पर धारा I_1, I_2 व I_3 पुनः मिलती है व धारा का मान फिर से वही हो जाता है जो बटने के पूर्व था।

बिंदु B पर, $I_1 + I_2 + I_3 = I$

$$I_1 + I_2 + I_3 - I = 0$$



ये समीकरण किरचौफ के प्रथम नियम का गणितीय रूप है। अतः किरचौफ के अनुसार "किसी बिन्दु पर आने वाली धाराओं का बीज गणितीय योग उस बिन्दु से जाने वाली धाराओं के योगफल के बराबर होता है।"

परिपथ के किसी बिन्दु पर धारा का संग्रहण नहीं होता, बल्कि यह सतत् प्रवाहित होता रहता है। यह नियम आवेश संरक्षण नियम के अनुकूल है। इस प्रथम नियम को सन्धि नियम या धारा नियम भी कहते हैं।

सोचिए :

त्योहारों में सजावट के लिए श्रेणी क्रम में संयोजित LED बल्बों की लड़ी का उपयोग किया जाता है। यदि एक भी बल्ब खराब हो जाए तो पूरी लड़ी खराब हो जाती है। ऐसा क्यों? यदि हमारे घरों के उपकरण भी श्रेणी क्रम में संयोजित किए जाते तो क्या होता?

प्रश्न :

1. समान पदार्थ के दो तारों में यदि एक पतला तथा दूसरा मोटा हो और उन्हें समान विद्युत स्रोत से संयोजित किया गया हो तो इनमें से किसमें विद्युत धारा आसानी से प्रवाहित होगी और क्यों?
2. श्रेणी क्रम में जुड़े हुए दो प्रतिरोधकों A और B के प्रतिरोधों का अनुपात 1 : 4 है परिपथ में 10 एम्पीयर की धारा प्रवाहित हो रही है। यदि इन दोनों प्रतिरोधकों को समानांतर क्रम में जोड़ा जाए तो इन दोनों प्रतिरोधकों से बहने वाली धारा का अनुपात ज्ञात कीजिए।

उदाहरण–2 : नीचे दिए गए विद्युत परिपथ से निम्न प्रश्नों के उत्तर ज्ञात कीजिए?

(क) परिपथ का तुल्य प्रतिरोध

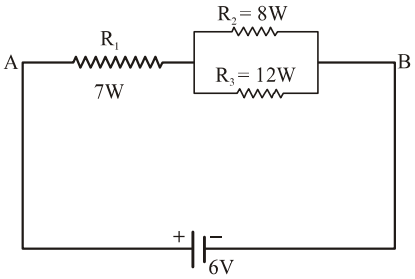
(ख) परिपथ में प्रवाहित कुल विद्युत धारा

हल : (क) पहले सामानांतर क्रम में संयोजित प्रतिरोधों R_2 व R_3 के तुल्य प्रतिरोध को ज्ञात करेंगे।

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

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{8} + \frac{1}{12} = \frac{3+2}{24} = \frac{5}{24}$$

$$R = \frac{24}{5} \text{ ओम} = 4.8 \text{ ओम}$$



अब नए परिपथ के अनुसार तुल्य प्रतिरोध

सामानंतर क्रम में संयोजित प्रतिरोध R_2 एवं R_3 का तुल्य प्रतिरोध R, अब R_1 के साथ श्रेणी क्रम में संयोजित है। R व R_1 का अब तुल्य प्रतिरोध होगा–

