212hi16

16

विद्युत ऊर्जा

आप सभी ने आँधी-तूफान के समय बिजली कड़कने व चमकने की घटना देखी होगी। आपने कभी-कभी यह अनुभव भी किया होगा कि जब मौसम सूखा होता है और आप कोई कृत्रिम रेशोंवाला कपड़ा खोलते हैं तो चर्र की आवाज़ के साथ एक चिनगारी-सी निकलती दिखाई देती है। यह स्थिर विद्युत का प्रभाव होता है। आपके उन खिलौनों में जो कि बैटरी से चलते हैं, ऊर्जा का स्रोत बैटरी है। बैटरी में रासायनिक ऊर्जा या अन्य किसी प्रकार की ऊर्जा का रूपान्तरण विद्युत ऊर्जा में होता है। विद्युत ऊर्जा भी विभिन्न यंत्रों की मदद से पॉवर स्टेशन से आपके घरों तक आती है और एक बटन दबाने से ही आपके आदेश के अनुसार आपको सारी सुविधाएँ मुहैया करवाती है। यह हमको प्रकाश व ऊष्मा देती है। यह घरों और कल-कारखानों में बड़ी-बड़ी मशीनों, उपकरणों और औज़ारों जैसेकि कम्प्यूटर, टाइप-राइटर, टेलीविजन, वैक्यूम क्लीनर, वाशिंग मशीन, मिक्सर और ग्राइंडर, एक्स-रे मशीनों, इलेक्ट्रिक ट्रेनों आदि को कार्य करने की शक्ति प्रदान करती है।

आजकल विद्युत ऊर्जारहित संसार की हम कल्पना भी नहीं कर सकते हैं। थोड़ी देर के लिए भी जब बिजली नहीं होती है तब हम बिना पानी की मछली की तरह हो जाते हैं। इस अध्याय में हम विद्युत ऊर्जा की प्रकृति व इसके काम करने के तरीकों के बारे में अध्ययन करेंगे।

míš' ;

इस पाठ को पढ़ने के पश्चात् आप –

- दैनिक जीवन में स्थिर विद्युतिकी के प्रभाव के कुछ उदाहरण बता पाएँगे;
- दो प्रकार के विद्युत आवेशों को पहचान पाएँगे और कूलॉम के नियम की व्याख्या कर पाएँगे;
- स्थिर वैद्युत विभव व विभवान्तर की परिभाषा दे पाएँगे;
- विद्युत धारा को परिभाषित कर पाएँगे;
- ओम के नियम को बता पाएँगे और एक कुचालक के विद्युत प्रतिरोध को परिभाषित कर पाएँगे;

- श्रेणी क्रम व समान्तर क्रम में जुड़े प्रतिरोधकों में परिणामी प्रतिरोध की गणना कर पाएँगे;
- दैनिक जीवन के उदाहरणों की मदद से विद्युत के तापीय प्रभाव को समझ पाएँगे; और
- व्यावसायिक उपयोग में विद्युत ऊर्जा व विद्युत शक्ति की इकाई को परिभाषित कर पाएँगे व इनसे जुड़े सवालों को हल कर पाएँगे।

16-1 fLFkj fo|fr dh

आपकी दैनिक जिन्दगी में आपने यह अनुभव किया होगा कि जब हम एक प्लास्टिक के कंघे को कागज़ के टुकड़ों के पास ले जाते हैं तो वह उन टुकड़ों को नहीं उठा पाता है। परन्तु यदि आप उस कंघे से पहले सूखे बालों को बनाइए और उसके बाद उस कंघे को कागज़ के छोटे-छोटे टुकड़ों के पास ले जाइए तो आप देखेंगे कि कागज़ के टुकड़े कंघे की ओर आकर्षित होंगे। क्या आपको पता है कि ऐसा क्यों होता है? ऐसा इसलिए होता है, क्योंकि, सूखे बाल बनाने की प्रक्रिया में कंघा आवेशित अथवा विद्युतीकृत हो जाता है। एक वस्तु को दूसरी वस्तु पर रगड़ने से उत्पन्न आवेश (या विद्युत) को घर्षण विद्युत या fLFkj fo|r कहते हैं। आइए हम कुछ सरल गतिविधियों से इसे समझने की कोशिश करें।

D;k vki tkurs gS

विद्युत आवेश, उनके गुणों व चुम्बकत्व के बारे में समझ बनना आज से लगभग 2500 साल पहले शुरु हो चुका था (6th century B.C.)। यूनान में मिलेटस निवासी विज्ञान के एक संस्थापक थेल्स जानते थे कि यदि अम्बर (amber) के एक टुकड़े को ऊनी कपड़ों के साथ रगड़ा जाए तो इसके बाद यह हल्के पंखों, धूल, पत्तियों के टुकड़ों आदि को अपनी ओर आकर्षित करता है। अम्बर एक पीले रंग का रेजिन (गोंद) जैसा पदार्थ है जो कि बाल्टिक सागर के तटों पर पाया जाता है। अम्बर का ग्रीक नाम 'इलेक्ट्रम' है, यही वह शब्द है जिससे इलेक्ट्रिसिटी, इलेक्ट्रिक चार्ज, इलेक्ट्रिक फोर्स और इलेक्ट्रॉन जैसे शब्दों का उद्भव हुआ है। परन्तु विद्युत के बारे में व्यवस्थित अध्ययन डॉ. विलियम गिलबर्ट द्वारा किया गया। डॉ. गिलबर्ट इंग्लैंड की महारानी एलिजाबेथ प्रथम के प्रमुख चिकित्सक थे। डॉ. गिलबर्ट ने बहुत सारे प्रयोग किए जैसे कि काँच की छड़ को सिल्क के कपड़े के साथ रगड़ना, रबड़ के जूतों को ऊनी कारपेट पर रगड़ना आदि। ऐसा करने से विद्युत आवेश उत्पन्न होते हैं व वस्तु आवेशित हो जाती है। डॉ. गिलबर्ट ने अम्बर जैसी प्रकृतिवाले उन पदार्थों को जो कि रगड़ने पर विद्युत आवेशित हो जाते हैं 'इलेक्ट्रिका' नाम दिया।

fØ;kdyki 16-1

एक दिन डॉली और जॉली पढ़ाई कर रही थीं। अचानक डॉली ने टेबल पर कागज के कुछ टुकड़े फैला दिए और अपनी बहन जॉली से उन्हें किसी गुब्बारे या पेन की मदद से उठाने को कहा। जॉली पेन को कागज के टुकड़ों के पास ले गई पर कागज के टुकड़ों पर कोई प्रतिक्रिया नहीं

हुई। इसके बाद गुब्बारे के साथ उसने यह क्रिया दोहराई परन्तु कोई जादू नहीं हुआ। जॉली ने डॉली को यह जादू दिखाने को कहा। डॉली ने पेन उठाया और कुछ फुसफुसाते हुए पेन को अपने सूती शर्ट से रगड़ा। ऐसा करते ही वह पेन को कागज के टुकड़ों के पास लायी, कागज़ के टुकड़े पेन की तरफ आकर्षित हो गए। इसके बाद वह फूले हुए गुब्बारे को अपने सूखे बालों पर रगड़कर कागज के टुकड़ों के पास ले गई। कागज के टुकड़े गुब्बारे की तरफ आकर्षित हो गए। अब डॉली ने पेन को अपने हाथों की हथेलियों के बीच रखकर रगड़ा और उसे कागज के टुकड़े के पास ले गई। परन्तु इस बार पेन ने कागज के टुकड़ों को आकर्षित नहीं किया। जॉली यह सब देखकर आश्चर्यचकित थी और सोच रही थी कि यह सब जादू है या इसमें कुछ विज्ञान भी सम्मिलित है।

डॉली ने बताया कि रगड़े जाने के बाद पेन या फूला हुआ गुब्बारा दोनों कागज के टुकड़ों को आकर्षित करते हैं जबकि रगड़ने से पहले ये ऐसा कुछ नहीं करते हैं। जब पेन को हाथों के बीच रगड़ते हैं तो पेन में उत्पन्न हुआ आकर्षण का गुण समाप्त हो जाता है। अतः यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि कुछ वस्तुएँ रगड़ने पर विद्युत आवेशित हो जाते हैं परन्तु जब इसे किसी पृथ्वी से जुड़ी किसी चालक वस्तु द्वारा छुआ जाए तो यह आवेश उसके माध्यम से पृथ्वी में चला जाता है।

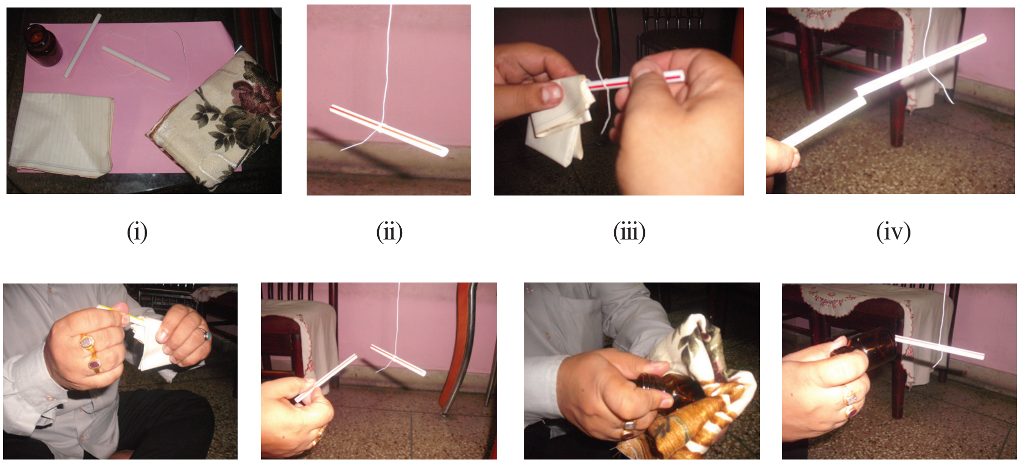
यह महसूस किया गया कि धातु को आवेशित किया जा सकता है परन्तु केवल उस स्थिति में जब इसे अम्बर या काँच के हैण्डल से पकड़ा हो। धातु को सीधे हाथों में पकड़कर आवेशित नहीं किया जा सकता है। ऐसा इसलिए होता है क्योंकि उत्पन्न विद्युत आवेश धातु से हमारे शरीर (चालक) होते हुए पृथ्वी में चले जाते हैं।

fØ;kdyki 16-2

lkexh % दो स्ट्रा (खोखली नलियाँ जिनसे पेय पिया जाता है), कागज का छोटा टुकड़ा, सिल्क के कपड़े का एक टुकड़ा, लगभग 50 cm के दो धागे के टुकड़े, एक छोटी काँच की बॉटल (इंजेक्शन बॉटल), सेलो टेप और कैंची।

एक स्ट्रॉ लीजिए। किसी धागे के एक सिरे को इसके बीचों बीच से बाँध दीजिए। अब धागे के दूसरे सिरे को टेबल पर सेलो टेप की मदद से चिपका दीजिए और स्ट्रॉवाले सिरे को नीचे मुक्त रूप से लटका दीजिए। धागे को स्थिर होने दीजिए। अब दूसरी स्ट्रॉ को धागे से बँधी स्ट्रॉ के निकट लाइए और उसके प्रभावों का अवलोकन कीजिए। आप देखेंगे कि उस पर कोई प्रभाव नहीं होता है।

अब धागे से बँधी स्ट्रॉ को एक कागज के टुकड़े की मदद से रगड़िए और दूसरी स्ट्रॉ के एक सिरे को उसके नजदीक ले जाइए। ध्यानपूर्वक धागे से बंधी स्ट्रॉ की स्थिति का अवलोकन कीजिए। आप पाएँगे कि धागे से बँधी स्ट्रॉ आपके हाथवाली स्ट्रॉ की तरफ आकर्षित होकर गति करती है। अब अपने हाथवाली स्ट्रॉ को भी कागज की सहायता से रगड़िए। इसे धागे से बंधी स्ट्रॉ के पास ले जाइए। पुनः ध्यानपूर्वक दोनों स्ट्रॉ के बीच की अन्तःक्रिया को देखिए। धागे से बंधी स्ट्रॉ आपके हाथवाली स्ट्रॉ से दूर जाती है, यानि प्रतिकर्षित होती है।



(i) (ii) (iii) (iv)

(v) (vi) (vii) (viii)

अब एक काँच की बॉटल लीजिए और इसे सिल्क के कपड़े से रगड़िए। रगड़ने के बाद इसे धागे से बँधी स्ट्रॉ के एक सिरे के नजदीक ले जाइए। काँच की बॉटल व स्ट्रॉ के बीच की अन्तःक्रिया का ध्यानपूर्वक अवलोकन कीजिए। आप देखेंगे कि काँच की बॉटल स्ट्रॉ को आकर्षित करती है।

आकर्षण बल   प्रतिकर्षण बल   प्रतिकर्षण बल

इससे आप क्या समझते हैं? इस प्रयोग से यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है कि दो अनावेशित स्ट्रॉ एक दूसरे को प्रभावित नहीं करती हैं।

दो समान रूप से आवेशित स्ट्रॉ एक दूसरे को प्रतिकर्षित करती है परन्तु एक आवेशित स्ट्रॉ और एक काँच की बॉटल एक दूसरे को आकर्षित करती है। अतः इससे यह निष्कर्ष निकाला जा सकता है –

