

## પ્રકરણ 13

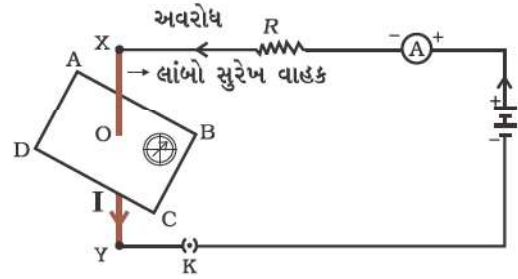
### વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસરો (Magnetic Effects of Electric Current)



અગાઉ ‘વિદ્યુત’ના પ્રકરણમાં આપણે વિદ્યુતપ્રવાહની તાપીય અસર વિશે અભ્યાસ કર્યો. વિદ્યુતપ્રવાહની અન્ય અસરો કઈ છે ? આપણે જાણીએ છીએ કે વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તાર એક ચુંબક તરીકે વર્તે છે. આ જાણકારીનું દૃઢીકરણ (reinforce) કરવા માટે ચાલો આપણે નીચેની પ્રવૃત્તિ કરીએ :

#### પ્રવૃત્તિ 13.1

- આકૃતિ 13.1 માં દર્શાવ્યા અનુસાર વિદ્યુત-પરિપથમાં બિંદુઓ X અને Y ની વચ્ચે એક સુરેખ જાડો તાંબાનો તાર ગોઠવો. તાર XY કાગળના સમતલને લંબરૂપે ગોઠવેલ છે.
- આ તાંબાના તારની નજીક એક નાના હોકાયંત્ર (કંપાસ-Compass)ને સમક્ષિતિજ રહે તેમ ગોઠવો. તેની સોયની સ્થિતિનું અવલોકન કરો.
- હવે કળમાં પ્લગ દાખલ કરી પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરો.
- હોકાયંત્રની સોયના સ્થાનમાં થતા ફેરફારનું અવલોકન કરો.



આકૃતિ 13.1

ધાતુના તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરતાં હોકાયંત્રની સોયનું કોણાવર્તન થાય છે

આપણને સોય કોણાવર્તન પામતી જોવા મળે છે. આનો અર્થ શું થાય ? આનો અર્થ એ થાય કે જ્યારે તાંબાના તારમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહે ચુંબકીય અસર ઉત્પન્ન કરી છે. આમ, આપણે કહી શકીએ કે વિદ્યુત અને ચુંબકત્વ એકબીજા સાથે સંકળાયેલા છે. તો પછી આનાથી વિરુદ્ધ, ગતિ કરતાં ચુંબકની વિદ્યુત અસર વિશેની શું શક્યતા છે ? આ પ્રકરણમાં આપણે ચુંબકીય ક્ષેત્રો તથા આ પ્રકારની વિદ્યુત-ચુંબકીય અસરોનો અભ્યાસ કરીશું. આપણે વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસર સાથે સંકળાયેલ વિદ્યુતચુંબકો તથા વિદ્યુતમોટરનો પણ અભ્યાસ કરીશું તથા ગતિમાન ચુંબકની વિદ્યુતીય અસર પર આધારિત વિદ્યુત જનરેટરનો પણ અભ્યાસ કરીશું.

#### હેન્સ ક્રિશ્ચિઅન ઓર્સ્ટેડ (Hans Christian Oersted 1777–1851)

19મી સદીના એક અગ્રણી વૈજ્ઞાનિક હેન્સ ક્રિશ્ચિઅન ઓર્સ્ટેડએ વિદ્યુતચુંબકત્વ સમજવામાં નિર્ણાયક ભૂમિકા ભજવેલ. 1820માં તેમણે અકસ્માતે શોધી કાઢ્યું કે ધાતુના તારની નજીક રાખેલ હોકાયંત્રની સોય તારમાં પ્રવાહ પસાર કરતાં કોણાવર્તન પામે છે. આ અવલોકન દ્વારા ઓર્સ્ટેડે દર્શાવ્યું કે વિદ્યુત અને ચુંબકત્વ એકબીજા સાથે સંબંધિત ઘટનાઓ છે. તેમના સંશોધને ત્યાર બાદ જુદી-જુદી ટેકનોલોજી જેમકે રેડિયો, ટેલિવિઝન અને ફાઈબર ઓપ્ટિક્સનો ઉદ્ભવ કર્યો. તેમના માનમાં ચુંબકીય ક્ષેત્રની તીવ્રતાના એકમને ઓર્સ્ટેડ નામ આપવામાં આવ્યું છે.



### 13.1 ચુંબકીય ક્ષેત્ર અને ક્ષેત્રરેખાઓ (Magnetic Field and Field Lines)

આપણે એ હકીકતથી વાકેફ છીએ કે, હોકાયંત્રની સોયને ગજિયા ચુંબકની નજીક લઈ જતાં તે કોણાવર્તન પામે છે. ખરેખર હોકાયંત્રની સોય એક નાનો ગજિયો ચુંબક છે. હોકાયંત્રની સોયના છેડા લગભગ ઉત્તર અને દક્ષિણ દિશાઓનું સૂચન કરે છે. ઉત્તર દિશાનું સૂચન કરતાં છેડાને ઉત્તરને શોધતો (Seeking) અથવા ઉત્તર ધ્રુવ કહે છે. બીજા દક્ષિણ દિશામાં રહેતાં છેડાને દક્ષિણને શોધતો અથવા દક્ષિણ ધ્રુવ કહે છે. જુદી-જુદી પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા આપણે અવલોકન કર્યું છે કે સમાન (સજાતીય) ધ્રુવો એકબીજાને અપાકર્ષે છે જ્યારે ચુંબકના અસમાન (વિજાતીય) ધ્રુવો એકબીજાને આકર્ષે છે.

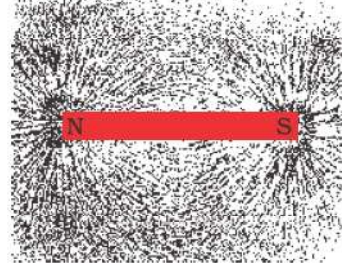
#### પ્રશ્ન

1. હોકાયંત્રની સોયને ગજિયા ચુંબકની નજીક લઈ જતાં તેનું કોણાવર્તન કેમ થાય છે ?



#### પ્રવૃત્તિ 13.2

- ડ્રોઈંગ બોર્ડ પર એક સફેદ કાગળને ગુંદર વડે ચીપકાવો.
- એક ગજિયા ચુંબકને તેની મધ્યમાં મૂકો.
- ગજિયા ચુંબકની આસપાસ લોખંડનો ભૂકો એકસરખો ભભરાવો. (આકૃતિ 13.2) આ માટે તમે મીઠું છાંટવાની ડબીનો ઉપયોગ કરી શકો.
- હવે બોર્ડને હળવેથી ટકોરા મારો.
- તમે શું અવલોકન કરો છો ?



આકૃતિ 13.2

લોખંડનો ભૂકો ગજિયા ચુંબકની ક્ષેત્રરેખાઓ પર ગોઠવાય છે

લોખંડનો ભૂકો પોતાની જાતે જ આકૃતિ 13.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ચોક્કસ ભાતમાં ગોઠવાઈ જાય છે. લોખંડનો ભૂકો આવી ચોક્કસ ભાત (તરાહ)માં કેમ ગોઠવાય છે ? આ ભાત શું દર્શાવે છે ? ચુંબક પોતાની આસપાસના વિસ્તારમાં પોતાનો પ્રભાવ (અસર) ઉત્પન્ન કરે છે. પરિણામે લોખંડનો ભૂકો બળ અનુભવે છે. આ બળની અસર હેઠળ લોખંડનો ભૂકો ચોક્કસ ભાતમાં ગોઠવાય છે. ચુંબકની આસપાસનો વિસ્તાર કે જેમાં ચુંબકના બળની અસર અનુભવાય છે, તેને ચુંબકીય ક્ષેત્ર કહે છે. લોખંડનો ભૂકો જે રેખાઓ પર ગોઠવાય છે તેને ચુંબકીય ક્ષેત્ર રેખાઓ કહે છે.

ગજિયા ચુંબકની આજુબાજુ ચુંબકીય ક્ષેત્ર રેખાઓ મેળવવા માટેના કોઈ બીજા રસ્તાઓ છે ? હા, તમે જાતે ગજિયા ચુંબકની ચુંબકીય ક્ષેત્ર રેખાઓ દોરી શકો છો.

#### પ્રવૃત્તિ 13.3

- એક નાનું હોકાયંત્ર અને ગજિયો ચુંબક લો.
- ડ્રોઈંગ બોર્ડ પર ગુંદર વડે ચીપકાવેલા સફેદ કાગળ પર ચુંબકને મૂકો.
- ચુંબકની ધારને અંકિત કરો.
- ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવની નજીક હોકાયંત્રને ગોઠવો. તે કેવી રીતે વર્તે છે ? સોયનો દક્ષિણ ધ્રુવ ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવ તરફ જાય છે. હોકાયંત્રનો ઉત્તર ધ્રુવ ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવથી દૂર જાય છે.

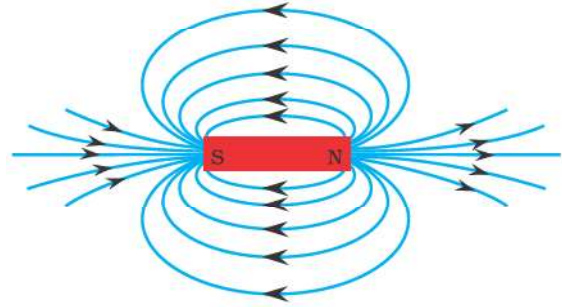


- સોયના બંને છેડાઓનાં સ્થાન અંકિત કરો.
- હવે સોયને નવા સ્થાન પર એવી રીતે ખસેડો કે જેથી તેનો દક્ષિણ ધ્રુવ, પહેલાની સ્થિતિમાં રહેલા ઉત્તર ધ્રુવના સ્થાન પાસે આવી જાય.
- આ રીતે આકૃતિ 13.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે તમે ચુંબકના દક્ષિણ ધ્રુવ સુધી ઉત્તરોત્તર ગતિ કરતાં પહોંચી જાઓ.
- કાગળ પર રહેલાં આ બિંદુઓને સળંગ વક્રના સ્વરૂપમાં જોડો. આ વક્ર ક્ષેત્રરેખા દર્શાવે છે.
- આ પદ્ધતિનું પુનરાવર્તન કરી તમારાથી શક્ય હોય તેટલી રેખાઓ દોરો. તમને આકૃતિ 13.4 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણેની ભાત મળશે. આ રેખાઓ ચુંબકની આસપાસ રહેલા ચુંબકીય ક્ષેત્રનું નિરૂપણ કરે છે. તેમને ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ કહે છે.
- ક્ષેત્રરેખા પર ગતિ કરતાં-કરતાં હોકાયંત્રની સોયના આવર્તનનું અવલોકન કરો. સોય ધ્રુવોની નજીક જાય તેમ તેનું આવર્તન વધે છે.



આકૃતિ 13.3

હોકાયંત્ર સોયની મદદથી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખા દોરવી



આકૃતિ 13.4

ગાજિયા ચુંબકની આસપાસ ક્ષેત્રરેખાઓ

ચુંબકીય ક્ષેત્ર દિશા અને મૂલ્ય (માન) બંને ધરાવતી ભૌતિકરાશિ છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા એ દિશામાં લેવામાં આવે છે કે જે દિશામાં હોકાયંત્રની સોયનો ઉત્તર ધ્રુવ ક્ષેત્રમાં ગતિ કરે. તેથી રૈવાજિક રીતે ક્ષેત્રરેખાઓ ઉત્તર ધ્રુવમાંથી નીકળે અને દક્ષિણ ધ્રુવમાં દાખલ થાય તેમ લેવાય છે. (આકૃતિ 13.4માં દર્શાવેલ તીરની નિશાની ધ્યાનમાં લો). ચુંબકની અંદર ક્ષેત્રરેખાઓની દિશા તેના દક્ષિણ ધ્રુવથી તેના ઉત્તર ધ્રુવ તરફ હોય છે. આમ, ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ બંધ વક્રો રચે છે.

