4

विद्युत धारा के चुंबकीय प्रभाव
MAGNETIC EFFECTS OF ELECTRIC CURRENT

चुम्बक
(Magnet)

ऐसा पदार्थ जो लोहा, इस्पात, कोबाल्ट, निकेल के टुकड़ों को अपनी ओर आकर्षित करता है, चुम्बक कहलाता है।

प्राचीन काल में यूनानवासियों को ज्ञात था कि चुम्बक-पत्थर [लोहे का काला अयस्क (Fe_3O_4) है जिसे अब मेग्नेटाइट कहते हैं] के टुकड़े अपने आस-पास स्थित लोहे के टुकड़े या अन्य चुम्बकीय पदार्थों को आकर्षित कर लेता है। ऐसे चुम्बक-पत्थर को **प्राकृतिक चुम्बक** कहते हैं। आजकल विभिन्न रूपों और आकारों में चुम्बक उपलब्ध हैं। जिसे कृत्रिम तरीके से बनाया जाता है। कृत्रिम चुम्बक में छड़ चुम्बक प्रमुख चुम्बक है। यह समान अनुप्रस्थ क्षेत्रफल वाले आयताकार इस्पात का एक टुकड़ा है।

इसके अतिरिक्त कम्पास सूई भी एक प्रकार का छोटा छड़ चुम्बक ही है। स्वतंत्र रूप से इसे छोड़ने पर यह लगभग उत्तर-दक्षिण दिशाओं की ओर संकेत करता है। उत्तर की ओर संकेत करनेवाले सिरे को **उत्तरी ध्रुव** (North pole) तथा दक्षिण की ओर संकेत करने वाले सिरे को **दक्षिणी ध्रुव** (South pole) कहते हैं।

ऐसा पाया गया है कि चुम्बक के समान ध्रुवों के बीच प्रतिकर्षण तथा असमान ध्रुवों के बीच आकर्षण होता है।

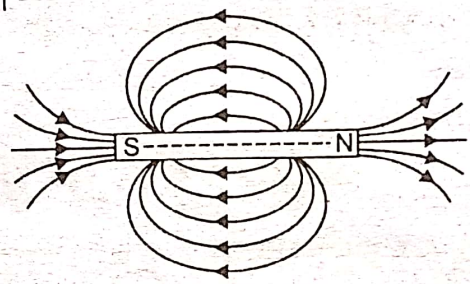
आजकल चुम्बक का उपयोग व्यापक तौर पर होने लगा है। इसका उपयोग रेडियो, रेफ्रिजरेटर, ऑडियो एवं वीडियो कैसेट टेप, कम्प्यूटर, बच्चों के खिलौने इत्यादि में किया जाता है। इतना ही नहीं चिकित्सा में चुम्बकीय अनुनाद प्रतिबिम्ब (M.R.I.) [Magnetic Resonance Imaging] क्रमवीक्षक द्वारा रोगियों के भीतरी अंगों का उद्‌भासन किया जाता है।

चुम्बकीय क्षेत्र
(Magnetic field)

किसी चुम्बक के चारों ओर का क्षेत्र जिसमें आकर्षण तथा प्रतिकर्षण बलों के प्रभाव का अनुभव किया जा सकता है, चुम्बकीय क्षेत्र कहलाता है।

चुम्बकीय क्षेत्र रेखाएँ या चुम्बकीय बल रेखाएँ
(Magnetic field lines or Magnetic lines of force)

चुम्बकीय बल रेखा चुम्बकीय क्षेत्र में स्थित ऐसा वक्र पथ है जो चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित करता है, अर्थात् यह उस दिशा को निर्दिष्ट करता है जिस ओर वहाँ रखा कोई उत्तर ध्रुव गमन करता है।



चित्र 4.1

चुम्बकीय बल रेखाओं के गुण (Properties of magnetic lines of force)

(i) ये बल रेखाएँ बन्द वक्र होते हैं। चुम्बक के बाहर ये रेखाएँ N-pole (उत्तरी ध्रुव) से निकल कर S-pole (दक्षिणी ध्रुव) में पहुँचती है जबकि चुम्बक के अन्दर ये रेखाएँ दक्षिणी ध्रुव से उत्तरी ध्रुव में पहुँचती है।

(ii) जहाँ पर क्षेत्र रेखाएँ एक-दूसरे के बहुत निकट होती है वहाँ चुम्बकीय क्षेत्र अधिक प्रबल होता है।

(iii) दो क्षेत्र रेखाएँ कभी भी एक-दूसरे को प्रतिच्छेद नहीं करती हैं।

किसी बिन्दु पर यदि वे एक-दूसरे को प्रतिच्छेद करेगी तो इसका अर्थ यह होगा कि उस बिन्दु पर दो अलग दिशाओं को दर्शा रही है जो संभव नहीं है।

(A) स्वयं जाँच कीजिए
(Test yourself)

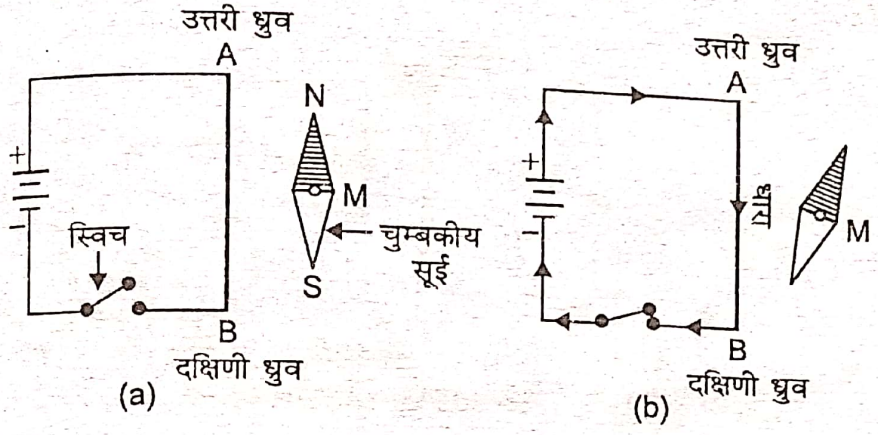
1. चुम्बकीय क्षेत्र एवं चुम्बकीय क्षेत्र रेखा को परिभाषित करें।
   Define magnetic field and magnetic field line.
2. दो चुम्बकीय क्षेत्र रेखाएँ एक-दूसरे को प्रतिच्छेद नहीं करती हैं, क्यों?
   No two magnetic field lines intersect each other, why?
3. चुम्बकीय क्षेत्र रेखाओं के गुणों को लिखें।
   Write the properties of magnetic field lines.
4. किसी छड़ चुम्बक के चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र रेखा खींचे।
   Draw the magnetic field lines around a bar-magnet.

विद्युतधारा का चुम्बकीय प्रभाव
(Magnetic effect of current)

जब किसी चालक तार से विद्युतधारा प्रवाहित होती है तो इसके इर्द-गिर्द भी चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है। इस तथ्य की खोज **ओर्स्टेड** (Oersted) द्वारा 1820 ई॰ में किया गया। ओर्स्टेड का प्रयोग विद्युत और चुम्बकत्व के बीच के संबंध को दर्शाता है। दूसरे शब्दों में धारा का चुम्बक पर प्रभाव प्रदर्शित करनेवाला प्रयोग ओर्स्टेड का प्रयोग कहलाता है।

ओर्स्टेड का प्रयोग
(Oersted's Experiment)

ओर्स्टेड ने 1820 ई॰ में धारावाही तार के चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र का अस्तित्व ज्ञात किया था जिसे धारा का चुम्बक पर प्रभाव प्रदर्शित करनेवाला प्रयोग या ओर्स्टेड का प्रयोग कहा जाता है।



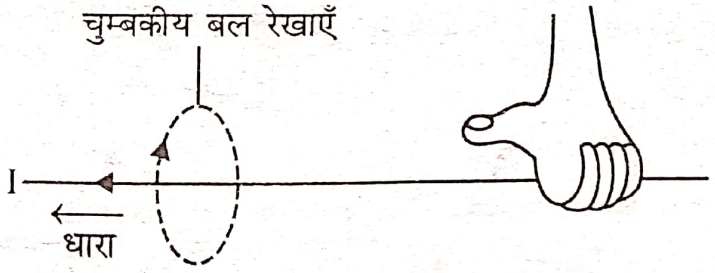
चित्र 4.2

इसके लिए NS एक चुम्बकीय सूई (Magnetic needle) ली जाती है। एक चालक तार *AB* को चुम्बकीय सूई के समांतर व्यवस्थित किया जाता है जैसा कि चित्र 4.2 (a) में दिखाया गया है। जब उस चालक तार से धारा नहीं प्रवाहित की जाती है तो चुम्बकीय सूई में किसी प्रकार का कोई विक्षेप नहीं होता है। लेकिन जब उस चालक तार *AB* से धारा प्रवाहित की जाती है तो देखा जाता है कि चुम्बकीय सूई चित्र 4.2 (b) में प्रदर्शित दिशा में विक्षेपित हो जाती है। जब स्विच बन्द करके धारा हटा ली जाती है तो सूई पुनः अपनी प्रारंभिक स्थिति में वापस आ जाती है। इससे यह स्पष्ट होता है कि धारा के चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है अर्थात् विद्युत धारा चुम्बकीय सूई को प्रभावित करती है।

☞ **नोट :** धारा की दिशा बदलने पर चुम्बकीय क्षेत्र की भी दिशा बदल जाती है।

चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा धारा की दिशा से संबद्ध होती है और इसे **मैक्सवेल के दक्षिण हस्त नियम** से ज्ञात की जाती है।

नियम इस प्रकार है—

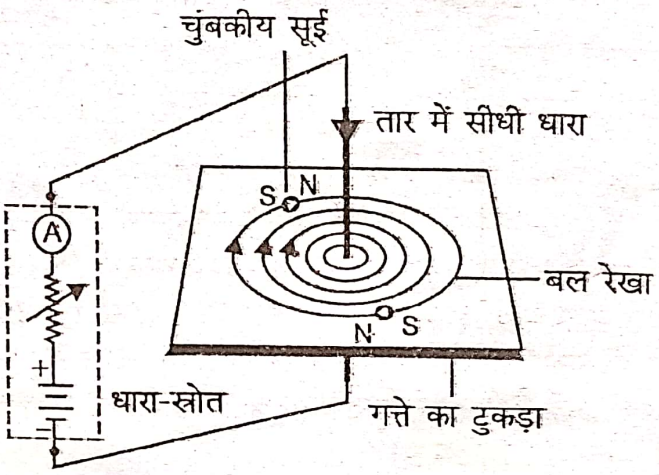


चित्र 4.3

यदि धारावाही तार को दाएँ हाथ की मुट्ठी में इस प्रकार पकड़ें कि अंगूठा धारा की दिशा की ओर संकेत करता हो तो अन्य अंगुलियाँ चुम्बकीय क्षेत्र की बल रेखाओं की दिशा व्यक्त करती है।

सीधी धारा की चुम्बकीय बल रेखाएँ
(Magnetic field pattern due to straight current-carrying conductor)

सीधी धारा के कारण चुम्बकीय बल रेखाएँ समकेन्द्रीय वृत्तों (concentric circles) के रूप में होती है, जैसा कि चित्र 4.4 में दर्शाया गया है।



