# પરિયોજના 6

## હેતુ

જુદાં-જુદાં પાવર અને બનાવટવાળા વિવિધ વિદ્યુત-ગોળાની જ્યોતિર્મયતા (Luminosity)નો અભ્યાસ કરવો.

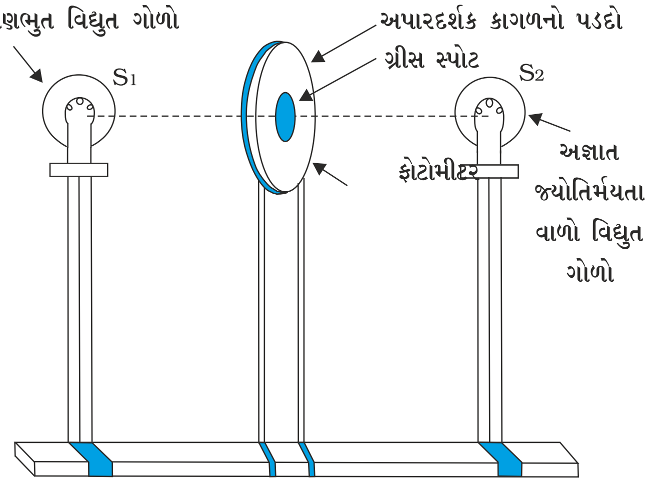
## સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

યોગ્ય સ્ટૅન્ડવાળી ઑપ્ટિકલ બેન્ચ, બન્સનનો ગ્રીસ સ્પોટ ફોટોમીટર, જુદા-જુદા પાવર અને બનાવટવાળા ગોળા, એક પ્રમાણભૂત ગોળો

## સાધનનું વર્ણન

બન્સનના ગ્રીસ સ્પોટ ફોટોમીટર (Bunsen's Grease Spot Photometer)નું વર્ણન :

એક વર્તુળાકાર ફ્રેમ પર મૅટ (matt) કાગળને જડીત કરીને તેના કેન્દ્ર પર ગ્રીસ (grease)નું ટપકું મૂકતા કાગળનો તે ભાગ અર્ધપારદર્શક બને છે. આવી રીતે બનાવેલ પડદાને ઑપ્ટિકલ બેન્ચના મધ્યબિંદુએ શિરોલંબ સ્ટૅન્ડ પર જડી દેવામાં આવે છે. ફોટોમીટરની એક બાજુએ પ્રમાણભૂત ગોળો અને બીજી બાજુએ એક વિદ્યુતગોળો એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે છે કે જેથી બંને ગોળાની ફિલામેન્ટ અને ગ્રીસનું ટપકું - ત્રણેય એક જ સુરેખ પર ઑપ્ટિકલ બેન્ચના બેઝની જેમ આવે.




*આકૃતિ P 6.1 : ગ્રીસ સ્પોટ ફોટોમીટર*

## પદો અને વ્યાખ્યાઓ

(1) *ફોટોમેટ્રી (Photometry) (પ્રકાશમાપન)* : ભૌતિકશાસ્ત્રની શાખા કે જેમાં દૃશ્ય વિસ્તારમાં પ્રકાશનાં જુદાં-જુદાં ઉદ્‌ગમોની જ્યોતિર્મયતા (luminosity) અને સપાટીઓની જ્યોતિ-તીવ્રતાનો અભ્યાસ કરવામાં આવે તે શાખાને ફોટોમેટ્રી (Photometry) કહે છે.

(2) *ઉદ્ગમ-સ્થાનની જ્યોતિર્મયતા (Luminosity) (L) અથવા જ્યોતિપાવર (Illuminating Power) :* ઉદ્ગમથી એકમ અંતરે અને પ્રકાશકિરણોને લંબરૂપે રાખેલ પૃષ્ઠ પર એકમ સમયમાં એકમ ક્ષેત્રફળ દીઠ દૃશ્યપ્રકાશની અવધિમાં આપાત થતી ઊર્જાને તે ઉદ્ગમ-સ્થાનની જ્યોતિર્મયતા (Luminosity) અથવા જ્યોતિપાવર (Illuminating power) કહે છે તેને $L$ વડે દર્શાવાય છે. તેનો SI એકમ candela (cd) છે.

(3) *જ્યોતિ ફ્લક્સ (Luminous Flux) [$\phi$] :* ઉદ્ગમ-સ્થાન વડે દરેક દિશામાં, દૃશ્ય અવધિમાં દર સેકન્ડે ઉત્સર્જિત થતી કુલ ઊર્જાને જ્યોતિ ફ્લક્સ (Luminous Flux) કહે છે. તેનો SI એકમ lumen છે.

(4) *પૃષ્ઠના કોઈ બિંદુ પર જ્યોતિતીવ્રતા (I) (Intensity of Illumination) :* પૃષ્ઠના કોઈ એક બિંદુની આસપાસ એકમ ક્ષેત્રફળમાં એકમ સમયમાં આપાત થતા દૃશ્ય અવધિની ઊર્જાને જ્યોતિતીવ્રતા કહે છે. તેનો SI એકમ lux છે.

(5) *પૃષ્ઠની તેજસ્વિતા (Brightness) :* પૃષ્ઠના એકમ ક્ષેત્રફળમાંથી આવતી જ્યોતિર્મયતાને આપેલ દિશામાં પૃષ્ઠની તેજસ્વિતા (Brightness) કહે છે.