$$R' = R_1 + R = 7\,\Omega + 4.8\,\Omega = 11.8\Omega$$

(ख) विद्युत बैटरी द्वारा परिपथ में कुल विभवांतर

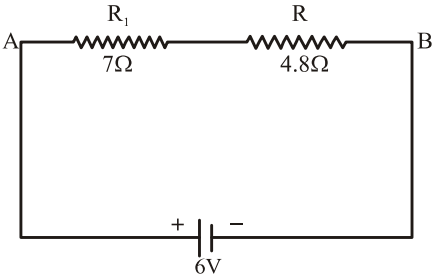
$V = 6$ वोल्ट

तुल्य प्रतिरोध परिपथ में $= 11.8\Omega$

अब ओम के नियम के अनुसार

$V = RI$, $I = V/R$ $I = 6/11.8$

$= 0.508$ एम्पीयर $= 0.508$ A

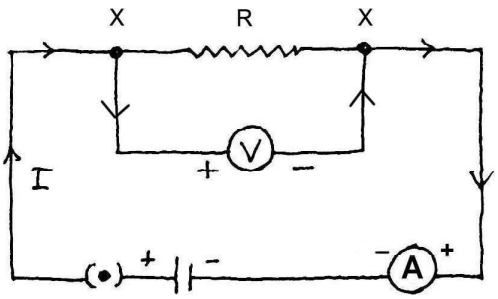


6.6 विद्युत धारा का तापीय प्रभाव (Thermal Effect of Electric current)

हम अपने दैनिक जीवन में कई ऐसे उपकरणों का उपयोग करते हैं जो विद्युत उर्जा से कार्य करते हैं और कुछ समय कार्य करने के पश्चात हम इन उपकरणों के चारों तरफ ऊष्मा को महसूस कर सकते हैं। उदाहरणतः इस्त्री, विद्युत बल्ब आदि।

जब किसी चालक में विद्युत धारा प्रवाहित होती है तब कुछ विद्युत ऊर्जा की हानि होती है। जैसा की हम उर्जा संरक्षण के नियम से जानते हैं कि उर्जा न ही उत्पन्न हो सकती है, न ही नष्ट, केवल एक रूप से दुसरे रूप में रूपांतरित हो सकती है। इसीलिए विद्युत उर्जा की हानि ऊष्मीय ऊर्जा में रूपांतरित हो जाती है। विद्युत के इस प्रभाव को हम विद्युत धारा का ऊष्मीय या तापीय प्रभाव कहते हैं। परिपथ का गर्म होना विद्युत धारा के उष्मीय प्रभाव हैं।

जूल का तापन नियम– माना कि R प्रतिरोध के एक प्रतिरोधक में I धारा t सेकण्ड तक प्रवाहित की जाती है तथा प्रतिरोधक के सिरों के बीच विभवांतर V आरोपित किया गया है।



चित्र–9 : जूल का तापन नियम

तब t सेकण्ड में तार में बहने वाला आवेश = धारा × समय

या $Q = I \times t$ .....(i)

विभवांतर की परिभाषा से t समय में Q आवेश को एक सिरे से दूसरे सिरे तक ले जाने में किया गया कार्य $W = QV$

समीकरण (1) से $Q = I\,t$, तब $W = VIt$ .....(ii)

प्रतिरोधक R में आवेश Q को एक सिरे से दूसरे सिरे तक लाने में किया गया कार्य प्रतिरोध में उत्पन्न ऊष्मा के रूप में प्रकट होता है।

तब समी. (ii) में W के स्थान पर H लिखने पर $H = VIt$ .....(iii)

प्रतिरोधक में t समय में विद्युत धारा I द्वारा उत्पन्न ऊष्मा $H = I^2Rt$ (ओम के नियम $V = IR$ से) इसे जूल का तापन नियम कहते हैं।

इस नियम के अनुसार

1. प्रतिरोधक में उत्पन्न ऊष्मा H उसमें प्रवाहित धारा I के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होती है। अर्थात् $H \propto I^2$
2. प्रतिरोधक में उत्पन्न ऊष्मा H प्रतिरोधक के प्रतिरोध R के अनुक्रमानुपाती होती है। अर्थात् $H \propto R$
3. प्रतिरोधक में उत्पन्न ऊष्मा H प्रतिरोधक में धारा प्रवाहित करने के समय t के अनुक्रमानुपाती होती है। अर्थात् $H \propto t$

$H = I^2Rt$ .....(iv)

6.6.1 विद्युत शक्ति (Electric Power)

वह दर जिस पर विद्युत उर्जा किसी अन्य प्रकार की उर्जा में रूपांतरित हो जाती है विद्युतशक्ति कहलाती है। दूसरे शब्दों में कार्य करने की दर को शक्ति कहते हैं। विद्युत शक्ति विद्युत धारा और विद्युत विभवांतर के गुणनफल जितनी होती है। किसी विद्युत परिपथ में ऊर्जा हानि की दर को भी विद्युत शक्ति कहते हैं। विद्युत शक्ति को P से व्यक्त करते हैं।