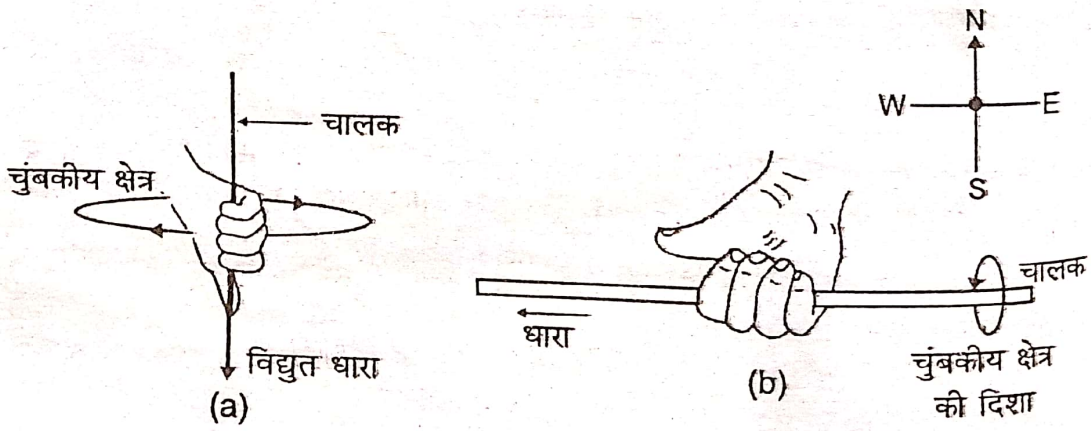
चित्र 4.4

इसके लिए एक उर्ध्वाधर तार ली जाती है। तार को क्षैतिज गत्ते (card board) के आर-पार व्यवस्थित कर दिया जाता है। इसके बाद चुम्बकीय सूई की सहायता से गत्ते के ऊपर धारा के इर्द गिर्द बल रेखा उसी प्रकार आरेखित की जाती है जिस प्रकार चुम्बक के इर्द-गिर्द बल रेखाएँ खींची जाती है।

दक्षिणहस्त अँगुष्ठ नियम
(Right Hand Thumb Rule)

इस नियम का उपयोग किसी विद्युत धारावाही चालक से संबद्ध चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात करने में की जाती है। नियम इस प्रकार है—

''कल्पना कीजिए कि आप अपने दाहिने हाथ में विद्युत धारावाही चालक को इस प्रकार पकड़े हुए हैं कि आपका अँगूठा विद्युत धारा की दिशा की ओर संकेत करता है तो आपकी अँगुलियाँ चालक के चारों ओर चुम्बकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाओं की दिशा में लिपटी होंगी। इस तरह चालक में लिपटी अँगुलियों की दिशा, चुम्बकीय बल रेखाओं की दिशा व्यक्त करती है।"



चित्र 4.5

[Imagine you are holding the conductor with the palm of your right hand such that the fingers encircle the conductor and the thumb points in the direction of the current. Then the direction of the fingers encircling the conductor gives the direction of the magnetic lines of force around it.]

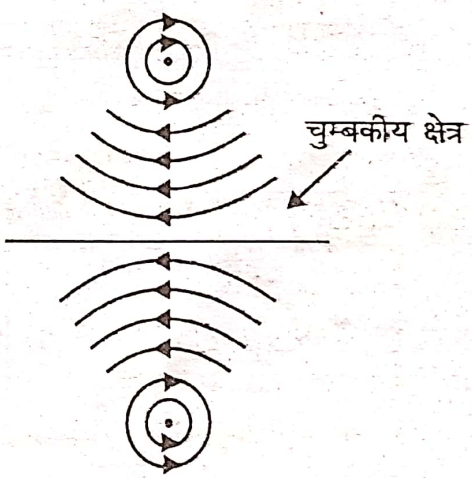
☞ **नोट :** इस नियम को मैक्सवेल का कॉर्कस्क्रू नियम (Corkscrew rule) भी कहते हैं। इसके अनुसार यदि हम यह विचार करें कि हम किसी कॉर्कस्क्रू को विद्युत धारा की दिशा में आगे बढ़ा रहे हैं तो कॉर्कस्क्रू के घुर्णन की दिशा चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा होती है।

For example, किसी क्षैतिज शक्ति संचरण लाइन (पावर लाइन) में पूरब से पश्चिम दिशा की ओर विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। इसके ठीक नीचे के किसी बिन्दु पर तथा इसके ठीक ऊपर के किसी बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा क्या है?

उत्तर : विद्युत धारा पूरब से पश्चिम की ओर प्रवाहित हो रही है। दक्षिण हस्त अँगुष्ठ नियम के लागू करने पर हमें तार के नीचे के किसी बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा उत्तर से दक्षिण की ओर प्राप्त होती है। तार से ठीक ऊपर के किसी बिन्दु पर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा दक्षिण से उत्तर की ओर है।

वृत्ताकार धारा की चुम्बकीय बल रेखाएँ
(Magnetic field pattern due to a circular coil carrying current)

इसके लिए एक गत्ते के दोनों बगलों में खाँचे बनाकर उनसे वृत्ताकार तार (circular wire) पार कराया जाता है जैसा कि चित्र 4.6 में दर्शाया गया है। अब उस वृत्ताकार तार से धारा प्रवाहित की जाती है तो उसके इर्द-गिर्द चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। गत्ते पर लौह-चूर्ण छिड़ककर धीरे-धीरे थपथपाया जाता है तो देखा जाता है कि चूर्ण के कण चुम्बकित (magnetised) होकर गत्ते पर चुम्बकीय बल रेखाओं के रूप में सज जाती है। ये चुम्बकीय बल रेखाएँ वृत्ताकार तार के बीच में सीधा तथा तार के दोनों सिरों के नजदीक वृत्तीय रूप में रहता है। अर्थात् वृत्त के केन्द्र पर ये बल रेखा वृत्त के समतल पर अभिलम्ब होती है तथा चुम्बकीय क्षेत्र को बढ़ा देता है।



चित्र 4.6

☞ **नोट :** r त्रिज्यावाले वृत्ताकार तार से धारा I प्रवाहित करने से उस तार के केन्द्र पर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र का मान इस प्रकार प्राप्त किया जा सकता है—

$$\text{चुम्बकीय क्षेत्र } (B) = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

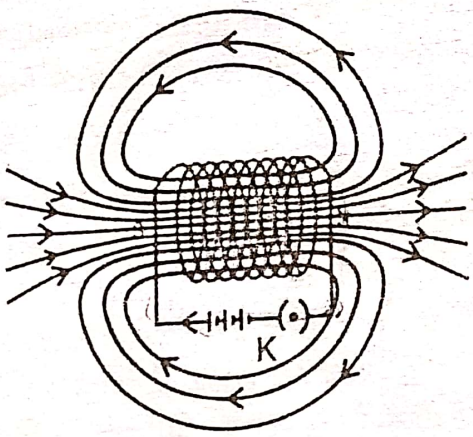
जहाँ μ_0 = एक नियतांक जिसका मान $4\pi \times 10^{-7}$ Tm / A

I = प्रवाहित धारा तथा r = वृत्ताकार तार की त्रिज्या है।

परिनालिका (Solenoid) एवं परिनालिका में प्रवाहित विद्युत धारा के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

जब किसी अचालक पदार्थ के ऊपर चालक तार की कुंडली लपेट दी जाती है तो ऐसी व्यवस्था परिनालिका कहलाती है।

परिनालिका प्रायः काँच या अन्य अचालक पदार्थ की नली के ऊपर तार को एक ही दिशा में लपेट कर बनाया जाता है।

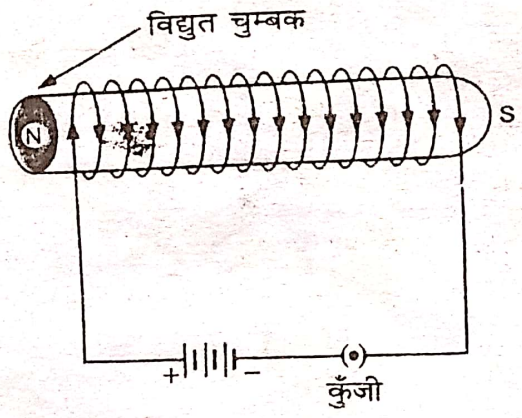


चित्र 4.7

किसी परिनालिका में धारा प्रवाहित करने पर उसके भीतर उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र रेखाओं को चित्र संख्या 4.7 में दिखाया गया है। ध्यान से देखने पर हम पाते हैं कि परिनालिका द्वारा इस प्रकार उत्पन्न चुम्बकीय क्षेत्र छड़ चुम्बक के क्षेत्र के समान होता है। परिनालिका का एक सिरा चुम्बकीय उत्तर ध्रुव तथा दूसरा सिरा चुम्बकीय दक्षिण ध्रुव की तरह कार्य करता है।

विद्युत चुम्बक
(Electromagnet)

परिनालिका के अन्दर नर्म लोहे का छड़ रखने पर धारा के कारण छड़ चुम्बकित (magnetised) हो जाती है ऐसा छड़ क्रोड कहलाता है तथा **नर्म लोहे** का ऐसा क्रोड **विद्युत चुम्बक** (electromagnet) होता है।



चित्र 4.8

धारा के बढ़ने पर क्रोड का चुम्बकत्व बढ़ता है लेकिन धारा को बंद करते ही क्रोड का चुम्बकत्व (magnetism) समाप्त हो जाता है। अतः **विद्युत चुम्बक अस्थायी चुम्बक होता है। स्थायी चुम्बक बनाने के लिए नर्म लोहे के स्थान पर इस्पात के छड़ का उपयोग किया जाता है।**

विद्युत चुम्बक का उपयोग (Uses of electromagnet)

(i) इसका उपयोग लोहे के भारी टुकड़ों को उठाने में किया जाता है। इसलिए प्रायः क्रेन (cranes) में इसका उपयोग होता है।

(ii) इसका उपयोग विद्युत घंटी, माइक्रोफोन, टेलीफोन रिसीवर, टेलीविजन, लाउडस्पीकर इत्यादि में किया जाता है।

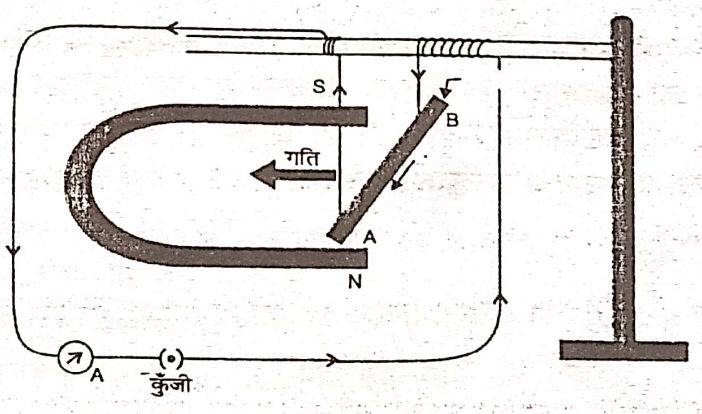
विद्युत चुम्बक (अस्थायी चुम्बक) एवं स्थायी चुम्बक में अन्तर
(Difference between an electromagnet and permanent magnet)