ચુંબકીય ક્ષેત્રની સાપેક્ષ તીવ્રતાને ક્ષેત્રરેખાઓની નિકટતાની માત્રા દ્વારા દર્શાવવામાં આવે છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ જ્યાં વધારે નજીક-નજીક હોય ત્યાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર વધારે પ્રબળ હોય છે એટલે કે ત્યાં રાખેલ કોઈ બીજા ચુંબકના ધ્રુવ પર ચુંબકીય ક્ષેત્રને કારણે વધારે બળ લાગે છે. (આકૃતિ 13.4 જુઓ.)

બે ક્ષેત્રરેખાઓ કદાપિ એકબીજાને છેદતી જણાતી નથી. જો તે છેદે તો એનો અર્થ એ થાય કે છેદનબિંદુએ હોકાયંત્રની સોય બે દિશાઓ દર્શાવશે, જે શક્ય નથી.

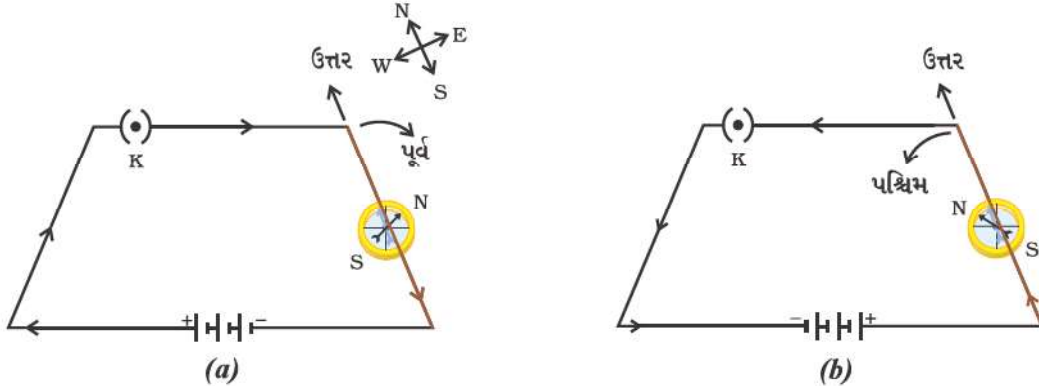
## 13.2 વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તાર વડે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર (Magnetic Field due to a Current-Carrying Conductor)

આપણે પ્રવૃત્તિ 13.1માં જોયું કે કોઈ ધાતુના સુવાહકમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ પોતાની આસપાસ ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. ઉદ્ભવતા ક્ષેત્રની દિશા જાણવા માટે ચાલો આપણે આ પ્રવૃત્તિને નીચે પ્રમાણે પુનરાવર્તિત કરીએ :



### પ્રવૃત્તિ 13.4

- તાંબાનો એક લાંબો સુરેખ તાર, 1.5 V ના બે કે ત્રણ વિદ્યુતકોષ અને એક પ્લગકળ લો. તે બધાને આકૃતિ 13.5 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે શ્રેણીમાં જોડો.
- એક સુરેખ તારને હોકાયંત્રની સોયની ઉપર અને તેને સમાંતરરૂપે ગોઠવો.
- હવે પ્લગમાં કળ મૂકો.
- સોયના ઉત્તર ધ્રુવના કોણાવર્તનની દિશાનું અવલોકન કરો. જો પ્રવાહ આકૃતિ 13.5 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઉત્તરથી દક્ષિણ દિશામાં વહેતો હશે, તો હોકાયંત્રની સોયનો ઉત્તર ધ્રુવ પૂર્વ દિશામાં આવર્તન કરશે.
- આકૃતિ 13.5 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પરિપથમાં જોડેલ સેલનું જોડાણ બદલી નાંખો. પરિણામે તાંબાના તારમાંથી વહેતા પ્રવાહની દિશા બદલાશે એટલે કે દક્ષિણથી ઉત્તર તરફની થશે.
- સોયના કોણાવર્તનની દિશામાં થતા ફેરફારનું અવલોકન કરો. તમે જોશો કે હવે સોયનું કોણાવર્તન વિરુદ્ધ દિશામાં એટલે કે પશ્ચિમ તરફ થાય છે [આકૃતિ 13.5 (b)]. એનો અર્થ એ થયો કે, વિદ્યુતપ્રવાહ દ્વારા ઉદ્ભવતા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા પણ ઉલટાયેલ છે.



આકૃતિ 13.5 સરળ વિદ્યુત-પરિપથ કે જેમાં સુરેખ તાંબાના તારને હોકાયંત્રની સોય ઉપર તેને સમાંતર ગોઠવેલ છે. જ્યારે પ્રવાહની દિશા ઉલટાવવામાં આવે ત્યારે સોયનું કોણાવર્તન ઉલટાય છે

#### 13.2.1 સુરેખ વાહકમાંથી વહેતા પ્રવાહ વડે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર

##### (Magnetic Field due to a Current through a Straight Conductor)

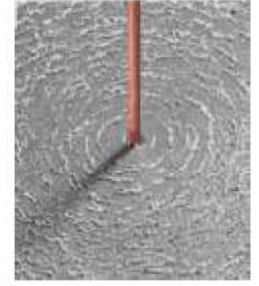
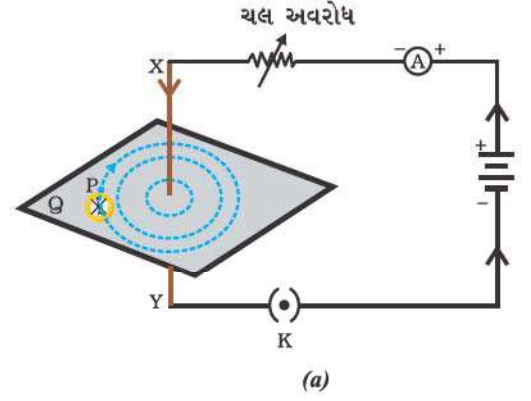
સુવાહકમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહ વડે ઉદ્ભવતા ચુંબકીય ક્ષેત્રની ભાત શાનાથી નક્કી થાય છે ? શું આ ભાત સુવાહકના આકાર પર આધાર રાખે છે ? એક પ્રવૃત્તિ દ્વારા આપણે તેની તપાસ કરીશું.

### પ્રવૃત્તિ 13.5

- એક બેટરી (12 V), ચલ અવરોધ (અથવા રિઓસ્ટેટ), એમીટર (0–5 A), પ્લગકળ, જોડાણ માટેના તાર અને જાડો લાંબો સુરેખ તાંબાનો તાર લો.
- એક લંબચોરસ પૂંઠાની મધ્યમાંથી તેના સમતલને લંબરૂપે રહે તેમ જાડા તારને દાખલ કરો. ધ્યાન રાખો કે પૂંઠું જડિત હોય અને ઉપર કે નીચે સરકતું ન હોય.



- આકૃતિ 13.6(a) માં દર્શાવ્યા અનુસાર તાંબાના તારને બિંદુ X અને Y ની વચ્ચે ઊર્ધ્વ રહે તે રીતે બેટરી, પ્લગકળ, એમીટર અને રિઓસ્ટેટ સાથે શ્રેણીમાં જોડો.
- થોડો લોખંડનો ભૂકો પૂંઠા પર સમાન રીતે ભભરાવો. (આ માટે તમે મીઠું છાંટવા માટેની ડબીનો ઉપયોગ કરી શકો).
- રિઓસ્ટેટના ચલને એક ચોક્કસ સ્થિતિમાં રાખીને એમીટરમાંથી વહેતા પ્રવાહની નોંધ કરો.
- કળ મૂકો જેથી તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ વહેશે. એ સુનિશ્ચિત કરો કે બિંદુઓ X અને Y વચ્ચે જોડેલ તાંબાનો તાર ઊર્ધ્વ દિશામાં સીધો રહે.
- પૂંઠાને હળવેથી થોડા ટકોરા મારો. લોખંડના ભૂકાની ભાતનું અવલોકન કરો. તમે જોશો કે લોખંડનો ભૂકો તાંબાના તારની આસપાસ સમકેન્દ્રિય થઈ વર્તુળાકાર ભાત રચે છે (આકૃતિ 13.6).
- આ સમકેન્દ્રિય વર્તુળો શું દર્શાવે છે ? તે ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ દર્શાવે છે.
- આ રીતે ઉદ્ભવતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા કેવી રીતે શોધીશું ? વર્તુળના કોઈ બિંદુ (ધારો કે P) પાસે હોકાયંત્ર ગોઠવો. સોયની દિશાનું અવલોકન કરો. હોકાયંત્રની સોયનો ઉત્તર ધ્રુવ સુરેખ તારમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહ વડે P બિંદુ પાસે ઉદ્ભવતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા દર્શાવે છે. આ દિશાને એક તીર દ્વારા દર્શાવો.
- શું સુરેખ તાંબાના તારમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ઉલટાવતાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર રેખાઓની દિશા ઉલટાય છે ? ચકાસો.



આકૃતિ 13.6

(a) સુરેખ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તારની આસપાસ ઉદ્ભવતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રને દર્શાવતાં સમકેન્દ્રીય વર્તુળોની ભાત. વર્તુળમાં તીરની નિશાની ક્ષેત્ર રેખાઓની દિશાનું સૂચન કરે છે. (b) મળતી ભાતનું ખૂબ નજીકથી અવલોકન

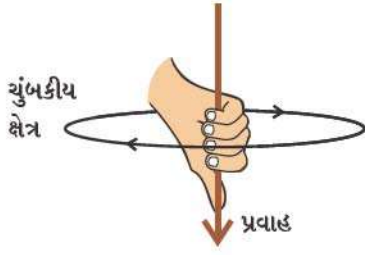
જો તાંબાના તારમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર કરવામાં આવે તો હોકાયંત્રની સોયના કોણાવર્તન પર શું પ્રભાવ પડશે ? આ જોવા માટે તારમાંથી વહેતા પ્રવાહમાં ફેરફાર કરો. આપણને જોવા મળે છે કે સોયના કોણાવર્તનમાં પણ ફેરફાર થાય છે. વાસ્તવમાં જો પ્રવાહ વધારીએ તો કોણાવર્તન પણ વધે છે. જે દર્શાવે છે કે તારમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહના મૂલ્યમાં વધારો કરતાં આપેલ બિંદુ પાસે ઉત્પન્ન થતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રના માનમાં (મૂલ્યમાં) પણ વધારો થાય છે.

જો તાંબાના તારમાંથી વહેતો પ્રવાહ તેનો તે જ હોય પરંતુ હોકાયંત્રને તાંબાના તારથી દૂર લઈ જવામાં આવે તો હોકાયંત્રની સોયના કોણાવર્તનમાં શું ફેર પડે છે ? આ જોવા માટે આપણે હોકાયંત્રને વાહક તારથી દૂર આવેલા કોઈ બિંદુ (ધારો કે Q) પાસે રાખીશું. તમે કેવો ફેરફાર જુઓ છો ? આપણે જોઈએ છીએ કે સોયનું કોણાવર્તન ઘટે છે. આમ, કોઈ વાહકમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહ વડે ઉત્પન્ન થતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર વાહકથી દૂર જતાં ઘટે છે. આકૃતિ 13.6માં જોઈ શકાય છે કે જેમ-જેમ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સુરેખ તારથી દૂર જઈએ તેમ તેમ તેની આજુબાજુ ઉદ્ભવતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રને દર્શાવતાં સમકેન્દ્રિય વર્તુળો મોટાં ને મોટાં થતાં જાય છે.