माना कि किसी विद्युत परिपथ में V वोल्ट विभवांतर पर I एम्पीयर की धारा प्रवाहित हो रही हो तो t सेकण्ड में विद्युत ऊर्जा हानि $W = VIt$

अतः 1 सेकण्ड में हुई विद्युत ऊर्जा हानि = $\frac{W}{t} = \frac{VIt}{t} = VI$

इसे विद्युत शक्ति (P) कहते हैं।

$$P = \frac{W}{t} = VI \quad \text{..... (v)}$$

विद्युत शक्ति का SI मात्रक वॉट (watt) है।

समी (6) से, समय t में स्त्रोत द्वारा परिपथ को प्रदान की गई ऊर्जा P×t है जो VIt के बराबर है।

$H = VIt$ समी. ..... (iii) से

$\therefore\ H = I^2RT \quad [V = IR]$

विद्युत की खपत H को हम kWh में या यूनिट में दर्शाते हैं।

1 किलोवॉट घंटा = 1 यूनिट = 1000 वॉट × 1 घंटा

= 1000 वॉट × 3600 सेकंड = 36 × 10^5 वॉट सेकंड

= 3.6 × 10^6 वॉट सेकंड

= 3.6 × 10^6 जूल

घरों में व्यय होने वाली विद्युत ऊर्जा के माप हेतु निम्नलिखित सूत्र प्रयुक्त करते हैं–

व्यय विद्युत ऊर्जा (विद्युत यूनिट में) = (विद्युत उपकरणों की संख्या × विद्युत उपकरण की शक्ति (वॉट में) × समय (घंटे में) × दिनों की संख्या)/1000

उदाहरण–3 : एक घर में प्रतिदिन 60 वॉट के चार बल्ब 4 घंटे और 80 वॉट के दो पंखे 10 घंटे के लिए चलाये जाते हैं। तो इस घर में एक महीने (30 दिन) में खर्च होने वाली बिजली का मूल्य बताएं। यदि प्रति यूनिट बिजली का मूल्य 2 रु. है।

हल : 60 वॉट के चार बल्बों को चार घंटे तक जलाने पर एक महीने में खर्च ऊर्जा = विद्युत उपकरण की संख्या × विद्युत उपकरण की शक्ति × समय × दिनों की संख्या / 1000

= $\frac{4\times60\times4\times30}{1000}$ = 28.8 यूनिट अथवा 28.8 किलो वॉट घंटा

और 80 वॉट के दो पंखों का 10 घंटे तक चलने पर एक महीने में खर्च ऊर्जा

= $\frac{2\times80\times10\times30}{1000}$ = 48 यूनिट अथवा 48 किलोवॉट घंटा

अर्थात् 1 महीने में खर्च बिजली = 28.8 + 48 = 76.8 यूनिट

1 किलोवॉट घंटा अथवा 1 यूनिट का मूल्य = 2 रु.

76.8 यूनिट का मूल्य = 2 रु. × 76.8 153.6 रु.

उदाहरण–4 : किसी 4Ω प्रतिरोध से प्रति सेकण्ड 100 जूल ऊष्मा उत्पन्न हो रही है। प्रतिरोधक के सिरों पर विभवान्तर ज्ञात कीजिए।

हल : $H = 100$ (जूल), $R = 4\Omega, t = 1$ सेकण्ड, $V = ?$

जूल के तापन नियम के अनुसार

$H = I^2Rt$

$$I^2 = \frac{H}{R\times t}$$

$$I = \sqrt{\frac{H}{Rt}} = \sqrt{\frac{100}{4\times1}} = \sqrt{25} \text{ एम्पीयर} = 5 \text{ एम्पीयर}$$