विद्युत चुम्बक	स्थायी चुम्बक
(i) यह एक अस्थायी चुम्बक है।	(i) छड़ चुम्बक एक स्थायी चुम्बक है।
(ii) यह प्रबल चुम्बकीय बल लगा सकता है।	(ii) इसका आकर्षण बल कमजोर होता है।
(iii) विद्युत चुम्बक की शक्ति फेरों की संख्या पर निर्भर करती है जो फेरों की संख्या बढ़ने से बढ़ती है।	(iii) स्थायी चुम्बक की शक्ति निश्चित रहती है।

चुम्बकीय क्षेत्र में किसी विद्युत धारावाली चालक पर बल
(Force on a current carrying conductor placed in a magnetic field)

ओर्स्टेड के प्रयोग से पता चला कि विद्युत धारा के कारण चुम्बक पर बल लगता है अर्थात् चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है। फ्रांसीसी वैज्ञानिक ऐम्पियर ने अपना विचार प्रस्तुत किया कि चुम्बक को भी विद्युत धारावाही चालक पर परिमाण में समान लेकिन दिशा में विपरीत बल आरोपित करना चाहिए।

इसे निम्न प्रयोग द्वारा स्पष्ट किया जा सकता है—



चित्र 4.9

इसके लिए ऐलुमिनियम की एक छोटी छड़ (लगभग 5 cm) ली जाती है। इसे दो संयोजक तारों द्वारा किसी स्टैण्ड से क्षैतिजतः चित्रानुसार लटका दिया जाता है। इसके बाद एक प्रबल नाल चुम्बक को इस प्रकार व्यवस्थित किया जाता है कि छड़ नाल चुम्बक के दो ध्रुवों के बीच में हो तथा चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा उपरिमुखी (upward) हो।

ऐलुमिनियम की छड़ को एक बैटरी, एक दाब कुंजी तथा धारा नियंत्रक के साथ श्रेणीक्रम में संयोजित करके छड़ में B से A की ओर विद्युत धारा प्रवाहित करायी जाती है।

विद्युत धारा प्रवाहित होते ही छड़ बायीं ओर विस्थापित हो जाती है। अब यदि छड़ में प्रवाहित होनेवाली धारा की दिशा बदल दी जाती है तो देखा जाता है कि छड़ दायीं ओर विस्थापित हो जाती है। इससे यह निष्कर्ष निकलता है कि चुम्बकीय क्षेत्र में रखने पर ऐलुमिनियम की विद्युत धारावाही छड़ पर एक बल आरोपित होता है।

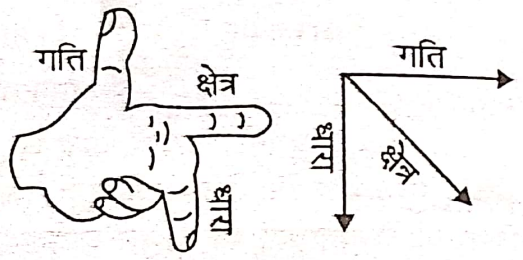
पुनः जब चुम्बक के ध्रुवों को परस्पर बदलकर चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा अधोमुखी (downward) करके प्रयोग दुहराई जाती है तो इस स्थिति में भी देखा जाता है कि छड़ विस्थापित तो होती है लेकिन दिशा विपरीत होती है। इससे स्पष्ट है कि चुम्बक धारा को प्रभावित करती है।

☛ **नोट** : छड़ में विस्थापन उस समय अधिकतम होता है जब विद्युत धारा की दिशा चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा के लंबवत् होती है।

फ्लेमिंग का वामहस्त नियम
(Fleming's Left Hand Rule)

प्रयोग के आधार पर फ्लेमिंग ने चुम्बक द्वारा धारावाही चालक पर लगाए गए बल की दिशा जानने के लिए एक नियम बताया जो इस प्रकार है—

अपने बाएँ हाथ की तर्जनी, मध्यमा और अँगूठे को परस्पर लम्बवत् इस प्रकार फैलाएँ कि यदि तर्जनी चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा और मध्यमा धारा की दिशा को दर्शाता हो तो अँगूठा धारावाही चालक पर लगे बल की दिशा को व्यक्त करेगा।

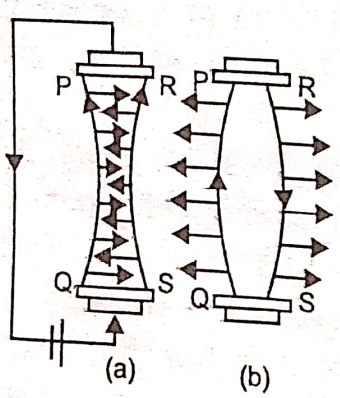


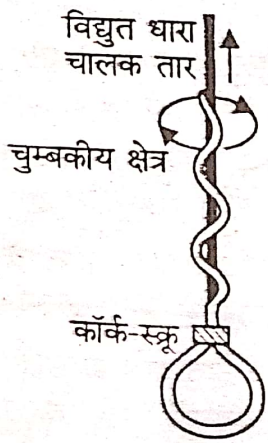
चित्र 4.10

चुम्बकीय क्षेत्र में धारावाही चालक पर बल लगने के कारण

हम जानते हैं कि चालक के अन्दर मुक्त इलेक्ट्रॉन का प्रवाह ही विद्युत धारा का कारण है। **जब चालक को चुम्बकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो उन गतिशील इलेक्ट्रॉन पर बल लगते हैं जिन्हें लॉरेन्ज बल** (Lorentz force) **कहते हैं।** ये बल इलेक्ट्रॉनों के वेग तथा चुम्बकीय क्षेत्र की दिशाओं के लम्बवत् लगते हैं। धारावाही चालक इन्हीं बलों का परिणामी बल अनुभव करता है।

☛ **नोट** : यदि दो समांतर तारों में धारा एक ही दिशा में प्रवाहित होती है तो उसमें परस्पर आकर्षण होता है और यदि धारा विपरीत दिशा में बहती है तो इनमें प्रतिकर्षण होता है।





चुम्बकीय क्षेत्र में किसी विद्युत धारावाही चालक पर लगने वाला बल निम्न बातों पर निर्भर करता है (The force acting on a current carrying conductor placed in the magnetic field depends up on)

(i) **चुम्बकीय क्षेत्र की सामर्थ्य पर** (On the strength of magnetic field) : धारावाही चालक पर लगा बल (F) चुम्बकीय क्षेत्र के सामर्थ्य (B) का सीधा समानुपाती होता है।

अर्थात् $F \propto B$ ... (i)

(ii) **विद्युत धारा के प्राबल्य पर** (On the strength of electric current) : धारावाही चालक पर लगा बल (F) विद्युत धारा के प्राबल्य (I) का सीधा समानुपाती होता है।

अर्थात् $F \propto I$ ... (ii)

(iii) **चालक की लंबाई पर** (On the length of conductor) : धारावाही चालक पर लगा बल (F) चालक की लंबाई (l) का सीधा समानुपाती होता है।

अर्थात् $F \propto l$ ... (iii)

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

$F \propto BIl \Rightarrow \boxed{F = K \cdot B \cdot Il}$ ... (iv) जहाँ K = एक नियतांक है।

यदि $K = 1$ हो तो $\boxed{F = BIl}$ ... (v)

अतः यदि धारावाही चालक को चुम्बकीय क्षेत्र के लम्बवत् रखा जाता है तो चालक पर लगे बल का परिमाण समीकरण (v) से प्राप्त किया जाता है।

☛ **नोट :** जब धारावाही चालक को चुम्बकीय क्षेत्र के समांतर रखा जाता है तो किसी प्रकार के बल का अनुभव नहीं होता है।

चुम्बकीय क्षेत्र का S.I. मात्रक **टेसला** (tesla) होता है।

$$\boxed{1 \text{ tesla} = 1 \text{ N A}^{-1} \text{ m}^{-1}}$$

चुम्बकीय क्षेत्र में गतिशील आवेश पर क्रियाशील बल
(Force acting on a moving charge in a magnetic field)

गतिशील मुक्त इलेक्ट्रॉन के कारण ही चालक में धारा प्रवाहित होती है। प्रत्येक इलेक्ट्रॉन पर आवेश का परिमाण 1.6×10^{-19} कूलम्ब होता है।

चुम्बकीय क्षेत्र में लम्बवत् रखे धारावाही चालक पर क्रियाशील बल

$$F = BIl \quad \text{... (i)}$$

हम जानते हैं कि $I = \frac{q}{t}$ ... (ii)

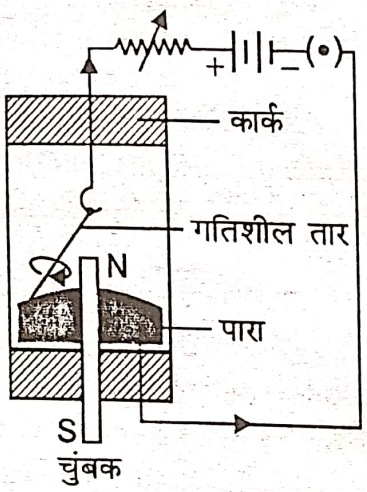
जहाँ q = चालक से प्रवाहित आवेश है।

समीकरण (ii) का मान समीकरण (i) में रखने पर,

$$F = B \times \left(\frac{q}{t}\right) \times l = Bq \times \frac{l}{t} \quad \therefore \boxed{F = Bqv}$$

फैराडे का प्रयोग
(Faraday's Experiment)

विद्युत धारा पर चुम्बकीय क्षेत्र के प्रभाव को प्रदर्शित करनेवाला प्रयोग फैराडे का प्रयोग कहलाता है।



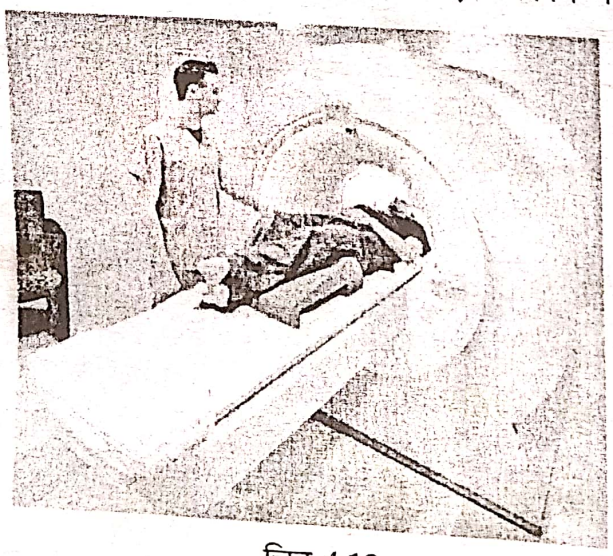
चित्र 4.12

इसके लिए काँच की एक चौड़ी नली ली जाती है जिसके दोनों सिरे कॉर्क से बन्द रहते हैं। निचले कॉर्क के बीच से एक छड़ चुम्बक इस तरह घुसा दिया जाता है कि इसका उत्तरी ध्रुव नली के अन्दर रहे। ऊपर वाले कॉर्क के बीच से ताँबे की छड़ घुसा दी जाती है। इस छड़ के निचले सिरे पर हुक बना रहता है जिससे एक-दूसरी सीधी छड़ को इस तरह लटका दिया जाता है कि इसका निचला छोर पारे में डूब जाए। चालक तार, सेल, दाब कुंजी, परिवर्त्तनशील प्रतिरोध इत्यादि को चित्रानुसार जोड़ दिया जाता है।

