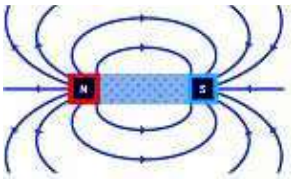
अध्याय–12

विद्युत के चुंबकीय प्रभाव

(MAGNETIC EFFECT OF ELECTRICITY)

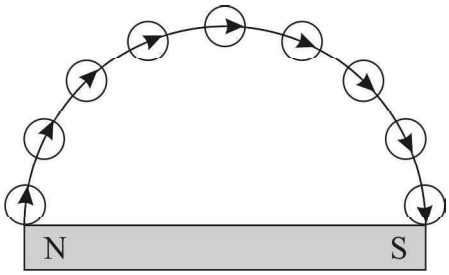


आप पिछली कक्षाओं में विद्युत और चुम्बक के अध्यायों का अध्ययन कर चुके हैं। आपको जानकर यह आश्चर्य होगा कि ये दोनों एक ही घटना के दो पहलु हैं, अर्थात् जहां विद्युत आवेश गतिशील होंगे वहां चुम्बकीय क्षेत्र होगा। जहां परिवर्ती चुम्बकीय क्षेत्र होगा वहां किसी न किसी रूप में आवेश मौजूद होंगे। आप चुम्बक और चुम्बकीय सूई से परिचित हैं।

आप ने चुंबक के विभिन्न गुणों का अध्ययन पिछली कक्षाओं में किया है। उन गुणों को सूचीबद्ध कीजिए।

12.1 चुंबकीय क्षेत्र और चुंबकीय बल रेखा (Magnetic Field and Magnetic Lines of Force)

छड़ चुंबक के समीप एक छोटी चुंबकीय सुई रखें। यह चुंबकीय सुई घूमकर एक निश्चित दिशा में रूकती है जिससे यह पता चलता है कि चुंबकीय सुई पर एक बल लगा है और वह सुई उसके कारण एक निश्चित दिशा में घुमकर रूक जाती है।



चित्र–1 : चुंबकीय बल रेखा

चुंबक के चारों ओर का वह क्षेत्र जिसमें चुंबकीय सुई पर बल लगता है और वह घूमकर एक निश्चित दिशा में ठहरती है चुंबकीय क्षेत्र कहलाता है। चुंबकीय क्षेत्र को चुंबकीय बल रेखा से दर्शाया जाता है।

चुंबकीय क्षेत्र में चुंबकीय सुई को एक बिन्दु से दूसरे बिंदु तक ले जाने में सुई की दिशा लगातार बदलती रहती है। जब इसको चुंबक के उत्तरी ध्रुव से दक्षिण ध्रुव की ओर ले जाएं तो एक वक्र पथ बनता है। यह वक्र पथ ही चुंबकीय बल रेखा कहलाता है।

इन बल रेखा के किसी बिन्दु पर खीचीं गई स्पर्श रेखा उस बिन्दु पर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा बतलाती है। चुंबकीय बल रेखाओं के निम्न गुण होते हैः–

1. बाह्य मार्ग में ये चुंबक के उत्तरी ध्रुवों से प्रारंभ होकर दक्षिणी ध्रुवों तक जाती है।
2. ये चुंबक के भीतर दक्षिणी ध्रुव से उत्तरी ध्रुव की ओर होती है।
3. सम्पूर्णतः ये बंद वक्र है।
4. ये एक–दूसरे को कभी नहीं काटती है।
5. ध्रुवों पर चुंबकीय बल रेखा पास–पास होती है जिससे यह पता चलता है कि ध्रुवों पर चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता अधिक तथा अन्य भाग में कम होती है।

आप भी चुंबक के चुंबकीय क्षेत्र को दर्शा सकते हैं। आइए इसके लिए एक क्रियाकलाप करें।

क्रियाकलाप–1

आवश्यक सामग्री–ड्राइंग बोर्ड, सफेद कागज, ड्राइंग पिन या गोंद, छड़, चुंबक, लोहे का बुरादा।

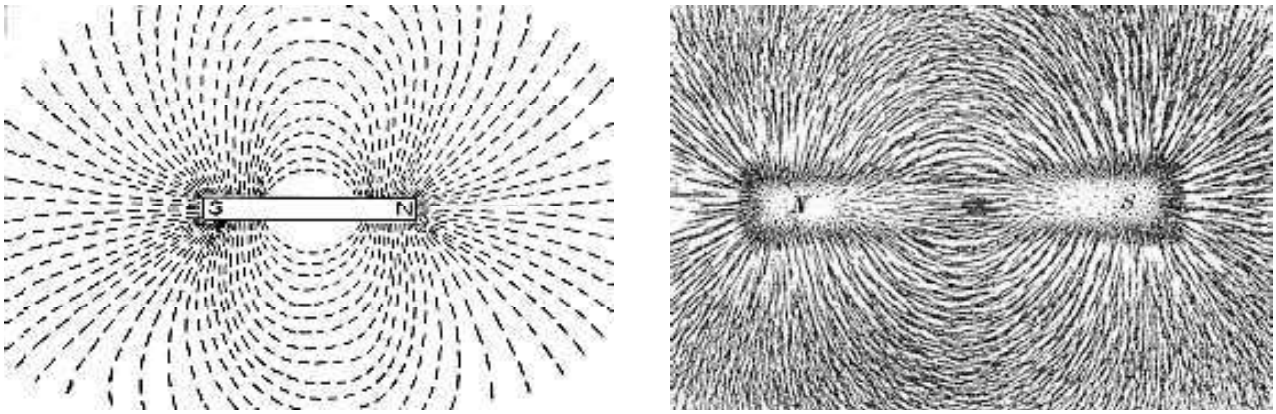
विधि : 1. सर्वप्रथम एक सफेद कागज को ड्राइंग बोर्ड पर ड्राइंग पिन की मदद से लगाइए।

2. इस कागज के बीचों बीच छड़ चुंबक रखिए।

3. अब चुंबक के चारों तरफ समान रूप से लोहे की बुरादा छिड़किए।

4. अब ड्राइंग बोर्ड को उंगलियों की मदद से हल्के से थपथपाइए।

आप क्या देखते हैं उसे नोट कीजिए।



चित्र–2 : चुंबकीय क्षेत्र

आप देखेंगे कि चुंबक के कारण लोहे के बुरादे पर बल लगेगा और वे एक निश्चित आकृति ग्रहण कर लेते हैं। इस तरह किसी चुंबक के चारों ओर का वह क्षेत्र जहाँ उसके बल का अनुभव किया जा सकता है, उस चुंबक का चुंबकीय क्षेत्र कहलाता है। वे रेखाएँ जिनकी दिशा में लोह चूर्ण स्वयं व्यवस्थित हो जाता है, चुंबकीय बल रेखाएँ कहलाती है।

आइए इन बल रेखाओं को चुंबकीय सुई की मदद से खींचने का प्रयास करें।

क्रियाकलाप–2

चुंबक के उत्तरी ध्रुव को उत्तर की ओर रखकर चुंबकीय बल रेखाएँ खींचना।

आवश्यक सामग्री– ड्राइंग बोर्ड, सफेद कागज, चार ड्राइंग पिन, सेलोटेप, चुंबकीय सुई, कील आदि।

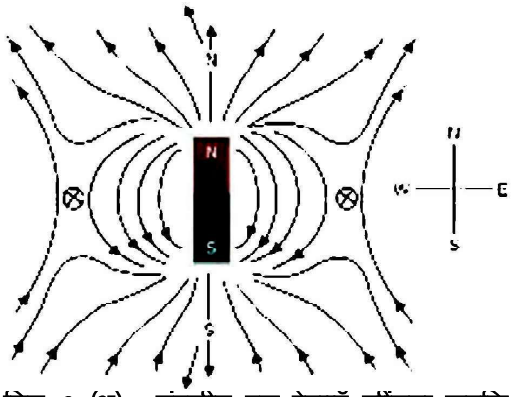
विधि : 1. मेज पर ड्राइंग बोर्ड रखिए।

2. उस पर सफेद कागज चार ड्राइंग पिन या सेलोटेप की मदद से लगाइए।

3. देख लीजिए कि आस–पास कोई भी चुंबकीय पदार्थ न हो।

4. कागज के मध्य में लंबाई में एक रेखा खीचिए, इस रेखा पर चुंबकीय सुई रखिए। बोर्ड को इस प्रकार घुमाइए कि चुंबकीय सुई इस रेखा के सीध में आ जाये। अब उत्तर–दक्षिण की दिशा में यह रेखा आ जाती है, इसके उत्तरी सिरे पर N तथा दक्षिणी सिरे पर S लिख दीजिए। इस स्थिति से बोर्ड हिलना नहीं चाहिए।