(i) दो अलग-अलग तरह के आवेश (धनावेश एवं ऋणावेश) होते हैं।

(ii) काँच के गिलास को सिल्क से रगड़ने पर उत्पन्न आवेश की प्रकृति, स्ट्रॉ को कागज से रगड़ने पर उत्पन्न हुए आवेश की प्रकृति से भिन्न है। मूलभूत प्रयोगों से स्थापित परिणाम यह है कि काँच को सिल्क के कपड़े से रगड़ने पर यह धनावेशित हो जाता है।

(iii) इस आधार पर यह कहा जा सकता है कि स्ट्रॉ ऋणावेशित हो जाती है। समान आवेश एक दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं और असमान आवेश एक दूसरे को आकर्षित करते हैं।

16-1-1 vkos'k dh izd`fr

क्या कभी आपने कालीन पर चलकर कमरा पार करने के बाद दरवाजे पर लगे धातु के हैंडल को छूने से लगने वाले बिजली के झटके का अनुभव किया है। आईए, हम इसका कारण समझने की चेष्टा करें।

जब हम रबर, नायलोन, ऊन या पोलिएस्टर जैसे विद्युतरोधी पदार्थ के बने कालीन पर चलते हैं तो हमारे जूतों के तल्ले और कालीन के पदार्थ के बीच घर्षण के कारण उन पर विपरीत आवेश प्रकट हो जाते हैं। जब हम धातु के हैंडल को छूते हैं तो हमारे शरीर पर और फर्श पर (घर्षण के कारण) उत्पन्न मुक्त आवेशों में (कुछ हजार से लेकर 15000 वोल्ट तक की) उच्च वोल्टता पर विसर्जन होता है।

शुरुआती समय में एक फ्रांसीसी केमिस्ट चार्ल्स डफे ने यह अवलोकन किया कि काँच की छड़ को सिल्क के कपड़े से रगड़ने पर उत्पन्न आवेश की प्रकृति, एबोनाइट की छड़ को फर/ऊन से रगड़ने पर उत्पन्न आवेश से भिन्न है। डफे ने काँच की छड़ पर उत्पन्न आवेश को 'विट्रियस' नाम दिया और एबोनाइट की छड़ पर उत्पन्न आवेश को 'रेजिनस' नाम दिया। बाद में अमेरिकी वैज्ञानिक बेंजामिन फ्रेंकलिन (1706-1790) ने विट्रियस के स्थान पर 'पॉजीटिव' व रेजिनस के स्थान पर 'नेगेटिव' शब्दावली को शुरु किया, जो कि आज तक उपयोग में ली जाती है। हिन्दी में हम 'पॉजीटिव' को 'धनावेश' और नेगेटिव को 'ऋणावेश' कहते हैं।

दो पदार्थ परस्पर रगड़ने पर समान परिमाण में धनात्मक व ऋणात्मक आवेश प्राप्त करते हैं। वास्तव में रगड़ने की प्रक्रिया से विद्युत आवेशों का निर्माण नहीं होता है। ऐसा करने से केवल ऋणात्मक आवेश एक पदार्थ से दूसरे पदार्थ पर स्थानान्तरित हो जाते हैं। वह पदार्थ जिससे कि ऋणात्मक आवेशों का स्थानान्तरण होता है, उसमें धनावेशों की अधिकता हो जाती है। एवं वह पदार्थ जो कि ऋणावेशों को ग्रहण करता है, ऋणावेशित हो जाता है। इसे समझने के लिए स्मरण करें कि हमने पहले पढ़ा था कि पदार्थ अणुओं व परमाणुओं से मिलकर बना है। एक अनावेशित वस्तु (निकाय) में बहुत सारे परमाणु होते हैं। प्रत्येक परमाणु में बराबर मात्रा में प्रोटॉन व इलेक्ट्रॉन होते हैं। कुछ पदार्थों में कुछ इलेक्ट्रॉन उनके परमाणुओं में हल्के बंधों से जुड़े रहते हैं एवं जब इन पदार्थों को रगड़ा जाए तो इन इलेक्ट्रॉन को हटाया जा सकता है और जिस पदार्थ से इलेक्ट्रॉन हटे वो धनावेशित एवं जिस पदार्थ ने इलेक्ट्रॉन ग्रहण किए वो ऋणावेशित हो जाता है। आवेशीकरण की प्रक्रिया में पदार्थों में पाए जानेवाले धनावेश जो कि अणुओं में मजबूती से जुड़े होते हैं आवेशीकरण की प्रक्रिया में भाग नहीं लेते। आवेशों का संरक्षण यह दर्शाता है कि एक विलगित निकाय (isolated system) में जहाँ निकाय में कोई भी आवेश न तो अंदर आ सकता है और न ही इससे बाहर जा सकता है) विद्युत आवेशों की कुल मात्रा समय के साथ नहीं बदलती है। एक विलगित निकाय के अन्दर इसके अवयवी पदार्थों की अन्तःक्रिया के परिणाम स्वरूप आवेशों का एक पदार्थ से दूसरे पदार्थ में स्थानान्तरण तो हो सकता है परन्तु निकाय के आवेशों की कुल मात्रा स्थिर बनी रहती है।

चार्ल्स ऑगस्टिन द कूलॉम
(1736-1806)

आवेशित कणों के बीच लगनेवाले बल का निर्धारण ^dwyke dk fu;e* के अनुसार होता है। सबसे पहले एक फ्रांसीसी भौतिकी विज्ञानी, चार्ल्स ऑगस्टिन दे कूलॉम, द्वारा इस बात का अध्ययन किया गया था। कूलाम ने अपने प्रयोगों के निष्कर्षों को एक नियम के रूप में प्रस्तुत किया जिसे कूलॉम के नियम' के नाम से जाना जाता है। कूलॉम के नियमानुसार –

^nk fcUnq vkos'kksa ds eè; yxuokyk ifjd"k.k ;k vkd"k.k cy dk ifjek.k] mudh ek=k ds x.kuQy ds vuqØekuqikrh o muds chp dh nwjh ds oxZ ds 0;qRØekuqikrh gksrk gSA**

यदि q_1 आवेश को किसी अन्य समान आवेश q_2 से r दूरी पर रखा जाए, तो दोनों आवेश, एक दूसरे को प्रतिकर्षित करेंगे और प्रतिकर्षण का बल होगा।

$$F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$$

जबकि k = आनुपातिक स्थिरांक है जो उस माध्यम की प्रकृति पर निर्भर करता है जिसमें आवेश रखे गए हैं। निर्वात (अथवा वायु) के लिए SI मात्रकों में $k = 9 \times 10^9 \text{ N m}^2 \text{C}^{-2}$ है। आवेश एक अदिश राशि है। कूलॉम आवेश की SI इकाई है जिसे C द्वारा भी व्यक्त किया जाता है।

fp= **16.1:** r दूरी पर रखे हुए दो आवेश

यदि $q_1 = q_2 = 1\text{C}$, $r = 1$ m

$$F = \frac{9\times10^9\,\text{Nm}^2\text{C}^{-2}\times1\text{C}\times1\text{C}}{(1\,\text{m})^2} = 9 \times 10^{-9} \text{ N}$$

इस प्रकार एक कूलॉम वह आवेश है जिसको निर्वात में किसी समान आवेश से 1 मीटर की दूरी पर रखा जाए तो वह एक न्यूटन (1 N) का प्रतिकर्षण बल अनुभव करता है। समान आवेशों के लिए बल (धनात्मक चिह्न के साथ) प्रतिकर्षण का होता है जबकि असमान आवेशों के लिए यह (ऋणात्मक चिह्न के साथ) आकर्षण का होगा।

16-2 fLFkj oS|qr foHko vkSj foHkokUrj

मान लीजिए कि किसी अनावेशित वस्तु, जैसे कि काँच की छड़ को, कोई आवेश (माना कि धनावेश) दिया जाता है। वह वस्तु वह आवेश ग्रहण कर लेती है। अब अगर आप और अधिक धनावेश इसमें जोड़ना चाहेंगे तो इसमें पहले से उपस्थित धनावेश के कारण यह धनावेश प्रतिकर्षण का अनुभव करेंगे। अतः इस प्रतिकर्षण बल पर पार पाने के लिए किसी बाह्य कारक को कार्य करने की आवश्यकता होती है। आवेशों के निकाय में यह कार्य स्थिर वैद्युत स्थितिज ऊर्जा के रूप में संग्रहित हो जाता है। यह ठीक उसी प्रकार है जैसेकि किसी वस्तु को गुरुत्व बल के विपरीत ऊपर की ओर उठाते हैं तो वस्तु पर किया गया कार्य उस वस्तु में उसकी गुरुत्वीय स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है। माना कि एक आवेश q को किसी स्रोत आवेश Q की तरफ इससे r दूरी तक लाते हैं, तब q आवेश की स्थिर वैद्युत स्थितिज ऊर्जा होगी –

$$U = \frac{kQq}{r}$$

इकाई धनावेश को अनन्त से किसी आवेश के क्षेत्र में लाने में किए गए कार्य को उस आवेश के क्षेत्र का fLFkj oi|r foHko ;k foHko कहते हैं। यदि q धनावेश को अनन्त दूरी से स्रोत आवेश Q के नजदीक r दूरी पर स्थित किसी बिन्दु तक लाने के लिए किया गया कार्य W है तो उस बिन्दु पर Q आवेश के कारण विभव V होगा –

$$V = \frac{W}{q} \quad \text{or} \quad \frac{U}{q} = \frac{kQ}{r}$$

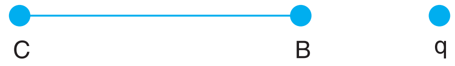
(1) और (2) में 'k' एक स्थिरांक है।

स्थिर वैद्युत विभव एक अदिश राशि है (इसकी कोई दिशा नहीं होती है केवल परिमाण होता है) इसका अन्तर्राष्ट्रीय मात्रक (SI) जूल/कूलॉम (JC^{-1}) या वॉल्ट (V) है। इस मात्रक का नामकरण एक इटालियन भौतिक शास्त्री एलेसन्द्रो वॉल्टा (1745-1827) के सम्मान में किया गया है।

किसी बिन्दु पर विभव 1V तब होगा जब +1C आवेश उस स्थान पर रखा गया हो जहाँ आवेश की विभव ऊर्जा 1 J हो। अथवा किसी बिन्दु पर विभव 1V होगा जबकि 1C धनावेश को अनन्त से उस बिन्दु तक लाने में 1 J कार्य किया गया हो।

$$1 \text{ वोल्ट} = \frac{1 \text{ जूल}}{1 \text{ कूलॉम}}$$

मान लीजिए कि आवेश q चित्रानुसार किसी बिन्दु पर रखा है –



fp= 16-2: आवेश q अनन्त से B या C बिन्दु पर आता हुआ

माना कि B व C दो बिन्दु हैं जहाँ B बिन्दु, बिन्दु C की तुलना में आवेश q के ज्यादा नजदीक है। यदि आवेश q को अनन्त से बिन्दु C व B तक लाया जाता है तो किया गया कार्य क्रमशः W_C व W_B होगा। बिन्दु C व B पर विभव क्रमशः होगा।

$$V_B = \frac{W_B}{q} \quad \text{व} \quad V_C = \frac{W_C}{q}$$

V_B एवं V_C में अन्तर विभवान्तर है अर्थात्

$$V_B - V_C = \frac{W_B - W_C}{q}$$

जबकि $W_B - W_C$ वह कार्य है जो आवेश को बिन्दु C से B तक लाने में किया जाता है।

अतः हम कह सकते हैं कि B एवं C में विभवान्तर, किसी इकाई आवेश को बिन्दु C से बिन्दु B तक लाने में किए किए कार्य के बराबर है। इसे इस प्रकार निरूपित कर सकते हैं –

$V_B - V_C$ को V कहे और $W_B - W_C$ को W तब विभवान्तर होगा :

$$V = \frac{\text{किया गया कार्य } (W)}{\text{स्थानान्तरित आवेश की मात्रा } (q)}$$

जब किसी चालक के दो बिन्दुओं के बीच एक कूलॉम आवेश को एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने में 1 J कार्य किया जाता है तो उन दो बिन्दुओं के बीच 1 वोल्ट का विभवान्तर (PD) होता है। विभवान्तर एक अदिश राशि है।

इसे विभवमापी (वोल्टमीटर) की सहायता से मापा जाता है। जिन बिन्दुओं के बीच विभवांतर मापना होता है, विभवमापी को हमेशा उसके समान्तर क्रम में जोड़ा जाता है।

fp= **16-3**½ विभवमापी

mnkgj.k **16-1** ½ कितने इलेक्ट्रॉन मिलकर एक कूलॉम बनाते हैं?

gy½ माना कि n इलेक्ट्रॉन मिलकर एक कूलॉम (1 C) बनाते हैं। क्योंकि, आवेश इलेक्ट्रॉनों की अधिकता या कमी के कारण ही निर्मित होते हैं।

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

आवेश $q = +n|e|$

$$n = \frac{q}{|e|} = \frac{1}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{18} \text{ इलेक्ट्रॉन}$$

mnkgj.k **16-2** ½ 3C आवेश को 24 V विभवान्तरवाले दो बिन्दुओं के मध्य एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक ले जाने के लिए किए गए कार्य की गणना कीजिए।

gy ½ दिया गया है $q = 3\text{C}, V = 24\text{V}, \quad W = ?$

$$W = qV$$
$$= 3\text{C} \times 24 \text{ V}$$
$$W = 72 \text{ J}$$

ikBxr i;'u 16-1

1. निम्नलिखित राशियों के मात्रकों को परिभाषित कीजिए।

   (i) आवेश और (ii) विभव

2. जब काँच की एक छड़ को सिल्क के कपड़े से रगड़ा जाता है तो यह 10 माइक्रो कूलॉम आवेश ग्रहण कर लेती है। गणना कर बताइए कि काँच की छड़ से सिल्क के कपड़े को कितने इलेक्ट्रॉन स्थानान्तरित हो गए?