### 13.2.2 જમણા હાથના અંગૂઠાનો નિયમ (Right-Hand Thumb Rule)

કોઈ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહક સાથે સંકળાયેલ ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા નક્કી કરવા માટેનો એક સરળ રસ્તો આકૃતિ (13.7)માં દર્શાવેલ છે.

વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસરો



આકૃતિ 13.7

જમણા હાથના અંગૂઠાનો નિયમ

કલ્પના કરો કે તમે તમારા જમણા હાથમાં વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહકને એવી રીતે પકડો છો કે જેથી અંગૂઠો વિદ્યુતપ્રવાહની દિશાનું સૂચન કરે છે. તો તમારી આંગળીઓ વાહકની આસપાસ ચુંબકીય ક્ષેત્રની ક્ષેત્રરેખાઓની દિશામાં વીંટળાય છે, જે આકૃતિ 13.7માં દર્શાવેલ છે. આને જમણા હાથના અંગૂઠાનો નિયમ કહે છે\*.

### ઉદાહરણ 13.1

કોઈ સમક્ષિતિજ પાવર લાઈનમાં પૂર્વથી પશ્ચિમ દિશા તરફ વિદ્યુતપ્રવાહ વહી રહ્યો છે. તેની બરોબર નીચે આવેલા કોઈ બિંદુ પાસે તથા તેની બરોબર ઉપર આવેલા કોઈ બિંદુ પાસે ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા કઈ હશે ?

### ઉકેલ

વિદ્યુતપ્રવાહ પૂર્વથી પશ્ચિમ તરફ છે. જમણા હાથના અંગૂઠાનો નિયમ લાગુ પાડતાં પૂર્વ છેડાથી જોતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા (તારના ઉપર કે નીચે કોઈ બિંદુ પાસે) તારને લંબ સમતલમાં સમઘડી દિશામાં (Clockwise) મળશે. આ જ પ્રમાણે તારના પશ્ચિમ છેડાથી જોતા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા વિષમઘડી દિશામાં (Anti-Clockwise) હશે.

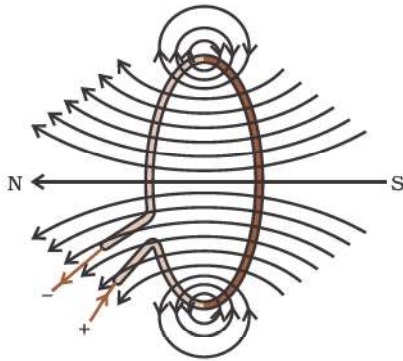
### પ્રશ્નો

1. ગજિયા ચુંબકની આસપાસ ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ દોરો.
2. ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓના ગુણધર્મોની સૂચિ બનાવો.
3. બે ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ એકબીજાને કેમ છેદતી નથી ?



### 13.2.3 વર્તુળાકાર લૂપમાંથી વહેતા પ્રવાહ વડે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર

#### (Magnetic Field due to a Current through a Circular Loop)



આકૃતિ 13.8

વિદ્યુતપ્રવાહધારિત લૂપ વડે ઉદ્ભવતા ચુંબકીય ક્ષેત્રની ક્ષેત્રરેખાઓ

આપણે અત્યાર સુધી સુરેખ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તાર વડે તેની આસપાસ ઉદ્ભવતી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની ભાતનું અવલોકન કર્યું. ધારો કે આ તારને વાળીને એક વર્તુળાકાર લૂપ બનાવી તેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે છે. તો હવે તેના દ્વારા ઉદ્ભવતી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ કેવી દેખાશે ? આપણે જાણીએ છીએ કે સુરેખ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તાર વડે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર તેનાથી અંતરના વ્યસ્ત પ્રમાણ પર આધારિત છે. તે જ રીતે કોઈ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત લૂપની આસપાસ દરેક બિંદુએ ઉત્પન્ન થતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રને દર્શાવતાં કેન્દ્રિત વર્તુળોની સાઈઝ તારથી દૂર જતાં સતત મોટી ને મોટી થતી જાય છે (આકૃતિ 13.8). જ્યારે આપણે વર્તુળાકાર લૂપના કેન્દ્ર પાસે પહોંચીએ ત્યારે આ મોટાં વર્તુળોના ચાપ લગભગ સુરેખ રેખા જેવા દેખાય છે. વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તારના દરેક બિંદુએથી ઉદ્ભવતી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ લૂપના કેન્દ્ર પાસે સીધી રેખાઓ જેવી દેખાય છે. જમણા હાથના નિયમનો ઉપયોગ કરી એ હકીકતની સરળતાથી ચકાસણી કરી શકાય કે તારનો દરેક ભાગ લૂપની અંદર ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓમાં એક જ દિશામાં ફાળો આપે છે.

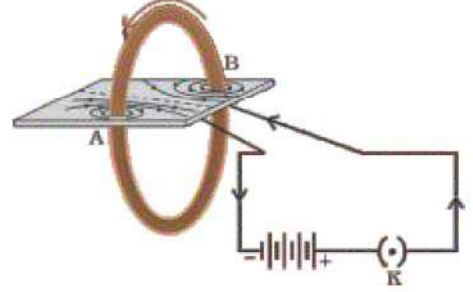
\* આ નિયમને મેક્સવેલનો કોર્કસ્કૂનો નિયમ પણ કહે છે. જો આપણે કોર્કસ્કૂને વિદ્યુતપ્રવાહની દિશામાં આગળ વધારવાનું વિચારીએ તો કોર્કસ્કૂના પરિભ્રમણની દિશા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા હોય છે.



આપણે જાણીએ છીએ કે વિદ્યુતપ્રવાહધારિત તાર વડે આપેલા બિંદુ પાસે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર તેમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહના સમપ્રમાણમાં હોય છે. તેથી જો વર્તુળાકાર લૂપને  $n$  આંટાઓ હોય તો ઉત્પન્ન થતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર એક આંટા દ્વારા ઉત્પન્ન થતાં ક્ષેત્ર કરતાં  $n$  ગણું હોય છે. કારણ કે દરેક આંટામાં વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા સમાન હોય છે અને દરેક આંટા વડે ઉદ્ભવતાં ક્ષેત્રોનો સરવાળો થાય છે.

### પ્રવૃત્તિ 13.6

- એક એવું લંબચોરસ પૂઠું લો. જેમાં બે દિગ્ગો હોય. પૂઠાના સમતલને લંબ રહે તેમ ઘણા આંટાઓ ધરાવતી એક લૂપને પૂઠામાં દાખલ કરો.
- આકૃતિ 13.9માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લૂપના છેડાઓ સાથે શ્રેણીમાં બેટરી, કળ અને એક રિઓસ્ટેટનું જોડાણ કરો.
- લોખંડના ભૂકાને પૂઠા પર સમાન રીતે ભભરાવો.
- કળમાં પ્લગ મૂકો.
- પૂઠાને હળવેથી ધોડા ટકોરા મારો. પૂઠા પર લોખંડના ભૂકાની જે ભાત રચાય છે તેનું અવલોકન કરો.



આકૃતિ 13.9

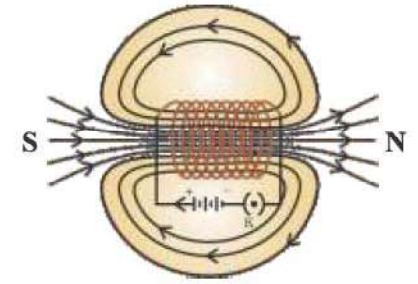
વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વર્તુળાકાર લૂપ વડે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર

### 13.2.4 સોલેનોઇડમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહને કારણે ચુંબકીય ક્ષેત્ર

#### (Magnetic Field due to a Current in a Solenoid)

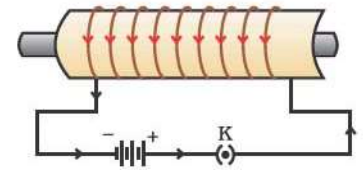
અલગ કરેલા તાંબાના તારના અત્યંત નજીક વિંટાળેલા ઘણા વર્તુળાકાર આંટા વડે બનતા નળાકારને સોલેનોઇડ કહે છે. વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સોલેનોઇડના કારણે રચાતી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓની ભાત આકૃતિ 13.10માં દર્શાવી છે. આકૃતિ 13.4માં દર્શાવેલ ગજિયા ચુંબકની ક્ષેત્રરેખાઓની ભાત સાથે આ ભાતની સરખામણી કરો. શું તે એકસમાન દેખાય છે ? હા, તે એકસમાન છે. હકીકતમાં સોલેનોઇડનો એક છેડો ચુંબકીય ઉત્તર ધ્રુવ અને બીજો છેડો ચુંબકીય દક્ષિણ ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે. સોલેનોઇડની અંદરના વિસ્તારમાં ક્ષેત્રરેખાઓ પરસ્પર સમાંતર એવી સુરેખાઓ છે. જે દર્શાવે છે કે સોલેનોઇડની અંદરના વિસ્તારમાં બધાં બિંદુએ ચુંબકીય ક્ષેત્ર સમાન હોય છે. એટલે કે, સોલેનોઇડના અંદરના વિસ્તારમાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર સમાન હોય છે.

સોલેનોઇડની અંદરના વિસ્તારમાં ઉદ્ભવતા ચુંબકીય ક્ષેત્રનો નરમ લોખંડ જેવા ચુંબકીય પદાર્થને ગૂંચળાની અંદર રાખી મેગ્નેટાઇઝ કરવા માટે ઉપયોગ થઈ શકે છે (આકૃતિ 13.11). આ રીતે બનતા ચુંબકને ઇલેક્ટ્રોમેગ્નેટ કહે છે.



આકૃતિ 13.10

વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સોલેનોઇડની અંદર તથા આસપાસ મળતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રની ક્ષેત્રરેખાઓ



આકૃતિ 13.11

વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સોલેનોઇડનો સ્ટીલના સળિયાને તેની અંદર મૂકી મેગ્નેટાઇઝ કરવા માટેનો ઉપયોગ - (ઇલેક્ટ્રોમેગ્નેટ બનાવવા)

### પ્રશ્નો

1. ટેબલના સમતલમાં રહેલ તારનું વર્તુળાકાર લૂપ ધ્યાનમાં લો. ધારો કે આ લૂપમાંથી સમઘડી દિશામાં પ્રવાહ પસાર થાય છે. જમણા હાથના નિયમનો ઉપયોગ કરી લૂપની અંદર તેમજ બહાર ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા શોધો.
2. આપેલ વિસ્તારમાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર સમાન છે. આ દર્શાવતી આકૃતિ દોરો.



3. સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો.

અતિ લાંબા સુરેખ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સોલેનોઇડના અંદરના વિસ્તારમાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર,

(a) શૂન્ય હોય છે.

(b) આપણે જેમ છોડા તરફ જઈએ તેમ ઘટતું જાય છે.

(c) આપણે જેમ છોડા તરફ જઈએ તેમ વધતું જાય છે.

(d) બધાં બિંદુઓએ સમાન હોય છે.