5. कागज के मध्य में चुंबक को इस प्रकार रखिए कि चुंबक का ठीक मध्य भाग इस रेखा के सीध में हो जैसा कि [चित्र–3 (अ)] में तथा चुंबक का उत्तरी ध्रुव भौगोलिक उत्तर की ओर चुम्बक की स्थिति तय हो जाने पर पेंसिल से चुंबक की सीमा रेखा बना दीजिए।



चित्र–3 (अ) : चुंबकीय बल रेखाएँ खींचना जबकि चुंबक का उत्तरी ध्रुवों भौगोलिक उत्तर की ओर हो

6. चुंबक के उत्तरी ध्रुवों के समीप जहाँ से बल रेखा खींचनी प्रारंभ करनी है वहाँ पेसिंल से एक बिन्दु बना लीजिए। चुंबकीय सुई को यहाँ इस प्रकार रखिए, जिससे उसका दक्षिणी सिरा इस बिन्दु की सीध में हो। पेंसिल से उसके (चुंबकीय सुई) सिरे की सीध में निशान (बिन्दु) बना दीजिए। चुम्बकीय सुई को उठाकर उसके दक्षिणी सिरे को नये बिन्दु की सीध में रखिए, सुई के दूसरे सिरे को सीध में एक ओर बिन्दु बनाइए, इस प्रकार चुंबक सुई को आगे बढ़ाते हुए चुंबक के दक्षिणी ध्रुवों तक विभिन्न बिन्दु प्राप्त कीजिए। कोई सुझाव हो तो बताएँ

7. अब इन बिन्दुओं से गुजरती हुई एक पतली वक्र रेखा खीचिए।

8. इस पर उत्तर से दक्षिण ध्रुव की ओर तीर का निशान बना लीजिए, यह एक बल रेखा हुई।

9. इसी प्रकार उत्तरी ध्रुव के समीप दूसरे प्रारंभिक बिन्दु से अन्य बल रेखाएँ खीचिए। ये बल रेखाएँ चित्र–3 (अ) की भांति प्राप्त होती हैं। प्रयोग में हम देखते हैं कि बिन्दु P व बिन्दु Q के चारों ओर से बल रेखाएँ वक्रीय चतुर्भुज बनाती हैं।

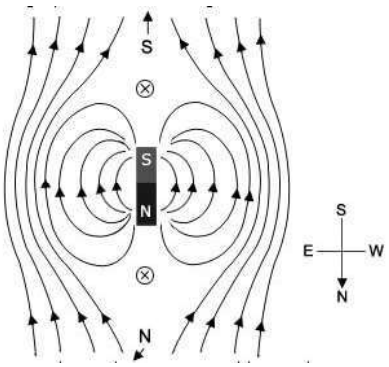
10. इस चतुर्भुज के अंदर विभिन्न बिन्दुओं पर चुंबकीय सुई रखते हैं तथा उसके नजदीक लोहे की कील या आलपिन लाने पर सुई उसकी ओर आकर्षित होती है तथा उसको घुमाने पर सुई भी उसी दिशा में घूमती हैं। कील हटाने पर यदि सुई उसी स्थिति में रहे तो यह बिन्दु उदासीन बिन्दु कहलायेगा।

उदासीन बिन्दु (Neutral point)

हम जानते हैं कि पृथ्वी एक चुंबक की तरह व्यवहार करती है और इस कारण पृथ्वी का भी चुंबकीय क्षेत्र होता है। जब किसी चुंबक को किसी स्थान पर रखते हैं तो उसके आस–पास के स्थानों पर दो चुंबकीय क्षेत्र कार्य करते हैं। पहला चुंबक का चुंबकीय क्षेत्र व दूसरा पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र। इस क्षेत्र में चुंबकीय बल रेखा दोनों क्षेत्रों के परिणामी बल के कारण होती है। इस क्षेत्र में एक ऐसा बिन्दु जिस पर चुंबक के कारण चुंबकीय क्षेत्र और पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र समान व विपरीत हो वह बिन्दु उदासीन बिन्दु कहलायेगा। जैसा कि चित्र 3 (अ) में बिन्दु P व Q है।

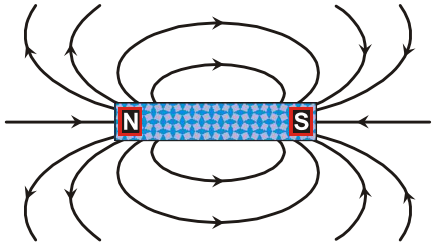
विभिन्न स्थितियों में खींची चुंबकीय बल रेखाओं की आकृति निम्नानुसार है–(चित्र–3 (ब), चित्र–4 (अ), (ब), (स), (द)

चुंबकीय क्षेत्र सदिश राशि है इसकी दिशा वह मानी जाती है जिसके अनुदिश एकांक उत्तरी ध्रुव उस क्षेत्र के भीतर गमन करता है। इसीलिए चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ चुंबक के उत्तरी ध्रुवों से प्रारंभ होती है व दक्षिण ध्रुवों पर विलीन हो जाती है तथा चुंबक के भीतर दक्षिण ध्रुवों से उत्तरी ध्रुवों की ओर जाती है। अतः ये बंद वक्र होती है।

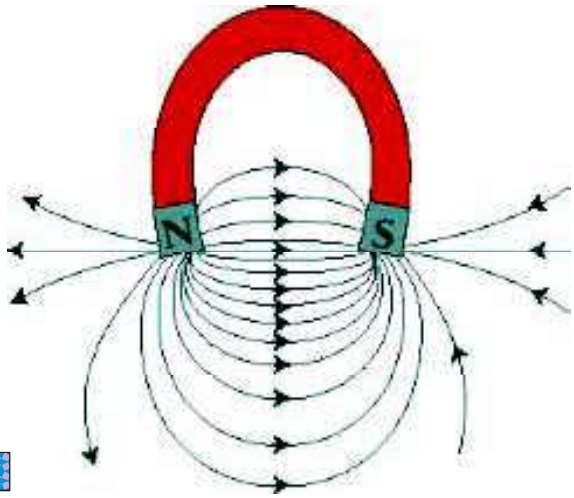


चित्र–3 (ब) : चुम्बकीय बल रेखाएँ जब चुम्बक का उत्तरी ध्रुव भौगोलिक दक्षिण की ओर रखा हो

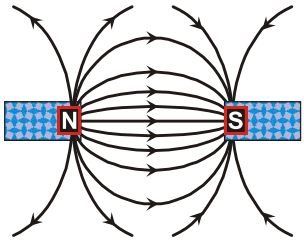
ये वक्र रेखाएँ एक–दूसरे को काटती नहीं है यदि वे ऐसा करती है तो इसका अर्थ ये होगा कि उस बिन्दु पर सुई दो दिशाओं की ओर संकेत करेगी जो कि संभव नहीं है।