3. अगर दो छोटे विद्युतीकृत आवेशों के बीच की दूरी को आधा कर दिया जाए और उनके आवेश की मात्रा को दुगुना कर दिया जाए तो उनके बीच लगनेवाले बल में क्या अन्तर आएगा?

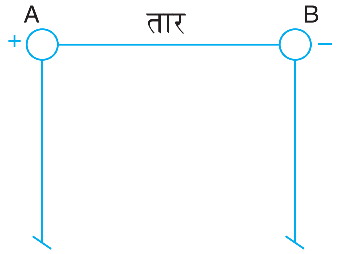
4. दो आवेशीकृत गोलों के बीच की दूरी को दुगुना कर दिया जाए तो इनके बीच लगनेवाले बल में क्या परिवर्तन आएगा?

5. एक कण जिस पर 1 माइक्रो कूलॉम आवेश है एक स्थिर आवेश से 50 cm की दूरी पर रखा है जहाँ इसकी स्थितिज ऊर्जा 10 J है।

   (i) कण जिस बिन्दु पर है वहाँ विद्युत विभव की गणना कीजिए।

   (ii) स्थिर आवेश का मान ज्ञात कीजिए।

6. दो धातु के गोले A एवं B कुचालक स्टेण्ड पर चित्रानुसार रखे गए हैं। इन्हें क्रमशः कुछ धनावेश व ऋणावेश दिया जाता है। अगर दोनों गोले एक दूसरे से एक धातु के तार से जुड़े हैं, तो क्या होगा?



fp= 16-4 स्टैण्ड पर लगे दो धातु के गोले

16-3 fo|rèkkjk

सभी विद्युत उपकरणों जैसे कि बल्ब या हीटर की कुण्डली का कार्य आवेशों की गति पर निर्भर करता है। जैसा कि हम जानते हैं कि नदियों में जल-धारा का निर्माण पानी के बहने के कारण होता है ठीक उसी प्रकार किसी चालक/धातु के तार में आवेशों की गति के कारण विद्युत-धारा का निर्माण होता है। इस प्रकार हम कह सकते हैं कि इकाई समय में चालक की किसी अनुप्रस्थ

काट (cross section) में से प्रवाहित होनेवाले आवेश का मान उसमें प्रवाहित विद्युत-धारा के बराबर है अर्थात्

$$\text{विधुत धारा (i)} = \frac{\text{आवेश}\,(Q)}{\text{समय}\,(t)}$$

जहाँ Q कूलॉम मात्रक में व्यक्त आवेश है जो कि (t) सेकण्ड में चालक में से प्रवाहित हो रहा है। यदि किसी चालक के अनुप्रस्थ काट (cross section) में से 1 कूलॉम (c) आवेश 1 सेकण्ड (s) में बहता हो तो चालक में प्रवाहित होनेवाली धारा का मान 1 (A) एम्पीयर होगा अर्थात्

$$1\text{ A} = \frac{1C}{1s}$$

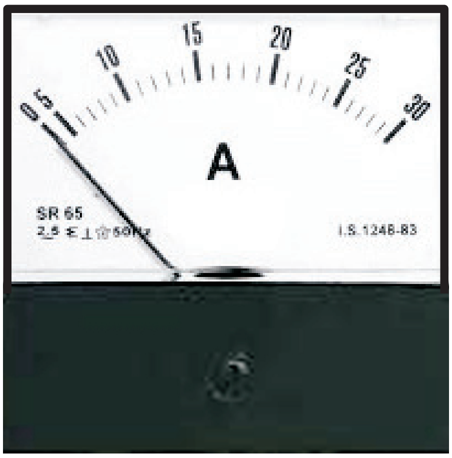
यहाँ एम्पीयर विद्युत धारा का SI मात्रक है। इस मात्रक का यह नाम फ्रांसिसी वैज्ञानिक आन्द्रे मेरी एम्पीयर (1775-1836) के सम्मान में रखा गया है। छोटी धाराओं को सामान्यतया मिली एम्पीयर (mA) में व्यक्त करते हैं और माइक्रो एम्पीयर को μA रूप में लिखते हैं। विद्युत धारा एक अदिश राशि है।

आन्द्रे मेरी एम्पीयर
(1775-1836)

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

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

ऐमीटर एक यंत्र है जो कि किसी परिपथ में श्रेणीक्रम में जुड़ा होने पर परिपथ में बहनेवाली विद्युत धारा का मान दिखाता है।

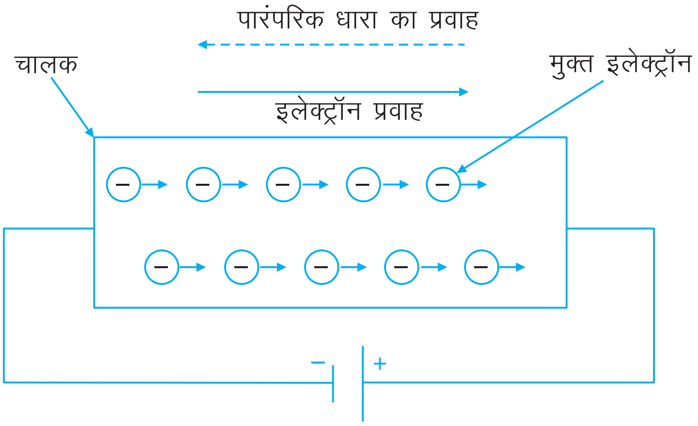


fp= 16-5 ऐमीटर

D;k vki tkurs gS

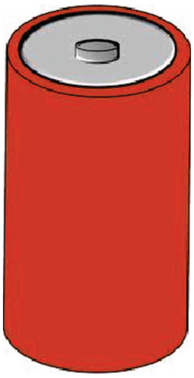
सभी धातुओं में बड़ी मात्रा में मुक्त इलेक्ट्रॉन पाए जाते हैं (लगभग $10^{-29}m^{-3}$) जो कि आवेश वाहक की तरह कार्य करते हैं। एक धातु के तार में ये मुक्त इलेक्ट्रॉन 10^5 ms^{-1} के वेग से सभी सम्भव दिशाओं में गति करते हैं। यह गति तार के विभिन्न परमाणुओं के मध्य होती है फिर भी कोई नेट इलेक्टॉन प्रवाह नहीं होता है। परन्तु जब चालक या तार के सिरों को बैटरी से जोड़ा जाता है तब इलेक्ट्रॉनों का अपवाह एक दिशा में होने लगता है। इलेक्ट्रॉन बैटरी में धनात्मक सिरे से ऋणात्मक सिरे की ओर तार के साथ-साथ लगभग 10^4 मीटर प्रति सेकण्ड के वेग से बहते हैं। इसे इलेक्ट्रॉन का viokg osx कहते हैं।

हम पहले ही पढ़ चुके हैं कि पदार्थ प्रोटोन, इलेक्ट्रॉन और न्यूट्रॉन से बने होते हैं। प्रोटॉन धनावेशित होते हैं, इलेक्ट्रॉन ऋणावेशित होते हैं और न्यूट्रॉन उदासीन होते हैं। सामान्य अवस्था में पदार्थ विद्युतीय रूप से उदासीन होते हैं, परन्तु जब किसी पदार्थ में इलेक्ट्रॉन की तुलना में प्रोटॉन अधिक मात्रा में होते हैं तो यह धनावेशित होती है एवं यदि प्रोटॉन की तुलना में इलेक्ट्रॉन अधिक मात्रा में होते हैं तो वस्तु ऋणावेशित होती है। यदि किसी आवेशित वस्तु को अनावेशित वस्तु के साथ धातु के एक तार के द्वारा सम्पर्क में लाया जाता है तब धन आवेश उच्च विभव से निम्न विभव की ओर तथा ऋणावेश निम्न विभव से उच्च विभव की ओर प्रवाहित होते हैं। आवेशों का प्रवाह तब तक होता रहता है जब तक कि दोनों वस्तुएँ समान विभव को प्राप्त न कर लें। एक वस्तु से दूसरी वस्तु के बीच तार के माध्यम से आवेशों के लगातार प्रवाह के लिए परिपथ में तार के दोनों सिरों के बीच स्थिर विभवान्तर बनाए रखने की आवश्यकता होती है। यह कार्य एक बाहरी ऊर्जा स्रोत की मदद से किया जाता है। यह स्रोत तार में पहले से उपस्थित आवेश वाहकों (इलेक्ट्रॉनों) को एक निश्चित दिशा (निम्न विभव क्षेत्र से उच्च विभव क्षेत्र) में गति करने के लिए बल लगता है। ऊर्जा प्राप्ति का यह बाहरी स्रोत 'सेल' कहलाता है। fo|qr lsy ,d ,slh ;qfDr gS ftlesa jklk;fud ÅtkZ dk :ikUrj.k fo|qr ÅtkZ esa gksrk gSA सेल में ऋणावेशित प्लेट इलेक्ट्रॉनों को तार की तरफ गति के लिए धक्का देती है। अतः इलेक्ट्रॉन ऋणावेशित प्लेट से तार में होते हुए धनावेशित प्लेट की तरफ गति करते हैं। यह प्रक्रिया इलेक्ट्रॉन धारा कहलाती है। पारम्परिक रूप से विद्युत धारा के प्रवाह की दिशा इलेक्ट्रॉन के प्रवाह की दिशा के विपरीत होती है अर्थात् धनावेशित टर्मिनल से ऋणावेशित टर्मिनल की ओर।



इलेक्ट्रानों/धारा का प्रवाह

lsyk dk l;ktu cVjh dgykrk gA अपरिवर्ती धारा उत्पन्न करने वाली सबसे पहली सरलतम युक्ति अलेसेन्द्रा वोल्टा (1745-1827) ने बनाई थी जिसका नाम ''वोल्टीय सेल'' रखा था। बहुत सारे सेलों को एक साथ श्रेणीक्रम में जोड़ा जाए तो बैटरी का निर्माण होता है। बैटरी दिष्टधारा (DC) का अच्छा स्रोत है। दिष्टधारा (DC) से तात्पर्य है कि किसी परिपथ में विद्युत धारा एक ही दिशा में बह रही है। परिपथ में विद्युत धारा को मापने के लिए ऐमीटर का उपयोग किया जाता है। ऐमीटर को सभी प्रकार के परिपथों में श्रेणीक्रम में जोड़ा जाता है।



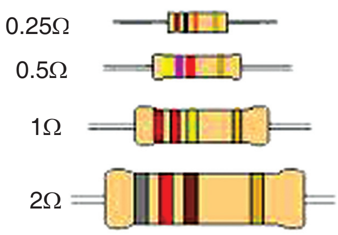
lkoèkkuh % चालक को सीधे बैटरी के सिरों से नहीं जोड़ना चाहिए। बैटरी के सिरे के बीच परिपथ में कोई बल्ब जैसा कोई ऐसा उपकरण अवश्य लगा होना चाहिए जो विद्युत धारा के प्रवाह को धीमा कर देता हो। यदि इलेक्ट्रॉनों के प्रवाह को बहुत अधिक बढ़ा दिया जाएगा तो चालक बहुत गर्म हो जाएगा और इससे बल्ब व बैटरी को नुकसान पहुँचने का खतरा हो जाएगा।

16-3-1 pkyd vkj dpkyd

पदार्थों में होने वाले इलेक्ट्रॉन प्रवाह के आधार पर उन्हें दो भागों में बाँटा जा सकता है- (i) चालक (ii) कुचालक। चालक वे पदार्थ हैं जिनमें होकर विद्युत धारा मुक्त रूप से प्रवाहित हो सकती हैं उदाहरणार्थ धातु- चाँदी, ताँबा, एल्युमिनियम आदि। कुचालक वे पदार्थ हैं जिनसे होकर विद्युत धारा मुक्त रूप से प्रवाहित नहीं हो सकती है। उदाहरणार्थ- रबड़, काँच, बेकेलाइट आदि।

16-3-2 ifrjksèkd

विद्युत प्रतिरोध विद्युतधारा के प्रवाह को बाधित करने की प्रवृत्ति होती है। कोई ऐसा तार जिसमें विद्युत परिपथ में काम आने के लिए वांछित प्रतिरोध हो, प्रतिरोधक कहलाता है। इसे -ww- प्रतीक द्वारा दर्शाया जाता है।