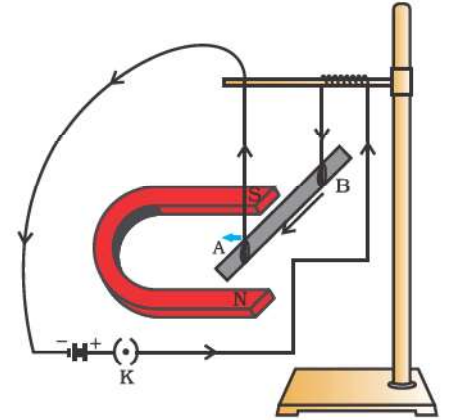
U6W3M7

### 13.3 ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકેલા વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહક પર લાગતું બળ (Force on a Current-Carrying Conductor in a Magnetic Field)

આપણે શીખી ગયાં છીએ કે વાહકમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ ચુંબકીય ક્ષેત્ર રચે છે. આ રીતે ઉદ્ભવતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર વાહકની નજીક રાખેલા ચુંબક પર બળ લગાડે છે. ફ્રેન્ચ વૈજ્ઞાનિક એન્ડ્રે મેરી એમ્પિયર (Andre Marie Ampere) (1775-1836) એ દર્શાવ્યું કે ચુંબક પણ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહક પર સમાન મૂલ્યનું અને વિરુદ્ધ દિશામાં બળ લગાડે છે. ચુંબકીય ક્ષેત્ર દ્વારા વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહક પર લાગતું બળ નીચેની પ્રવૃત્તિ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે :

#### પ્રવૃત્તિ 13.7

- આકૃતિ 13.12માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક નાનો એલ્યુમિનિયમનો સળિયો AB (લગભગ 5 cm) લંબાઈનો લો. આકૃતિ (13.12)માં દર્શાવ્યા મુજબ બે વાહક તાર વડે તેને સમક્ષિતિજ રહે તે રીતે સ્ટેન્ડ પરથી લટકાવો.
- એક પ્રબળ નાળચુંબકને એવી રીતે ગોઠવો કે સળિયો તેના બે ધ્રુવોની મધ્યમાં રહે તથા ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઊર્ધ્વ દિશામાં મળે. આ માટે ચુંબકનો ઉત્તર ધ્રુવ એલ્યુમિનિયમના સળિયાની નીચે અને દક્ષિણ ધ્રુવ ઉપર રહે તે રીતે ગોઠવો. (આકૃતિ 13.12)
- એલ્યુમિનિયમના સળિયાની સાથે શ્રેણીમાં બેટરી, કળ અને રિઓસ્ટેટ જોડો.
- હવે આ સળિયામાં B છેડાથી A છેડાની દિશામાં પ્રવાહ પસાર કરો.
- તમે શું અવલોકન કરો છો ? સળિયો ડાબી તરફ ખસતો જણાશે. સળિયો સ્થાનાંતર પામે છે તે તમે નોંધી શકશો.
- સળિયામાં વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ઊલટાવી સળિયાના સ્થાનાંતરની દિશા જુઓ. હવે તે જમણી તરફ છે. સળિયો કેમ સ્થાનાંતર પામે છે ?



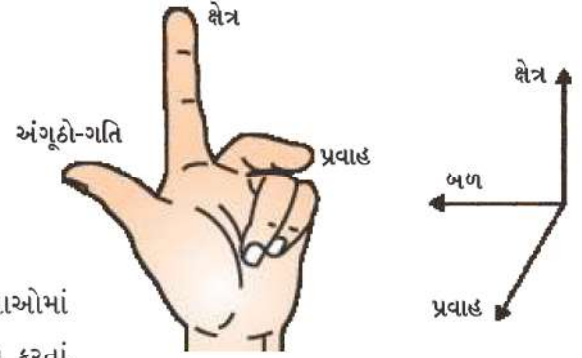
આકૃતિ 13.12 વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સળિયો AB: ચુંબકીય ક્ષેત્રને અને તેની લંબાઈને લંબ દિશામાં ચુંબકીય બળ અનુભવે છે. લોહચુંબકનો આધાર અહીં સરળતા ખાતર બતાવેલ નથી

ઉપરની પ્રવૃત્તિમાં થતું સળિયાનું સ્થાનાંતર સૂચવે છે કે વિદ્યુતપ્રવાહધારિત એલ્યુમિનિયમના સળિયાને જ્યારે ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકવામાં આવે ત્યારે તેના પર બળ લાગે છે. તે એમ પણ સૂચવે છે કે વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ઊલટાવતાં બળની દિશા પણ ઊલટાય છે. હવે ચુંબકના બંને ધ્રુવોની અદલાબદલી કરી ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા શિરોલંબ નીચેની દિશામાં કરો. ફરીથી જોઈ શકાય છે કે વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સળિયા પર લાગતા બળની દિશા ઊલટાય છે. આ દર્શાવે છે કે વાહક પર લાગતા બળની દિશા વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા તથા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા પર આધાર રાખે છે. પ્રયોગો એવું દર્શાવે છે કે સળિયાનું સ્થાનાંતર ત્યારે મહત્તમ હોય છે (અથવા બળનું માન મહત્તમ હોય



છે) જ્યારે વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશાને લંબ હોય. આવી પરિસ્થિતિમાં આપણે વાહક તાર પર લાગતા બળની દિશા શોધવા માટે એક સરળ નિયમનો ઉપયોગ કરી શકીએ.

પ્રવૃત્તિ 13.7માં આપણે ધારી લીધું હતું કે, વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા અને ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા પરસ્પર લંબ લીધેલ છે અને જણાયું છે કે બળ આ બંનેને લંબ દિશામાં હોય છે. આ ત્રણેય દિશાઓ એક સરળ નિયમ દ્વારા કે જેને ફ્લેમિંગના ડાબા હાથનો નિયમ કહે છે તેના વડે દર્શાવી શકાય છે. આ નિયમ પ્રમાણે તમારા ડાબા હાથનો અંગૂઠો, પ્રથમ આંગળી અને વચ્ચેની આંગળી આ ત્રણેયને એવી રીતે પ્રસારો કે જેથી તેઓ પરસ્પર લંબ રહે (આકૃતિ 13.13). જો પ્રથમ આંગળી ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશામાં હોય અને બીજી આંગળી વિદ્યુતપ્રવાહની દિશામાં હોય તો અંગૂઠાની દિશા ગતિની દિશા અથવા વાહક પર લાગતા બળની દિશા દર્શાવે છે.



આકૃતિ 13.13

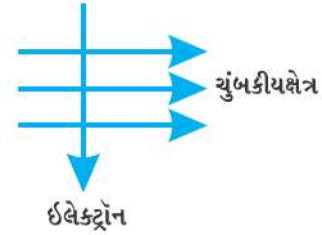
ફ્લેમિંગનો ડાબા હાથનો નિયમ

વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહક અને ચુંબકીય ક્ષેત્ર ધરાવતી રચનાઓમાં વિદ્યુતમોટર, વિદ્યુત જનરેટર, લાઉડ સ્પીકર, માઈક્રોફોન અને માપન કરતાં સાધનોનો સમાવેશ થાય છે. હવે પછીના થોડા વિભાગોમાં આપણે વિદ્યુત-મોટર અને જનરેટર વિશેનો અભ્યાસ કરીશું.

### ઉદાહરણ 13.2

આકૃતિ 13.14માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક ઇલેક્ટ્રોન ચુંબકીય ક્ષેત્રને લંબરૂપે દાખલ થાય છે. ઇલેક્ટ્રોન પર લાગતા બળની દિશા

- જમણી બાજુ હશે.
- ડાબી બાજુ હશે.
- પાનાની બહાર તરફની દિશામાં હશે.
- પાનાની અંદર તરફ જતી દિશામાં હશે.



આકૃતિ 13.14

### ઉકેલ

ઉત્તર છે વિકલ્પ (d) બળની દિશાએ ફ્લેમિંગના નિયમ મુજબ ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા અને પ્રવાહ એમ બંને દિશાને લંબ દિશામાં હોય છે. યાદ કરો કે, પ્રવાહની દિશા ઇલેક્ટ્રોનની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં લીધી છે. આથી, બળ પાનાને લંબ અંદર તરફની દિશામાં હશે.

### પ્રશ્નો

1. જ્યારે એક પ્રોટોન ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મુક્ત રીતે ગતિ કરે છે ત્યારે નીચેના પૈકી કયો ગુણધર્મ બદલાશે ? (એક કરતાં વધુ સાચા જવાબ હોઈ શકે છે.)

- દળ
- ઝડપ
- વેગ
- વેગમાન



2. પ્રવૃત્તિ 13.7માં નીચેના કિસ્સામાં સળિયા ABના સ્થાનાંતર પર શું અસર થશે ? (i) સળિયા AB માંથી પસાર થતો પ્રવાહ વધે. (ii) વધુ પ્રબળ નાળયુંબકનો ઉપયોગ કરવામાં આવે. (iii) સળિયા AB ની લંબાઈ વધારવામાં આવે.
3. પશ્ચિમ દિશામાં પ્રક્ષિપ્ત કરેલ ધન વિદ્યુતભારિત કણ (આલ્ફા-કણ)નું ચુંબકીય ક્ષેત્ર દ્વારા ઉત્તર દિશામાં વિચલન થાય છે, તો ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા
  - (a) દક્ષિણ તરફ છે. (b) પશ્ચિમ તરફ છે.
  - (c) અધોદિશામાં છે. (d) ઊર્ધ્વદિશામાં છે.

વધુ જાણવા જેવું !

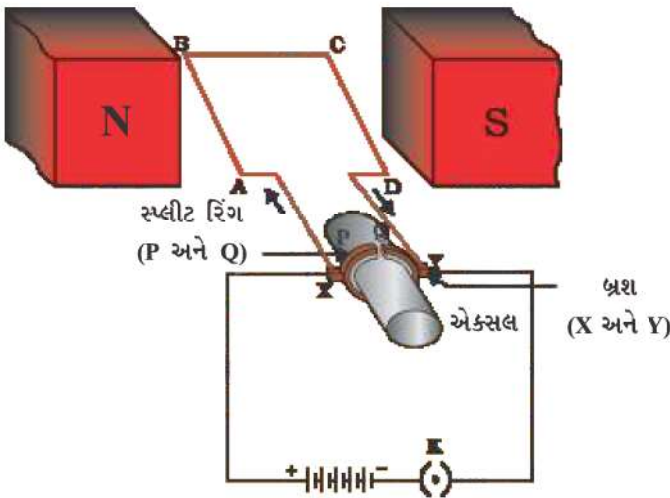
#### તબીબી ક્ષેત્રમાં ચુંબકત્વ

વિદ્યુતપ્રવાહ હંમેશાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. આપણા શરીરના ચેતાકોષોમાં વહેતાં નબળાં આયન-પ્રવાહો પણ ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. આપણે કોઈક વસ્તુને સ્પર્શ કરીએ છીએ ત્યારે આપણી ચેતાઓ આપણે જે સ્નાયુઓનો ઉપયોગ કરીએ છીએ ત્યાં સુધી વિદ્યુતઆવેગને લઈ જાય છે. આ આવેગ ક્ષણિક ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરે છે. આ ક્ષેત્રો ખૂબ જ નબળા અને આપણી પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રના 100 કરોડમાં ભાગ જેટલા હોય છે. મનુષ્યના શરીરમાં બે મુખ્ય અંગ કે જેમાં ગણનાપાત્ર ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન થાય છે તે અંગો હૃદય અને મગજ છે. શરીરમાં રહેલ ચુંબકીય ક્ષેત્ર, શરીરના જુદા-જુદા ભાગોના પ્રતિબિંબ મેળવવા માટેનો આધાર રચે છે. આ જે તકનીકની મદદથી કરવામાં આવે છે તેને મેગ્નેટિક રેઝોનન્સ ઈમેજિંગ (MRI) કહે છે. આ પ્રતિબિંબોનું પૃથક્કરણ તબીબી નિદાનમાં મદદરૂપ છે. આમ, ચુંબકત્વના તબીબી ક્ષેત્રે મહત્વના ઉપયોગ છે.

### 13.4 વિદ્યુતમોટર (Electric Motor)

વિદ્યુતમોટર એ એક ભ્રમણ કરતી એવી રચના છે, જે વિદ્યુતઊર્જાનું યાંત્રિકઊર્જામાં રૂપાંતર કરે છે. વિદ્યુતમોટર એ વિદ્યુતપંખા, રેફ્રિજરેટર, મિક્સર, વોશિંગ મશીન, કમ્પ્યુટર, MP3 પ્લેયર વગેરેમાં વપરાતો મહત્વનો ઘટક છે. શું તમે જાણો છો કે વિદ્યુતમોટર કેવી રીતે કાર્ય કરે છે ?