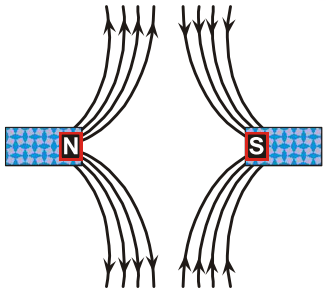
(अ) दण्ड चुम्बक में चुंबकीय बल रेखाएँ



(द) नाल चुंबक की बल रेखाएँ



(ब) असमान ध्रुवों को आमने सामने रखने पर बल रेखाएँ



(स) समान ध्रुवों को आमने सामने रखने पर बल रेखाएँ

चित्र–4 (अ) (ब), (स) व (द) : दण्ड चुम्बक व नाल चुम्बक में चुम्बकीय बल रेखाएँ

प्रश्न

1. चुंबकीय बल रेखाएँ क्या हैं?
2. चुंबकीय बल रेखाओं के गुण लिखिए।

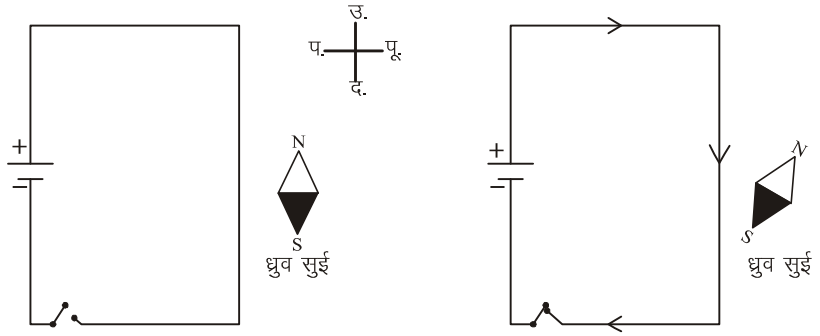
12.2 धारावाही चालक के कारण चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic field due to current carrying conductor

एच.सी. ओरस्टेड

सर्वप्रथम 1810 में डेनमार्क के वैज्ञानिक एच.सी. ओरस्टेड ने विद्युत चुंबकीय प्रभाव को देखा था।

जब किसी चालक तार में धारा प्रवाहित करते हैं तो उसके चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। इसको देखने के लिए एक चालक तार (जैसे तांबे का) लें। उसके दोनों सिरों को बैटरी के दो सिरो से, संयोजन तार से जोड़िए। तांबे के तार के समीप एवं समानांतर एक चुंबकीय सुई रखिए। परिपथ के पूरा होने पर (चित्र 8) तांबे के तार में से विद्युत धारा का प्रवाह होने लगता है और चुंबकीय सुई में विक्षेप दिखाई देता है। इससे पता चलता है कि किसी चालक में विद्युत धारा प्रवाहित करने पर चालक के चारों तरफ चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न हो जाता है। तार में धारा बढ़ाने पर विक्षेप बढ़ जाता है तथा धारा की दिशा बदलने पर विक्षेप की दिशा भी बदल जाती है। धारा बंद करने पर विक्षेप शून्य हो जाता है। अतः चालक तार के चारों ओर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र विद्युत धारा का प्रभाव है।

XF1A2A



(अ) जब धारा न बहे तो विक्षेप शून्य (ब) जब धारा बहे तो सुई में विक्षेप

चित्र–5 : चालक में धारा प्रवाह पर विक्षेप

12.3 सीधे चालक तार से विद्युतधारा प्रवाहित होने के कारण चुम्बकीय क्षेत्र

(current carrying Magnetic Field due to a straight current carrying conductor)

जब किसी चालक तार से विद्युतधारा प्रवाहित होती है तो उसके आस–पास उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की आकृति कैसे तय होती है? क्या यह आकृति चालक तार की आकृति पर निर्भर करती है? इसकी जाँच करने के लिए हम एक क्रियाकलाप करेंगे।

क्रियाकलाप–3

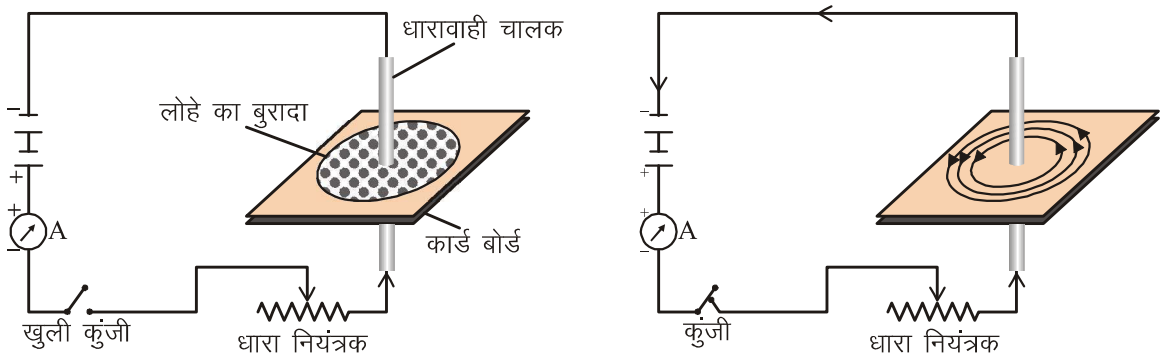
आवश्यक सामग्री– एक बैटरी 6V, एकमार्गी दाब कुंजी, आयताकार कार्ड बोर्ड का टुकड़ा, एक लंबा सीधा मोटा तांबे के तार का टुकड़ा, लोहे का बुरादा आदि।

विधि :

1. एक आयताकार कार्डबोर्ड का टुकड़ा लीजिए।
2. इसके ठीक मध्य में कार्डबोर्ड के तल के अभिलंबवत एक छोटा छेद कर उसमें तांबे के तार को प्रविष्ट कराइए। यह सावधानी रखिए कि कार्डबोर्ड तार में स्थिर रहें ऊपर नीचे हिले डुले नहीं।
3. चित्र–6 के अनुसार तार को बैटरी व कुंजी से (तार को) जोड़िए।
4. तार के चारों ओर पर बहुत निकट कुछ लौह चूर्ण को कार्डबोर्ड पर छिड़किए और उसके (बोर्ड के) किनारे पर एक छोटी चुंबकीय सुई रखिए।
5. कुंजी लगाकर परिपथ को बंद कीजिए ताकि तांबे के तार से धारा प्रवाहित हो। अब हल्का सा कार्डबोर्ड को थपथपाएँ। आप पायेंगे कि लौह चूर्ण एक निश्चित आकृति में व्यवस्थित हो जाता है तब चुंबकीय सुई एक निश्चित दिशा में घूम जाएगी।

लौह चूर्ण तार के चारों ओर संकेद्री वृत्तों के रूप में फैल जाता है और वृत्ताकार आकृति बना लेता है वृत्तों पर अंकित तीर चुंबकीय क्षेत्र की दिशाओं को व्यक्त करते हैं।

अब यही क्रियाकलाप धारा की दिशा बदलकर कीजिए आप क्या पाते है।



चित्र–6 : सीधे चालक तार में बहने वाली धारा के चुंबकीय क्षेत्र

चित्र–6 में चालक तार व बैटरी के मध्य धारा नियंत्रण व अमीटर लगाइए। अब तांबे के तार में प्रवाहित विद्युतधारा के परिमाण को बदलें और चुंबकीय सुई के किसी दिए गए बिंदु पर रखें तो विक्षेप पर क्या प्रभाव पड़ता है। आप पायेंगे कि जब विद्युत धारा के परिमाण में वृद्धि होगी तो विक्षेप में भी वृद्धि होगी।

यदि तांबे के तार में विद्युतधारा का परिमाण वही रहे परन्तु चुंबकीय सुई को तार के नजदीक लाएँगे तो चुंबकीय सुई का विक्षेप बढ़ जायेगा। आप देखते हैं कि तार के नजदीक का संकेंद्री वृत्त छोटा व दूर का संकेंद्री वृत्त का आकार बड़ा होता है।

12.4 चुम्बकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात करने के लिए दाहिने हाथ का नियम (Right hand rule for direction of magnetic field)

सीधे धारावाही चालक तार में बहने वाली धारा के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र को दाहिने हाथ के नियम से आसानी से ज्ञात किया जाता है। कल्पना कीजिए कि जब आप दाहिने हाथ में धारावाही चालक तार को इस प्रकार पकड़े हुए हैं कि आपका अगूँठा धारा की दिशा में है तो मुड़ी हुई उँगलियाँ चुंबकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित करेंगी। जैसा कि चित्र–7 में दर्शाया गया है।

चित्र–7 : दाहिने हाथ का नियम

प्रश्न

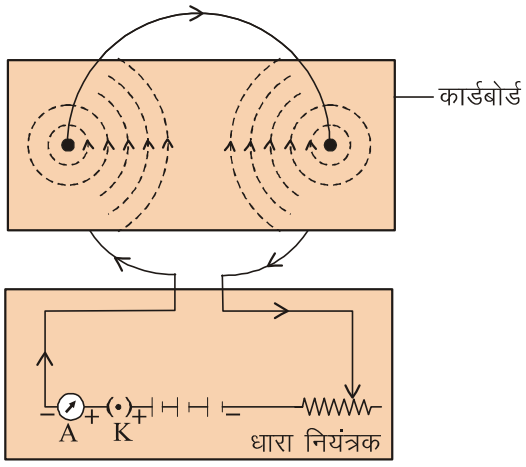
1. सीधे धारावाही चालक तार में धारा के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की बल रेखाएँ खीचिए।
2. किसी चालक तार में पूर्व से पश्चिम दिशा की ओर धारा प्रवाहित हो रही है। तब इसके ठीक नीचे के किसी बिन्दु पर तथा इसके ठीक ऊपर के किसी बिन्दु पर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा क्या होगी?