प्रतिरोधक

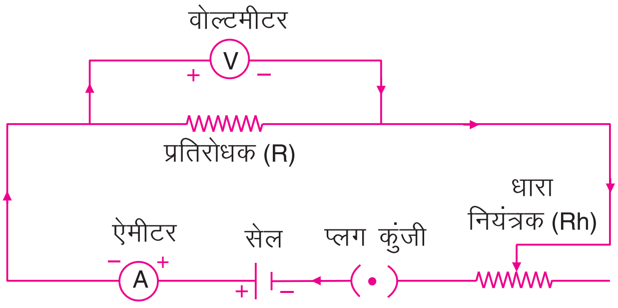
D;k vki tkurs gS

किसी चालक/परिपथ में प्रतिरोध वांछित भी हो सकते हैं और अवांछित भी। चालक से होकर एक स्थान से दूसरे स्थान तक विद्युत को संचारित करना हो तो प्रतिरोध अवांछनीय होता है क्योंकि विद्युत ऊर्जा का कुछ भाग ऊष्मा में बदल जाता है और इस तरह रास्ते में ऊर्जा की हानि हो जाती है। तथापि, चालक में प्रतिरोध होने के कारण विद्युत ऊर्जा का उपयोग प्रकाश व ऊष्मा की प्राप्ति के लिए किया जा सकता है। जैसा कि हम बल्ब से प्रकाश और हीटर से ऊष्मा की प्राप्ति के लिए करते हैं।

fØ;kdyki 16-3

आप अध्ययन केन्द्र (Study centre) पर प्रयोगशाला कक्षाओं में अपने शिक्षकों व साथियों की मदद से तार में प्रवाहित होने वाली धारा तथा इसके सिरों के बीच लगे विभवान्तर के बीच संबंध ज्ञात कर सकते हैं। आप एक शुष्क सेल (dry cell), एक वोल्टमीटर (परास 0-1.5 V), एक ऐमीटर (परास 0-1 A), एक प्रामाणिक स्थिर प्रतिरोध कुण्डली (1 ओम), धारा नियन्त्रक (0-1 rhm), जोड़नेवाले तार और एक कुंजी लीजिए।

(i) स्थिर प्रतिरोधक (R), ऐमीटर (A), शुष्क सेल (O), कुंजी (K), और धारा नियंत्रक (Rh) को श्रेणीक्रम में जोड़ दीजिए और वोल्टमीटर (V) को R के समान्तर क्रम में चित्रानुसार जोड़ दीजिए।

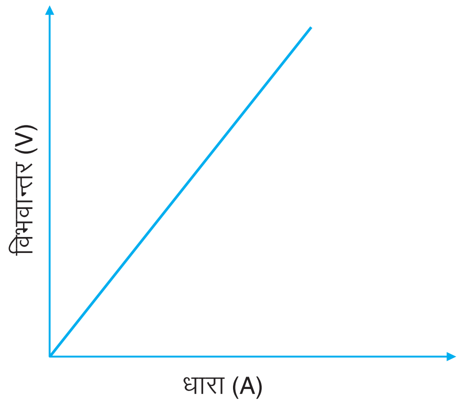


fp= **16.6 (a):** विभव और धारा में संबंध का अध्ययन करने के लिए परिपथ चित्र

(ii) नोट कीजिए कि जब कुंजी खुली हो तब वोल्टमीटर और ऐमीटर का पाठ्यांक शून्य हो।

(iii) कुंजी को बंद कीजिए और धारा नियंत्रक के सम्पर्क को थोड़ा आगे-पीछे कीजिए ताकि ऐमीटर और वोल्टमीटर में कुछ पाठ्यांक आए। इन पाठ्यांकों को रिकॉर्ड कर लीजिए।

(iv) धारा नियंत्रक की मदद से धारा का मान बढ़ाइए और अब फिर वोल्टमीटर और ऐमीटर के पाठ्यांक नोट कीजिए।



fp= **16.6 (b):** विभव का धारा के साथ परिवर्तन

(v) इस तरह से (वोल्टमीटर और ऐमीटर के) चार-पाँच अलग-अलग पाठ्यांक रिकॉर्ड कर लीजिए।

(vi) अब वोल्टमीटर और ऐमीटर के पाठ्यांकों से इनके बीच ग्राफ बनाइए।

आपने क्या अवलोकन किया? आप देखेंगे कि – (i) ऐमीटर के पाठ्यांक के बढ़ने पर वोल्टमीटर का पाठ्यांक उसी अनुपात में बढ़ता है। वोल्टेज और धारा का ग्राफ एक सीधी रेखा के रूप में प्राप्त होता है जैसाकि चित्र 16.6 (b) में भी दिखाया गया है।

इससे आप क्या निष्कर्ष निकालते हैं? यह निष्कर्ष निकलता है कि एक तार में प्रवाहित धारा इसके सिरों के मध्य विभवान्तर के अनुक्रमानुपाती होती है।

∴ $$V \propto i$$

या $$V = Ri$$

यहाँ R एक आनुपातिक स्थिरांक है और इसे दिए गए तार का प्रतिरोध कहा जाता है। यह अवलोकन सबसे पहले जॉर्ज सिमॉन ओम द्वारा किया गया था अतः इसे vkse dk fu;e कहते हैं।

अब आप अपने शिक्षकों एवं साथियों के साथ निम्न बिंदुओं पर मुक्त चर्चा कीजिए। यह नियम केवल चालक तारों के लिए है और वह भी तब जबकि इसका तापमान और दूसरी भौतिक परिस्थितियाँ अपरिवर्तनशील रहें। यदि चालक का ताप बढ़ता है तो उसके प्रतिरोध में भी वृद्धि होती है।

(R), जोकि तार का प्रतिरोध है, किसी भी दिए गए तार के लिए निश्चित होता है। यह आसानी से देखा जा सकता है कि तार का प्रतिरोध निर्भर करता है –

- तार की लम्बाई पर - जितनी अधिक तार की लम्बाई होगी उतना ही अधिक तार का प्रतिरोध होगा।
- तार की मोटाई पर - जितनी अधिक तार की मोटाई होगी तार का प्रतिरोध उतना कम होगा। इसलिए, किसी तार का प्रतिरोध उसकी लम्बाई के अनुक्रमानुपाती तथा अनुप्रस्थकाट के क्षेत्रफल के व्युत्क्रमानुपाती होता है।
- पदार्थ की प्रकृति पर - समान मोटाई व लम्बाई के लोहे के तार की तुलना में ताँबे के तार का प्रतिरोध कम होता है।

किसी भी तार का प्रतिरोध कभी भी ऋणात्मक नहीं हो सकता है। प्रतिरोध एक अदिश राशि है और इसका SI मात्रक ओम (ohm) है, इसे Ω (ओमेगा) प्रतीक चिह्न द्वारा प्रदर्शित किया जाता है। एक ओम उस तार का प्रतिरोध है जिसके सिरों के बीच एक वोल्ट का विभवान्तर लगाने पर उसमें एक एम्पीयर धारा प्रवाहित होती है।

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

उच्च प्रतिरोध को किलो ओम (KΩ) और मेगा ओम (MΩ) में मापा जाता है।

$$1\ k\Omega = 10^3\ \Omega$$

$$1 M\Omega = 10^6\ \Omega$$

16-4 ifrjkèkdk d l;ktu

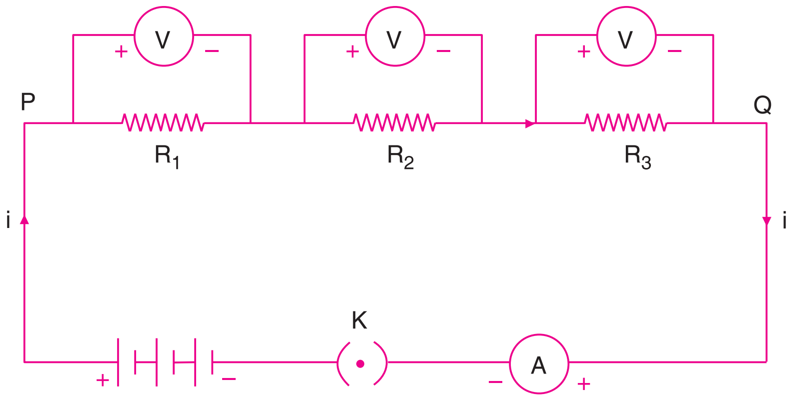
एक विद्युत परिपथ में, प्रतिरोधों को दो तरीके से जोड़ा जा सकता है :

1. **J.khØe l;ktu %** दो या अधिक प्रतिरोधिकों को एक के बाद एक उनका एक-एक सिरा जोड़कर यह संयोजन तैयार किया जाता है।

2. **lekUrj l;ktu %** दो या दो से अधिक प्रतिरोधिकों को उन्हीं दो बिन्दुओं के बीच जोड़ा जाता है।

16-4-1 J.khØe l;ktu

एक परिपथ (चित्र 16.7) में एक ऐमीटरऔर एक सेल के साथ तीन प्रतिरोधक R_1, R_2, R_3 श्रेणीक्रम में लगे है। प्रत्येक प्रतिरोधक के सिरों के बीच वोल्टता वोल्टमीटर की सहायता से मापी जा सकती है।



fp= 16-7% श्रेणीक्रम में प्रतिरोधक

ध्यान से देखने पर आप पाएँगे कि सभी प्रतिरोधकों में से समान धारा (i) प्रवाहित हो रही है।

माना कि प्रतिरोधक R_1, R_2 और R_3 के सिरों के बीच विभवान्तर क्रमशः V_1, V_2 एवं V_3 हैं, तब ओम के नियमानुसार प्रत्येक प्रतिरोधक के बीच विभवान्तर होगा –

$$V_1 = iR_1$$

$$V_2 = iR_2$$

और $$V_3 = iR_3$$

अब यदि P एवं Q के मध्य विभवान्तर V है

तब $$V = V_1 + V_2 + V_3$$

समीकरण में V_1 V_2 और V_3 के मान रखने पर

$$= iR_1 + iR_2 + iR_3$$

$$= i(R_1 + R_2 + R_3) \qquad (16.1)$$

मानाकि P एवं Q सिरों के मध्य परिणामी प्रतिरोध R_S है, तब परिणामी विभवान्तर होगा।

$$V = iR_s \qquad (16.2)$$

समीकरण 16.1 और 16.2 की तुलना करने पर हम पाते हैं कि –

$$iR_s = i(R_1 + R_2 + R_3)$$

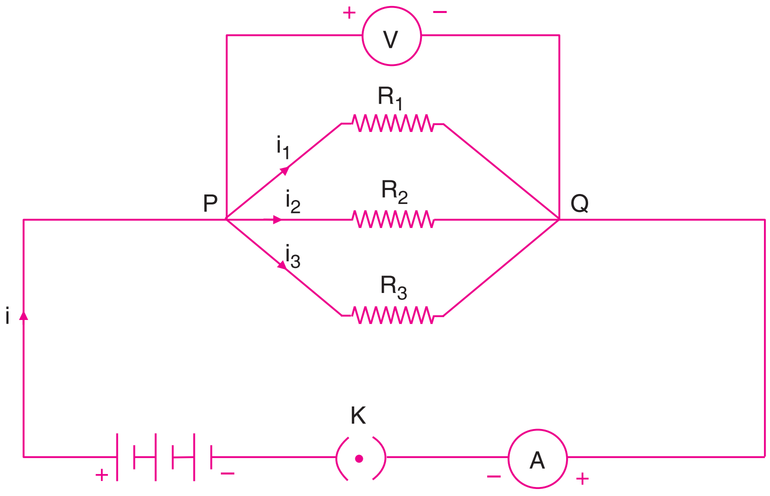
or $$R_s = R_1 + R_2 + R_3$$

अर्थात् श्रेणीक्रम में जुड़े प्रतिरोधकों का परिणामी प्रतिरोध उनमें से प्रत्येक प्रतिरोधक के प्रतिरोध के योग के बराबर होता है।

16-4-2 lekUrj l;ktu

चित्र 16.8 दर्शा रहा है कि तीन प्रतिरोधक एक सेल और ऐमीटरके साथ समान्तर क्रम में जुड़े हैं। बिन्दु P एवं Q के मध्य विभवान्तर तीनों प्रतिरोधों के लिए समान होगा परन्तु P से Q की ओर प्रवाहित होनेवाली धारा प्रत्येक प्रतिरोधक में से गुजरनेवाली धारा के योग के बराबर होगी। यदि i_1, i_2 एवं i_3 क्रमशः प्रतिरोधकों R_1, R_2 और R_3 में बहनेवाली धाराएं हैं, तो मुख्य परिपथ में बहनेवाली कुल धारा होगी –

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \qquad (16.3)$$



fp= 16-8% समान्तर क्रम में प्रतिरोधक

यदि V प्रत्येक प्रतिरोधक के बीच का विभवान्तर है तो ओम के नियमानुसार

$$i_1 = \frac{V}{R_1},\ i_2 = \frac{V}{R_2} \text{ और } i_3 = \frac{V}{R_3} \qquad (16.4)$$

यदि R_p समान्तर क्रम में जुड़े प्रतिरोधकों का परिणामी प्रतिरोध है जिनमें कि विभवान्तर V है तब

$$i = \frac{V}{R_p} \qquad (16.5)$$

समीकरण (16.4) एवं (16.5) का उपयोग करते हुए समीकरण (16.3) हो जाएगी –

$$\frac{V}{R_P} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

i.e.