આકૃતિ 13.15માં બતાવ્યા પ્રમાણે વિદ્યુતમોટરમાં અવાહક આવરણ ધરાવતા તાંબાના તારનું લંબચોરસ ગૂંચળું ABCD આવેલું હોય છે. આ ગૂંચળાને ચુંબકીય ક્ષેત્રના બે ધ્રુવો વચ્ચે એવી રીતે મૂકવામાં આવે છે કે તેની AB અને CD ભૂજાઓ ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશાને લંબ રહે. ગૂંચળાના



આકૃતિ 13.15  
સરળ વિદ્યુતમોટર

બે છેડાઓને એક રિંગના બે અડધિયા (સ્પ્લિટ રિંગ) P અને Q સાથે જોડવામાં આવે છે. આ અડધિયાની અંદરની બાજુ અવાહક હોય છે અને એક્સલ (ધરી) સાથે જોડેલી હોય છે. P અને Q ની બહારની વાહક બાજુ આકૃતિ 13.15માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બે સ્થાયી અને વાહક બ્રશ X અને Y સાથે સંપર્કમાં હોય છે.

ઉદ્ગમ બેટરીમાંથી આવતો વિદ્યુતપ્રવાહ ગૂંચળા ABCDમાં બ્રશ X મારફત દાખલ થાય છે અને બ્રશ Y દ્વારા પુનઃ બેટરી સુધી પહોંચે છે. અહીં નોંધો કે AB ભૂજામાં પ્રવાહ Aથી B અને CD ભૂજામાં પ્રવાહ Cથી D તરફ વહે છે, એટલે કે ભૂજા AB માંથી વહેતા પ્રવાહની વિરુદ્ધ દિશામાં વહે છે. ફ્લેમિંગના ડાબા હાથના નિયમ (જુઓ આકૃતિ 13.13)ની મદદથી ચુંબકીય બળની દિશા શોધી શકાય છે. આપણને જણાય છે કે AB ભૂજા પર લાગતું

વિજ્ઞાન



બળ તેને અધોદિશામાં ધકેલે છે જ્યારે CD ભૂજા પર લાગતું બળ તેને ઊર્ધ્વદિશામાં ધકેલે છે. આમ, ગૂંચળું અને એક્સલ અક્ષની ફરતે મુક્ત ભ્રમણ કરી શકે છે અને તે વિષમઘડી દિશામાં ભ્રમણ કરે છે. અર્ધપરિભ્રમણ બાદ, Q બ્રશ X સાથે અને P બ્રશ Y સાથે સંપર્કમાં આવે છે. આથી ગૂંચળામાંથી વહેતા પ્રવાહની દિશા ઊલટાય છે અને DCBA માર્ગ પર વહે છે. પરિપથમાંથી વહેતા પ્રવાહની દિશા ઊલટાવે તેવાં સાધનને દિશા-પરિવર્તક (કમ્યુટેટર Commutator) કહે છે. વિદ્યુતમોટરમાં સ્પ્લીટ રિંગ કમ્યુટેટર તરીકે કાર્ય કરે છે. વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ઊલટાતાં ગૂંચળાની ભૂજાઓ AB અને CD પર લાગતાં બળોની દિશા પણ ઊલટાય છે. આમ, ગૂંચળાની ભૂજા AB પર અગાઉ અધોદિશામાં બળ લાગતું હતું, હવે ઊર્ધ્વદિશામાં લાગે છે અને ગૂંચળાની ભૂજા CD પર અગાઉ ઊર્ધ્વદિશામાં બળ લાગતું હતું, હવે અધોદિશામાં લાગે છે. આથી, ગૂંચળું અને એક્સલ બીજું અર્ધ પરિભ્રમણ એ જ દિશામાં પૂરું કરે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ ઊલટાવાની આ ક્રિયા દર અર્ધ પરિભ્રમણે પુનરાવર્તિત થાય છે, જે ગૂંચળા અને એક્સલનું સતત ભ્રમણ ચાલુ રાખે છે.

ઔદ્યોગિક મોટરમાં (i) કાયમી ચુંબકના સ્થાને ઇલેક્ટ્રોમેગ્નેટ (ii) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત ગૂંચળામાં ખૂબ જ વધારે સંખ્યાના આંટાઓ અને (iii) નરમ લોખંડના ગર્ભ પર ગૂંચળાને વીંટાળેલું હોય છે. નરમ લોખંડનો ગર્ભ કે જેના પર ગૂંચળું વીંટાળેલું હોય તે તથા ગૂંચળાને સંયુક્ત રીતે આર્મેચર (armature) કહે છે. જેના દ્વારા મોટરના પાવરમાં વૃદ્ધિ થાય છે.

### પ્રશ્નો

1. ફ્લેમિંગના ડાબા હાથના નિયમનું વિધાન લખો.
2. વિદ્યુતમોટરનો સિદ્ધાંત શું છે ?
3. વિદ્યુતમોટરમાં સ્પ્લીટ રિંગની ભૂમિકા શું છે ?



## 13.5 વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણ (Electromagnetic Induction)

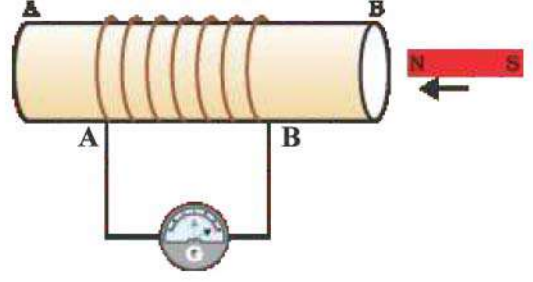
આપણે શીખી ગયાં કે જ્યારે વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહકને ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં એવી રીતે રાખવામાં આવે કે વિદ્યુતપ્રવાહ ચુંબકીય ક્ષેત્રને લંબરૂપે હોય ત્યારે તે વાહક, બળ અનુભવે છે. આ બળના કારણે વાહક ગતિ કરે છે. હવે એવી પરિસ્થિતિનો વિચાર કરીએ કે વાહક ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ગતિ કરે અથવા સ્થિર વાહકની આસપાસનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર બદલાય. આ સ્થિતિમાં શું થશે ? આનો સર્વપ્રથમ અભ્યાસ અંગ્રેજ ભૌતિકશાસ્ત્રી માઈકલ ફેરેડે એ કર્યો હતો. 1831માં ફેરેડે એ ગતિમાન ચુંબક દ્વારા વિદ્યુતપ્રવાહ કેવી રીતે ઉત્પન્ન કરી શકાય તે શોધી મહત્ત્વનું કાર્ય કર્યું. આ અસરને જોવા ચાલો નીચેની પ્રવૃત્તિ કરીએ :



### પ્રવૃત્તિ 13.8

- AB તારનું ગૂંચળું લો કે જેને ઘણા આંટાઓ હોય.
- આ ગૂંચળાના છેડાઓને આકૃતિ 13.16માં દર્શાવ્યા મુજબ ગેલ્વેનોમિટર સાથે જોડો.
- એક પ્રબળ ગજિયો ચુંબક લો અને તેનો ઉત્તર ધ્રુવ ગૂંચળાના B છેડા તરફ રહે તે રીતે તેને ગતિ આપો. તમને ગેલ્વેનોમિટરના દર્શકમાં કોઈ ફેરફાર દેખાય છે ?

- ગેલ્વેનોમિટરમાં દર્શકનું ક્ષણિક આવર્તન મળે છે (ધારો કે જમણી તરફ). જે ગૂંચળા AB માં વિદ્યુતપ્રવાહની હાજરીનું સૂચન કરે છે. જે ક્ષણે ચુંબકની ગતિ બંધ કરવામાં આવે છે તે ક્ષણે આવર્તન શૂન્ય થાય છે.
- હવે ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવને ગૂંચળાથી દૂરની તરફ ખેંચી લો. ગેલ્વેનોમિટરમાં ડાબી બાજુ આવર્તન મળે છે. જે દર્શાવે છે કે વિદ્યુતપ્રવાહ અગાઉ કરતાં વિરુદ્ધ દિશામાં ઉદ્ભવે છે.
- ચુંબકને તેનો ઉત્તર ધ્રુવ ગૂંચળા તરફ રહે તે રીતે B છેડા પાસે સ્થિર કરો. આપણે જોઈએ છીએ કે જ્યારે ગૂંચળાને ચુંબક તરફ ગતિ આપવામાં આવે છે ત્યારે દર્શક જમણી તરફ આવર્તન દર્શાવે છે, એ જ રીતે જ્યારે ગૂંચળાને ચુંબકથી દૂર તરફ ગતિ આપવામાં આવે છે ત્યારે દર્શક ડાબી તરફ આવર્તન બતાવે છે.
- જ્યારે ગૂંચળાને ચુંબકની સાપેક્ષ સ્થિર રાખવામાં આવે છે ત્યારે ગેલ્વેનોમિટરનું આવર્તન ઘટીને શૂન્ય થઈ જાય છે. આ પ્રવૃત્તિ પરથી તમે શું નિષ્કર્ષ તારવશો ?



આકૃતિ 13.16

ચુંબકને ગૂંચળા તરફ ગતિ કરાવતાં તે ગૂંચળાના પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહનું નિર્માણ કરે છે. જે ગેલ્વેનોમિટરની સોયના કોણવર્તન દ્વારા દર્શાવાય છે



ગેલ્વેનોમીટર એક એવી રચના છે કે જે પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહની હાજરીની પરખ કરે છે. તેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થતો ન હોય ત્યારે દર્શક (સોય) શૂન્ય (સ્કેલના મધ્યમાં) પર રહે છે. જ્યારે તેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પ્રસાર થાય છે ત્યારે વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા પર આધારિત તે શૂન્ય આંકની ડાબી અથવા જમણી તરફ આવર્તન દર્શાવે છે.

તમે એ પણ ચકાસી શકો છો કે જો ચુંબકના દક્ષિણ ધ્રુવને ગૂંચળા તરફ રાખી ઉપરનો પ્રયોગ કરવામાં આવે તો ગેલ્વેનોમિટરના દર્શકનું (સોયનું) મળતું આવર્તન અગાઉ કરતાં વિરુદ્ધ દિશામાં હોય છે. જ્યારે ગૂંચળું અને ચુંબક બંને સ્થિર હોય ત્યારે ગેલ્વેનોમિટરમાં આવર્તન મળતું નથી. આ પ્રવૃત્તિ પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે ચુંબકની ગૂંચળાને સાપેક્ષ ગતિ વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત પ્રેરિત કરે છે, જેના કારણે પરિપથમાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહ રચાય છે.

#### માઈકલ ફેરેડે (Michael Faraday) (1791-1867)



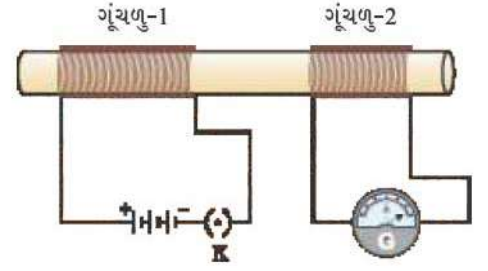
માઈકલ ફેરેડે પ્રયોગકારી ભૌતિકશાસ્ત્રી હતા. તેમની પાસે કોઈ ઔપચારિક શિક્ષણ ન હતું. પ્રારંભનાં વર્ષોમાં તે બુક-બાઈન્ડિંગની દુકાનમાં કામ કરતા હતા. જે પુસ્તકો બાઈન્ડિંગ માટે આવે તે વાંચતા હતા. આ રીતે ફેરેડે એ એમના વિજ્ઞાનમાં રસને આગળ ધપાવ્યો હતો. તેમને રોયલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટના હંફી ડેવીના કેટલાક જાહેર પ્રવચનો સાંભળવાની તક મળી હતી. તેઓ ડેવીના વક્તવ્યોની કાળજીપૂર્વક નોંધ કરતા અને તે ડેવીને મોકલતા હતા. તેમને તરત જ રોયલ ઇન્સ્ટિટ્યૂટમાં ડેવીની પ્રયોગશાળામાં આસિસ્ટન્ટ બનાવવામાં આવ્યા. ફેરેડે એ ઘણી અવનવી શોધો કરી, જેમાં વિદ્યુત ચુંબકીય પ્રેરણ અને વિદ્યુત પૃથક્કરણના નિયમોનો સમાવેશ થાય છે. ઘણી યુનિવર્સિટીઓએ તેમને માનદ પદવીઓ આપવાની ઓફર કરી હતી પરંતુ તેમણે તે નકારી હતી. ફેરેડેને બહુમાન કરતાં તેમના વિજ્ઞાનના કાર્ય વધુ પ્રિય હતા.