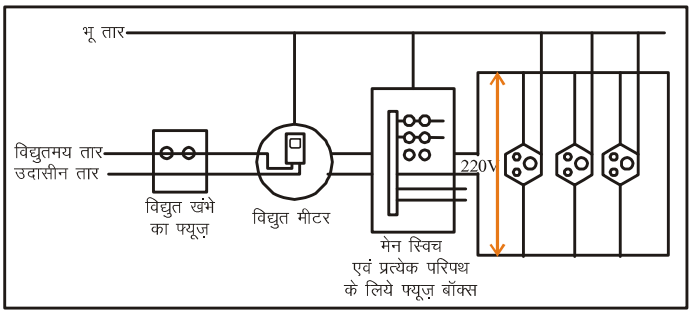
अतः ओम के नियमानुसार

$V = IR = 5 \times 4 = 20$ वोल्ट

नोट : बल्ब में तन्तु टंगस्टन धातु की लंबी एवं पतली तार का बना होता है बल्ब के अंदर यह तंतु ऐसा आभासित होता है कि यह बहुत छोटा है केवल कुछ इंच लम्बाई का परंतु वास्तव में इसकी लंबाई कई फीट होती है जिसे तंग कुंडली में बनाया जाता है।

6.7 घरेलु विद्युत परिपथ

हमारे घरों में विद्युत शक्ति की आपूर्ति मुख्य तारों (मेंस) से प्राप्त होती है। यह हमारे घरो में तीन तारों वाली वायरिंग के ज़रिये पहुँचती है। लाल रंग का तार विद्युतमय तार कहलाता है, नीले या काले रंग का तार उदासीन तार होता है, और हरे रंग का तार भू संपर्क तार होता है। हमारे देश में विद्युतमय तार एवं उदासीन तारों के बीच का विभवांतर 220 V होता है। भू संपर्क तार मोटा ताम्बे का बना तार होता है जिसे ताम्बे की एक पट्टी से जोड़कर भूमि में गाढ़ दिया जाता है। इसे विद्युत मीटर से जोड़ने के बाद मेन स्विच से जोड़ा जाता है। विद्युत खम्भे से आते हुए विद्युतमय व उदासीन तार सबसे पहले एक स्थिर बक्से से जिसे विद्युत मीटर कहते हैं, में जाते हैं। पूरे परिपथ में अतिभारण अथवा लघुपतन से लगने वाली आग से बचने के लिए इसे फ्यूज के साथ श्रेणी क्रम में जोड़ा जाता है। जब दुर्घटनावश विद्युतमय तार और उदासीन तार संपर्क में आ जाते हैं तो परिपथ का प्रतिरोध शून्य हो जाता है और परिपथ में से बहुत अधिक धारा बहने लगती है। इस कारण परिपथ में लगे उपकरण क्षतिग्रस्त हो जाते हैं और साथ में चिंगारी भी उत्पन्न हो सकती है। **फ्यूज़** किसी ऐसी धातु अथवा मिश्रधातु के तार का टुकड़ा होता है जिसका उचित गलनांक हो, उदाहरण के लिए एल्युमिनियम, कॉपर, आयरन, लैड आदि का बना होता है। यदि परिपथ में किसी निर्दिष्ट मान से अधिक मान की विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो फ्यूज़ तार के ताप में वृद्धि होती है। इससे फ्यूज़ तार पिघल जाता है और परिपथ टूट जाता है। घरों में प्रायः 1A, 2A, 3A, 5A,10A क्षमता वाला फ्यूज़ उपयोग में लिया जाता है।



चित्र–10 : घरेलु विद्युत परिपथ

बिजली उत्पादन स्रोत से विद्युतधारा प्रत्यावर्ती धारा के स्वरूप में उपलब्ध होती है। इस प्रकार की विद्युतधारा के प्रवाह की दिशा निरन्तर बदलती रहती है। इसे AC (alternating current) कहते हैं। घरेलू उपयोग के लिए 5A और औद्योगिक उपयोग के लिए 15A की प्रत्यावर्ती धारा की आवश्यकता होती है, जिसकी आवृत्ति 50 हर्ट्ज़ हो। सेल अथवा बैटरी से उत्पन्न होने वाली धारा, धारा का वह स्वरूप है जिसकी दिशा नियत रहती है, इसकी आवृत्ति 0 हर्ट्ज़ होती है। इसे दिष्ट धारा DC (direct current) कहते हैं।

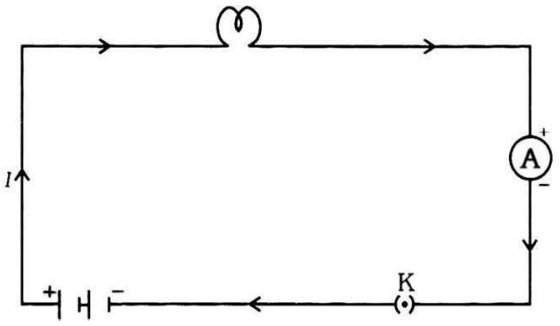
6.8 विद्युत प्रयोग में रखी जाने वाली सावधानियाँ