12.5 वृत्तीय धारावाही चालक के कारण चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic field due to circular current carrying conductor)

हमने सीधे धारावाही चालक तार के कारण उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की आकृति देखी है। अब मान लीजिए आप इस तार को मोड़कर एक वृत्ताकार रूप में मोड़कर इसमें विद्युतधारा प्रवाहित करें, तब इसके द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की आकृति देखें।

इसके लिए वृत्ताकार लूप को एक पतली कार्डबोर्ड शीट में लगा देते हैं। (चित्र–8) तार के वृत्ताकार लूप में से जब धारा प्रवाहित की जाती है तो कार्डबोर्ड पर पुनः लोहे का बुरादा डाले तब तार (चित्र–8) के चारों ओर नजदीक में वृत्ताकार चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ बन जाती हैं। जैसे–जैसे हम केन्द्र से दूर जाते हैं चुंबकीय क्षेत्र रेखाओं को दर्शाने वाले संकेन्द्री वृत्त बड़े होते जाते हैं तथा केन्द्र से अधिक दूरी पर सरल रेखा जैसे प्रतीत होते हैं।

दाएँ हाथ का नियम लगाकर यह देखा जा सकता है कि धारा ले जाने वाले वृत्ताकार तार का प्रत्येक भाग वृत्ताकार तार के अंदर समान दिशा में चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ उत्पन्न करता है तथा केन्द्र पर सभी चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ समान एवं एक ही दिशा में होती है और इसके कारण चुंबकीय क्षेत्र के परिमाण में वृद्धि होती है।



चित्र–8 : धारावाही वृत्ताकार लूप या कुंडली के कारण चुंबकीय क्षेत्र

आइए इसके लिए क्रियाकलाप करें–

क्रियाकलाप–4 :

आवश्यक सामग्री– आयताकार कार्डबोर्ड, विद्युतरोधी कॉपर तार के कई फेरों (50) की बनी वृत्ताकार कुंडली, धारा नियंत्रक, बैटरी (6 वोल्ट), दाब कुंजी, अमीटर।

विधि :

1. एक आयताकार कार्डबोर्ड लीजिए, जिसमें दो छिद्र हों।
2. इसमें एक ऐसी विद्युतरोधी कॉपर तार के कई फेरों की बनी एक वृत्ताकार कुंडली लगाएँ, जो उस कार्डबोर्ड के तल के अभिलंबवत हो।
3. चित्र–8 में दर्शाए अनुसार कुंडली के श्रेणीक्रम में बैटरी, कुंजी धारा नियंत्रक व अमीटर लगाए।
4. कार्डबोर्ड पर लोहे का बुरादा एक समान रूप से फैलाएँ।
5. कुंजी लगाकर परिपथ पूरा कीजिए।
6. कार्डबोर्ड को हल्के से थपथपाएं। कार्डबोर्ड पर जो आकृति बनती दिखाई दे उसका अवलोकन कीजिए।

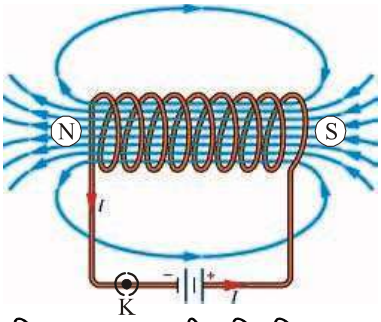
हमने जाना है कि किसी धारावाही चालक के कारण किसी दिए गए बिन्दु पर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता प्रवाहित विद्युतधारा के समानुपाती होता है। यदि हमारे पास n फेरों की कुंडली है तो उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की तीव्रता n गुना होगा। इसका कारण यह है कि प्रत्येक फेरे में विद्युत धारा के प्रवाह की दिशा समान है।

वृत्ताकार कुंडली की त्रिज्या कम कर पुनः इस क्रियाकलाप को दुहरायें। धारावाही कुंडली पतले डिस्क चुंबक के रूप में व्यवहार करता है जिसका एक फलक उत्तरी ध्रुव और दूसरा फलक दक्षिणी ध्रुव होता है।

12.6 परिनालिका के कारण चुंबकीय क्षेत्र (Magnetic field due to solenoid)

परिनालिका विघुतरोधी तांबे के तार की अधिक फेरों वाली बेलनाकार आकृति की कुंडली होती है। चित्र–9 परिनालिका को दर्शाता है जिसके दो सिरे कुंजी द्वारा बैटरी से जुड़े हैं जब विद्युतधारा परिनालिका से प्रवाहित की जाती है, तब उसके चारों ओर चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न करती है। चित्र–9 के चुंबकीय क्षेत्र आकृति की तुलना चित्र–4 (अ) से प्राप्त चुंबकीय आकृति से कीजिए।

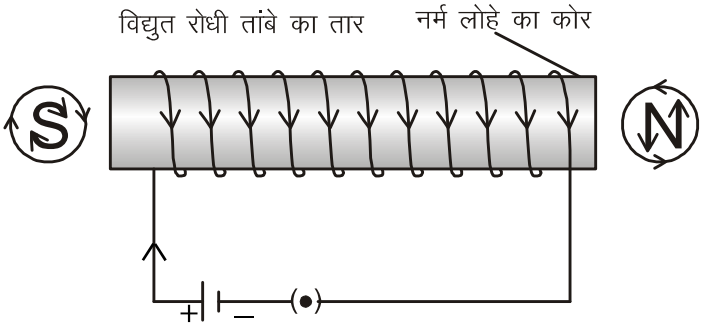
ये दोनों आकृति एक जैसे प्रतीत होती हैं। इस तरह धारावाही परिनालिका द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र छड़ चुंबक द्वारा उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र के समान है अतः धारावाही परिनालिका एक छड़ (दण्ड) चुंबक की भांति व्यवहार करती है जिसका एक सिरा उत्तरी ध्रुव (N) तथा दूसरा सिरा दक्षिण ध्रुव (S) की भांति व्यवहार करता है परिनालिका के अंदर चुंबकीय क्षेत्र रेखाएँ समानांतर सरल रेखाओं के रूप में होती है जो यह बताता है कि परिनालिका के अंदर चुंबकीय क्षेत्र एक–समान होता है।



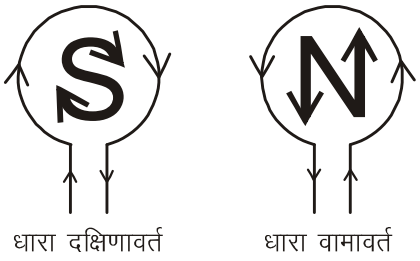
चित्र–9 : धारावाही परिनालिका का चुंबकीय क्षेत्र

परिनालिका के भीतर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र का उपयोग किसी चुंबकीय पदार्थ जैसे नर्म लोहे को परिनालिका के भीतर रखकर चुंबक बनाने में किया जा सकता है। (चित्र–10 (अ)) इस प्रकार बने चुंबक को विद्युत चुंबक कहते हैं।

चालक तार को मोडने से बनी वृताकार आकृति को पाश या लूप कहते है



चित्र–10 (अ) : विद्युत चुंबक



चित्र–10 (ब) : विद्युत चुंबक

कुंडली का वह तल जहाँ धारा की दिशा दक्षिणावर्त (Clockwise) होती है, दक्षिण ध्रुव (S) की तरह व्यवहार करता है। कुंडली का वह तल जहाँ धारा की दिशा की वामावर्त (Anti clockwise) होती है, उत्तर ध्रुव की तरह व्यवहार करता है।

प्रश्न

1. मेज के तल पर रखे तार के वृत्ताकार लूप पर विचार कीजिए। मान लीजिए इस लूप में वामावर्त दिशा में विद्युत धारा प्रवाहित हो रही है। इस पाश के भीतर तथा बाहर चुंबकीय क्षेत्र की दिशा ज्ञात कीजिए?
2. किसी दिए गए क्षेत्र में चुंबकीय क्षेत्र एक–समान है। इसे निरूपित करने के लिए आरेख खींचिए?