दाब कुंजी दबाते ही परिपथ पूरा हो जाता है और धारा प्रवाहित होते ही नली के भीतर का तार चुम्बक के उत्तरी ध्रुव के चारों ओर घूर्णन करने लगता है। धारा की शक्ति बढ़ने पर तार के परिभ्रमण की गति भी बढ़ जाती है तथा धारा की दिशा बदलने पर परिभ्रमण की दिशा भी बदल जाती है। विद्युत मोटर की क्रिया धारा पर चुम्बकीय प्रभाव पर आधारित होती है।

औषधि में चुम्बकत्व की भूमिका
(Role of Magnetism in Medicine)

हम जानते हैं कि विद्युत धारा सदैव चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती हैं। यहाँ तक कि हमारे शरीर की तंत्रिका कोशिकाओं के अनुदिश गमन करने वाली दुर्बल आयन धाराएँ भी चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करती हैं। जब हम किसी वस्तु को स्पर्श करते हैं तो हमारी तंत्रिकाएँ एक विद्युत आवेश का उस पेशी तक वहन करती है जिसका हमें उपयोग करना है। यह आवेश एक अस्थायी चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न करता है। ये क्षेत्र अति दुर्बल होते हैं तथा पृथ्वी के चुम्बकीय क्षेत्र की तुलना में उसके एक अरबवें भाग के बराबर होते हैं। मानव शरीर के दो मुख्य भाग हृदय (heart) एवं मस्तिष्क (brain) है जिनमें चुम्बकीय क्षेत्र का उत्पन्न होना महत्त्वपूर्ण है।



चित्र 4.13

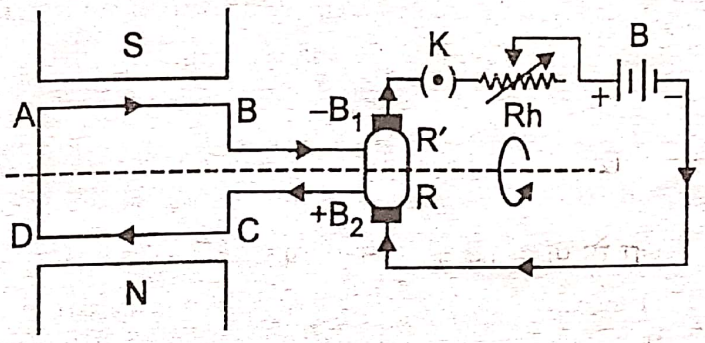
ऐसा एक विशेष तकनीक जिसका उपयोग करके शरीर के भीतर चुम्बकीय क्षेत्र शरीर के विभिन्न भागों के प्रतिबिम्ब प्राप्त करने का आधार बनता है **चुम्बकीय अनुनाद प्रतिबिम्ब** [Magnetic Resonance Imaging (MRI)] कहते हैं।

चिकित्सा निदान में इन प्रतिबिम्बों का विश्लेषण काफी सहायक होता है। इस तरह चिकित्सा विज्ञान में चुम्बकत्व (magnetism) की अहम भूमिका है।

विद्युत मोटर
(Electric Motor)

यह एक ऐसी युक्ति है जो **विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा** में परिणत कर देती है। विद्युत मोटर का उपयोग विद्युत पंखों, कपड़ा धोने की मशीन, रेफ्रिजरेटरों इत्यादि के निर्माण में प्रमुख घटक के रूप में किया जाता है।

विद्युत मोटर में एक नाल चुम्बक होता है जिसे क्षेत्र चुम्बक कहते हैं। प्रायः क्षेत्र चुम्बक विद्युत चुम्बक ही होता है। चुम्बक के ध्रुव खंडों के बीच नर्म लोहे की प्लेटों से बने क्रोड पर लिपटी ताँबे तार की कुंडली होती है जिसके फेरों की संख्या काफी अधिक होती है। इसे मोटर का **आर्मेचर** कहते हैं। आर्मेचर के छोर पीतल के खंडित वलयों से जुड़े रहते हैं। इन वलयों को कार्बन के ब्रश स्पर्श करते रहते हैं।



चित्र 4.14

क्रिया (Working) : जब आर्मेचर से विद्युतधारा प्रवाहित की जाती है तो आर्मेचर की वे दो भुजाएँ *AB* तथा *CD* जो चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा के लम्बवत् होती है, फ्लेमिंग के वामहस्त नियमानुसार बल का अनुभव करती है। ये बल मान में समान लेकिन दिशा में विपरीत होते हैं। इसलिए ये बल-युग्म (couple) बनाते हैं जिसके कारण आर्मेचर घूर्णित होता है। आधे घूर्णन के बाद जब *CD* भुजा ऊपर चली जाती है और *AB* भुजा नीचे आ जाती है तो वलयों के स्थान का अदला-बदली हो जाती है एवं आर्मेचर पर लगा बल युग्म आर्मेचर को लगातार एक ही दिशा में घुमाता रहता है। इसलिए इसे डी॰सी॰ मोटर भी कहा जाता है।

☞ **नोट** : विद्युत मोटर के आर्मेचर की धुरी पर यदि ब्लेड लगा दिए जाएँ तो मोटर विद्युत पंखा बन जाएगा।

(B) स्वयं जाँच कीजिए
(Test yourself)

1. परिनालिका क्या है? (What is solenoid?)
2. विद्युत चुम्बक क्या है? इसके उपयोग को लिखें।
   What is electromagnet? Write its uses.
3. फ्लेमिंग के वामहस्त नियम को लिखें। (State Fleming's left hand rule.)
4. चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता का S.I. मात्रक क्या है?
   What is S.I. unit of intensity of magnetic field?

5. लॉरेन्ज बल क्या है? (What is Lorentz force?)
6. चुम्बकीय क्षेत्र में लम्बवत् रखे विद्युत धारावाही चालक पर क्रियाशील बल का परिमाण प्राप्त करने का सूत्र लिखें।
   Write an expression for the magnitude of force acting on a current carrying conductor placed perpendicular to the magnetic field.
7. विद्युत मोटर क्या है? (What is an electric motor.)

विद्युत चुम्बकीय प्रेरण
(Electromagnetic Induction)

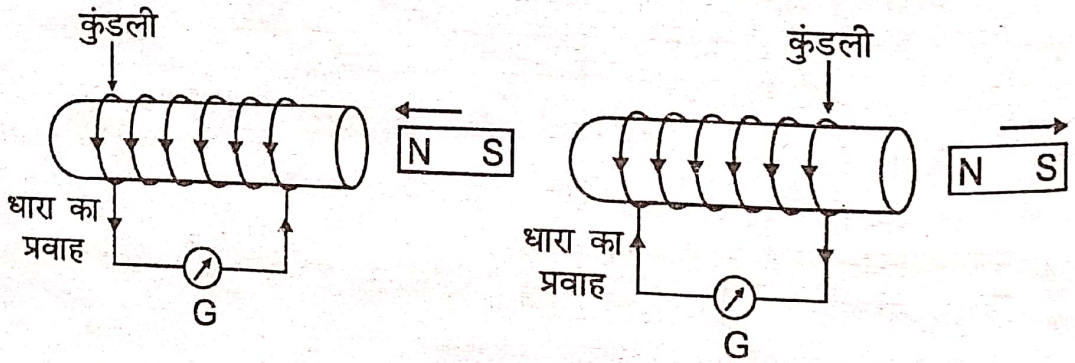
अनेक प्रयोगों के आधार पर देखा गया कि विद्युत और चुम्बकत्व में गहरा संबंध है। जिस प्रकार विद्युत धारा द्वारा चुम्बकीय क्षेत्र उत्पन्न किया जाता है, उसी प्रकार चुम्बकीय क्षेत्र द्वारा भी विद्युत धारा उत्पन्न किया जा सकता है। विद्युत और चुम्बकत्व के बीच इस महत्त्वपूर्ण संबंध की खोज फैराडे ने 1831 ई॰ में किया। उनकी यह खोज कि गतिशील चुम्बक का उपयोग विद्युतधारा उत्पन्न करने में किया जा सकता है, वैज्ञानिक क्षेत्र में क्रांति ला दी।

1831 ई॰ में फैराडे ने प्रयोग द्वारा यह दिखलाया कि यदि किसी चुम्बक (छड़ चुम्बक) को बन्द कुण्डली के समीप लाया जाता है या उस चुम्बक को उस कुण्डली से दूर ले जाया जाता है तो दोनों ही स्थितियों में कुण्डली में धारा प्रवाहित होती है। यह धारा तब तक प्रवाहित होती है जब तक चुम्बक गतिशील रहता है। इस प्रकार चालक में विद्युत वाहक बल और विद्युत धारा प्रेरित होती है जिसे क्रमशः प्रेरित विद्युत वाहक बल (वि॰वा॰ब॰) तथा प्रेरित विद्युत धारा (Induced current) कहते हैं एवं यह घटना **विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण** कहलाती है। संक्षेप में इसे इस प्रकार भी परिभाषित किया जा सकता है—

परिवर्त्ती चुम्बकीय क्षेत्र (फ्लक्स) के कारण किसी चालक में धारा उत्पन्न होने की घटना विद्युत चुम्बकीय प्रेरण कहलाती है।

प्रायोगिक प्रदर्शन (Experimental Representation)

इसे प्रदर्शित करने के लिए सर्वप्रथम एक काठ का खोखला बेलन लिया जाता है। इस बेलन के ऊपर अनेक फेरोंवाली तार की एक कुण्डली *AB* लपेट दी जाती है। इसके बाद एक सुग्राही गैल्वेनोमीटर (धारामापी) को चित्रानुसार जोड़ दिया जाता है।



चित्र 4.15

अब एक छड़ चुम्बक लेकर उसे कुण्डली के समीप तेजी से लाया जाता है तो दिखता है कि गैल्वेनोमीटर की सूई एक खास दिशा में (माना दाहिनी ओर) विक्षेपित हो जाती है। पुनः जब छड़ चुम्बक को कुण्डली से दूर ले जाया जाता है तो गैल्वेनोमीटर की सुई बाँयी ओर

विक्षेपित हो जाती है। अर्थात् लाने के क्रम में चुम्बकीय क्षेत्र बढ़ता है तथा दूर ले जाने के क्रम में चुम्बकीय क्षेत्र घटता है। जब कुंडली और चुम्बक दोनों स्थिर होते हैं तो गैल्वेनोमीटर की सूई में किसी प्रकार का कोई विक्षेप नहीं देखा जाता है।