जैसा कि हमने देखा किसी विद्युत परिपथ में असावधानी से लघु–पतन अथवा अतिभारण के कारण आग लगने का खतरा रहता है। ज़रा सी लापरवाही के कारण विद्युत झटके भी लग सकते हैं। इसीलिए विद्युत प्रयोग के दौरान निम्नलिखित सावधानियाँ रखनी चाहिए।

- स्विच तथा प्लग को कसा हुआ जोड़ना चाहिए।
- उचित विद्युतरोधी परत के तार प्रयोग में लेने चाहिए।
- खराब अथवा क्षतिग्रस्त तार तुरंत बदल देने चाहिए।
- आग लगने या दुर्घटना होने पर परिपथ का स्विच तुरंत बंद कर देना चाहिए।
- प्रत्येक परिपथ में उचित पदार्थ व आवश्यक क्षमता वाले फ्यूज़ तार का उपयोग करना चाहिए।
- सभी विद्युत उपकरणों के लिए भूतार अवश्य लगाना चाहिए।
- बिजली के स्विचों व उपकरणों का उपयोग गीले हाथों से न करें।

कुछ अन्य आंकिक प्रश्नों के हल

1. किसी विद्युत बल्ब के तंतु में से 0.5A विद्युत धारा 10 मिनट तक प्रवाहित होती है। विद्युत परिपथ से प्रवाहित विद्युत आवेश का परिमाण ज्ञात कीजिए।



हल : दिया गया है, I = 0.5 A; t = 10 min = 600 s

$Q = It$

$= 0.5A \times 600\ s$

$= 300\ C$

2. किसी धातु के 1 m लंबे तार का 20°C पर वैद्युत प्रतिरोध 26Ω है। यदि तार का व्यास 0.3 mm है, तो इस ताप पर धातु की वैद्युत, प्रतिरोधकता क्या है?

हल: दिया गया है तार का प्रतिरोध R = 26Ω

व्यास $d = 0.3\ mm = 3\times10^{-4}\ m$, $r = \frac{3\times10^{-4}}{2} = 1.5\times10^{-4}$ तथा तार की लंबाई $l = 1\ m$

अतः समीकरण से, दिए गए धातु के तार की वैद्युत प्रतिरोधकता

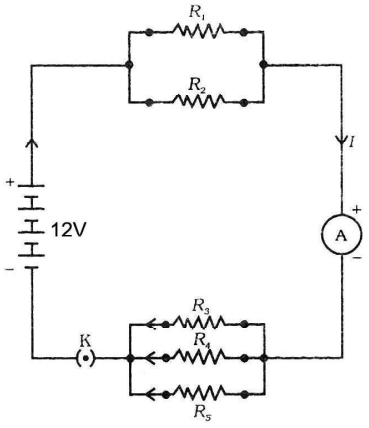
$$\rho = (RA/l) = (R\pi d^2/4l) = \frac{R\pi r^2}{l} = \frac{26\times22\times1.5\times10^{-4}\times1.5\times10^{-4}}{7\times1}$$

मानों को हल करने पर हमें प्राप्त होता है

$\rho = 1.84\times10^{-6}\ \Omega m$

इस प्रकार दिए गए तार की धातु की 20°C पर वैद्युत प्रतिरोधकता $1.84\times10^{-6}\ \Omega m$ है।

3. चित्र में $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 40\Omega$, $R_3 = 30\Omega$, $R_4 = 20\Omega$, $R_5 = 60\Omega$ है प्रतिरोधकों के इस विन्यास को 12 V से संयोजित किया जाता है। (a) परिपथ में कुल प्रतिरोध तथा (b) परिपथ में प्रवाहित कुल विद्युत धारा क्या होगी?