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

अर्थात् समान्तर क्रम में जुड़े प्रतिरोधकों के परिणामी प्रतिरोध का व्युत्क्रम ($1/R_p$) उनमें से प्रत्येक के प्रतिरोध के व्युत्क्रम ($1/R_n$) के योग के बराबर होता है।

;kn j[k

1. सामान्यतया हमारे घरों के परिपथ में सभी उपकरण समान्तर क्रम में जुड़े रहते हैं परन्तु दीपावली पर घरों की सजावट के लिए हम जिन लाइटों का इस्तेमाल करते हैं वे श्रेणीक्रम में जुड़ी रहती हैं।
2. जब हम श्रेणीक्रम में प्रतिरोधक जोड़ते हैं तो परिपथ का प्रतिरोध बढ़ जाता है परन्तु जब हम समान्तर क्रम में प्रतिरोधकों को जोड़ते हैं तो परिपथ के कुल प्रतिरोध का मान सबसे कम प्रतिरोधक के मान से भी कम होता है।

? D;k vki tkur g

मल्टीमीटर मुख्यतया एक AVO मीटर है जो कि आमीटर, वोल्टमीटर और ओम मीटर का संयुक्त रूप है एवं धारा, विभव और प्रतिरोध को मापने के काम आता है।

mnkgj.k **16·3** % एक बल्ब के फिलामेंट से एक घंटे के पाँचवें हिस्से के बराबर समय तक 0.5A की धारा को प्रवाहित किया गया। परिपथ से बहनेवाले विद्युत आवेश की गणना कीजिए।

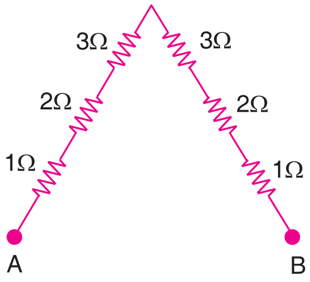
gy % दिया गया है $i = 0.5\text{A}$, $t =$ एक घंटे का 1/5 वाँ भाग

$$Q = it = 12 \times 60 \text{ s} = 720 \text{ s}$$

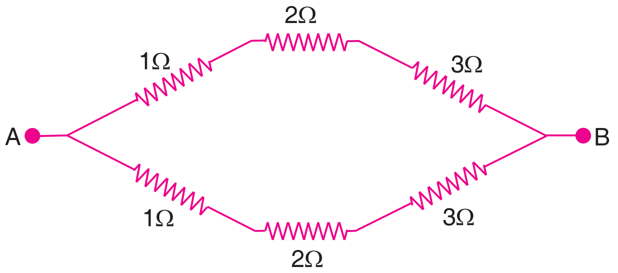
$$= (0.5\text{A}) \times 720 \text{ s} = 720 \text{ s}$$

$$= 360 \text{ C}$$

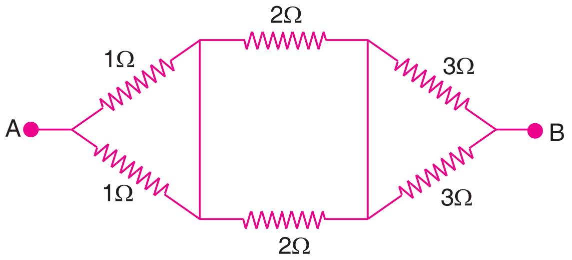
mnkgj.k **16·4** % नीचे दिए गए प्रतिरोधक संयोजनों के लिए परिणामी प्रतिरोध को ज्ञात कीजिए।



(a)



(b)



(c)

fp= **16·9**

gy % (i) चित्र (a) में सभी प्रतिरोध श्रेणीक्रम में जुड़े हैं।

$$R = r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5 + r_6 = 1 + 2 + 3 + 3 + 2 + 1 = 12 \ \Omega$$

(ii) चित्र (b) में तीन श्रेणीक्रम में जुड़े प्रतिरोधकों के दो संयोजन हैं जोकि आपस में समान्तर क्रम में जुड़े हैं, अतः

$$R_1 = 1 + 2 + 3 = 6 \ \Omega$$

$$R_2 = 1 + 2 + 3 = 6 \ \Omega$$

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{6 \times 6}{6 + 6} = \frac{36}{12} = 3 \ \Omega$$

(iii) चित्र (c) में दो-दो प्रतिरोधकों के तीन समान्तर क्रम संयोजन है जिन्हें श्रेणीक्रम में जोडा गया हैं।

$$R = \frac{r_1 \times r_2}{r_1 + r_2} = \frac{1 \times 1}{1+1} = \frac{1}{2}\Omega$$

$$R = \frac{2 \times 1}{2+2} = 1\Omega$$

$$R = \frac{3 \times 3}{3+3} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} = 1.5\Omega$$

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = \frac{1}{2} + 1 + \frac{3}{2} = 3\Omega$$

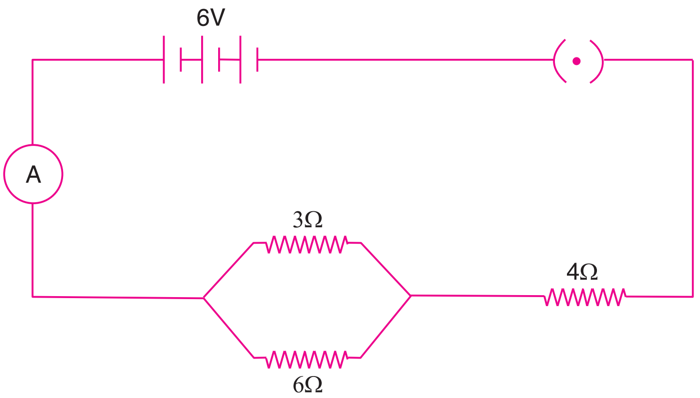
ikBxr i'u 16-2

1. (i) विद्युत धारा और (ii) प्रतिरोध के SI मात्रकों की परिभाषा लिखिए।
2. (i) धारा एवं (ii) विभवान्तर को मापने के काम आने वाले यंत्रों के नाम बताईए।
3. चालक, विद्युतरोधक से भिन्न क्यों होता है?
4. वोल्ट, एम्पीयर व ओम से किस प्रकार सम्बन्धित है?
5. एक परिपथ में कुछ संख्या में बल्ब लगे हैं। बताइए कि बल्ब श्रेणीक्रम में लगे हैं या समान्तर क्रम में जबकि निम्न परिस्थितियाँ हो।

   (i) एक बल्ब के फ्यूज होने पर सारे परिपथ में धारा प्रवाह रुक जाता है।

   (ii) केवल वही बल्ब बंद होता है जो कि फ्यूज हुआ है।
6. जब एक तार के सिरों के मध्य विभवान्तर को दुगुना कर दिया जाए तो निम्न पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

   (i) तार के प्रतिरोध पर (ii) तार से प्रवाहित होनेवाली धारा पर।
7. नीचे बने परिपथ में ऐमीटर का पाठ्यांक क्या होगा?



fp= 16-10

8. 2Ω, 3Ω और 6Ω प्रतिरोध के प्रतिरोधकों को परिपथ में कैसे जोड़ें कि कुल प्रतिरोध (i) $11\ \Omega$ (ii) 4.5Ω और (iii) 4Ω प्राप्त हो?

9. विद्युत उपकरणों को बैटरी से श्रेणीक्रम की बजाय समान्तर क्रम में जोड़ने के दो फायदे बताइए।

16-5 fo|rèkkjk dk rkih; iHkko

आपने दैनिक जीवन के अनुभवों में यह देखा होगा कि इलेक्ट्रिक बल्ब में फिलामेंट से विद्युतधारा प्रवाहित करने पर यह गर्म हो जाता है और प्रकाश देने लगता है। इसी प्रकार जब हीटर से विद्युत धारा प्रवाहित होती है तो हीटर की कुण्डलियाँ लाल व तप्त हो जाती है। आपको पता है ऐसा क्यों होता है? ऐसा इसलिए होता है क्योंकि एक विद्युत परिपथ में विद्युत ऊर्जा का रूपान्तरण ऊष्मा ऊर्जा में होता है। यह प्रभाव विद्युत ऊर्जा का तापीय प्रभाव या ^tky Å"eu* कहलाता है।

16-5-1 ,d pkyd esa èkkjk izokfgr djus ij mRiUu Å"ek

माना कि एक चालक (XY) है जिसका प्रतिरोध R है। मान लीजिए कि तार के X व Y सिरों में विभवान्तर V लगाने पर t सेकण्ड में i धारा प्रवाहित होती है। यदि बिन्दु X से Y तक आवेश Q का स्थानान्तरण होता है तो आवेश Q के स्थानान्तरण में किया गया कार्य होगा –

$$W = \text{विभवान्तर } (V) \times \text{आवेश } (Q)$$

$$= Vit \qquad (\because\ Q = it)$$

ओम के नियमानुसार $\quad V = iR$

$\therefore \quad W = (iR)it$

$$W = i^2Rt$$

यहाँ विद्युत आवेश को एक प्रतिरोध की उपस्थिति में गति देने के लिए किया गया कार्य ऊष्मा के रूप में उपलब्ध होता है। अतः चालक में उत्पादित ऊष्मा का मान होगा –

$$H = i^2Rt.$$

अतः हम कह सकते हैं कि एक चालक में धारा i के प्रवाहित होने पर उत्पादित ऊष्मा का मान धारा के वर्ग (i^2), चालक के प्रतिरोध (R), चालक में धारा प्रवाह के समय (t) इन सभी के अनुक्रमानुपाती होता है। यह ^tky dk Å"eu fu;e* कहलाता है। ऊष्मा का SI मात्रक जूल (4.18 J = 1 cal) है।

16-5-2 fo|qr 'kfDr

वह दर जिससे विद्युत ऊर्जा का उपभोग किया जाता है विद्युत शक्ति कहलाती है।

$$\text{विद्युत शक्ति } P = \frac{\text{किया गया कार्य } (W)}{\text{कार्य में लगा समय } (t)} = \frac{Vit}{t} = Vi$$

$\therefore \quad P = Vi$

or $= (iR)i \qquad (\because V = iR)$

$= i^2R$

or $= \left(\frac{V}{R}\right)^2 R \qquad \left(\because i = \frac{V}{R}\right)$

$= \frac{V^2}{R}$

विद्युत शक्ति को मापने का अन्तराष्ट्रीय मानक मात्रक (SI unit) जूल/सेकण्ड (J/s) यानी वाट (W) है। अतः $P = V1$ से 'पॉवर की इकाई 1 वाट बराबर है – 1 वोल्ट × 1 एम्पीयर अर्थात् किसी उपकरण में विद्युत की खपत 1 W तब होती है जब उसमें से 1 एम्पीयर धारा प्रवाहित हो एवं उसमें 1 वोल्ट का विभवांतर बना रहे। शक्ति को मापने की वॉट बहुत छोटी इकाई है अतः बड़ी इकाइयाँ किलोवॉट (KW) और मेगावॉट (MW) का उपयोग ज्यादा किया जाता है।

1 किलोवॉट (KW) = 1000 W

1 मेगावॉट (MW) = 10^6 W

1 गीगावॉट (GW) = 10^9 W

विद्युत शक्ति को मापने के लिए एक और बड़ी इकाई हॉर्स पॉवर (hp) का भी उपयोग किया जाता है।

1 (hp) = 746W

किसी विद्युत उपकरण द्वारा उपयोग की गई विद्युत ऊर्जा, विद्युत शक्ति और इसको उपयोग किए गए समय के गुणनफल के बराबर होती है। विद्युत ऊर्जा की खपत की प्रामाणिक इकाई जूल है परन्तु यह व्यावहारिक पक्ष में बहुत छोटी इकाई है। अतः विद्युत परिपथ में खर्च की गई विद्युत ऊर्जा को वॉट घंटा और किलोवॉट घंटा में व्यक्त किया जाता है।

एक वॉट घंटा विद्युत ऊर्जा की वह मात्रा है जो कि एक वॉट शक्ति के विद्युत परिपथ में एक घंटे में उपभुक्त होती है।

एक किलोवॉट घंटा विद्युत ऊर्जा की उपयोग में ली गई वह मात्रा है जब परिपथ में एक किलोवॉट शक्ति का उपयोग एक घंटे में किया गया हो।

1 किलोवॉट घंटा (kW h) = 1 किलोवॉट × 1 घंटा

= 1000 वॉट × 3600 सेकण्ड

= 1000 जूल/सेकण्ड × 3600 सेकण्ड

= 36 × 10^5 जूल

1 kW h = 3.6 × 10^6 J

विद्युत ऊर्जा की लागत की गणना करने के लिए kWh इकाई का प्रयोग किया जाता है। इसे BOT (Board of trade) इकाई भी कहा जाता है। अर्थात् विद्युत ऊर्जा की व्यापारिक इकाई kWh है।

16-5-3 fo|r èkkjk dk rkih; iHkko ij vkèkkfjr fo|r midj.k

विद्युत धारा के तापीय प्रभाव के सिद्धान्त पर आधारित घरेलू उपकरणों की सूची लम्बी है, जैसेकि – विद्युत इस्तरी विद्युत केटली, पानी गर्म करने की विद्युत रॉड या हीटर, इलेक्ट्रिक गीज़र, ओवन इलेक्ट्रिक टोस्टर, इलेक्ट्रिक स्टोव, रूम हीटर आदि।