12.7 चुंबकीय क्षेत्र में किसी विद्युत धारावाही चालक पर बल (Force on current carrying conductor in Magnetic field)

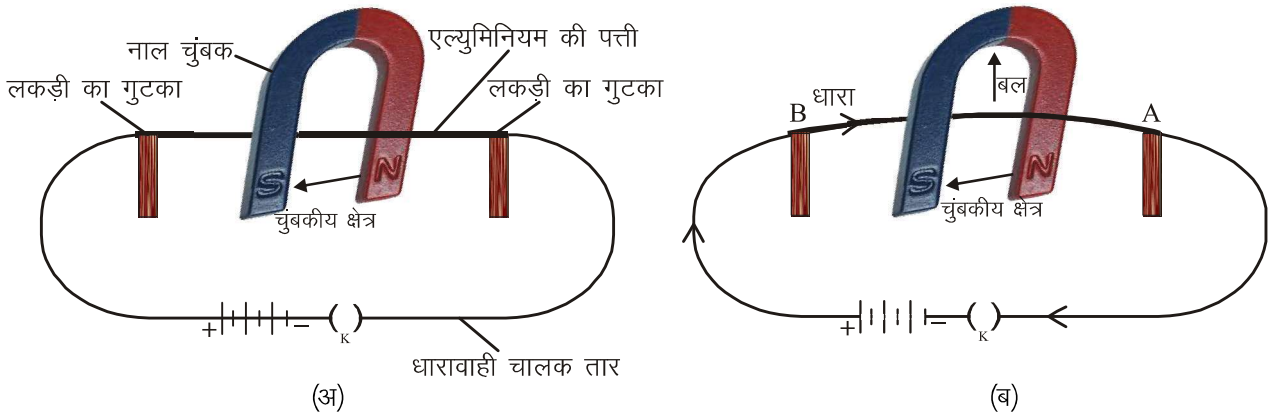
हमने यह जाना है कि किसी चालक में विद्युतधारा प्रवाहित करने पर उसके समीप चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है यह क्षेत्र इस चालक के निकट रखे किसी भी चुंबकीय सुई पर बल आरोपित करता है उसी तरह चुंबकीय सुई को भी धारावाही चालक पर परिमाण में समान परन्तु दिशा में विपरीत बल आरोपित करना चाहिए। किसी धारावाही चालक पर चुंबकीय क्षेत्र के कारण लगने वाले बल को इस क्रियाकलाप द्वारा जाने।

क्रियाकलाप–5

आवश्यक सामग्री : एल्युमिनियम की छोटी छड़, A B संयोजी तार, तांबे का नाल चुंबक, बैटरी, दाब कुंजी, स्टैंड।

विधि : एल्युमिनियम की एक छोटी छड़ को संयोजी तार द्वारा किसी स्टैंड में लटकाइए, चित्र–11।

एक प्रबल नाल चुंबक को इस प्रकार व्यवस्थित कीजिए कि छड़ नाल चुंबक के ध्रुवों के मध्य में हो तथा चुंबकीय क्षेत्र की दिशा ऊपर की ओर हो, इसके लिए नाल चुंबक का N ध्रुव छड़ के नीचे तथा S ध्रुव छड़ के ऊपर हो।



चित्र–11 (अ) व (ब) : धारावाही चालक पर बल

- एल्युमिनियम की छड़ में अब धारा भेजिए (B से A ओर)
- धारा भेजने पर आप क्या देखते हैं?
- हम देखते हैं कि धारा प्रवाहित होने पर छड़ प्रभावित होती है।
- अब छड़ में प्रवाहित होने वाले धारा की दिशा बदलिए और आप क्या देखते हैं उसे नोट कीजिए।

इस क्रियाकलाप में छड़ के विस्थापन से हमें यह संकेत मिलता है कि चुंबकीय क्षेत्र में धारावाही चालक पर एक बल आरोपित होता है। इस बल की दिशा धारा बदलने से बदल जाती है।

अब चुंबक के ध्रुव की दिशा को बदलकर भी देखिए कि बल की दिशा बदलती है कि नहीं। हम देखते हैं कि बल की दिशा बदल जाती है।

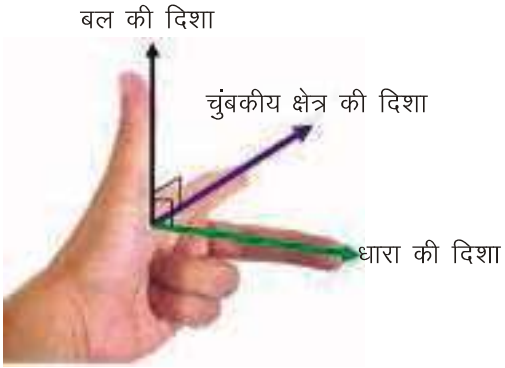
इससे यह पता चलता है कि चालक पर लगने वाला बल, विद्युत धारा की दिशा और चुंबकीय क्षेत्र की दिशा, दोनों पर निर्भर करता है।

इस क्रियाकलाप में हमने विद्युत धारा की दिशा और चुंबकीय क्षेत्र की दिशा को परस्पर लंबवत रखा और देखा कि बल की दिशा भी इन दोनों के लम्बवत् है।

यह नियम फ्लेमिंग ने दिया।

12.8 फ्लेमिंग का बायें हाथ का नियम (Fleming's left hand rule)

धारावाही चालक को जब चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो धारावाही चालक पर एक बल आरोपित होता है। चुंबकीय क्षेत्र में रखे धारावाही चालक पर बल की दिशा ज्ञात करने



चित्र–12 : फ्लेमिंग का बायें हाथ का नियम

के लिए फ्लेमिंग ने बाएँ हाथ का नियम दिया। इस नियम के अनुसार बाएँ हाथ की तर्जनी, मध्यमा और अंगूठा को इस प्रकार फैलाइए कि ये तीनों एक–दूसरे के परस्पर लंबवत हो (चित्र–12) यदि तर्जनी चुंबकीय क्षेत्र की दिशा, मध्यमा धारा की दिशा को प्रदर्शित करे तो अंगूठा चालक पर लगने वाले बल की दिशा बतायेगा।

विद्युत मोटर, विद्युत जनित्र आदि कुछ ऐसे उपकरण है जिनमें विद्युत धारावाही चालक तथा चुंबकीय क्षेत्रों का उपयोग होता है।

प्रश्न

1. क्रियाकलाप–5 में छड़ A B का विस्थापन (घूमना) किस प्रकार बदलेगा।
   (a) यदि छड़ में धारा की मात्रा बढ़ा दें।
   (b) यदि अन्य प्रबल नाल चुंबक लिया जाए।
   (c) यदि छड़ की लंबाई कम कर दी जाए।

12.9 विद्युत मोटर (Electric Motor)