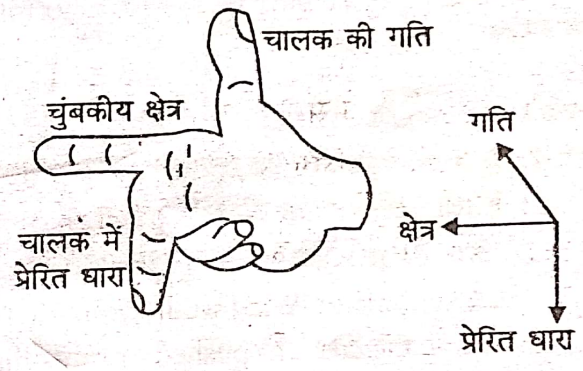
इस प्रयोग से स्पष्ट है कि कुण्डली के सापेक्ष चुम्बक की गति से प्रेरित विद्युत वाहक बल उत्पन्न होता है फलस्वरूप परिपथ में प्रेरित विद्युत धारा उत्पन्न होती है। विद्युत वाहक बल के प्रेरण की यह घटना **विद्युत-चुम्बकीय प्रेरण** (Electromagnetic Induction) कहलाती है।

☞ **नोट :** यह हमेशा ध्यान रहे कि चुम्बकीय क्षेत्र के बढ़ने के क्रम में प्रेरित विद्युत वाहक बल की जो दिशा होती है वह घटने के क्रम में प्रेरित विद्युत वाहक बल की दिशा के विपरीत होती है।

फ्लेमिंग का दक्षिण-हस्त नियम
(Fleming's Right Hand Rule)

प्रेरित विद्युत धारा (Induced electric current) की दिशा फ्लेमिंग के दक्षिण हस्त नियम से प्राप्त होती है जो इस प्रकार है—

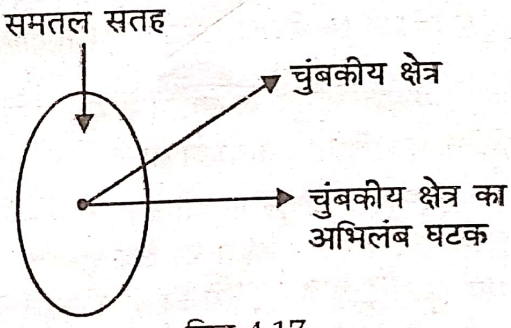
अपने दाहिने हाथ की तर्जनी, मध्यमा और अँगूठे को परस्पर लम्बवत् इस प्रकार फैलाएँ कि यदि तर्जनी चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा, अँगूठा चालक के गति की दिशा को व्यक्त करे तो मध्यमा चालक में प्रेरित विद्युत धारा की दिशा को व्यक्त करेंगी।



चित्र 4.16

चुम्बकीय फ्लक्स
(Magnetic Flux)

समतल सतह पर चुम्बकीय क्षेत्र के अभिलम्ब घटक तथा सतह के क्षेत्रफल के गुणनफल के सतह को चुम्बकीय फ्लक्स कहते हैं। चुम्बकीय क्षेत्र के साथ जब सतह का झुकाव बदलता है तो चुम्बकीय फ्लक्स में बदलाव आ जाता है।



चित्र 4.17

उदाहरणस्वरूप यदि एक मीटर त्रिज्यावाले ऐसे गोले पर विचार किया जाए जिस गोले के केन्द्र पर इकाई ध्रुवीय प्रबलता का एक ध्रुव हो तो गोले के सतह के प्रत्येक बिन्दु पर चुम्बकीय तीव्रता एकांक होती है। चूँकि गोले के सतह का क्षेत्रफल $4\pi r^2$ वर्गमीटर होता है। इसलिए इस गोले का क्षेत्रफल 4π वर्गमीटर ही होगा। अतः एकांक ध्रुव से निकलनेवाला कुल चुम्बकीय फ्लक्स 4π होगा।

चुम्बकीय फ्लक्स का S.I. मात्रक वेबर (Weber) **होता है।**

चुम्बकीय फ्लक्स को प्रायः ϕ (फाई) से सूचित किया जाता है।

फैराडे का विद्युत चुम्बकीय प्रेरण नियम (Faraday's laws of Electromagnetic Induction) : किसी परिपथ में प्रेरित विद्युत वाहक बल का परिमाण उस परिपथ से होकर जानेवाली चुम्बकीय बल रेखाओं के परिवर्तन की दर तथा परिपथ में फेरों की संख्या के समानुपाती होता है।

लेंज का नियम (Lenz's law) : जब कभी विद्युत चुम्बकीय प्रेरण से किसी परिपथ में धारा उत्पन्न होती है तो उसकी दिशा ऐसी होती है कि वह उस कारण (cause) का ही विरोध करती है, जिससे वह उत्पन्न होती है। इसे ही **लेंज का नियम** कहते हैं।

(C) स्वयं जाँच कीजिए
(Test yourself)

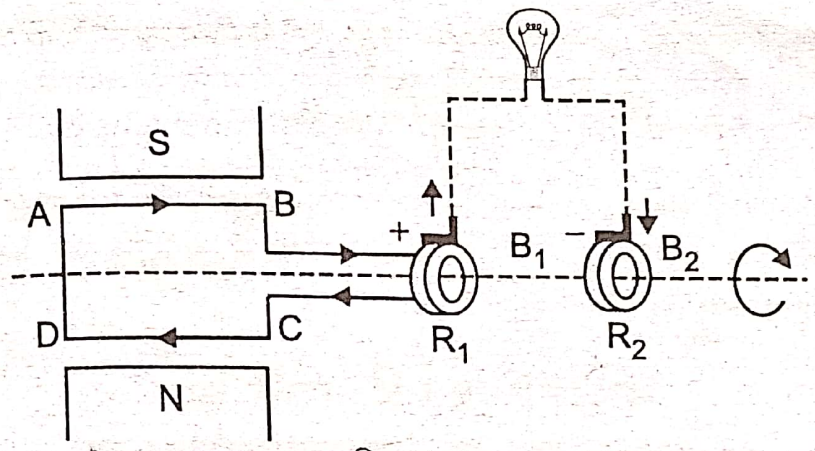
1. विद्युत चुम्बकीय प्रेरण क्या है? (What is electromagnetic Induction?)
2. किसी चालक में प्रेरित विद्युत धारा की दिशा निर्धारित करने वाले नियम का नाम लिखें। (Name the rule used to determine the direction of induced current in a conductor.)
3. फ्लेमिंग के दक्षिण-हस्त नियम को लिखें। (State Fleming's Right Hand rule.)
4. एक चालक तार की कुंडली गैल्वेनोमीटर से जुड़ी हुई है। आप क्या पाएँगे यदि किसी छड़ चुम्बक को (a) कुंडली के अन्दर स्थिर छोड़ देते हैं। (b) कुंडली की ओर लाते हैं। (c) कुंडली से दूर ले जाते हैं। (A conducting coil is connected to a galvanometer. What would you observe if a bar magnet is (a) held stationary inside the coil. (b) pushed towards the coil. (c) pulled away from the coil.)
5. लेंज का नियम क्या है? (What is Lenz's law?)
6. चुम्बकीय फ्लक्स (Magnetic flux) का S.I. मात्रक क्या है?
   What is S.I. unit of magnetic flux?

विद्युत जनित्र
(Electric Generator)

विद्युत जनित्र या डायनेमो एक ऐसी युक्ति है जिसके द्वारा **यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिणत किया जाता है।** यह विद्युत चुम्बकीय प्रेरण के सिद्धांत पर कार्य करता है।

बनावट (Construction) : साधारण डायनेमो में एक शक्तिशाली नाल चुम्बक होता है जिसे क्षेत्र-चुम्बक कहते हैं। क्षेत्र-चुम्बक के ध्रुवों के बीच क्षैतिज अक्ष पर घूर्णन करने वाली एक कुंडली होती है जिसे आर्मेचर कहते हैं। आर्मेचर में कुण्डली के अनेक फेरे होते हैं जो नर्म लोहे की पट्टियों पर लिपटे रहते हैं। इसे आर्मेचर का क्रोड कहते हैं। आर्मेचर के तार का छोर पीतल के वलयों से ढँके रहते हैं तथा इन वलयों से कार्बन की पत्तियाँ हल्का स्पर्श करती है। इन पत्तियों को ब्रश कहा जाता है। परिपथ को इन्हीं ब्रश में लगे पेंचों से जोड़ दिया जाता है।

क्रिया (Working) : जब आर्मेचर को घुमाया जाता है तो कुण्डली के भीतर के चुम्बकीय क्षेत्र (फ्लक्स) में प्रत्येक क्षण परिवर्तन होते हैं। जब कुण्डली का AB भाग ऊपर जाता है CD भाग नीचे आता है तो फ्लेमिंग के दक्षिण-हस्त नियमानुसार धारा A से B और C से D की ओर जाएगी। पुनः दूसरे अर्द्ध चक्र में जब DC ऊपर में तथा AB नीचे में है तो



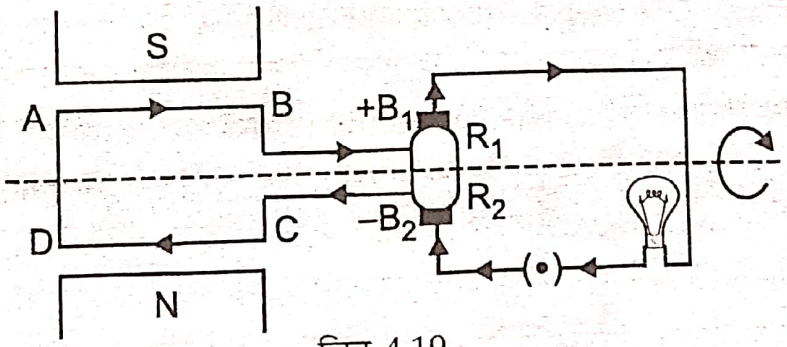
चित्र 4.18

प्रेरित विद्युत वाहक *DCBA* में होगा जो पहले की दिशा के विपरीत है। इससे पता चलता है कि प्रत्येक घूर्णन के आधे चक्र में धारा की दिशा बदल जाती है। अर्थात् एक अर्द्ध चक्र में शून्य से महत्तम तक पहुँचती है और दूसरी बार महत्तम से घटकर शून्य हो जाती है। घूर्णन क्रम में कुंडली जब चुम्बकीय बल-क्षेत्र के लम्बवत् रहती है तब उसकी *AB* भुजा की गति की दिशा चुम्बकीय बल क्षेत्र की दिशा के समांतर होती है और इस स्थिति में कुण्डली में धारा शून्य रहती है लेकिन लम्बवत् स्थिति में महत्तम धारा प्रेरित होती है। इस प्रकार एक घूर्णन में एक दिशा में धारा शून्य से महत्तम तथा महत्तम से शून्य पुनः विपरीत दिशा में शून्य से महत्तम तथा महत्तम से शून्य मान को प्राप्त करती है। धारा के परिवर्त्ती मान होने के कारण इस धारा को प्रत्यावर्ती धारा कहते हैं तथा इस प्रकार के डायनेमो **प्रत्यावर्ती धारा डायनेमो ए०सी० डायनेमो** कहलाता है।

दिष्ट धारा डायनेमो
(D.C. Dynamo)

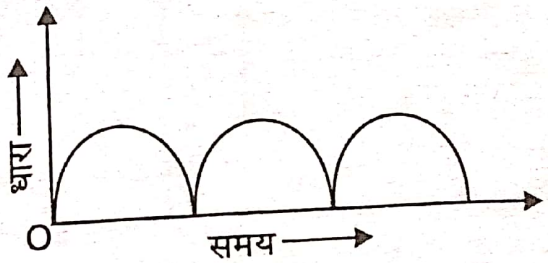
ऐसा डायनेमो जिससे दिष्ट धारा प्राप्त होती है डी०सी० डायनेमो कहलाता है।