હવે આપણે પ્રવૃત્તિ 13.8માં કંઈક પરિવર્તન કરીએ કે જેમાં ગતિમાન ચુંબકને સ્થાને વિદ્યુતપ્રવાહધારિત ગૂંચળું લઈએ અને તેમાં વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહનું મૂલ્ય બદલી શકાય.

### પ્રવૃત્તિ 13.9

- તાંબાના તારના બે ગૂંચળા લો કે જેમાં આંટાની સંખ્યા ખૂબ જ વધારે હોય (ધારો કે 50 અને 100 આંટાઓ) આ ગૂંચળાઓને આકૃતિ 13.17માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એ અવાહક નળાકાર રોલ પર દાખલ કરો. (તમે આ માટે જાડા પેપર રોલનો ઉપયોગ કરી શકો.)
- જેમાં આંટાઓની સંખ્યા વધુ છે તે ગૂંચળા-1 ને બેટરી અને પ્લગ કળ સાથે શ્રેણીમાં જોડો તથા બીજા ગૂંચળા-2 ને દર્શાવ્યા પ્રમાણે ગેલ્વેનોમિટર સાથે જોડો.
- કળમાં પ્લગ મૂકો. ગેલ્વેનોમિટરનું અવલોકન કરો. શું તેનો દર્શક કોઈ કોણાવર્તન દર્શાવે છે ? તમે જોશો કે ગેલ્વેનોમિટરની સોય ક્ષણિક એક દિશામાં આવર્તન અનુભવી તે જ ઝડપથી ફરી શૂન્ય પર આવી જાય છે. તે ગૂંચળા-2 માં ઉત્પન્ન થતા ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહનું સૂચન કરે છે.
- ગૂંચળા-1નું બેટરીથી જોડાણ દૂર કરો. તમે જોશો કે દર્શક ક્ષણિક આવર્તન અનુભવશે, પરંતુ તે વિરુદ્ધ દિશામાં હશે. તેનો અર્થ એ થયો કે હવે ગૂંચળા-2 માં વહેતો પ્રવાહ વિરુદ્ધ દિશામાં હશે.



આકૃતિ 13.17

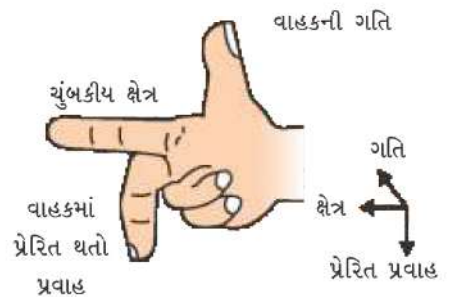
ગૂંચળા-1માંથી વહેતા પ્રવાહમાં ફેરફાર કરતાં ગૂંચળા-2માં પ્રવાહ પ્રેરિત થાય છે

આ પ્રવૃત્તિમાં આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે ગૂંચળા-1માં જેવો વિદ્યુતપ્રવાહ કોઈ અચળ મૂલ્ય ધારણ કરે કે શૂન્ય થાય કે તરત ગૂંચળા-2 સાથે જોડેલ ગેલ્વેનોમિટર કોઈ આવર્તન દર્શાવતું નથી.

આ અવલોકનો પરથી આપણે એ નિષ્કર્ષ કાઢી શકીએ કે, જ્યારે પણ ગૂંચળા-1માંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહના મૂલ્યમાં ફેરફાર થાય છે (પ્રવાહ વહેવાનો ચાલુ થાય કે બંધ થાય) ત્યારે ગૂંચળા-2માં વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત પ્રેરિત થાય છે. ગૂંચળા-1 ને પ્રાથમિક ગૂંચળું તથા ગૂંચળા-2 ને ગૌણ ગૂંચળું કહે છે. જેવો પ્રથમ ગૂંચળામાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર થાય છે કે તરત તેની સાથે સંકળાયેલ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં પણ ફેરફાર થાય છે. તેથી બીજા ગૂંચળાની આજુબાજુ રહેલા ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓમાં ફેરફાર થવાને કારણે તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પ્રેરિત થાય છે. આ પ્રક્રિયા કે જેના દ્વારા કોઈ વાહકના બદલાતા જતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રને કારણે અન્ય વાહકમાં વિદ્યુતપ્રવાહપ્રેરિત થાય છે તેને વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણ કહે છે. વ્યવહારમાં આપણે કોઈ ગૂંચળામાં વિદ્યુતપ્રવાહ કાં તો કોઈ ચુંબક ક્ષેત્રમાં ગતિ કરાવીને તે અથવા તેની આજુબાજુ રહેલા ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ફેરફાર કરીને, પ્રેરિત કરી શકીએ છીએ મોટા ભાગની પરિસ્થિતિઓમાં ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ગતિ કરવી વધારે સગવડ ભરી છે.

જ્યારે ગૂંચળાની ગતિની દિશા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશાને લંબરૂપે હોય છે ત્યારે ગૂંચળામાં ઉત્પન્ન થતો પ્રેરિત પ્રવાહ મહત્તમ જણાય છે. આ સ્થિતિમાં પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા શોધવા માટે આપણે એક સરળ નિયમનો ઉપયોગ કરી શકીએ છીએ. આ નિયમ અનુસાર, જમણા હાથની તર્જની (પ્રથમ આંગળી), મધ્યમાન આંગળી તથા અંગૂઠાને આકૃતિ 13.18માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એવી રીતે પ્રસારો કે ત્રણેય એકબીજાને લંબ રહે. જો તર્જની ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશાનું સૂચન કરતી હોય તથા અંગૂઠો વાહકની ગતિની દિશાનું સૂચન કરતો હોય તો મધ્યમા આંગળી પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા દર્શાવે છે આ સરળ નિયમને ફ્લેમિંગનો જમણા હાથનો નિયમ કહે છે.

વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસરો



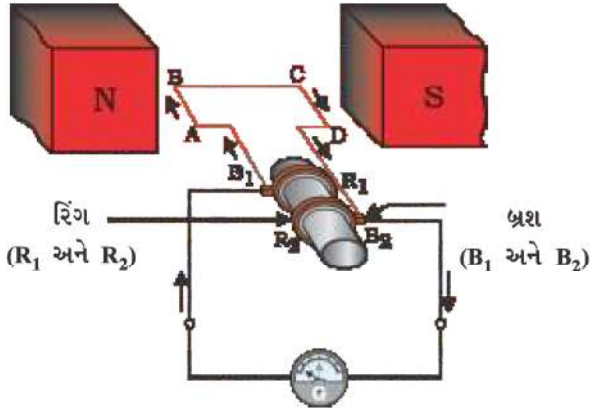
આકૃતિ 13.18

ફ્લેમિંગનો જમણા હાથનો નિયમ

### 13.6 વિદ્યુત જનરેટર (Electric Generator)

વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણની ઘટના પર આધારિત જે પ્રયોગોનો આપણે અગાઉ અભ્યાસ કર્યો તેમાં ખૂબ નાના મૂલ્યનો વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. આ સિદ્ધાંતનો ઉપયોગ ઘર તેમજ ઉદ્યોગોમાં વપરાતા મોટા મૂલ્યના વિદ્યુતપ્રવાહો ઉત્પન્ન કરવા માટે પણ કરવામાં આવે છે. વિદ્યુત જનરેટરમાં વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરવા માટે વાહકને ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં પરિભ્રમણ કરાવવા યાંત્રિકઊર્જા વપરાય છે.

વિદ્યુત જનરેટરમાં આકૃતિ 13.19 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પરિભ્રમણ કરતું એક લંબચોરસ ગૂંચળું



આકૃતિ 13.19

વિદ્યુત જનરેટરના સિદ્ધાંતનું નિદર્શન

ABCD એક કાયમી ચુંબકના બે ધ્રુવો વચ્ચે મૂકવામાં આવે છે. ગૂંચળાના બે છેડા રિંગ  $R_1$  અને  $R_2$  સાથે જોડવામાં આવે છે. રિંગની અંદરની બાજુઓ અવાહક કરેલી હોય છે. બે સ્થિર વાહક બ્રશ  $B_1$  અને  $B_2$  ને બંને રિંગ  $R_1$  અને  $R_2$  સાથે દબાણથી સંપર્કમાં રાખવામાં આવે છે. બંને રિંગ  $R_1$  અને  $R_2$ ને આંતરિક રીતે એક ધરી (axle) સાથે જોડેલ હોય છે. આ ધરીને બહારથી યાંત્રિક રીતે પરિભ્રમણ કરાવવાથી ગૂંચળું ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં પરિભ્રમણ કરે છે. બંને બ્રશના બહારના છેડાઓને ગેલ્વેનોમિટર સાથે જોડવામાં આવે છે, જે બાહ્ય પરિપથમાં વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ દર્શાવે છે.

હવે બંને રિંગ સાથે જોડાયેલી ધરીને એવી રીતે પરિભ્રમણ કરાવવામાં આવે છે કે જેથી કાયમી ચુંબક દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલ ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં AB ભૂજા ઉપરની તરફ ગતિ કરે (અને CD ભૂજા નીચેની તરફ ગતિ કરે). ધારો કે આકૃતિ 13.19માં દર્શાવેલ ગોઠવણીમાં ગૂંચળું ABCD સમઘડીમાં પરિભ્રમણ કરે છે. ફ્લેમિંગના જમણા હાથના નિયમ પ્રમાણે ગૂંચળાની ભૂજાઓમાં પ્રેરિત પ્રવાહ AB અને CD દિશાઓમાં ઉત્પન્ન થાય છે. આમ, ગૂંચળામાં ABCD દિશામાં પ્રવાહ વહે છે. જો ગૂંચળામાં આંટાઓની સંખ્યા વધારે હોય તો તે દરેક આંટામાં ઉત્પન્ન થયેલ પ્રવાહોનો સરવાળો થઈ ગૂંચળામાં મોટો પ્રવાહ મળે છે. આનો અર્થ એ છે કે બાહ્ય પરિપથમાં પ્રવાહ  $B_2$  થી  $B_1$  તરફ વહે છે.

અર્ધચક્ર પછી CD ભૂજા ઉપરની તરફ અને AB ભૂજા નીચેની તરફ ગતિ કરવા માંડે છે. પરિણામે બંને બાજુઓમાં ઉત્પન્ન થતા પ્રેરિત પ્રવાહોની દિશા બદલાય છે અને પરિણામે પ્રેરિત પ્રવાહ DCBA તરફ વહે છે. હવે બાહ્ય પરિપથમાં પ્રેરિત પ્રવાહ  $B_1$  થી  $B_2$  તરફ વહે છે. આમ, પ્રત્યેક અર્ધ પરિભ્રમણ પછી પ્રવાહના ધ્રુવત્વ (polarity) અનુરૂપ બાજુઓમાં બદલાય છે. આવો પ્રવાહ કે જે સમાન સમયગાળા પછી દિશા બદલે છે તેને ઊલટસૂલટ (ઓલ્ટરનેટિંગ પ્રવાહ) (ટૂંકમાં AC) કહે છે. આ રચનાને AC જનરેટર કહે છે.