विद्युत उपकरणों के अलावा विद्युत धारा के तापीय प्रभाव का उपयोग फ्यूज, इलेक्ट्रिक वेल्डिंग और इलेक्ट्रिक आर्क में भी किया जाता है। इन सभी उपकरणों में एक चालक के सिरों के बीच विभवान्तर लगाया जाता है। इससे चालक में उपस्थित मुक्त इलेक्ट्रॉन गति प्राप्त करते हैं। ये गति करने के समय अन्य इलेक्ट्रॉनों तथा परमाणुओं/आयनों से टकराते हैं और अपनी ऊर्जा का स्थानान्तरण उनमें करते हैं। परन्तु मुक्त इलेक्ट्रॉनों की टक्कर के कारण परमाणु/आयन अधिक आयाम के साथ कम्पन करने लग जाते हैं। दूसरे शब्दों में किसी चालक के परमाणुओं के कम्पनों की औसत गतिज ऊर्जा बढ़ जाने पर चालक के ताप में वृद्धि होती है जोकि चालक द्वारा उत्पादित ऊष्मा है। इस प्रकार चालक के सिरों के मध्य विभवान्तर लगाने पर, इलेक्ट्रॉनों की स्थितिज ऊर्जा में कमी होती है और इसके परिणामस्वरूप चालक के परमाणुओं की औसत गतिज ऊर्जा में वृद्धि होती है जो कि अन्त में चालक में ऊष्मा ऊर्जा के रूप में प्रकट होती है।

byfDVªd VsLVj

इसका उपयोग परिपथ में विद्युत धारा (AC अथवा DC)प्रवाहित हो रही है या नहीं यह जाँचने के लिए किया जाता है। यह स्क्रू ड्राइवर (पेंचकस) जैसा होता है। इस स्क्रू ड्राइवर में एक हैण्डल होता है जिससे इसे आसानी से पकड़ा जा सकता है। इस हैण्डल में एक छोटा निऑन बल्ब लगा रहता है। स्क्रूवाले सिरे को विद्युत उपकरण के चेसिस से छुड़ाया जाता है और अर्थिंग के लिए टेस्टर के क्लिप पर अंगुली रखी जाती है। यदि निऑन लाइट का बल्ब जल उठता है और लाल हो जाता है तो पता चलता है कि परिपथ में धारा प्रवाहित हो रही है अर्थात चेसिस पर आवेश है और इसे छूने से झटका लग सकता है। इसलिए मेन स्विच तुरंत बंद किए जाने की आवश्यकता है। यदि निऑन बल्ब नहीं जलता है तो यह सूचित करता है कि धारा का प्रवाह नहीं हो रहा है। यदि आप टेस्टर को सॉकेट में लगाएं और निऑन बल्ब नहीं जलता है तो यह संसूचित करता है कि सॉकेट में बिजली नहीं है। वैद्युत, ऑटोमोटिव, इलेक्ट्रॉनिक उपकरणों को ठीक करने वाले मिस्त्रियों के लिए यह एक आवश्यक औजार है।

fØ;kdyki 16-4

विद्युतधारा के तापीय प्रभाव के अध्ययन के लिए आप अपने दोस्तों के साथ यह आसान क्रियाकलाप कर सकते हैं। इसके लिए आपको चाहिए : इलेक्ट्रिक हीटर की कुण्डली के दो टुकड़े (एक टुकड़ा ऐसा लीजिए जिसमें 10 फेरे हों और दूसरे में 20 फेरे), दो शुष्क सेल, संयोजी तार।

(i) 10 फेरोंवाली कुण्डली के दोनों सिरों से संयोजी तारों को जोड़ दीजिए।

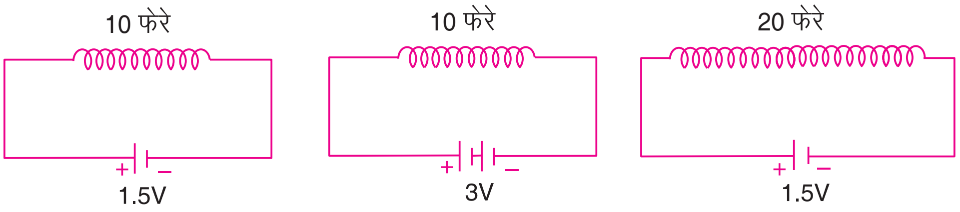
(ii) संयोजी तारों के खुले सिरों को शुष्क सेल के दोनों सिरों से जोड़िए। इस प्रकार उसमें धारा प्रवाहित कीजिए।

10 सेकण्ड बाद सम्पर्कों को हटा दीजिए। अब कुण्डली को छूकर देखिए और इसके ताप को महसूस कीजिए।

(iii) इस प्रयोग को 20 फेरोंवाली कुण्डली के साथ दोहराइए।

(iv) अब दो शुष्क सेलों को श्रेणीक्रम में जोड़ते हुए बैटरी बनाइए और दूसरे चरण को इस बैटरी के साथ दोहराइए।

(v) चरण (i), (iii) व (iv) को 20 फेरों वाली कुण्डली के साथ दोहराइए और इसके ताप को महसूस कीजिए।



(a) (b) (c)

अपने अवलोकनों की चर्चा अपने दोस्तों के साथ कीजिए। आप देखेंगे कि एक चालक में से धारा प्रवाहित करने पर यह गर्म हो जाता है। जब एक सेकण्ड के लिए भी धारा प्रवाहित होती है तो कुण्डली गर्म हो जाती है एवं जब कुण्डली में ज्यादा वोल्टेज दिया जाता है तब कुण्डली और अधिक गर्म हो जाती है। जब ज्यादा घेरोंवाली कुण्डली को समान वोल्टेज से जोड़ा जाता है तब कुण्डली में कम मात्रा में ऊष्मा का उत्पादन होता है। इस प्रकार हम निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि –

(i) धारा में तापीय प्रभाव होता है। अर्थात् जब किसी चालक से धारा प्रवाहित की जाती है तो चालक गर्म हो जाता है।

(ii) किसी चालक में अधिक ऊष्मा उत्पन्न होती है –

- जब इसके सिरों के बीच अधिक विभवान्तर लगाया जाता है।
- जब इसमें अधिक समय (t) के लिए धारा प्रवाहित की जाती है।
- जब इसमें अधिक धारा प्रवाहित की जाती है।

ikBxr iz'u 16-3

1. 1 सेकण्ड में कौन ज्यादा ऊष्मा उत्पन्न करेगा : एक 1 ओम प्रतिरोध, 10 V विभवान्तर पर या समान विभवान्तर पर एक 10 ओम का प्रतिरोध। अपने उत्तर के समर्थन में तर्क दीजिए।
2. निम्न परिस्थितियों में किसी चालक में उत्पन्न ऊष्मा का मान किस प्रकार परिवर्तित होगा?
   (i) चालक में प्रवाहित होनेवाली धारा का मान दुगुना करने पर।
   (ii) चालक के सिरों के मध्य विभवान्तर दुगुना करने पर।
   (iii) चालक में प्रवाहित धारा का समय दुगुना करने पर।
3. एक 10 ओम के चालक में 1/2) मिनट के लिए 1 A धारा प्रवाहित होती है तो चालक में उत्पन्न ऊष्मा की मात्रा कितनी होगी?
4. 40 W और 60 W के दो बल्ब हैं। इन दोनों में से कौन सा बल्ब तेज प्रकाश देगा जबकि उन्हें मुख्य परिपथ से जोड़ा जाए- (i) श्रेणीक्रम में (ii) समान्तर क्रम में।
5. एक kwh ऊर्जा की प्रामाणिक इकाई (SI unit) से किस प्रकार सम्बन्धित है।
6. ऐसे दो घरेलू विद्युत उपकरणों का नाम बताइए जो विद्युत धारा के तापीय प्रभाव के सिद्धान्त पर काम करते हैं।

D;k vki tkurs gS

भारत में मुख्य रूप से तीन प्रकार के विद्युत ऊर्जा संयंत्र है:

(i) हाइड्रोइलेक्ट्रिक ऊर्जा संयंत्र- जब बाँधों में इकट्ठा पानी की स्थितिज ऊर्जा का उपयोग कर विद्युत ऊर्जा का उत्पादन किया जाता है, उदाहरणार्थ- भाखरा-नांगल जल-विद्युत ऊर्जा संयंत्र, पंजाब

(ii) थर्मल ऊर्जा संयंत्र- जहाँ पर जीवाश्मीय ईंधन के दहन द्वारा पानी को वाष्प में बदलकर टरबाईन चलाए जाते हैं और टरबाइन की यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलते हैं। उदाहरणार्थ- नामरूप ऊर्जा संयंत्र, असम

(iii) परमाणु ऊर्जा संयंत्र- जहाँ किसी रेडियोएक्टिव पदार्थ से प्राप्त नाभिकीय ऊर्जा का उपयोग टरबाइन को चलाने में किया जाता है और विद्युत ऊर्जा प्राप्त की जाती है।

उदाहरणार्थ- नरौरा परमाणु ऊर्जा संयंत्र, उत्तर प्रदेश।

भारत में सभी बड़े ऊर्जा संयंत्र प्रत्यावर्ती धारा उत्पादित करते हैं जो कि 50 हर्ट्ज व 11000 वोल्ट या इससे अधिक पर होती है।

यह ऊर्जा ट्रांसफार्मर का उपयोग कर और भी अधिक वोल्टता पर आगे भेजी जा सकती है और इस प्रकार ऊर्जा की हानि को कम करके अधिक दूरियों तक ऊर्जा का स्थानान्तरण किया जा सकता है।

1. प्रत्यावर्ती धारा का अभिप्राय है कि धारा की दिशा बार-बार एक निश्चित क्रम में बदलती रहती है।
2. ऊर्जा संयंत्रों में उत्पन्न प्रत्यावर्ती धारा हमारे घरों व व्यवसायों में उपयोग में ली जाती है। यह धारा उन सभी जगहों पर पॉवर लाइन द्वारा भेजी जाती है।

mnkgj.k 16-5 % 100 W, 250 V के विद्युत बल्ब के तन्तु का प्रतिरोध ज्ञात कीजिए-

gy %

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= \frac{250 \times 250}{100} = 625\Omega$$

mnkgj.k 16-6 % एक 2kW के हीटर द्वारा 2 घंटे चलने पर उपयोग में ली गई विद्युत ऊर्जा की गणना कीजिए। परिणाम को जूल में व्यक्त कीजिए।

gy %

$$Q = Pt = 2 \text{ kW} \times 2 \text{ h} = 4 \text{ kW h}$$

$$= 4 \times 3.6 \times 10^6 \text{J} = 14.4 \times 10^6 \text{ J}$$

mnkgj.k 16-7 % एक 2 kW की जल ऊष्मक-छड द्वारा एक लीटर पानी के ताप को 30°C से 60°C तक लाने में लगने वाले समय की गणना कीजिए।

gy %

$$Q = Pt$$

$$Q = mc\theta$$

$$mc\theta = Pt \qquad (1)$$

1 लीटर पानी का द्रव्यमान (m) = 1 kg

पानी की विशिष्ट ऊष्मा $c = 4.18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$

पानी के ताप में वृद्धि $(\theta) = 60 - 30 = 30$°C.

$$P = 2 \text{ kW} = 2000\text{W}$$

समीकरण (1) में राशियों के मान रखने पर –

$$\Rightarrow \quad 1 \times 4.18 \times 10^3 \times 30 = 2000 \times t$$

$$\therefore \qquad t = \frac{125.4 \times 10^3}{2 \times 10^3} = 62.7 \text{ s}$$

mnkgj.k 16-8 % 2 हार्सपावर की एक मोटर को दस घंटे चलाया जाए तो कितने किलो वाट घंटे की ऊर्जा की खपत होगी?

gy %

$$P = 2 \text{ hp} = 2 \times 746 \text{ W}$$

$$= 1.492 \text{ kW}$$

$$Q = Pt = 1.492 \text{ kW} \times 10 \text{ h} = 14.92 \text{ kW h}$$

mnkgj.k 16-9 ½ एक 1000 Ω के प्रतिरोध के सिरों के बीच 250 V का विभवान्तर प्रयुक्त करने पर 10 सेकण्ड में प्रतिरोध में उत्पन्न ऊष्मा का मान क्या होगा?

gy ½ ज्ञात है – $V = 250$ V $R = 1000$ W $t = 10$ s

$$Q = \frac{V^2 t}{R} = \frac{250 \times 250 \times 10}{1000} = 625\,\text{J}$$

mnkgj.k 16-10 ½ 50 वोल्ट के विभवान्तर पर 96 kC के आवेश को 1 घंटे में स्थानान्तरित करने में उत्पादित ऊष्मा की गणना कीजिए।

gy ½ ज्ञात है – $V = 50\text{V}$ $t = 1$ h $q = 96000$ C

$$W = qV$$
$$= 96000 \text{ C} \times 50 \text{ V}$$
$$W = 4800000 \text{ J}$$
$$= 4.8 \times 10^6 \text{ J}$$
$$= 4.8 \text{ MJ.}$$

mnkgj.k 16-11 ½ एक विद्युत इस्तरी (electric iron) जिसका प्रतिरोध 25 Ω है, में 5A धारा प्रवाहित करने पर 1 मिनट में उत्पादित ऊष्मा की गणना कीजिए।

gy ½ ज्ञात है – $R = 25\ \Omega$ $i = 5\text{A}$ $t = 1$ min (= 60 s)