दिष्ट धारा डायनेमो की बनावट लगभग प्रत्यावर्ती धारा डायनेमो के समान ही होती है लेकिन अंतर सिर्फ इतना ही होता है कि आर्मेचर के छोरों पर एक ही वलय के आधे-आधे भाग अलग-अलग ढँके रहते हैं।



चित्र 4.19

आधे घूर्णन के समय R_1 खंड धनात्मक ध्रुव होता है तब B_1 ब्रश इसके संपर्क में रहता है। घूर्णन क्रम में जब R_1 ऋणात्मक बन जाता है तो इसका संपर्क B_2 ब्रश से हो जाता है तथा ब्रश B_1 का संपर्क R_1 खंड से हो जाता है। इस तरह ब्रश B_1 धनात्मक तथा ब्रश B_2 ऋणात्मक



चित्र 4.20

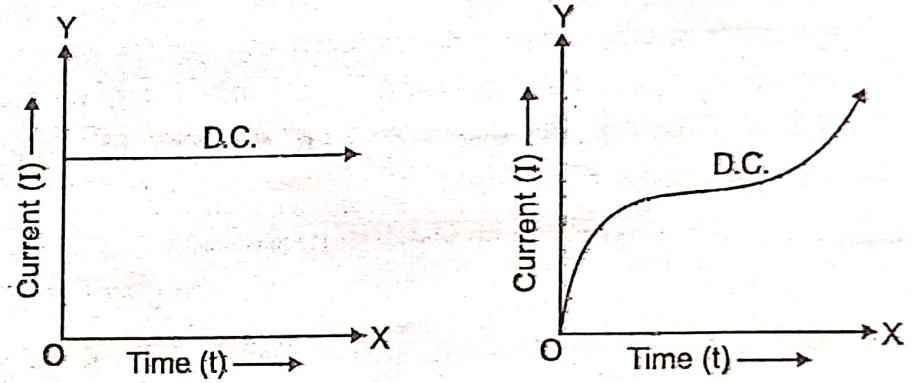
विभव पर बने रहते हैं। ऐसा रहने पर आर्मेचर की धारा की दिशा बदलने पर भी बाह्य परिपथ में धारा की दिशा हमेशा एक ही दिशा में रहती है जो शून्य से अधिकतम मान के बीच बदलती है। अतः ऐसे डायनेमो से दिष्टधारा (डी०सी०) प्राप्त होती है।

☛ **नोट :** दिक् परिवर्त्तक (commutator) के द्वारा प्रत्यावर्ती धारा को दिष्ट धारा में बदला जाता है। प्रत्यावर्ती धारा को दिष्ट धारा में बदलने की क्रिया दिष्टकरण (rectification) कहलाती है।

दिष्ट धारा एवं प्रत्यावर्ती धारा
(Direct current or Alternating current)

[A] **दिष्ट धारा** (Direct current) : वैसी विद्युत धारा जिनके परिमाण (magnitude) या तो अचर (constant) होते हैं या परिवर्त्ती (variable) होते हैं लेकिन चालक में प्रवाहित होने की दिशा एक समान रहती है, दिष्ट धारा कहलाती है। इसे संक्षेप में डी०सी० (D.C.) से सूचित किया जाता है।

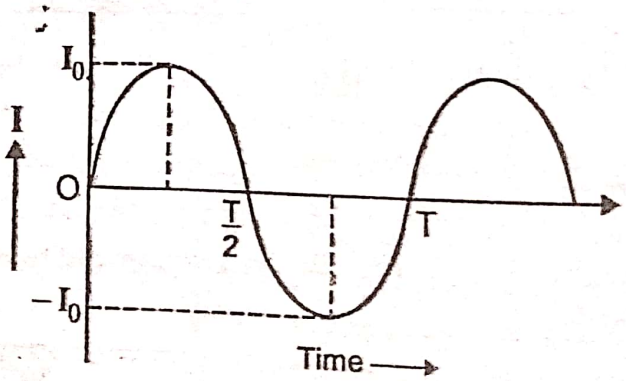
इसे निम्न रूप में दर्शाया जाता है—



चित्र 4.20

☛ **नोट :** दिष्ट धारा की आवृत्ति (frequency) शून्य होती है।

[B] **प्रत्यावर्त्ती धारा** (Alternating current) : वैसी विद्युत धारा जिसकी दिशा खास समय अन्तराल में बदलती रहती है, प्रत्यावर्त्ती धारा कहलाती है। संक्षेप में इसे ए०सी० (A.C.) से सूचित किया जाता है, इसे निम्न रूप में दर्शाया जाता है—



चित्र 4.21

प्रत्यावर्त्ती धारा को गणितीय रूप में इस प्रकार व्यक्त किया जाता है—

$$I = I_0 \sin \omega t$$

$$\Rightarrow \quad I = I_0 \sin \frac{2\pi}{T} t \qquad \left[\because \omega = \frac{2\pi}{T}\right] \text{ जहाँ } T = \text{आवर्त्तकाल है।}$$

$$\Rightarrow \quad I = I_0 \cdot \sin 2\pi f t \qquad \ldots \text{(i)}$$

जहाँ $f = \frac{1}{T}$ = आवृत्ति है।

☛ नोट : I_0 = प्रत्यावर्त्ती धारा का उच्चतम मान होता है।

भारत में घरेलू उपयोग के लिए प्रत्यावर्त्ती धारा की **आवृत्ति 50 Hz** होता है।

इसका अर्थ यह है कि A.C. (ए०सी०) एक सेकेण्ड में 50 चक्कर पूरा करती है। इस प्रकार प्रति $\frac{1}{100}$ sec के बाद ए०सी० अपनी दिशा बदलती है।

प्रत्यावर्ती धारा एवं दिष्ट धारा में अंतर
(Difference between Alternating current and Direct current)

प्रत्यावर्ती धारा (ए०सी०)	दिष्ट धारा (डी०सी०)
(i) धारा का मान तथा दिशा समय के साथ दोनों बदलता है।	(i) केवल धारा का मान बदलता है अर्थात् दिष्ट धारा एक ही दिशा में बहती है।
(ii) इसे आसानी से उत्पन्न किया जा सकता है।	(ii) इसे उत्पन्न करने में कठिनाई होती है।
(iii) इसे आसानी से डी०सी० में बदला जा सकता है।	(iii) इसे ए०सी० में बदलने में काफी कठिनाई होती है।
(iv) यह डी०सी० की अपेक्षा अधिक घातक होता है।	(iv) यह ए०सी० की अपेक्षा कम घातक होता है।
(v) यह चालक के सतह पर प्रवाहित होता है।	(v) यह चालक के अन्दर से प्रवाहित होता है।

प्रत्यावर्त्ती धारा से लाभ (Advantages of A.C.)

(a) ट्रांसफॉर्मर की सहायता से इसका विद्युत वाहक बल बढ़ाया या घटाया जा सकता है। इस क्रिया में विद्युत ऊर्जा का क्षय नगण्य है। यही कारण है कि बड़े-बड़े कल कारखानों में प्रत्यावर्ती धारा का ही उपयोग किया जाता है क्योंकि दिष्ट धारा (डी०सी०) का विद्युत वाहक बल आसानी से सामान्य विधि से नहीं बढ़ाया जा सकता है।

(b) इसका विद्युत वाहक बल बढ़ाकर इसे बहुत दूर तक भेजा जा सकता है। अर्थात् विद्युत संचरण में प्रत्यावर्ती धारा का ही उपयोग होता है क्योंकि

अधिक विभव और कम धारा पर विद्युत ऊर्जा के संचरण में बहुत कम (नगण्य) विद्युत ऊर्जा का क्षय होता है।

(c) इस धारा के विद्युत वाहक बल को कम करके 6 वोल्ट की बत्ती भी जलायी जा सकती है।

(d) प्रत्यावर्ती धारा को चोक कुण्डली द्वारा अत्यल्प ऊर्जा हानि पर नियंत्रित किया जा सकता है।

प्रत्यावर्ती धारा से हानियाँ (Disadvantages of A.C.)

(a) प्रत्यावर्ती धारा से विद्युत लेपन (electroplating) तथा बैटरियों का आवेशन नहीं किया जा सकता है।

(b) इस धारा से विद्युत विश्लेषण (electrolysis) नहीं किया जा सकता है। इसलिए ऐलुमिनियम कारखाने या अन्य ऐसे कारखाने जहाँ विद्युत विश्लेषण की आवश्यकता है वहाँ दिष्ट धारा (डी॰सी॰) का ही उपयोग किया जाता है।

(c) प्रत्यावर्ती धारा को संचायक सेल में संचित नहीं किया जा सकता है।

(d) प्रत्यावर्ती धारा के स्पर्श मात्र का झटका काफी घातक होता है।

(e) इस धारा का उपयोग विद्युत चुम्बक (electromagnet) में नहीं किया जा सकता है।

विद्युत वितरण व्यवस्था
(Electric Distribution Arrangement)

विद्युत उत्पादन केन्द्र से विशेष प्रकार के तारों की व्यवस्था द्वारा उपभोक्ताओं के घरों तक विद्युत आपूर्ति की व्यवस्था को विद्युत वितरण व्यवस्था कहते हैं।

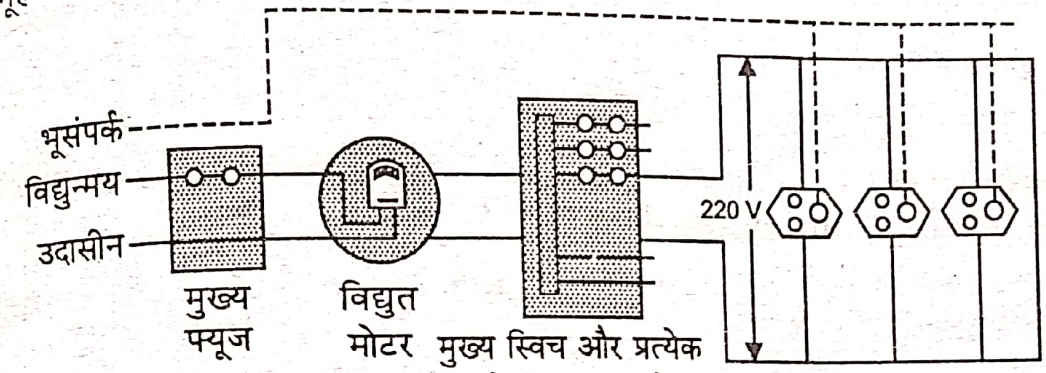
सामान्यतया विद्युत आपूर्ति के लिए उत्पादन केन्द्र से विद्युत फीडर में आता है। फीडर से विद्युत वितरक केबुल (cables) में बाँटा जाता है। इसके बाद विशेष प्रकार के तारों की व्यवस्था द्वारा उपभोक्ताओं के घरों में विद्युत आपूर्ति की जाती है।