એકદિશ પ્રવાહ (DC, કે જે સમય સાથે દિશા બદલતો નથી) મેળવવા માટે વિભાજિત રિંગ (સ્પ્લીટ રિંગ) જેવા કમ્યુટેટરનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આ પ્રકારની ગોઠવણમાં એક બ્રશ એ હંમેશાં બાહ્ય ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ઉપરની દિશામાં ગતિ કરતી બાજુના સંપર્કમાં રહે છે અને બીજું બ્રશ હંમેશાં નીચેની દિશામાં ગતિ કરતી બાજુના સંપર્કમાં રહે છે. આપણે સ્પ્લીટ રિંગ કમ્યુટેટરનું કાર્ય વિદ્યુતમોટર (આકૃતિ 13.15)ના કિસ્સામાં જોયેલું છે. આમ, એક દિશામાં વહેતો પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. આવું જનરેટર DC જનરેટર કહેવાય છે.

એક દિશા (direct) અને ઊલટસૂલટ (alternating) પ્રવાહ વચ્ચેનો તફાવત એ છે કે, એકદિશ પ્રવાહ હંમેશાં એક દિશામાં વહે છે, જ્યારે ઊલટસૂલટ પ્રવાહ તેની દિશા સમયાંતરે ઊલટાવે છે. હાલના સમયમાં રચાયેલા મોટા ભાગના પાવર સ્ટેશન AC વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરે છે. ભારતમાં AC વિદ્યુતપ્રવાહ દર 1/100 સેકન્ડે દિશા બદલે છે. એટલે કે AC વિદ્યુતપ્રવાહની આવૃત્તિ 50 Hz છે DC વિદ્યુતપ્રવાહ કરતાં AC વિદ્યુતપ્રવાહનો મહત્વનો ફાયદો એ છે કે ઊર્જાના વધારે વ્યય વિના વિદ્યુતપાવર દૂરના અંતર સુધી મોકલી શકાય છે.

### પ્રશ્નો

1. ઇલેક્ટ્રિક જનરેટરનો સિદ્ધાંત જણાવો.
2. એકદિશ પ્રવાહ (DC પ્રવાહ)ના કેટલાક સ્રોતનાં નામ આપો.
3. કયો સ્રોત ઊલટસૂલટ પ્રવાહ (AC પ્રવાહ) ઉત્પન્ન કરે છે ?
4. સાચો વિકલ્પ પસંદ કરો.

તાંબાના તારનું એક લંબચોરસ ગૂંચળું ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં પરિભ્રમણ કરે છે તેમાં પ્રેરિત થતા વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા દર ..... પછી બદલાય છે.

- |                |                  |
|----------------|------------------|
| (a) બે ભ્રમણ   | (b) એક ભ્રમણ     |
| (c) અડધા ભ્રમણ | (d) એક ચતુર્થાંશ |



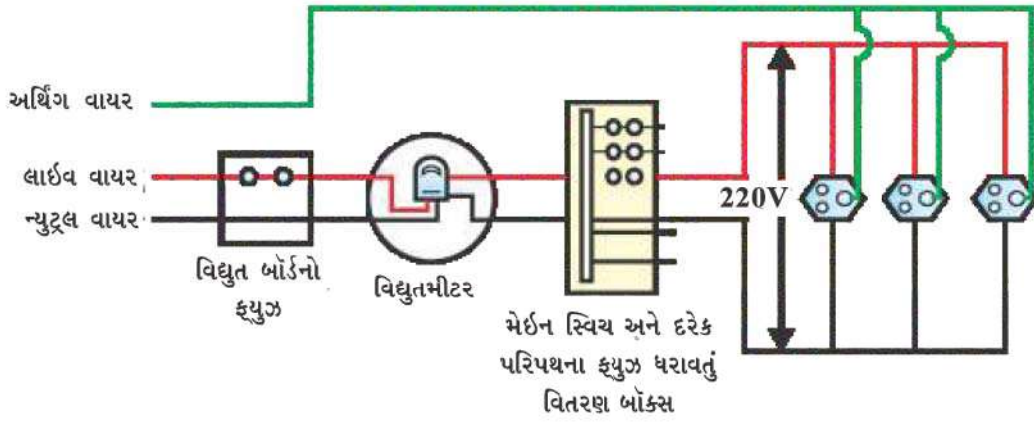
### 13.7 ઘરેલુ વિદ્યુત-પરિપથો (Domestic Electric Circuits)

આપણે આપણા ઘરોમાં વિદ્યુતપાવર મુખ્ય સપ્લાય (જેને મેઈન્સ પણ કહે છે) કે જે ઓવરહેડ ટેકવેલ વિદ્યુતના થાંભલા અથવા ભૂમિગત કેબલો દ્વારા પ્રાપ્ત કરીએ છીએ. સપ્લાયમાં રહેલા વાયરો પૈકી એક વાયર પર લાલ અવાહક આવરણ લગાડેલ છે, તેને લાઈવ (જીવંત) વાયર (અથવા Positive) કહે છે. બીજો વાયર કે જેની પર કાળુ અવાહક આવરણ લગાડેલ હોય છે તેને ન્યુટ્રલ (neutral) વાયર (અથવા negative) કહે છે. આપણા દેશમાં આ બે વાયરો વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત 220V હોય છે.

ઘરમાં લગાડેલ મીટર-બોર્ડમાં આ વાયરો મુખ્ય ફ્યુઝમાંથી પસાર થઈ એક વિદ્યુતમીટરમાં દાખલ થાય છે. તેમને મેઈન સ્વિચમાંથી પસાર કરી ઘરના લાઈન વાયરો સાથે જોડવામાં આવે છે. આ વાયરો ઘરમાં જુદાં-જુદાં પરિપથોને વિદ્યુતઊર્જા પૂરી પાડે છે. ઘણી વાર ઘરોમાં બે અલગ પરિપથ હોય છે. એક 15 A વિદ્યુતપ્રવાહ રેટિંગ ધરાવતો પરિપથ ગિઝર, એરકૂલર વગેરે જેવા વધુ પાવર રેટિંગ ધરાવતા વિદ્યુત ઉપકરણો માટે વપરાય છે. જ્યારે બીજો 5 A વિદ્યુતપ્રવાહ રેટિંગ ધરાવતો પરિપથ બલ્બ, પંખા વગેરે જેવાં સાધનો માટે વપરાય છે. જેના પર લીલા કલરનું અવાહક આવરણ લગાડેલ હોય છે તે અર્થિંગ વાયર મોટે ભાગે ઘરની નજીક જમીનમાં ધાતુની પ્લેટ સાથે જોડેલ હોય છે. આ તારનો ઉપયોગ મોટે ભાગે ઇલેક્ટ્રિક ઈસ્ટ્રી, ટોસ્ટર, ટેબલ ફેન, રેફ્રિજરેટર વગેરે ધાતુનું આવરણ ધરાવતાં વિદ્યુત સાધનોમાં સુરક્ષાના ઉપાય સંદર્ભે કરવામાં આવે છે. આ અર્થિંગ વાયરને આવાં સાધનોની ધાતુની સપાટી સાથે જોડવામાં આવે છે જે વિદ્યુતપ્રવાહ માટે ઓછા અવરોધનો વહન-પથ પૂરો પાડે છે. આમ, ઉપકરણના ધાતુના આવરણ પર કોઈ પ્રવાહનો લીકેજ થાય તો તે અર્થિંગ દ્વારા સીધો જમીનમાં જાય અને સાધનનું વિદ્યુતસ્થિતિમાન જમીનના વિદ્યુતસ્થિતિમાન જેટલું જાળવે છે અને પરિણામ સ્વરૂપ સાધનનો ઉપયોગ કરતા વ્યક્તિને તીવ્ર વિદ્યુત આંચકો (shock) લાગતો નથી.

વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબકીય અસરો





આકૃતિ 13.20 એક સામાન્ય ઘરેલું વિદ્યુત-પરિપથનું રેખાચિત્ર

આકૃતિ 13.20માં એક સામાન્ય ઘરેલું વિદ્યુત-પરિપથનું રેખાચિત્ર દર્શાવેલ છે. દરેક અલગ પરિપથમાં અલગ-અલગ ઉપકરણો લાઈવ અને ન્યુટ્રલ વાયરો વચ્ચે જોડવામાં આવે છે. દરેક ઉપકરણોને અલગ ON/OFF સ્વિચ હોય છે, જેથી ઇચ્છાનુસાર તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરી શકાય. દરેક ઉપકરણને સમાન વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત મળે તે માટે તેમને એકબીજા સાથે સમાંતર જોડવામાં આવે છે.

બધાં ઘરેલું પરિપથોમાં વિદ્યુત ફ્યુઝ એક મહત્વપૂર્ણ ઘટક છે. અગાઉના પ્રકરણમાં (વિભાગ 12.7 જુઓ.) આપણે વિદ્યુત ફ્યુઝનો સિદ્ધાંત તેમજ કાર્યપદ્ધતિનો અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છીએ. વિદ્યુત-પરિપથમાં લગાડેલ ફ્યુઝ દ્વારા પરિપથ તથા ઉપકરણને ઓવરલોડિંગ (Over loading) થી તતા નુકસાનથી બચાવી શકાય છે. જ્યારે લાઈવ વાયર અને ન્યુટ્રલ વાયર બંને એકબીજા સાથે સીધા સંપર્કમાં આવે ત્યારે ઓવરલોડિંગ થઈ શકે છે (આ ત્યારે બને છે જ્યારે બંને વાયરો પરનું અવાહક આવરણ નુકસાન પામેલ હોય અથવા સાધનમાં કોઈ ક્ષતિ હોય). આવી પરિસ્થિતિમાં કોઈ પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ અચાનક ખૂબ જ વધી જાય છે. તેને શોર્ટસર્કિટ (Short Circuit) કહે છે. વિદ્યુત ફ્યુઝનો ઉપયોગ વિદ્યુત-પરિપથ તથા વિદ્યુત ઉપકરણમાં વહેતા અનિચ્છનીય ઉચ્ચ વિદ્યુતપ્રવાહને અટકાવી સંભવિત નુકસાનથી બચાવે છે. તેના દ્વારા ફ્યુઝમાં ઉત્પન્ન થતી જૂલ ઉષ્મા (Joule heating) ફ્યુઝને ઓગાળી નાખે છે. જેથી વિદ્યુત-પરિપથ તૂટી જાય છે. સપ્લાય વોલ્ટેજમાં અચાનક વધારાને કારણે પણ ક્યારેક ઓવરલોડિંગ થઈ શકે છે. ક્યારેક-ક્યારેક એક જ સોકેટમાં વધારે વિદ્યુત ઉપકરણો જોડવાથી પણ ઓવરલોડિંગ થાય છે.

### પ્રશ્નો

1. વિદ્યુત-પરિપથો તથા ઉપકરણોમાં સામાન્ય રીતે વપરાતા બે સુરક્ષા ઉપાયોના નામ લખો.
2. 2 kW પાવર રેટિંગ ધરાવતું એક ઇલેક્ટ્રિક ઓવન 5 Aનું પ્રવાહ રેટિંગ ધરાવતા ઘરેલું વિદ્યુત-પરિપથ (220 V)માં વાપરવામાં આવે છે. આ પરિપથમાં તમે ક્યાં પરિણામોની અપેક્ષા રાખો છો ? સમજાવો.
3. ઘરેલું વિદ્યુત-પરિપથોમાં ઓવરલોડિંગને નિવારવા માટે કઈ સાવધાની રાખવી જોઈએ ?