हल: मान लीजिए इन पार्श्वक्रम में संयोजित दो प्रतिरोधकों R_1 तथा R_2 को किसी तुल्य प्रतिरोधक जिसका प्रतिरोध R', है, द्वारा प्रतिस्थापित करते हैं। इस प्रकार हम पार्श्वक्रम में संयोजित तीन प्रतिरोधकों R_3, R_4 तथा R_5 को किसी अन्य तुल्य प्रतिरोधक जिसका प्रतिरोध R" द्वारा प्रतिस्थापित करते हैं। तब समीकरण का उपयोग करने पर हमें प्राप्त होता है।

I/R' = 1/10 + 1/40 = 5/40; अर्थात् R' = 8Ω

इसी प्रकार 1/R" = 1/30 + 1/20 + 1/60 = 6/60;

अर्थात् R" = 10Ω

इस प्रकार, कुल प्रतिरोध, R = R' + R", R = 8 + 10, R = 18Ω

विद्युत धारा का मान परिकलित करने के लिए ओम का नियम उपयोग करने पर हमें प्राप्त होता है।

I = V/R = 12 V / 18 Ω = 0.67 A

4. किसी विद्युत इस्तरी में अधिकतम तापन दर के लिए 840W की दर से ऊर्जा उपमुक्त होती है तथा 360 W की दर से उस समय उपमुक्त होती है जब तापन की दर निम्नतम है। यदि विद्युत स्रोत की वोल्टता 220 V है तो दोनों प्रकरणों में विद्युत धारा प्रतिरोध क्या होगा?

हल : समीकरण से हम यह जानते हैं कि निवेशी शक्ति

$P = V1$

इस प्रकार विद्युत धारा $I = P/V$

(a) जब तापन की दर अधिकतम है, तब

$I = 840\ W/220\ V = 3.82\ A;$

तथा विद्युत इस्तरी का प्रतिरोध

$R = V/I = 220\ V/3.82\ A = 57.60\ \Omega$

(b) जब तापन की दर निम्नतम है, तब

$I = 360\ W/220\ V = 1.64\ A$

तथा विद्युत इस्तरी का प्रतिरोध

$R = V/1 = 220\ V/1.64\ A = 134.15\ \Omega$

मुख्य शब्द (Keywords)

विद्युतधारा, विद्युत विभव, विद्युत विभवांतर, अमीटर, वोल्टमीटर, प्रतिरोध, प्रतिरोधकता, विद्युतरोधी, तुल्य प्रतिरोध, विद्युत शक्ति, दिष्टधारा, प्रत्यावर्ती धारा, फ्यूज़, अतिभारण, लघु–पतन, परिवर्ती प्रतिरोध, अर्धचालक

हमने सीखा

- किसी चालक में विद्युतधारा के प्रवाह के लिए एक पूर्ण परिपथ की आवश्यकता होती है।
- किसी चालक में विद्युतधारा का परिमाप विद्युत आवेश की वह मात्रा है जो चालक के किसी एक बिन्दु से एक सेकण्ड में गुजरती है।
- किसी विद्युत परिपथ में विद्युतधारा का मापन अमीटर की मदद से किया जाता है जो कि परिपथ में श्रेणी क्रम में संयोजित होता है।
- किसी विद्युत परिपथ में विद्युतधारा के प्रवाह के लिए विभवान्तर की आवश्यकता होती है।
- किसी विद्युत परिपथ में विद्युत विभवांतर का मापन एक उपकरण, वोल्टमीटर द्वारा किया जाता है। जो कि परिपथ में समानांतर क्रम में संयोजित होता है।
- ओम के नियम के अनुसार किसी विद्युत परिपथ में समान ताप पर धातु के तार के दो सिरों के बीच विभवांतर तथा उसमें प्रवाहित होने वाली विद्युतधारा समानुपाती होते हैं। $V \propto I$, $V = IR$
- धारा प्रतिरोध– किसी चालक का प्रतिरोध यह दर्शाता है कि वह अपने में से विद्युत धारा के प्रवाह का विरोध करता है। इसे R द्वारा दर्शाया जाता है।