उत्पादित ऊष्मा, $H = i^2Rt$

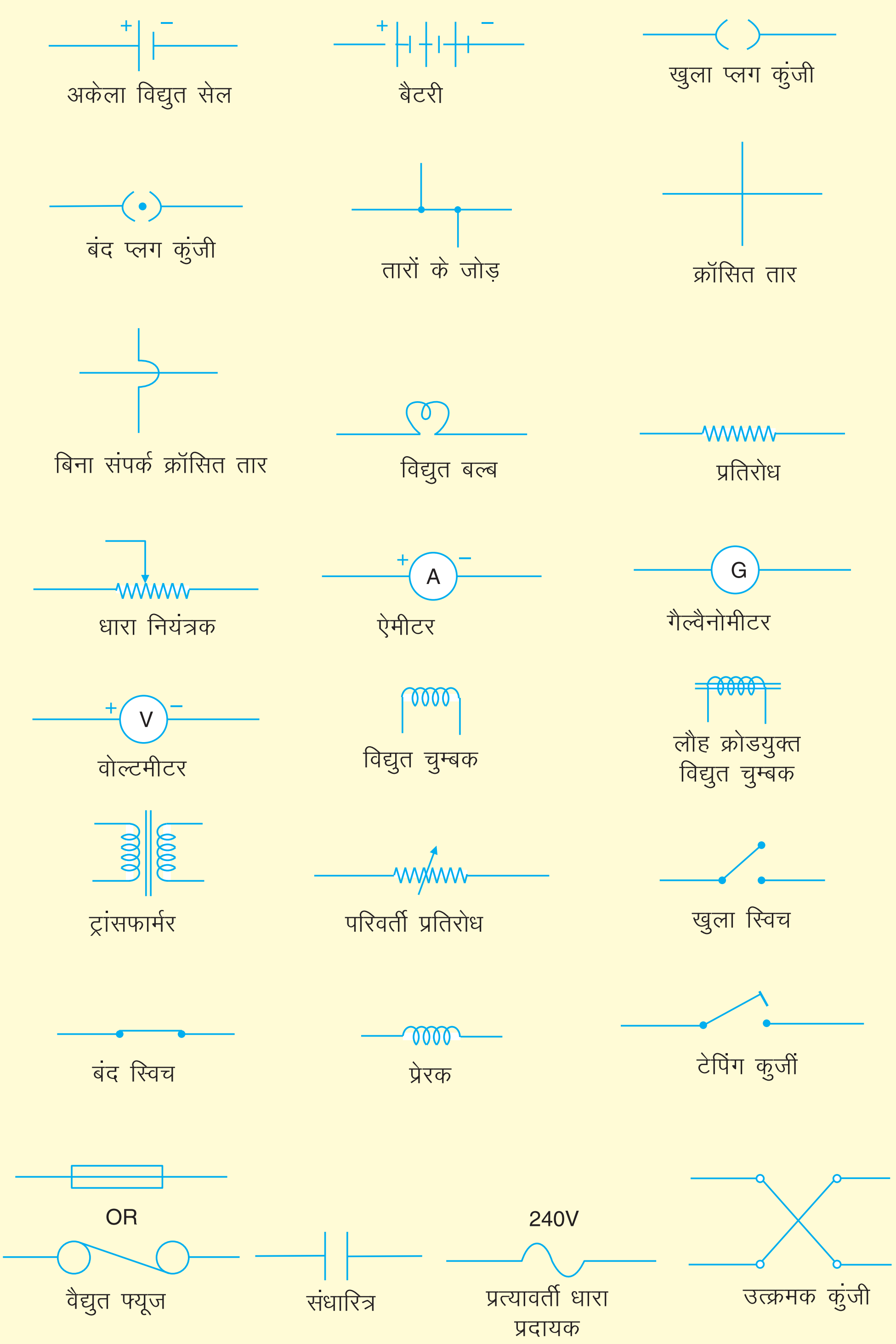
$$= (5\ A)^2 \times 25\ \Omega \times 60 \text{ s}$$
$$= 37500 \text{ J} = 3.75 \times 10^4 \text{ J}$$

ikBxr i'u 16-4

1. किसका प्रतिरोध ज्यादा है, 40W-220V बल्ब या 1 kW-220V इलेक्ट्रिक हीटर का?
2. एक 100W एवं 220V के लैम्प में अधिकतम धारा का मान क्या होगा?
3. एक 60W के लैम्प में 60 दिनों में कितनी बिजली खर्च होगी यदि उसका बल्ब 4 घंटा प्रतिदिन जलता है?
4. एक चौथाई हॉर्स पॉवर की मोटर एक घंटा चलने पर कितने जूल विद्युत ऊर्जा खर्च करेगी?
5. एक इलेक्ट्रिक हीटर 220 V पर 5A धारा का उपयोग करता है। इसकी शक्ति क्या होगी?
6. इनमें से कौन ज्यादा ऊर्जा का उपयोग करता है – एक 250 W का टेलीविजन जो कि 60 मिनट चलता है या 1.2 kW का टोस्टर जो एक घंटे के छठे हिस्से तक चलता है?

D;k vki tkurs gS

परिपथों में प्रयुक्त युक्तियों के लिए प्रयुक्त होने वाले प्रतीक



vkiu D;k lh[kk

- प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉन के बीच लगनेवाला आकर्षण बल परमाणु में उन्हें बांध कर रखता है।
- जब दो वस्तुएँ एक दूसरे के सम्पर्क में रगड़ी जाती हैं तो वे कागज के छोटे-छोटे टुकड़ों को आकर्षित करने का गुण प्राप्त कर लेती है। हम कहते हैं कि घर्षण के द्वारा वस्तुएँ विद्युतीकृत या आवेशित हो गई हैं।
- आवेश दो प्रकार के होते हैं। काँच की एक छड़ को सिल्क के कपड़े पर रगड़ने पर इस पर उत्पन्न आवेश धनावेश होता है और एबोनाइट की छड़ को फर या ऊन के साथ रगड़ने पर प्राप्त आवेश ऋणावेश होता है।
- समान आवेश एक दूसरे को प्रतिकर्षित करते हैं और असमान आवेश एक दूसरे को आकर्षित करते हैं
- कूलॉम के नियम से दो आवेशों के मध्य लगनेवाले बल की गणना कर सकते हैं जिसके अनुसार

  $F = \frac{kq_1q_2}{r^2}$ होता है।

  आवेशों के बीच की दूरी जितनी कम होगी उनके मध्य लगनेवाला बल उतना ही अधिक होगा।
- विभव, किसी चालक की वह विद्युतीय अवस्था है जो दो चालकों को सम्पर्क में लाने पर या किसी धातु के तार से जोड़े जाने पर उनमें आवेशों के प्रवाह की दिशा को निर्धारित करती है।
- विद्युत क्षेत्र के विरूद्ध आवेश को एक स्थान से दूसरे स्थान पर ले जाने के लिए किया गया कार्य उस आवेश की स्थितिज ऊर्जा के रूप में संचित हो जाता है। अतः जब विद्युत क्षेत्र में किसी आवेश को किसी बिन्दु पर रखा जाता हैं तो उसमें स्थितिज ऊर्जा होती है।
- किसी बिन्दु पर आवेश की प्रति कूलॉम विभव ऊर्जा उसका विभव कहलाती है। धनावेश हमेशा उच्च विभव से निम्न विभव की ओर गति करते हैं।
- अनन्त से एक इकाई धनावेश को उस बिन्दु तक लाने में किए गए कार्य की मात्रा उस बिन्दु पर विभव का मान है।
- दो बिन्दुओं के मध्य विभवान्तर, एक इकाई धनावेश को एक बिन्दु से दूसरे बिन्दु तक लाने में किए गए कार्य की मात्रा है।
- किसी स्थान से इकाई समय में गुजरनेवाले आवेश का मान उस स्थान पर धारा के मान को बताता है।
- विद्युत सेल एक ऐसा उपकरण है जिसकी मदद से हम एक तार के दो सिरों के बीच विभवान्तर उत्पन्न कर सकते हैं और इसके परिणामस्वरूप तार में धारा प्रवाहित होती है।

- परिपथ आरेखों का उपयोग यह दर्शाने के लिए किया जाता है किस प्रकार सभी अवयव जुड कर परिपथ बनाते हैं।
- ओम के नियम के अनुसार एक चालक में से प्रवाहित धारा उसके सिरों के बीच विभवांतर के अनुक्रमानुपाती है, जबकि चालक को दिया गया ताप व अन्य भौतिक परिस्थितियाँ अपरिवर्तनीय हों।
- तार द्वारा उसमें प्रवाहित होनेवाली धारा का विरोध तार का प्रतिरोध कहलाता है। गणितीय रूप से चालक के विभव और उसमें प्रवाहित धारा का अनुपात चालक का प्रतिरोध कहलाता है। प्रतिरोध का SI मात्रक ओम है।
- परिपथ में प्रतिरोधकों को दो स्वतंत्र तरीकों से जोड़ा जा सकता है –

  (i) समान्तर क्रम में (ii) श्रेणीक्रम में।
- श्रेणीक्रम में संयोजन का कुल प्रतिरोध, प्रत्येक प्रतिरोधक द्वारा उत्पन्न प्रतिरोध के योग के बराबर होता है।
- समान्तर क्रम में कुल प्रतिरोध का व्युत्क्रम, प्रत्येक प्रतिरोधक द्वारा उत्पन्न प्रतिरोध के व्युत्क्रम के योग के बराबर होता है।
- जब किसी चालक से धारा प्रवाहित होती है तो यह दो प्रभाव उत्पन्न करती है –

  (i) तापीय प्रभाव (ii) चुम्बकीय प्रभाव
- विद्युत ऊर्जा की व्यावसायिक इकाई kWh है और विद्युत शक्ति की हार्स पावर (HP) है।

vkj vfèkd tkudkjh d: fy, %

1. विज्ञान प्रसार, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार द्वारा विकसित 'नवाचारी भौतिकी प्रयोगों' पर मल्टीमीडिया सीडी। www.vigyanprasar.gov.in
2. विज्ञान प्रसार, विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी विभाग, भारत सरकार द्वारा विकसित मल्टीमीडिया सीडी, 'भौतिकी का आनंद' www.vigyanprasar.gov.in
3. जर्ल वाकर, फ्लाइन्ग सर्कस ऑफ फिजिक्स, जोह्न वायली एण्ड सन्स प्रकाशन।

ikBkr i'u

1. नीचे दिए गए कथनों के आगे लिखे चार विकल्पों में से सबसे उपयुक्त उत्तर पर सही (√) का निशान लगाइए।

   (a) एक आवेश युक्त चालक (A) को बिल्कुल उसके जैसे अनावेशित चालक (B) के सम्पर्क में लाकर हटा लिया जाता है। सम्पर्क के हटाने के बाद (A) पर बचा हुआ आवेश होगा –

   (i) Q (ii) $Q/2$ (iii) शून्य (iv) $2Q$

(b) $J\ C^{-1}$ मात्रक है –

(i) धारा का (ii) आवेश का (iii) प्रतिरोध का (iv) विभव का

(c) निम्न में से कौन सा पदार्थ विद्युतरोधी है?

(i) माइका (ii) कॉपर (iii) टंगस्टन (iv) लोहा

(d) वह उपकरण जो कि रासायनिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलता है, कहलाता है –

(i) विद्युत पंखा (ii) विद्युत जनरेटर (iii) विद्युत सेल (iv) विद्युत हीटर

(e) किसी चालक का प्रतिरोध निर्भर नहीं करता है उसके –

(i) ताप पर (ii) लम्बाई (iii) मोटाई (iv) आकृति

(f) 12 Ω के चार प्रतिरोधक हैं। इनको (श्रेणीक्रम अथवा समान्तर क्रम में) जोड़ने पर निम्नलिखित में से कौन सा मान सम्भव है –

(i) 9 Ω (ii) 16 Ω (iii) 12 Ω (iv) 3 Ω

(g) नीचे चित्र 16.12 में दर्शाए गए परिपथ के लिए कौन सा/कौन से कथन सही हैं –

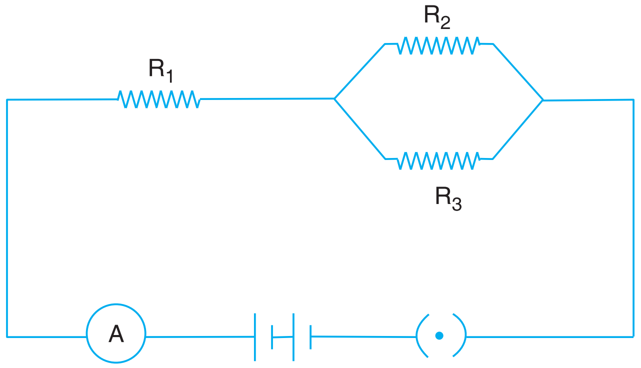
(i) R_1, R_2 और R_3 श्रेणीक्रम में है।

(ii) R_2 और R_3 श्रेणीक्रम में है।

(iii) R_2 और R_3 समान्तर क्रम में है।

(iv) परिपथ का परिणामी प्रतिरोध है।

$[R_1 + (R_2R_3/R_2 + R_3)]$



fp= 16·12

(h) समान प्रतिरोधवाले दो प्रतिरोधक जो कि समान्तर क्रम में जुड़े हैं के परिणामी प्रतिरोध का मान प्रत्येक प्रतिरोध के मान का .... है।

(i) आधा (ii) दुगुना (iii) समान (iv) एक चौथाई

2. रिक्त स्थान भरिए –

(क) जब किसी चालक में से धारा प्रवाहित की जाती है तो इसका ताप .... है।

(ख) चालक के किसी बिन्दु से इकाई .... में गुजरनेवाला .... विद्युत धारा कहलाता है।

(ग) एक चालक जिसमें धारा प्रवाहित हो रही है उसके चारों तरफ .... क्षेत्र होता है।

(घ) एक एम्पीयर एक .... प्रति .... के बराबर है।

(ङ) विद्युत शक्ति का मात्रक .... है।

(च) समान मोटाई व समान पदार्थ के दो तारों में से अधिक लम्बाईवाले तार का प्रतिरोध .... होगा।

3. विद्युत आवेश कितने प्रकार के होते हैं।

4. परमाणु के नाभिक में बहुत सारे प्रोटॉन होते हैं एवं सभी पर धनावेश होते हैं। तो फिर इनमें लगनेवाले स्थिर वैद्युत प्रतिकर्षण बल से ये नाभिक से बाहर क्यों नहीं निकल जाते हैं।

5. आवेशों के संरक्षण से क्या आशय है?