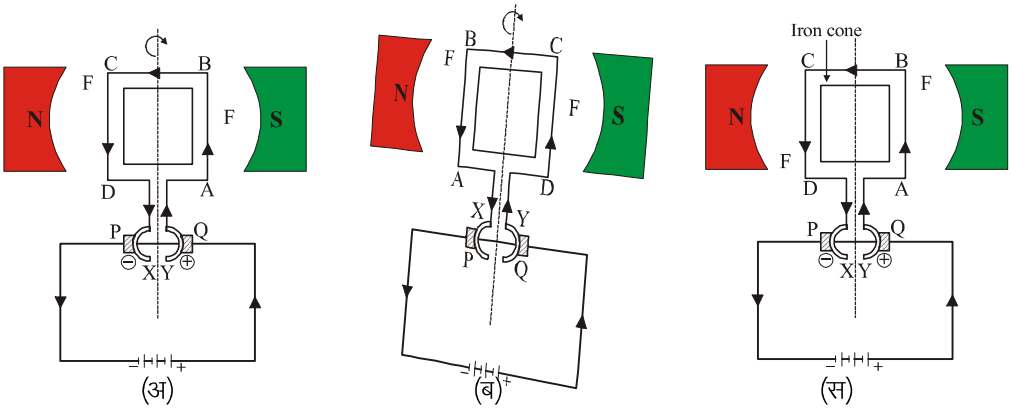
विद्युत मोटर एक ऐसा साधन है जिसमें विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदला जाता है। इसका उपयोग विद्युत पंखों, प्रशीतकों (रेफ्रिजरेटरों) कपड़ा धुलाई मशीनों, कम्प्यूटरों, मिक्सी आदि में किया जाता है। जब विद्युत मोटर दिष्टधारा पर कार्य करता है। इसलिए वह डी.सी. मोटर कहलाता है।

सिद्धांत :

जब किसी आयताकार कुंडली को चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है और उसमें धारा प्रवाहित की जाती है तो कुंडली पर बल कार्य करता है जो उसे लगातार घुमाता है। जब कुंडली घूमती है तो उससे संलग्न धूरी भी घूमती है। इस तरह मोटर को दी गयी विद्युत ऊर्जा, घूर्णन की यांत्रिक ऊर्जा (गतिज ऊर्जा) में बदलती है।

मोटर की रचना व क्रियाविधि :

चित्र–13 में दर्शाए अनुसार विद्युत मोटर में विद्युतरोधी तांबे के तारों की एक आयताकार कुंडली ABCD होती है। यह कुंडली प्रबल नाल चुंबक के अवतल बेलनाकार ध्रुवखंडों के बीच इस प्रकार रखी जाती है कि इसकी भुजाएँ A B तथा C D चुंबकीय क्षेत्र की दिशा के लंबवत रहें। कुंडली के दोनों सिरें विभक्त वलय के दो अर्धभाग X तथा Y से संयोजित होते हैं। इन अर्धभागों की भीतरी सतह विद्युतरोधी होती है तथा धुरी से जुड़ी होती हैं। विभक्त वलय के सिरे क्रमशः दो स्थिर चालक ब्रशों P तथा Q से स्पर्श करते है (चित्र–13)



चित्र–13 : सरल विद्युत मोटर

NS- चुम्बकीय ध्रुव खण्ड
ABCD- ताँबे के विद्युतरोधी तार
XY- विभक्त वलय
PQ- कार्बन ब्रश

विधि : बैटरी से चलकर धारा ब्रश Q से होते हुए कुंडली ABCD में प्रवेश करती है तथा चालक P से होते हुए बैटरी के दूसरे टर्मिनल पर वापस भी जाती है। ध्यान दीजिए, कुंडली ABCD में धारा A से B, B से C, C से D की ओर बहती है। अतः AB व CD में धारा परस्पर विपरीत दिशा में होती हैं। इसके कारण AB पर बल नीचे तथा CD पर बल ऊपर की ओर लगता है तथा कुंडली वामावर्त घूर्णन करती है। आधे घूर्णन में Y का संपर्क ब्रश P से होता है तथा X का संपर्क ब्रश Q से होता है। अतः कुंडली में विद्युतधारा DCBA के अनुदिश प्रवाहित होते है।

वह तरीका जो परिपथ में विद्युत धारा के प्रवाह को उत्क्रमित कर देता है उसे दिक्परिवर्तक कहते हैं। मोटर में विभक्त वलय दिक्परिवर्तक का कार्य करता है। विद्युतधारा की दिशा बदलने पर CD तथा AB पर लगने वाले बलों की दिशा भी बदल जाती है जिसके फलस्वरूप कुंडली तथा धुरी का निरंतर घूर्णन होता है।

जिन मोटरों का उपयोग व्यवसायिक कार्यों में होता है उनमें स्थायी चुंबक के बदले विद्युत चुंबक का प्रयोग करते है तथा कुंडली में फेरों की संख्या ज्यादा कर देते है। कुंडली को भी नरम लोहे के टुकड़े पर लपेटते हैं जिसे क्रोड कहते हैं। क्रोड तथा कुंडली दोनों मिलकर आर्मेचर कहलाते हैं जिससे मोटर की शक्ति बढ़ जाती है।

12.10 विद्युत चुंबकीय प्रेरण (Electro Magnetic Induction)

इस अध्याय में हमने यह पढ़ा कि जब कोई धारावाही चालक चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो चालक पर एक बल कार्य करता है। इस बल के कारण चालक गति करने लगता है। अब हम एक ऐसी स्थिति के बारे में सोचे जिसमें किसी चालक को चुंबकीय क्षेत्र में घुमायें तो उस चालक में धारा बहे। इसका सर्वप्रथम अध्ययन माइकल फैराडे ने किया। आइए इस हेतु एक क्रियाकलाप करते है।

XG2T8V

माइकल फैराडे

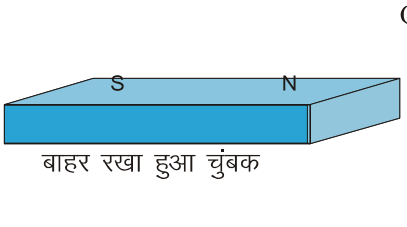
फैराडे को विद्युत चुंबकीय प्रेरण, बल रेखाओं और विद्युत चुंबकत्व के नियमों के लिए जाना जाता है।

क्रियाकलाप–6

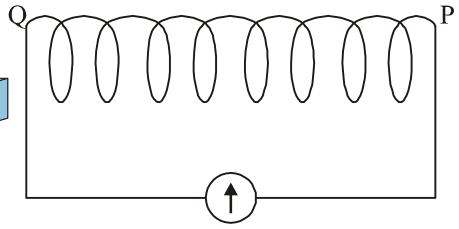
आवश्यक सामग्री : अनेक फेरों वाली तांबे के तार की कुंडली, धारामापी, प्रबल दंड चुंबक।

विधि :

1. अनेक फेरों वाली तार की एक कुंडली PQ लीजिए।
2. कुंडली के दोनों सिरों को किसी धारामापी से चित्र–14 के अनुसार जोडिए।
3. एक प्रबल दंड चुंबक लीजिए तथा इसके उत्तरी ध्रुवों को कुंडली के सिरे Q की ओर ले जाइए। क्या आप धारामापी की सुई में कोई परिवर्तन देखते हैं।

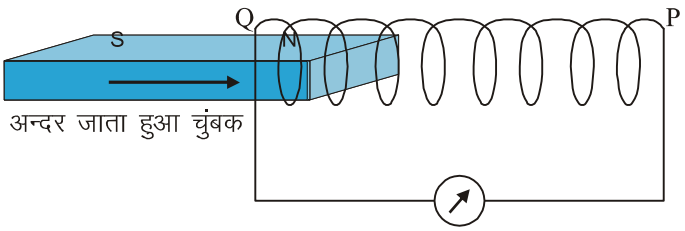


बाहर रखा हुआ चुंबक

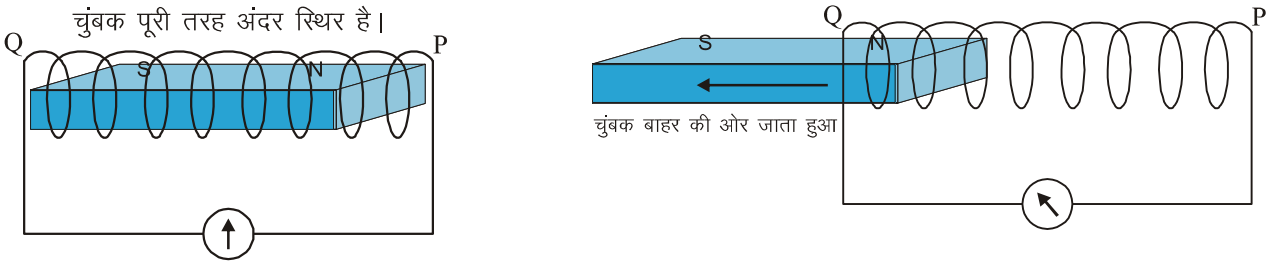


(अ) विद्युत धारा नहीं बहती
(धारामापी में कोई विक्षेप नहीं)