- ρ एक आनुपातिकता स्थिरांक है जिसे चालक के पदार्थ की विद्युत प्रतिरोधकता कहते हैं। यह केवल पदार्थ की प्रकृति एवं ताप पर निर्भर करती है।
- श्रेणी क्रम में संयोजित प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध $R = R_1 + R_2 + R_3$..... होता है। श्रेणी क्रम में संयोजित प्रत्येक प्रतिरोध से समान विद्युतधारा प्रवाहित होती है। परन्तु प्रत्येक बिन्दुओं के बीच का विभवांतर अलग–अलग होता है।
- समानांतर व पार्श्वक्रम में संयोजित प्रतिरोधों का तुल्य प्रतिरोध $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ द्वारा दिया जाता है तथा प्रत्येक प्रतिरोध द्वारा अलग–अलग विद्युत धारा प्रवाहित होती है। परन्तु प्रत्येक प्रतिरोध के दोनों बिन्दुओं के बीच का विभवांतर समान होता है।
- वह दर जिस पर विद्युत ऊर्जा किसी अन्य प्रकार की ऊर्जा में रुपांतरित हो जाती है, को विद्युत शक्ति कहते हैं। विद्युत शक्ति विद्युत धारा और विद्युत विभवांतर के गुणनफल के बराबर होता है। P =VI

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनकर लिखें–

(i) बताएँ कि निम्न में से कौन सा उदाहरण विद्युत का सुचालक है।

(ब) लकड़ी का टुकड़ा (ब) कागज का पेपर

(स) ताम्बे का तार (द) काँच की छड़

HQ57YH

(ii) किसी विद्युत परिपथ में विद्युत धारा की मात्रा को मापने वाला यंत्र है।

(अ) वोल्टमीटर (ब) अमीटर

(स) ओडोमीटर (द) इनमें से कोई नहीं

(iii) ओम के नियम के अनुसार किसी चालक तार के लिए V तथा I के बीच संबंध

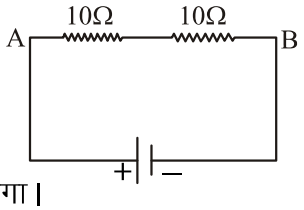
(अ) एक अनियत अनुपात है (ब) एक नियत अनुपात है

(स) कमी अनियत कमी अनियम (द) इनमें से कोई नहीं

(iv) एक विद्युत उपकरण का प्रतिरोध 22 ओम है, विभव 220 वोल्ट है। उपकरण को विद्युत स्रोत से जोड़ने पर बहने वाली धारा का मान ज्ञात कीजिए।

(अ) 5 A (ब) 20 A (स) 25 A (द) 10 A

(v) निम्नलिखित चित्र में दिखाए परिपथ का तुल्य प्रतिरोध होगा–



(अ) 25Ω (ब) 20Ω (स) 10Ω (द) 35Ω

2. रिक्त स्थान की पूर्ति करें–

(i) श्रेणी क्रम में संयोजित प्रतिरोधों का विभवांतर ..... होगा।

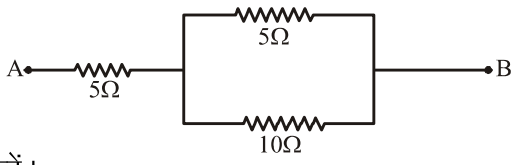
(ii) समानांतर क्रम में संयोजित प्रत्येक प्रतिरोधों में प्रवाहित विद्युत धारा ..... होगी।

(iii) विद्युत की खपत को हम kWh में या ..... में दर्शाते हैं।

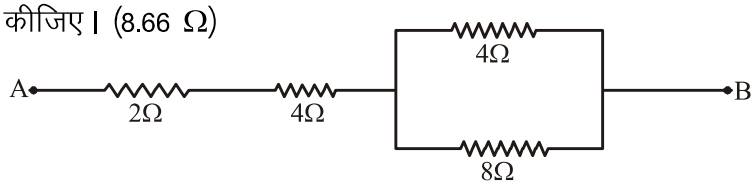
(iv) विद्युत लैंप में तंतु ..... धातु का उपयोग में लिया जाता है।

(v) चालक का ताप बढ़ने से उसकी ..... बढ़ जाती है।

3. परिपथ का प्रभावी तुल्य प्रतिरोध ज्ञात कीजिए। (8.33 Ω)