6. $+3.0\ \mu C$ का का बिन्दु आवेश, किसी अन्य बिन्दु आवेश $1.5\ \mu C$ से 10 सेमी. की दूरी पर स्थित है। प्रत्येक आवेश पर लगनेवाले बल की दिशा व परिमाण ज्ञात कीजिए।

7. निम्नलिखित मात्रकों द्वारा मापी जानेवाली राशियों के नाम बताइए।

   (i) VC   (ii) Cs^{-1}

8. निम्न मात्रकों के लिए एक शब्द बताइए।

   (i) TC^{-1} (ii) Cs^{-1}

9. एक बैटरी के सिरों के बीच विभवान्तर कितना होगा यदि 20 C के आवेश को एक सिरे से दूसरे सिरे तक ले जाने में 250 J कार्य करना पड़ता है।

10. निम्न के प्रतीक चिह्न बनाइए।

   (क) सेल   (ख) बैटरी   (ग) प्रतिरोधक   (घ) वोल्टमीटर

11. विद्युतधारा के प्रवाह की दिशा क्या है? क्या चालक में उपस्थित आवेश वाहक भी इसी दिशा में प्रवाह करते हैं? व्याख्या कीजिए।

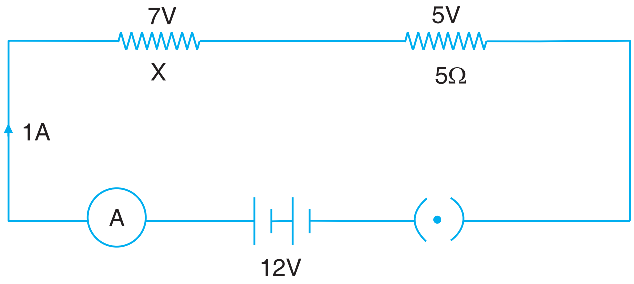
12. किसी भी विद्युत परिपथ में ऐमीटर और वोल्टमीटर में से कौन श्रेणीक्रम में और कौन समान्तर क्रम में जोड़ा जाता है?

13. आपके पास 3Ω और 6Ω के दो प्रतिरोधक हैं। इनको जोड़कर आप कौन से अन्य प्रतिरोध प्राप्त कर सकते हैं?

14. यदि +100 कूलॉम का आवेश प्रति 5 सेकण्ड में किसी बिन्दु से गुजरता है तो प्रामाणिक मात्रकों (SI) में धारा का मान क्या होगा?

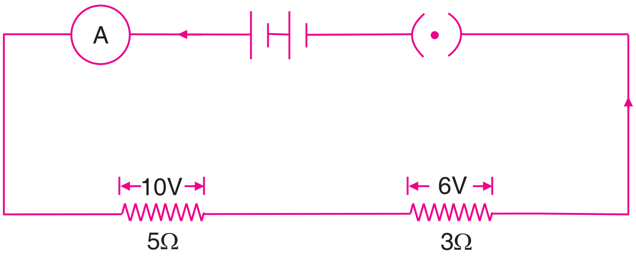
15. किसी चालक में धारा प्रवाहित होने में खर्च होनेवाली विद्युत ऊर्जा के लिए एक समीकरण की व्युत्पत्ति कीजिए।

16. चित्र (16.13) में प्रतिरोधक x के मान की गणना कीजिए।



fp= 16-13

17. चित्र 16.14 में दर्शाए गए परिपथ में ज्ञात कीजिए –



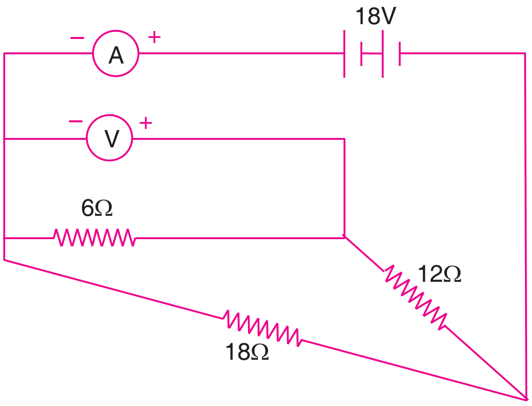
fp= 16-14

(i) परिपथ के कुल प्रतिरोध का मान

(ii) ऐमीटर (A) का पाठ्यांक।

(iii) 3Ω के प्रतिरोधक से प्रवाहित होनेवाली धारा का मान।

18. चित्र 16.15 में दर्शाए गए परिपथ के लिए ज्ञात कीजिए।



fp= 16-15

(i) 12Ω के प्रतिरोधक से प्रवाहित होनेवाली धारा का मान।

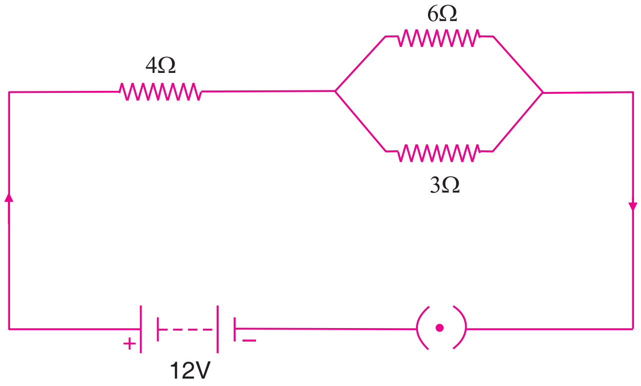
(ii) 6Ω और 18Ω के प्रतिरोधकों के सिरों में विभवान्तर

19. आपके पास 1Ω, 2Ω और 3Ω के प्रतिरोधकों है। आप उन्हें निम्न मान का प्रतिरोध लाने के लिए कैसे जोड़ेंगे।

(a) 6/11 Ω (b) 6 Ω (c) 1.5 Ω

20. एक 8Ω का प्रतिरोधक, X Ω के प्रतिरोधक से समान्तर क्रम में जुड़ा है। परिपथ का परिणामी प्रतिरोध 4.8 Ω है। तो प्रतिरोधक 'X' का मान ज्ञात कीजिए।

21. चित्र (16.16), में दर्शाए गए परिपथ में ज्ञात कीजिए।



fp= 16-16

(i) परिपथ के परिणामी प्रतिरोध का मान

(ii) परिपथ से प्रवाहित होनेवाली कुल धारा का मान।

(iii) 4 Ω के प्रतिरोधी के सिरों के मध्य विभवान्तर का मान।

22. 220V की लाइन में 5A धारा प्राप्त करने के लिए 132 Ω के कितने प्रतिरोध समान्तर क्रम में जोड़े जाने पड़ेंगे।

ikBxr i'uksa ds mÙkj

16-1

1. (i) आवेश की मात्रक कूलॉम है। 1C वह आवेश है जो बराबर मात्रा के समान आवेश से 1 m की दूरी पर रखे जाने पर उसे 9×10^9 N के बल से प्रतिकर्षित करता है।

(ii) विभव का मात्रक वोल्ट है। जब विद्युत क्षेत्र के किसी बिन्दु तक 1 C आवेश को क्षेत्र के बाहर से उस बिन्दु तक लाने में 1 J कार्य करना पड़े तो उस बिन्दु पर विभव 1 V कहलाता है।

2. $N = \frac{Q}{|e|} = \frac{10 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{13}$ इलेक्ट्रॉन।

3. $F = k\dfrac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow F = k\dfrac{2q_1 \times 2q_2}{(r/2)^2} = 8\text{F}$

4. $F' = 1/4\ \text{F}$

5. (i) $V = \dfrac{U}{q} = \dfrac{10}{10^{-6}} = 10^7\ \text{V}$

   (ii) $U = \dfrac{KQq}{r} \Rightarrow Q = \dfrac{Ur}{kq} = \dfrac{10 \times 0.5}{9 \times 10^9 \times 10^{-6}} = \dfrac{5}{9} \times 10^{-3}\text{C}$

6. इलेक्ट्रॉन गोले B से गोले A की ओर तब तक प्रवाहित होंगे जब तक दोनों गोलों पर विभव समान नहीं हो जाता।

16-2

1. (i) धारा का मात्रक ऐम्पीयर है। 1 एम्पीयर तार में बहनेवाली वह धारा है जिसमें 1C आवेश एक सेकण्ड में प्रवाहित होता है।

   (ii) प्रतिरोध का मात्रक ओम है। एक ओम उस तार का प्रतिरोध है जिसके सिरों के बीच 1 वोल्ट विभवान्तर लगाने पर इसमें 1 ऐम्पीयर धारा प्रवाहित होती है।

2. (i) ऐमीटर (ii) वोल्टमीटर

3. एक चालक में मुक्त इलेक्ट्रॉन होते हैं जबकि एक कुचालक में कोई मुक्त इलेक्ट्रॉन नहीं होते हैं।

4. 1 वोल्ट = 1 ओम × 1 ऐम्पीयर

5. (i) यदि परिपथ में किसी एक बल्ब के यूज होने से पूरे परिपथ में धारा प्रवाह रुक जाता है तो बल्ब श्रेणीक्रम में जुड़े है।

   (ii) यदि परिपथ में किसी एक बल्ब के यूज होने से धारा प्रवाह पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है तो बल्ब समान्तर क्रम में जुड़े है।

6. (i) तार के प्रतिरोध पर कोई प्रभाव नहीं होगा।

   (ii) तार में प्रवाहित होने वाली धारा का मान दुगुना हो जाएगा।

7. 1 ऐम्पीयर

8. (i) तीनों प्रतिरोधक श्रेणीक्रम में जुड़े है।

   (ii) प्रतिरोधक 2Ω एवं 6Ω एवं दोनों समान्तर क्रम में जुड़े हैं और 3Ω का प्रतिरोधक 2Ω एवं 6Ω के संयोजन से श्रेणीक्रम में जुड़ा है।

   (iii) 3Ω एवं 6Ω के प्रतिरोधक समान्तर क्रम में जुड़े हैं और 2Ω का प्रतिरोधक इनके संयोजन के श्रेणीक्रम में जुड़ा है।

9. (i) एक समान्तर परिपथ में प्रत्येक विद्युत उपकरण पृथक रूप से काम करता है क्योंकि वे अपनी आवश्यकतानुसार विद्युत का उपयोग करते हैं।

   (ii) परिपथ का कुल प्रतिरोध घटेगा।

(iii) यदि कोई एक घटक काम करना बंद करता है तो परिपथ में धारा प्रवाह नहीं टूटेगा और दूसरे उपकरण सामान्य रूप से काम करते रहेंगे।

16-3

1. $Q/t = V^2/R$ इससे पता चलता है कि जितना ज्यादा प्रतिरोध होगा उतनी ही ऊर्जा कम होगी। अतः 1Ω के प्रतिरोध में 1 सेकण्ड में ज्यादा ताप उत्पन्न होगा।
2. (i) उत्पादित ऊष्मा का मान चार गुना होगा।

   (ii) उत्पादित ऊष्मा का मान चार गुना होगा।

   (iii) उत्पादित ऊष्मा का मान दुगुना होगा।
3. $Q = i^2Rt = 1 \times 10 \times 30 = 300$ J.
4. $P = V^2/R$ तथा श्रेणीक्रम में उपयोग में ली गई ऊर्जा $= i^2Rt$ और समान्तर क्रम में $= (V^2/R)t$

   (i) सबसे कम वॉट (सबसे अधिक प्रतिरोध) वाला बल्ब सबसे अधिक प्रकाश देगा।

   (ii) सबसे अधिक वॉट (सबसे कम प्रतिरोध) वाला बल्ब सबसे कम प्रकाश देगा।
5. 1 Kwh = 3.6×10^6 J
6. (i) विद्युत हीटर (ii) विद्युत केतली

16-4

1. $R = \dfrac{V^2}{P}$, 40W लैम्प का प्रतिरोध अधिक होगा।
2. $I = \dfrac{P}{V} = \dfrac{100\text{ W}}{220\text{ V}} = \dfrac{5}{11}$ A.
3. $Q = Pt = 60\text{W} \times 4\text{h} \times 30 = 7200\text{ W h} = 7.2\text{ kW h}$
4. $Q = Pt = \dfrac{746}{4}\text{W} \times 3600\text{s} = 671400\text{J}.$
5. $P = VI = 220\text{ V} \times 5\text{A} = 1100\text{ W}$
6. (i) टेलीविजन द्वारा उपयोग में ली गई ऊर्जा = 0.25 kW × 1 h = 0.25 kW h

   (ii) टोस्टर द्वारा उपयोग में ली गई ऊर्जा = 1.2 kW × 1/6 h = 0.2 kW h