घरों में विद्युत परिपथ लगाने के लिए आपूर्ति के तारों से दो तार लिए जाते हैं। इनमें से एक का विभव **220 V (वोल्ट) तथा आवृत्ति 50 Hz** होता है तथा दूसरा तार पृथ्वी के संपर्क में होता है। 220 वोल्ट वाले तार को **जीवित तार** तथा पृथ्वी के संपर्क में रहनेवाले तार को **उदासीन तार** कहते हैं। अपभ्रंश रूप में जीवित तार को **गर्म तार** तथा उदासीन तार को **ठंढा तार** कहा जाता है। इन तारों को घर में प्रवेश करते ही ''मीटर'' से जोड़ दिया जाता है। ''मीटर'' से ही उपभुक्त विद्युत ऊर्जा का पता चलता है। मीटर के जीवित तार को फ्यूज से जोड़कर इसे मेन स्विच से जोड़ा जाता है। पुनः तार को वितरण के लिए अनेक बिन्दुओं से अलग-अलग तारों से जोड़कर फ्यूज लगा दिया जाता है। घरों में समांतरक्रम में तारों को जोड़ते हुए अलग-अलग बत्ती या पंखों के लिए प्रत्येक को स्विच द्वारा जोड़ा जाता है।

प्रत्येक वितरण के तार के लिए अलग फ्यूज होने से एक वितरण तार पर अधिक भार पड़ने पर दूसरा वितरण तार प्रभावित नहीं होता है। समांतर क्रम में जुड़े रहने के कारण प्रत्येक बल्ब और पंखे का विभवांतर 220 V ही रहता है।

घरेलू परिपथ (वायरिंग) का एक नमूना

घरेलू वायरिंग में तीन तार—जीवित तार अथवा गर्म तार L (प्रायः लाल रंग का), उदासीन तार या ठंडा तार N (प्रायः काले रंग का) और भू-तार E (प्रायः हरे रंग का) के समूह का उपयोग होता है। ये तीनों तार प्लास्टिक के खोल के अन्दर रखे रहते हैं।



चित्र 4.22

प्रभावतः स्रोत से प्रत्यावर्ती धारा जीवित तार (L) से प्रवाहित होती हुई उदासीन तार (N) से लौटती हुई मानी जाती है। भू-तार (E) जमीन के अन्दर लगभग पाँच मीटर नीचे गड़ी धातु की प्लेट से जुड़ा रहता है। 15 A और 5 A के परिपथ अलग-अलग बनाए जाते हैं। 15 A के परिपथ में हीटर, रेफ्रिजरेटर, विद्युत इस्तरी इत्यादि को जोड़ा जाता है जबकि 5 A के परिपथ में बल्ब, पंखा आदि जोड़ा जाता है। इसलिए 15 A के लाइन को **पावर लाइन** तथा 5 A के लाइन को **घरेलू लाइन** कहा जाता है।

(D) स्वयं जाँच कीजिए
(Test yourself)

1. दिष्ट धारा एवं प्रत्यावर्त्ती धारा को परिभाषित करें।
   Define direct current and alternating current.
2. दिष्ट धारा की आवृत्ति क्या होती है?
   What is the frequency of direct current?
3. विद्युत जनित्र क्या है? यह किस सिद्धांत पर कार्य करता है?
   What is an electric generator? On which principle it works?
4. प्रत्यावर्त्ती धारा से होनेवाले लाभ को लिखें।
   Mention the advantages of alternating current.
5. प्रत्यावर्त्ती धारा से होने वाले हानि का उल्लेख करें।
   Mention the disadvantages of A.C.
6. पावर लाइन एवं घरेलू लाइन क्या है?
   What is power line and domestic line?

स्मरणीय तथ्य
(Points to Remember)

- चुम्बक के समान ध्रुवों के बीच **प्रतिकर्षण** तथा असमान ध्रुवों के बीच **आकर्षण** होता है।
- चुम्बक के चारों ओर का क्षेत्र जिसमें आकर्षण तथा प्रतिकर्षण बलों के प्रभाव का अनुभव किया जाता है, **चुम्बकीय क्षेत्र** कहलाता है।
- विद्युत धारा का चुम्बक पर प्रभाव प्रदर्शित करने वाला प्रयोग **ओर्स्टेड का प्रयोग** कहलाता है।
- धारा के दिशा बदलने पर चुम्बकीय क्षेत्र की भी दिशा बदल जाती है।
- चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा धारा की दिशा से संबद्ध होती है इसे **मैक्सवेल के दक्षिण-हस्त नियम** से ज्ञात किया जाता है।
- परिनालिका में रखी नरम लोहे के छड़ धारा के कारण चुम्बकित होकर **विद्युत चुम्बक** बन जाता है।
- विद्युत चुम्बक **अस्थायी चुम्बक** होता है।
- चुम्बक द्वारा धारावाही चालक पर लगाये गये बल के दिशा की जानकारी **फ्लेमिंग के वामहस्त-नियम** से प्राप्त होता है।
- यदि दो समांतर तारों में धारा एक ही दिशा में प्रवाहित हो तो उसमें परस्पर **आकर्षण** होता है और धारा विपरीत दिशा में बहती है तो इनमें **प्रतिकर्षण** होता है।
- विद्युत मोटर की क्रिया **धारा पर चुम्बकीय प्रभाव** पर आधारित है।
- विद्युत मोटर एक ऐसी युक्ति है जो **विद्युत ऊर्जा** को **यांत्रिक ऊर्जा** में परिणत कर देता है।
- स्थायी चुम्बक बनाने के लिए **इस्पात** का उपयोग किया जाता है।
- परिवर्त्ती चुम्बकीय क्षेत्र (फ्लक्स) के कारण किसी चालक में धारा उत्पन्न होने की घटना **विद्युत चुम्बकीय प्रेरण** कहलाती है।
- प्रेरित विद्युत धारा की दिशा **फ्लेमिंग के दक्षिण-हस्त नियम** से प्राप्त होती है।
- चुम्बकीय फलक्स का S.I. मात्रक **वेबर** (Weber) होता है।
- जब कभी विद्युत चुम्बकीय प्रेरण से किसी परिपथ में धारा उत्पन्न होती है तो उसकी दिशा ऐसी होती है कि वह उस कारण का ही विरोध करती है, जिससे वह उत्पन्न होती है। इसे ही **लेंज का नियम** कहते हैं।
- **डायनेमो** यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में परिणत करता है।
- डायनेमो **विद्युत चुम्बकीय प्रेरण** के सिद्धांत पर कार्य करता है।
- ऐसा डायनेमो जिससे **दिष्ट धारा** प्राप्त होती है, **डी०सी० डायनेमो** कहलाता है।
- दिक परिवर्त्तक के द्वारा प्रत्यावर्त्ती धारा को दिष्ट धारा में बदला जाता है। बदलने की क्रिया **दिष्टकरण** (rectification) कहलाती है।
- प्रत्यावर्त्ती धारा श्रोत सर्वाधिक उपयोगी धारा श्रोत है।

- 220 वोल्ट वाले तार को **जीवित तार** तथा पृथ्वी के सम्पर्क में रहने वाले तार को **उदासीन तार** कहते हैं।
- घरेलू उपयोग के लिए विद्युत 220 V पर उपलब्ध रहती है।
- 15 A के लाइन को **पावर लाइन** तथा 5 A के लाइन को **घरेलू लाइन** कहा जाता है।
- विद्युत तीव्रता का S.I. मात्रक **वोल्ट प्रति मीटर** होता है।

मॉडल प्रश्न
(Model Questions)

बहुविकल्पीय प्रश्न (Multiple Choice Questions)

सही विकल्प चुनें (Pick the correct option)

1. लघुपथन के समय परिपथ में विद्युत-धारा का मान होगा [Bihar 2015 (A)]
   (A) बहुत अधिक (B) बहुत कम
   (C) 3 ऐम्पियर (D) 4 ऐम्पीयर
2. एक गतिमान आवेशित कण उत्पन्न करता है
   (A) केवल चुम्बकीय क्षेत्र (B) केवल विद्युत क्षेत्र
   (C) चुम्बकीय व विद्युत क्षेत्र दोनों (D) इनमें से कोई नहीं
3. चुम्बकीय फ्लक्स का मात्रक है
   (A) वेबर/मीटर^2 (B) वेबर
   (C) न्यूटन/मीटर^2 (D) ऐम्पियर/मीटर
4. कौन-सा चुम्बकीय क्षेत्र का मात्रक नहीं है?
   (A) वेबर/मीटर^2 (B) टेसला
   (C) गौस (D) न्यूटन/एम्पियर^2
5. विद्युत धारा उत्पन्न होती है
   (A) डायोड से (B) ट्रांजिस्टर से
   (C) डायनेमों से (D) मोटर से
6. विद्युत जनित्र का सिद्धांत आधारित है [Bihar 2013 (C)]
   (A) धारा के ऊष्मीय प्रभाव पर (B) विद्युत-चुंबकीय प्रेरण पर
   (C) प्रेरित चुंबकत्व पर (D) प्रेरित विद्युत पर
7. विद्युत चुंबकीय प्रेरक की खोज किसने की थी? [Bihar 2014 (A)]
   (A) फैराडे ने (B) मैक्सवेल ने
   (C) एम्पियर ने (D) फ्लेमिंग ने
8. बैटरी से किस प्रकार की धारा प्राप्त होती है? [Bihar 2016 (A)]
   (A) दिष्ट (B) प्रत्यावर्ती
   (C) 'A' और 'B' दोनों (D) इनमें से कोई नहीं
9. विद्युत-धारा उत्पन्न करने की युक्ति को कहते हैं [Bihar 2014 (A)]
   (A) जनित्र (B) गैल्वेनोमीटर
   (C) ऐमीटर (D) मीटर

10. किस युक्ति में विभक्त वलय दिक् परिवर्तन का कार्य करता है? [Bihar 2018 (A)]

(A) विद्युत जनित्र (B) विद्युत मोटर
(C) गैल्वेनोमीटर (D) वोल्टमीटर

11. फ्लेमिंग के वाम-हस्त नियम में अँगूठा किसकी दिशा का संकेत करता है?