(ब) विद्युत धारा बह रही है
(धारामापी में विक्षेप दायीं तरफ)



अन्दर जाता हुआ चुंबक



(स) विद्युत धारा नहीं बहती
(धारामापी में कोई विक्षेप नहीं)

(द) विद्युत धारा उलटी दिशा में बहती है
(धारामापी में विक्षेप बायीं तरफ)

चित्र–14 : विद्युत चुंबकीय प्रेरण का प्रदर्शन

4. आप धारामापी की सुई में क्षणिक विक्षेप पायेगे यह कुंडली PQ में धारा की उपस्थिति बताता है।
5. जैस ही चुंबक को रोका जाता है धारामापी में फिर विक्षेप शून्य हो जाता है।
6. अब चुंबक के उत्तरी ध्रुवों को कुंडली से दूर ले जाते हैं इस बार कुंडली में पुनः धारा बहती है तथा धारामापी की सुई के विक्षेप की दिशा बदल जाती है।

आप यह जाँच कर सकते हैं कि यदि आप चुंबक के दक्षिण ध्रुव को कुंडली के Q सिरे की ओर गति कराते है तो धारामापी में विक्षेप पहले की स्थिति जिसमें उत्तरीध्रुव को नजदीक लाये थे उससे विपरीत दिशा में होगा।

इस क्रियाकलाप से स्पष्ट है कि जब चुंबक और कुंडली दोनों में से किसी भी एक को गति कराया जाए तो परिपथ में धारा बहती है जिसे प्रेरित धारा कहते हैं तथा इस घटना को विद्युत चुंबकीय प्रेरण कहते हैं।

इस क्रियाकलाप में धारा की दिशा ज्ञात करने हेतु फ्लेमिंग के दाहिने हाथ के नियम का उपयोग करते हैं।

12.11 फ्लेमिंग का दाहिने हाथ का नियम (Fleming's Right hand Rule)

इस नियम के अनुसार दाहिने हाथ के अंगूठा, तर्जनी और मध्यमा को इस तरह फैलायें कि ये एक–दूसरे से समकोण बनायें। (चित्र–15) अपने दाहिने हाथ को इस तरह संयोजित कीजिए कि अँगूठा चालक के गति की दिशा, तर्जनी चुंबकीय क्षेत्र की दिशा को प्रदर्शित करें तो मध्यमा प्रेरित धारा की दिशा व्यक्त करेगी।

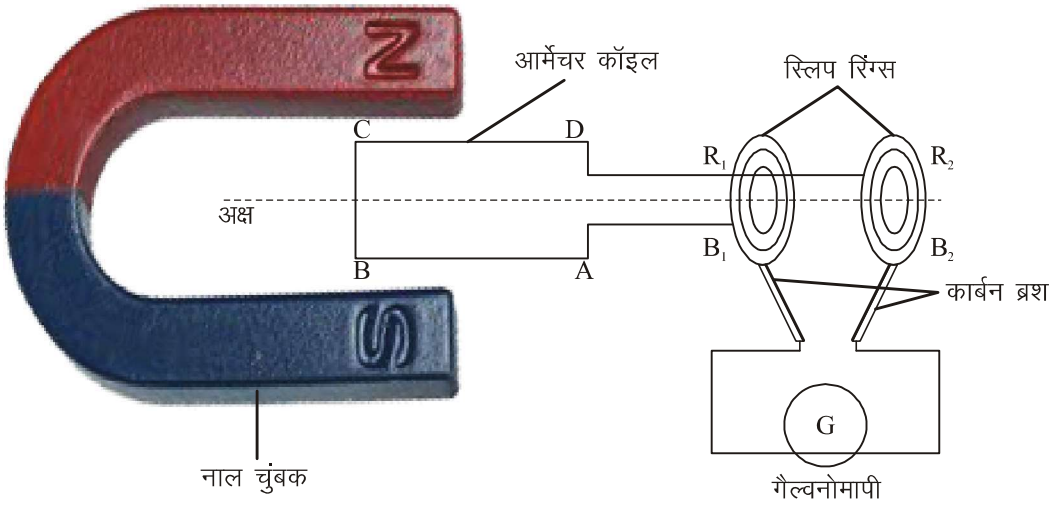
चित्र–15 : फ्लेमिंग का दाहिने हाथ का नियम

12.12 डायनेमों या विद्युत जनित्र (Dynamo or Electric Generator)

डायनमों एक ऐसा उपकरण है जो यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलता है। यह विद्युत चुंबकीय प्रेरण के सिद्धांत पर काम करता है। इस सिद्धांत का उपयोग घरों तथा उद्योगों के लिए अत्यधिक परिमाण की विद्युत धारा उत्पन्न करने के लिए भी किया जाता है।

बनावट : 1. आर्मेचर– इस हेतु नरम लोहे के टुकड़े पर तांबे के विद्युतरोधी तार के अनेक फेरें आयताकार कुंडली के रूप में लपेटे रहते हैं जैसा कि चित्र–16।

2. क्षेत्र चुंबक – आर्मेचर को प्रबल नाल चुंबको के अवतल NS ध्रुव खंडों के मध्य रखा जाता है।



चित्र–16 : विद्युत जनित्र

विभक्त वलय दिक्परिवर्तक : R_1 व R_2 धातु के बने हुए वलय होते हैं जो भीतर से धुरी से जुड़े होते हैं।

कार्बन ब्रश : स्थिर चालक कार्बन बुशों B_1 तथा B_2 को पृथक–पृथक रूप से क्रमशः वलयों R_1 तथा R_2 पर दबाकर रखा जाता है। कार्बन ब्रशों का संबंध धारामापी से किया जाता है।

विधि : जब दो वलयों से जुड़ी धुरी को इस प्रकार घुमाया जाये कि कुंडली की भुजा AB ऊपर तथा CD भुजा नीचे की ओर हो, तो कुंडली चुंबकीय क्षेत्र में गति करती है तो कुंडली से गुजरने वाली बल रेखाओं की संख्या में परिवर्तन होता है तथा कुंडली में भुजा AB तथा CD में फ्लेमिंग के दाएँ हाथ के नियम (Right hand rule) के अनुसार प्रेरित धारा बहेगी। प्रत्येक सिरे से संबंधित धारा संकलित होकर कुंडली में एक शक्तिशाली धारा का निर्माण करेगी। तब बाह्य परिपथ में धारा ब्रश B_1 से B_2 की ओर बहेगी। अर्ध घूर्णन के पश्चात भुजा CD ऊपर की ओर तथा भुजा AB नीचे की ओर होगी तब भुजाओं में प्रेरित विद्युतधारा DCBA के अनुदिश प्रवाहित होगी। इस प्रकार बाह्य परिपथ में धारा DCBA के अनुदिश ब्रश B_1 से B_2 की ओर बहती है। इस व्यवस्था के साथ धारा एक ही दिशा में बहती है इसे दिष्ट धारा जनित्र कहते हैं।

प्रत्यावर्ती धारा प्राप्त करने हेतु विभक्त वलय के स्थान पर सर्पी वलय का प्रयोग करते हैं जिसके कारण AB भुजा का संबंध सदैव ब्रश B_1 तथा CD भुजा का संबंध ब्रश B_2 से बना रहता है। अतः जब धारा ABCD के अनुदिश बहती है तो बाह्य परिपथ में यह ब्रश B_2 से B_1 तथा जब DCBA के अनुदिश बहती है तो बाह्य परिपथ में B_1 से B_2 की दिशा में धारा बहती है। अतः प्रत्येक अर्धचक्र में घूर्णन के पश्चात क्रमिक रूप से इन भुजाओं के विद्युत धारा की दिशा बदल जाती है। ऐसी विद्युतधारा जो समान समय अंतराल के पश्चात अपनी दिशा

में बदलाव कर लेती है, उसे प्रत्यावर्ती धारा (alternating Current) संक्षेप में AC कहते हैं। विद्युत उत्पन्न करने की इस युक्ति को प्रत्यावर्ती धारा जनित्र कहते है।

प्रश्न

1. विद्युत जनित्र क्या है?
2. विद्युत जनित्र का सिद्धांत लिखिए।
3. विभक्त वलय दिक्परिवर्तक क्या है?