## તમે શીખ્યાં કે

- હોકાયંત્રની સોય એક નાનું ચુંબક છે. તેનો એક છેડો જે ઉત્તર દિશામાં રહે છે, તેને ઉત્તર ધ્રુવ તથા બીજો છેડો જે દક્ષિણ દિશામાં રહે છે તેને દક્ષિણ ધ્રુવ કહે છે.
- ચુંબકની આસપાસ ચુંબકીય ક્ષેત્ર અસ્તિત્વ ધરાવે છે, જેમાં તે ચુંબકના બળને પરખી શકાય છે.
- કોઈ ચુંબકીય ક્ષેત્રના નિરૂપણ માટે ક્ષેત્રરેખાઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. ક્ષેત્રરેખા એ એવા પથ છે કે જેના પર કાલ્પનિક મુક્ત ઉત્તર ધ્રુવ ગતિ કરવાની વર્તણૂક ધરાવે છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રના કોઈ બિંદુ પાસે ક્ષેત્રની દિશા તે બિંદુ પાસે રાખેલ ઉત્તર ધ્રુવની ગતિની દિશા દ્વારા દર્શાવાય છે. જ્યાં ચુંબકીય ક્ષેત્ર વધુ પ્રબળ હોય છે ત્યાં ક્ષેત્રરેખાઓ એકબીજાની વધુ નજીક દર્શાવાય છે.
- કોઈ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત ધાતુના તાર સાથે એક ચુંબકીય ક્ષેત્ર સંકળાયેલ હોય છે. તારની આસપાસ ક્ષેત્રરેખાઓ અનેક સમકેન્દ્રિત વર્તુળોના સ્વરૂપમાં હોય છે, જેની દિશા જમણા હાથના નિયમથી અપાય છે.
- વાહકમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહને કારણે તેની આસપાસ મળતી ચુંબકીય ક્ષેત્રની ભાત વાહકના આકાર પર આધાર રાખે છે. વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સોલેનોઈડનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર ગજિયા ચુંબકના ચુંબકીય ક્ષેત્ર જેવું જ હોય છે.
- વિદ્યુત-ચુંબકમાં નરમ લોખંડનો ગર્ભ (core) હોય છે જેની આસપાસ અવાહક આવરણ ધરાવતાં તાંબાના તારનું ગૂંચળું વીંટાળેલ હોય છે.
- વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહકને ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકતાં તે બળ અનુભવે છે. જ્યારે ક્ષેત્રની દિશા અને વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા પરસ્પર લંબ હોય ત્યારે વાહક તાર પર લાગતા બળની દિશા બંનેને લંબ હોય છે અને તે ફ્લેમિંગના ડાબા હાથના નિયમથી અપાય છે. તે વિદ્યુતમોટરનો આધાર છે. વિદ્યુતમોટર એક એવી રચના છે કે જેની મદદથી વિદ્યુતઊર્જાનું યાંત્રિકઊર્જામાં રૂપાંતરણ કરી શકાય છે.
- વિદ્યુતચુંબકીય પ્રેરણ એવી ઘટના છે કે જેમાં સમય સાથે બદલાતાં જતાં ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં રાખેલા કોઈ ગૂંચળામાં પ્રેરિત પ્રવાહ ઉત્પન્ન થતો હોય. ચુંબકીય ક્ષેત્ર ગૂંચળા અને ગૂંચળાની નજીક રાખેલ ચુંબક વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિને કારણે પણ બદલાય છે. જો ગૂંચળાને વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહકની નજીક રાખેલ હોય તો ચુંબકીય ક્ષેત્ર કાં તો વાહકમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર કરવાથી અથવા વાહક અને ગૂંચળા વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિને કારણે બદલાય છે. પ્રેરિત પ્રવાહની દિશા ફ્લેમિંગના જમણા હાથના નિયમની મદદથી આપી શકાય છે.
- જનરેટર યાંત્રિકઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતરણ કરે છે. તે વિદ્યુત ચુંબકીય પ્રેરણના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.
- આપણે આપણા ઘરોમાં 220 Vના વિદ્યુત દબાણે AC વિદ્યુતપ્રવાહ પ્રાપ્ત કરીએ છીએ જેની આવૃત્તિ 50 Hz છે. સપ્લાયમાં રહેલ એક તાર લાલ અવાહક આવરણવાળો હોય છે, જેને live વાયર કહે છે. જ્યારે બીજો કાળા અવાહક આવરણવાળો હોય છે જેને neutral વાયર કહે છે. આ બે વાયરો વચ્ચે 220 Vનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત હોય છે. ત્રીજો અર્થિંગ વાયર હોય છે, જે લીલું અવાહક આવરણ ધરાવે છે અને તેને જમીનની અંદર ઊંડે રાખેલ ધાતુની પ્લેટ સાથે જોડેલ હોય છે. ધાતુનું આવરણ ધરાવતાં ઉપકરણોમાં વિદ્યુતપ્રવાહના લીકેજને કારણે તેનો ઉપયોગ કરનારને ગંભીર આંચકાથી બચાવવા માટે તે ઉપયોગી છે.
- શોર્ટસર્કિટ અથવા ઓવર લોડિંગને કારણે થતા નુકસાનથી પરિપથને બચાવવા માટે ફ્યુઝ ખૂબ જ ઉપયોગી સલામતી માટેનું ઉપકરણ છે.

## સ્વાધ્યાય



- લાંબા (વિદ્યુતપ્રવાહધારિત) સુરેખ તાર નજીક ચુંબકીયક્ષેત્ર માટે નીચેનામાંથી કયું (વિધાન) સાચું છે ?
  - ક્ષેત્ર તારને લંબ એવી સુરેખાઓનું બનેલું છે.
  - ક્ષેત્ર તારને સમાંતર એવી સુરેખાઓનું બનેલું છે.
  - ક્ષેત્ર તારમાંથી ઉદ્ભવતી ત્રિજ્યાવર્તી રેખાઓનું બનેલું છે.
  - ક્ષેત્ર તાર પર કેન્દ્ર ધરાવતા સમકેન્દ્રિય વર્તુળોનું બનેલું છે.
- વિદ્યુત ચુંબકીય પ્રેરણની ઘટના એ
  - પદાર્થને વિદ્યુતભારિત કરવાની પ્રક્રિયા છે.
  - કોઈલ (ગૂંચળા)માંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરી તેનાથી ચુંબકીયક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરવાની પ્રક્રિયા છે.
  - ચુંબક અને કોઈલ (ગૂંચળા) વચ્ચેની સાપેક્ષ ગતિથી પ્રેરિત પ્રવાહ ઉત્પન્ન કરવાની પ્રક્રિયા છે.
  - ઇલેક્ટ્રિક મોટરની કોઈલને ભ્રમણ કરાવવાની પ્રક્રિયા છે.
- વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરવા વપરાતા સાધનને ..... કહે છે.
  - જનરેટર
  - ગેલ્વેનોમિટર
  - એમીટર
  - મોટર
- AC જનરેટર અને DC જનરેટર વચ્ચેનો મૂળ તફાવત એ છે કે,
  - AC જનરેટરમાં ઇલેક્ટ્રોમેગ્નેટ હોય છે જ્યારે DC જનરેટરમાં કાયમી ચુંબક હોય છે.
  - DC જનરેટર ઊંચો વોલ્ટેજ ઉત્પન્ન કરે છે.
  - AC જનરેટર ઊંચો વોલ્ટેજ ઉત્પન્ન કરે છે.
  - AC જનરેટરમાં સ્લીપ રિંગ હોય છે, જ્યારે DC જનરેટરમાં કમ્યુટેટર હોય છે.
- શોર્ટસર્કિટ વખતે સર્કિટમાં વિદ્યુતપ્રવાહ
  - ખૂબ જ ઘટી જાય છે.
  - બદલાતો નથી.
  - ખૂબ વધી જાય છે.
  - સતત બદલાય છે.
- નીચેનાં વિધાન સાચાં છે કે ખોટાં તે જણાવો :
  - ઇલેક્ટ્રિક મોટર યાંત્રિકઊર્જાનું વિદ્યુતઊર્જામાં રૂપાંતરણ કરે છે.
  - ઇલેક્ટ્રિક જનરેટર વિદ્યુત-ચુંબકીય પ્રેરણના સિદ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે.
  - વિદ્યુતપ્રવાહધારિત લાંબી વર્તુળાકાર કોઈલ (ગૂંચળા)ના કેન્દ્ર પરનું (ચુંબકીય) ક્ષેત્ર સમાંતર સુરેખ રેખાઓ હોય છે.
  - વિદ્યુત પુરવઠામાં લીલા રંગનું અવાહક પડ ધરાવતો વાયર સામાન્ય રીતે લાઈવ વાયર હોય છે.
- ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરવા માટેની બે રીતો લખો.



8. સોલેનોઇડ ચુંબક તરીકે કેવી રીતે વર્તે છે ? શું તમે ગજિયા ચુંબકની મદદથી વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સોલેનોઇડનો (ચુંબકીય) ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવ શોધી શકો ? સમજાવો.
9. ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં મૂકેલ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહક ક્યારે સૌથી વધુ બળ અનુભવશે ?
10. ધારો કે તમે એક રૂમમાં એક દીવાલના ટેકે બેઠા છો. પ્રબળ ચુંબકીય ક્ષેત્રને કારણે તમારી પાછળની દિશામાંથી આગળની દીવાલ તરફ આવતું સમક્ષિતિજ ઇલેક્ટ્રોનનું કિરણજૂથ તમારી જમણી બાજુની દિશામાં ફંટાય છે. ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા કઈ હશે ?
11. વિદ્યુતમોટરની નામનિર્દેશવાળી આકૃતિ દોરો. તેનો સિદ્ધાંત અને કાર્ય સમજાવો. વિદ્યુતમોટરમાં સ્પ્લીટ રિંગનું કાર્ય શું છે ?
12. જે સાધનોમાં વિદ્યુતમોટર વપરાતી હોય તેવાં થોડાં સાધનોનાં નામ આપો.
13. તાંબાનું અવાહક આવરણ ધરાવતા વાયરના ગૂંચળાને ગેલ્વેનોમિટર સાથે જોડવામાં આવ્યું છે. જો ગજિયા ચુંબકને (1) ગૂંચળાની અંદર ધકેલીએ (2) ગૂંચળામાંથી બહાર કાઢીએ અને (3) ગૂંચળાની અંદર સ્થિર રાખીએ તો (ગેલ્વેનોમિટરમાં) શું થશે ?
14. બે વર્તળાકાર ગૂંચળા (કોઇલ) A અને B એકબીજાથી નજીક ગોઠવવામાં આવેલ છે. જો કોઇલ Aમાંથી પસાર થતા પ્રવાહને બદલવામાં આવે તો, શું ગૂંચળા Bમાં પ્રેરિત પ્રવાહ ઉદ્ભવશે ? કારણ આપો.
15. (1) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત સુરેખ વાહક તારની આસપાસ ઉત્પન્ન થતા ચુંબકીય ક્ષેત્રની દિશા નક્કી કરવા માટેનો નિયમ લખો.  
 (2) ચુંબકીય ક્ષેત્રને લંબ મૂકેલા સુરેખ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહક તાર વડે અનુભવાતા બળની દિશા નક્કી કરવા માટેનો નિયમ લખો.  
 (3) ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં ગૂંચળાને ભ્રમણ કરાવતા તેમાં પ્રેરિત થતા વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા નક્કી કરવા માટેનો નિયમ લખો.
16. નામનિર્દેશવાળી આકૃતિ દોરી વિદ્યુત જનરેટરની અંતર્ગત રહેલો સિદ્ધાંત અને તેનું કાર્ય સમજાવો. બ્રશનું કાર્ય શું છે ?
17. વિદ્યુત શોર્ટસર્કિટ ક્યારે થાય છે ?
18. અર્થિંગ વાયરનું કાર્ય શું છે ? ધાતુના સાધનને અર્થિંગ કરવું કેમ જરૂરી છે ?