(A) धारा का (B) चुंबकीय क्षेत्र का
(C) बल का (D) इनमें से कोई नहीं

12. डायनेमो से किस प्रकार की धारा प्राप्त होती है? [Bihar 2011 (A)]

(A) दिष्ट धारा (B) प्रत्यावर्ती धारा
(C) दोनों धाराएँ (D) इनमें से कोई नहीं

13. लघुपथन (शार्ट सर्किट) के समय परिपथ में विद्युत धारा का मान [Bihar 2015 (A); 2018 (A)]

(A) बहुत कम हो जाता है (B) परिवर्तित नहीं होता
(C) बहुत अधिक बढ़ जाता है (D) निरंतर परिवर्तित होता है

14. विद्युत चुंबक बनाने के लिए प्रायः किस पदार्थ के छड़ का उपयोग होता है? [Bihar 2014 (A)]

(A) इस्पात (B) पीतल
(C) नरम लोहा (D) इनमें से कोई नहीं

15. किसी सीधे चालक में धारा की दिशा और उससे सम्बद्ध चुंबकीय क्षेत्र की दिशा जिस नियम से ज्ञात की जा सकती है, वह है

(A) फ्लेमिंग का वाम-हस्त नियम
(B) फ्लेमिंग का दक्षिण-हस्त नियम
(C) मैक्सवेल का दक्षिण-हस्त नियम
(D) मैक्सवेल का वाम-हस्त नियम

16. किसी विद्युत धारावाही सीधी लंबी परिनालिका के भीतर चुंबकीय क्षेत्र [Bihar 2018 (A)]

(A) सभी बिंदुओं पर समान होता है
(B) शून्य होता है
(C) परिनालिका के सिरे की ओर जाने पर बढ़ता है
(D) परिनालिका के सिरे की ओर जाने पर घटता है

17. घरेलू विद्युत परिपथ में उदासीन तार का रंग होता है [Bihar 2018 (A)]

(A) लाल (B) हरा
(C) काला (D) पीला

18. पश्चिम की ओर प्रक्षेपित कोई धनावेशित कण (अल्फा-कण) किसी चुंबकीय क्षेत्र द्वारा उत्तर की ओर विक्षेपित हो जाता है। चुंबकीय क्षेत्र की दिशा क्या है? [Bihar 2018 (A)]

(A) दक्षिण की ओर (B) पूर्व की ओर
(C) अधोमुखी (D) उपरिमुखी

19. विद्युत फ्युज विद्युत धारा के किस प्रभाव पर कार्य करता है? [Bihar 2011 (A)]
(A) ऊष्मीय (B) चुम्बकीय
(C) रासायनिक (D) इनमें से कोई नहीं

20. हमारे घरों में जो विद्युत आपूर्ति की जाती है, वह [Bihar 2014 (A)]
(A) 220 V पर दिष्ट धारा होती है
(B) 12 V पर दिष्ट धारा होती है
(C) 220 V पर प्रत्यावर्ती धारा होती है
(D) 12 V पर प्रत्यावर्ती धारा होती है

21. किसी कुण्डली का प्रतिरोध ज्ञात करने के लिए सूत्र है [Bihar 2011 (A), 2011 (C)]
(A) $R = V \times I$ (B) $R = I / V$
(C) $R = V / I$ (D) $R = V - I$

22. डायनेमो से किस प्रकार की धारा प्राप्त होती है? [Bihar 2011 (A)]
(A) दिष्ट धारा (B) प्रत्यावर्ती धारा
(C) दोनों धाराएँ (D) इनमें से कोई नहीं

23. घरेलू उपयोग के लिए विद्युत की आपूर्ति होती है
(A) 220 V, 100 Hz पर (B) 110 V, 100 Hz पर
(C) 220 V, 50 Hz पर (D) 110 V, 50 Hz पर

24. ताँबे की तार की एक आयताकार कुंडली किसी चुंबकीय क्षेत्र में घूर्णी गति कर रही है। इस कुंडली में प्रेरित विद्युत धारा की दिशा में कितने परिभ्रमण के पश्चात् परिवर्तन होता है? [Bihar 2018 (A)]
(A) दो (B) एक
(C) आधे (D) चौथाई

25. निम्नलिखित में से कौन किसी लंबे विद्युत धारावाही तार के निकट चुंबकीय क्षेत्र का सही वर्णन करता है?
(A) चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाएँ तार के लंबवत् होती हैं।
(B) चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाएँ तार के समांतर होती हैं।
(C) चुंबकीय क्षेत्र की क्षेत्र रेखाएँ अरीय होती हैं जिनका उद्भव तार से होता है।
(D) चुंबकीय क्षेत्र की संकेंद्री क्षेत्र रेखाओं का केंद्र तार होता है।

26. विद्युत चुंबकीय प्रेरणा की परिघटना
(A) किसी वस्तु को आवेशित करने की प्रक्रिया है।
(B) किसी कुंडली में विद्युत धारा प्रवाहित होने के कारण चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करने की प्रक्रिया है।
(C) कुंडली तथा चुंबक के बीच आपेक्षित गति के कारण कुंडली में प्रेरित विद्युत धारा उत्पन्न करना है।
(D) किसी विद्युत मोटर की कुंडली को घूर्णन कराने की प्रक्रिया है।

27. किसी a.c. जनित्र तथा d.c. जनित्र में एक मूलभूत अंतर यह है कि
(A) a.c. जनित्र में विद्युत चुंबक होता है जबकि d.c. मोटर में स्थायी चुंबक होता है।
(B) d.c. जनित्र उच्च वोल्टता का जनन करता है।
(C) a.c. जनित्र उच्च वोल्टता का जनन करता है।
(D) a.c. जनित्र में सर्पी वलय होते हैं जबकि d.c. जनित्र में दिक्परिवर्तक होता है।

28. घरेलू वायरिंग में तीन तार होते हैं—गर्म (जीवित), ठंडा (उदासीन) और अर्थ (भूयोजित)। इन तारों के रंग होते हैं क्रमशः
(A) हरा, काला तथा लाल (B) काला, हरा तथा लाल
(C) लाल, काला तथा हरा (D) काला, लाल तथा हरा

29. यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत उर्जा में बदलने वाला उपकरण है
(A) जनित्र (डायनेमो) (B) मोटर
(C) माइक्रोफोन (D) टेलीफोन

30. विद्युत-परिपथ में विद्युत फ्यूज जोड़ा जाता है
(A) अर्थ तार में (B) उदासीन तार में
(C) विद्युन्मय तार में (D) ठंडा तार में

31. प्रत्यावर्ती धारा जनित्र से कैसी धारा मिलती है?
(A) प्रत्यावर्ती (B) दिष्ट
(C) दोनों प्रकार की धारा (D) आवश्यकतानुसार

32. चुम्बकीय क्षेत्र रेखायें किस ध्रुव से निकलती हैं?
(A) उत्तर ध्रुव से (B) दक्षिण ध्रुव से
(C) चुम्बक के मध्य से (D) दोनों ध्रुवों से

33. डायनेमो यांत्रिक ऊर्जा को किस ऊर्जा में परिणत करता है?
(A) ध्वनि ऊर्जा (B) विद्युत ऊर्जा
(C) सौर ऊर्जा (D) इनमें से कोई नहीं

34. किसी छड़ चुम्बक के अंदर चुम्बकीय क्षेत्र रेखाओं की दिशा क्या होती है? [Bihar 2018 (A)]
(A) उत्तर ध्रुव से दक्षिण ध्रुव (B) दक्षिण ध्रुव से उत्तर ध्रुव
(C) उत्तर ध्रुव से पश्चिमी ध्रुव (D) दक्षिण ध्रुव से पश्चिमी ध्रुव

35. चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता का मात्रक है
(A) न्यूटन/ऐम्पियर-मी^{2} (B) न्यूटन/ऐम्पियर-मी
(C) न्यूटन/ऐम्पियर^2-मी (D) न्यूटन^2/ऐम्पियर-मी

36. एक वृत्ताकार कुण्डली में धारा प्रवाहित की जा रही है। कुण्डली के कारण चुम्बकीय क्षेत्र की तीव्रता अधिकतम होगी
(A) केन्द्र पर (B) तार की सतह पर
(C) कुण्डली के बाहर
(D) कुण्डली के अक्ष पर परंतु केन्द्र से दूर

उत्तर (Answers)

1. (A)	2. (C)	3. (B)	4. (D)	5. (C)	6. (B)
7. (A)	8. (A)	9. (A)	10. (A)	11. (C)	12. (C)
13. (C)	14. (C)	15. (C)	16. (A)	17. (C)	18. (D)
19. (A)	20. (C)	21. (C)	22. (C)	23. (C)	24. (A)
25. (D)	26. (C)	27. (D)	28. (C)	29. (A)	30. (C)
31. (B)	32. (A)	33. (B)	34. (A)	35. (B)	36. (A)

लघु उत्तरीय प्रश्न (Short Answer Types Questions)

[2 अंक स्तरीय]

1. फ्लेमिंग के वामहस्त-नियम को लिखें।
   State the Fleming's left hand rule.
2. चुम्बकीय बल रेखाएँ क्या हैं? इसके प्रमुख गुणों को लिखें।
   What are magnetic lines of force? Write its main properties.
3. दो चुम्बकीय बल रेखाएँ एक-दूसरे को प्रतिच्छेद नहीं करती है, क्यों?
   No any two magnetic lines of force intersect to each other, why?
4. विद्युत चुम्बक एवं स्थायी चुम्बक में अन्तर बतावें।
   Distinguish between electromagnet and permanent magnet.
5. विद्युत-चुम्बक क्या है? इसके दो उपयोग लिखें।
   What is electromagnet? Write its two uses.
6. विद्युत मोटर का सिद्धांत क्या है?
   State the principle of electric motor?
7. चुंबकीय क्षेत्र में धारावाही चालक पर बल लगने के क्या कारण हैं?
   State the cause of force acting on a current carrying conductor in a magnetic field?
8. वृत्तीय धारा की चुम्बकीय बल रेखाओं को समझावें।
   Explain the magnetic lines of force of circular current.
9. विद्युत चुम्बकीय प्रेरण क्या है?
   What is electromagnetic induction?
10. फैराडे के नियम एवं लेंज के नियम को लिखें।
    Write Faraday's laws and Lenz's laws.

11. प्रत्यावर्ती धारा एवं दिष्ट धारा में अन्तर बतावें।
Distinguish between alternating current and direct current.

12. फ्लेमिंग का दक्षिण-हस्त नियम क्या है?
State Fleming's right hand rule.

13. बड़े-बड़े कारखानों में प्रत्यावर्ती धारा का ही उपयोग क्यों किया जाता है?
Why alternating current (a.c.) is used in big factories?

14. प्रत्यावर्ती धारा से होनेवाले लाभ का उल्लेख करें।
What are the advantages of alternating current?

दीर्घ उत्तरीय प्रश्न (Long Answer Types Questions)

[5 अंक स्तरीय]

1. ओर्स्टेड के प्रयोग का वर्णन करें। (Describe Oersted's experiment.)

अथवा (Or),

विद्युत धारा का चुम्बक पर प्रभाव प्रदर्शित करनेवाले प्रयोग का वर्णन करें।

2. सीधी धारा एवं परिनालिका के चुम्बकीय क्षेत्रों की प्रकृति को आरेख के साथ समझावें।
Explain with diagram of nature of magnetic field due to straight conductor carrying current and magnetic field around a solenoid carrying current.

3. विद्युत मोटर की बनावट एवं कार्यविधि का वर्णन करें।
Describe the construction and working of electric motor.

4. चुम्बक का धारा पर प्रभाव प्रदर्शित करनेवाले प्रयोग का उल्लेख करें।
Descirbe an experment which shows the effect of magnet on electric current.

5. विद्युत चुम्बकीय प्रेरण क्या है? इसे प्रदर्शित करनेवाले प्रयोग का वर्णन करें।
What is electro magnetic induction? Describe it by an experiment.

6. डायनेमो की बनावट एवं कार्य सिद्धांत का वर्णन करें।
Describe the construction and working of dynamo.

7. प्रत्यावर्ती धारा से होनेवाले लाभ एवं हानि का उल्लेख करें।
Explain the advantages and disadvantages of alternating current.

8. विद्युत वितरण व्यवस्था पर टिप्पणी लिखें।
Write short notes on an electric distribution arrangement.

9. घरेलू परिपथ के एक नमूना को आरेखित कर समझावें।
Explain with the help of labelled diagram of domestic circuit.