मुख्य शब्द (Keywords)

दिक्सूचक सुई, चुंबकीय क्षेत्र, सीधा चालक, परिनालिका, चुंबकीय बल रेखा, उदासीन बिन्दु, जनित्र या डायनेमो, प्रत्यावर्ती धारा, दिष्ट धारा, विभक्त वलय, दिक परिवर्तक, वलय, मैक्सवैल का नियम, फ्लेमिंग का बायें हाथ का नियम, फ्लेमिंग का दाहिने हाथ का नियम

हमने सीखा

- दिक्सूचक सुई एक छोटा चुंबक होता है जिसका एक सिरा सदैव उत्तर दिशा की ओर संकेत करता है वह उत्तरी ध्रुव कहलाता है तथा दूसरा सिरा जो दक्षिण की ओर संकेत करता है दक्षिण ध्रुवों कहलाता है।
- किसी चुंबक के चारों ओर एक क्षेत्र होता है जिसमें उस चुंबक के बल का पता चलता है।
- किसी चुंबकीय क्षेत्र का निरूपण चुंबकीय बल रेखा द्वारा किया जाता है। चुंबकीय बल रेखा वह निष्कोण वक्र है। जिसके अनुदिश कोई कल्पनातीत एकांक उत्तर ध्रुव गमन करता है।
- जहाँ चुंबकीय क्षेत्र प्रबल होता है वहाँ क्षेत्र रेखाएँ एक–दूसरे के निकट होती है।
- दो बल रेखाएँ एक–दूसरे को नहीं काटती है।
- उदासीन बिन्दु वह है जहाँ पृथ्वी का चुंबकीय क्षेत्र व चुंबक का चुंबकीय क्षेत्र परिमाण में समान व विपरीत है।
- किसी भी विद्युत धारावाही धातु के तार से एक चुंबकीय क्षेत्र संबंधित होता है। तार के चारों ओर क्षेत्र रेखाएँ अनेक संकेन्द्री वृत्तों के रूप में होती है जिनकी दिशा दाहिने हाथ के नियम से ज्ञात करते हैं।
- परिनालिका विद्युतरोधी तांबे के तार के अनेक फेरों की कुंडली होती है।
- विद्युत चुंबक में नरम लोहे का क्रोड़ होता है जिसके चारों ओर विद्युतरोधी तांबे के तार की कुंडली लपेटी होती है।
- जब किसी धारावाही चालक तार को चुंबकीय क्षेत्र में रखा जाता है तो वह बल का अनुभव करता है जिसकी दिशा फ्लेमिंग के बाएँ हाथ के नियम से ज्ञात करते हैं।
- विद्युत मोटर एक ऐसा उपकरण है जो विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदलता है।
- विद्युत मोटर चुंबकीय क्षेत्र में रखे धारावाही चालक पर लगने वाले बल के सिद्धांत पर काम करता है।
- विद्युत चुंबकीय प्रेरण की घटना में जब किसी कुंडली से संबद्ध चुंबकीय क्षेत्र के मान में परिवर्तन होता

है तो उसमें प्रेरित धारा प्रवाहित होती है जिसकी दिशा फ्लेमिंग के दाहिने हाथ के नियम से ज्ञात करते हैं।

- विद्युत जनित्र या डायनेमों यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदलता है।
- डायनेमों विद्युत चुंबकीय प्रेरण क सिद्धांत पर काम करता है।

XHTYLB

अभ्यास प्रश्न

1. सही विकल्प चुनिए–

(i) चुंबकीय बल रेखाएँ निर्धारित करती है–

(अ) चुंबकीय क्षेत्र की आकृति (ब) चुंबकीय क्षेत्र की दिशा

(स) चुंबकीय क्षेत्र की परिमाण (द) चुंबकीय क्षेत्र का परिमाण व दिशा

(ii) सीधे धारावाही चालकतार के नजदीक चुंबकीय क्षेत्र होता है–

(अ) चालक तार के समानांतर क्षेत्र रेखाएँ

(ब) चालक तार के लबवंत क्षेत्र रेखाएँ

(स) चालक तार के केन्द्र पर संकेन्द्री वृत्तीय रेखाएँ

(द) तार के प्रारंभ में त्रिज्यीय क्षेत्र रेखाएँ

(iii) परिनालिका के अंदर चुंबकीय क्षेत्र होता है–

(अ) सभी बिन्दुओं पर अलग–अलग (ब) एक समान

(स) शून्य (द) इनमें से कोई नहीं

(iv) विद्युत चुंबकीय प्रेरण की घटना है–

(अ) किसी वस्तु को आवेशित करना (ब) किसी कुंडली को घुमाने की प्रक्रिया

(स) किसी कुंडली में चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न

(द) कुंडली में प्रेरित धारा उत्पन्न करना जब कुंडली और चुंबक में कोई एक गतिमान हो।

(v) विद्युतधारा उत्पन्न करने का साधन है–

(अ) जनित्र (ब) मोटर

(स) धारामापी (द) अमीटर

2. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए–

(i) जो यांत्रिक ऊर्जा को विद्युत ऊर्जा में बदले वह ..... कहलाता है।

(ii) ..... विद्युत ऊर्जा को यांत्रिक ऊर्जा में बदलता है।

(iii) फ्लेमिंग के दाहिने हाथ के नियम से माध्यम से ..... की दिशा ज्ञात करते है।

(iv) फ्लेमिंग के बाये हाथ के नियम से धारावाही चालक पर ..... की दिशा ज्ञात करते है।

(v) मैक्सवैल के दाहिने हाथ के नियम से .....की दिशा ज्ञात करते है।

3. विद्युत चुंबकीय प्रेरण की घटना का प्रतिपादन किस वैज्ञानिक ने किया?

4. किसी धारावाही चालक में धारा भेजने पर उसके नजदीक चुंबकीय क्षेत्र उत्पन्न होता है इस घटना की पुष्टि सर्वप्रथम किस वैज्ञानिक ने की।
5. फ्लेमिंग का बायें हाथ का नियम लिखिए।
6. विद्युत मोटर का उपयोग किन–किन उपकरणों में किया जाता है? किन्ही तीन के नाम लिखिए।
7. चुंबकीय क्षेत्र को उत्पन्न करने के तीन तरीकों की सूची बनाइए।
8. धारावाही परिनालिका चुंबक की भांति कैसे व्यवहार करती है? क्या आप किसी छड़ चुंबक की मदद से उसके उत्तरी ध्रुवों व दक्षिणी ध्रुवों का निर्धारण कर सकते हैं।
9. चुंबक के तीन प्रमुख गुण लिखिए।
10. चुंबकीय बल रेखा क्या है? उसके तीन प्रमुख गुण लिखिए।
11. दो चुंबकीय बल रेखाएँ एक दूसरे को क्यों नहीं काटती है?
12. विद्युत मोटर का वर्णन निम्नांकित शीर्षकों के अंतर्गत कीजिए।
    (अ) नामांकित आरेख (ब) सिद्धांत (स) कार्यविधि
13. विद्युत जनित्र का वर्णन निम्नांकित शीर्षकों के अंतर्गत कीजिए।
    (अ) नामांकित आरेख (ब) सिद्धांत (स) कार्यविधि
14. दो वृत्ताकार कुंडली A तथा B एक–दूसरे के नजदीक रखी है यदि कुंडली A में बहने वाली विद्युतधारा में परिवर्तन करें तो क्या कुंडली B में कोई विद्युतधारा प्रेरित होगी कारण सहित लिखिए।
15. कोई विद्युत रोधी तांबे के तार की कुंडली को किसी धारामापी से जोडिए। क्या होगा यदि दंड चुंबक को–
    (अ) कुंडली में धकेला जाए।
    (ब) कुंडली के भीतर स्थिर रखा जाए।
    (स) कुंडली के भीतर से बाहर खीचा जाए।
16. किसी सीधे धारावाही चालक तार में चारों ओर उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र की दिशा को निर्धारित करने वाला नियम लिखिए।
17. विद्युत चुंबक बनाइए।