4. फ्यूज़ क्या है? यह किस पदार्थ का बना होता है?
5. ओम के नियम को अपने शब्दों में लिखिए, और V तथा I के बीच ग्राफ खींचकर दोनों के बीच संबंध को स्थापित करें।
6. एक विद्युत बल्ब एक मिनट में 2400 J ऊर्जा खपत करता है, तो उस बल्ब की शक्ति ज्ञात कीजिए। (40 W)
7. एक विद्युत हीटर जिस पर 3kW, 220V अंकित है। नीचे दिए गए प्रश्नों को ज्ञात कीजिए।
   (अ) विद्युतधारा (13.6A) (ब) हीटर का प्रतिरोध (16.12 Ω)
   (स) खर्च क्या होगा यदि 1 kWh के लिए 1.50 रु. लगते हों और हीटर को 10 घण्टे चलाया जाए।(45 रु.)
8. निम्नलिखित प्रश्नों के उत्तर दीजिए।
   (i) घरेलु विद्युत परिपथों में श्रेणी क्रम संयोजन का उपयोग क्यों नहीं किया जाता है।
   (ii) विद्युत लैम्पों के तन्तुओं के निर्माण में प्रायः एकमात्र टंगस्टन का ही उपयोग क्यों किया जाता है।
9. किसी विद्युत बल्ब के तन्तु में से 0.5A विद्युत धारा 20 मिनट तक प्रवाहित होती है। विद्युत परिपथ से प्रवाहित विद्युत आवेश का परिमाण क्या होगा ज्ञात कीजिए? (600 कूलॉब)
10. एक घर में प्रतिदिन 40 वॉट की चार बल्ब 5 घंटे, 60 वॉट के 2 बल्ब 6 घंटे, 80 वॉट के 3 पंखे 6 घंटे चलते हैं तो इस घर में एक महीने में कितना खर्च आएगा? यदि एक यूनिट का मूल्य 50 पैसे हो तो? (44.4 Rs)
11. निम्नलिखित प्रश्नों पर विचार कीजिए।
   (i) अगर श्रेणी क्रम में संयोजित तीन बल्बों में से अगर एक बल्ब खराब हो जाए तो अन्य बल्बों पर क्या प्रभाव पड़ेगा? चर्चा करें।
   (ii) सामांतर क्रम में संयोजित तीन बल्बों में से एक खराब हो जाए तो क्या प्रभाव पड़ेगा चर्चा करें।
12. A व B के बीच तुल्य प्रतिरोध ज्ञात कीजिए। (8.66 Ω)



13. अगर किसी श्रेणीक्रम परिपथ में विद्युत बैटरी द्वारा 6 वोल्ट विभवांतर है अगर पहले बल्ब के पास 2 वोल्ट का विभवांतर है तो दूसरे बल्ब के पास विभवांतर ज्ञात कीजिए। (4 वॉट)
14. दो चालक तार जिनके पदार्थ, लम्बाई तथा व्यास समान हैं किसी विद्युत परिपथ में पहले श्रेणीक्रम में और फिर समान्तर क्रम में संयोजित किए जाते हैं। श्रेणीक्रम तथा समान्तर क्रम संयोजन में उत्पन्न ऊष्माओं का अनुपात क्या होगा? (4 : 1)
15. 9V की किसी बैटरी को 2Ω, 3Ω, 4Ω, 5Ω तथा 12Ω के प्रतिरोधकों के साथ श्रेणीक्रम में संयोजित किया गया है। 2Ω के प्रतिरोधक से कितनी विद्युतधारा प्रवाहित होगी। (0.34 एम्पीयर)
16. अपने घरों में विद्युतधारा के ऊष्मीय प्रभाव पर कार्य करने वाले उपकरणों की सूची बनाकर चर्चा करें कि किस प्रकार कार्य करते हैं?
17. किसी बल्ब पर 200V - 100W अंकित है। इस बल्ब का प्रतिरोध कितना होगा? यदि ऐसे 5 बल्ब, 4 घण्टे के लिए कार्य करें तो कितनी विद्युत ऊर्जा की खपत होगी? 50 पैसे प्रति यूनिट की दर से लगने वाले खर्च की गणना करें। (400Ω, 2 kwh, 1 रु.)
18. 2Ω, 3Ω व 5Ω के तीन प्रतिरोधकों को आप किस प्रकार संयोजित करेंगे कि तुल्य प्रतिरोध 2.5Ω हो। चित्र बनाकर दिखाएँ।