## સંબંધ

જ્યોતિ ફ્લક્સ ($\phi$), જ્યોતિર્મયતા ($L$) અને જ્યોતિતીવ્રતા ($I$)ના સંબંધો દર્શાવતાં સમીકરણો નીચે પ્રમાણે છે :

(P 6.1) $$\phi = 4\pi\ L$$

(P 6.2) $$I = \phi\ /\ 4\pi\ r^2$$

(P 6.3) $$I = L/\ r^2$$

(P 6.4) અને $B = IR$

જ્યાં $R$ = પૃષ્ઠનો પરાવર્તન સહગુણક (Reflection Coefficient) ($0 < R < 1$)

અને $I$ = ઉદ્ગમની જ્યોતિતીવ્રતા

$r$ = ઉદ્ગમથી પૃષ્ઠનું અંતર

## સિદ્ધાંત

ફોટોમેટરીના સિદ્ધાંત પ્રમાણે, જો બે જુદા-જુદા પ્રકાશનાં ઉદ્ગમ-સ્થાનો વડે પ્રકાશિત કરેલાં બે પૃષ્ઠોને સમાન તેજસ્વિતા (brightness) હોય, તો બંને ઉદ્ગમોના જ્યોતિપાવર, સમાન $R$ વાળા પૃષ્ઠોથી તેમના સંબંધિત અંતરોના વર્ગના સમપ્રમાણમાં હોય છે, તેથી.

(P 6.5) $$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2}$$

## વાદ (Theory)

ગ્રીસ સ્પોટ ફોટોમીટરમાં પ્રકાશનાં બે ઉદ્ગમ-સ્થાન $S_1$ અને $S_2$ પડદાની વિરુદ્ધ બાજુઓ પર એવા

અંતરે મૂક્યાં છે કે જેથી પડદા પર ગ્રીસ સ્પોટ અને બાકીનું પૃષ્ઠ સમાન પ્રકાશિત લાગે. આ કિસ્સામાં પડદાની બંને બાજુ પર તીવ્રતા સમાન હશે.

પડદાથી $r_1$ અને $r_2$ અંતરે મૂકેલા અને અનુક્રમે જ્યોતિપાવર $L_1$ અને $L_2$ ધરાવતા બે ઉદ્ગમ-સ્થાન $S_1$ અને $S_2$ના કારણે પડદા પર મળતી જ્યોતિતીવ્રતા $I_1$ અને $I_2$ હોય તો $I_1 = I_2$ (P 6.6)

અથવા $$\frac{L_1}{r_1^2} = \frac{L_2}{r_2^2} \qquad \text{(P 6.7)}$$

અથવા $$\frac{L_1}{L_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} \qquad \text{(P 6.8)}$$

જો ઉદ્ગમ-સ્થાન $S_1$ને જ્ઞાત જ્યોતિપાવર ધરાવતું પ્રમાણભૂત ઉદ્ગમ લઈએ, તો સમીકરણ (P 6.8)નો ઉપયોગ કરી જુદા-જુદા પાવર અને બનાવટવાળા ગોળાઓના જ્યોતિપાવર શોધી શકાય.

## પદ્ધતિ

(1) ઑપ્ટિકલ બેન્ચ પર યોગ્ય ઊંચાઈ પર ગ્રીસ સ્પોટના પડદાને ગોઠવો.

(2) જ્ઞાત વૉટેજ (wattage)વાળા વિદ્યુત-ગોળાને પડદાની એક બાજુ પર ગોઠવો અને જુદા વોટેજવાળા બીજા ગોળાને પડદાની બીજી બાજુ પર ગોઠવો.

(3) સ્ટૅન્ડ અથવા અપરાઇટ્સ (uprights)ની ઊંચાઈ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી બંને ગોળાઓના ફિલામેન્ટ અને ગ્રીસ સ્પોટનું કેન્દ્ર, બધા એક જ સમક્ષિતિજ સુરેખમાં આવે.

(4) બંને ગોળાઓનાં અંતરો એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી ગ્રીસ સ્પોટ અને પડદા પર બાકીની સપાટી સમાન તેજસ્વી લાગે.

(5) ઑપ્ટિકલ બેન્ચ પર અંતરો $r_1$ અને $r_2$ માપો.

(6) ઇન્ડેક્સનો સુધારો (Index correction) શોધો અને તેનો ઉપયોગ $r_1$ અને $r_2$ ની સાચી કિંમત શોધવા માટે કરો.

## અવલોકન

(1) પ્રમાણભૂત ગોળાનો પાવર અને બનાવટ = ...

(a) સમાન વૉટેજ પણ જુદા-જુદા બનાવટવાળા ગોળાઓ

**કોષ્ટક P 6.1 : બે ઉદ્‌ગમોના જ્યોતિપાવર**

| અનુક્રમ | ગોળાની બનાવટ | પડદાથી ગોળાઓનું અંતર | | $\frac{L_2}{L_1}=\frac{r_2^2}{r_1^2}$ |
|---|---|---|---|---|
| | | જ્યોતિપાવર $L_1$ $r_1$ (cm) | જ્યોતિપાવર $L_2$ $r_2$ (cm) | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

(b) સમાન બનાવટ પણ જુદા-જુદા વૉટેજવાળા ગોળા

**કોષ્ટક P 6.2 : બે ઉદ્‌ગમોના જ્યોતિપાવર**

| અનુક્રમ | ગોળાનો વૉટેજ W | પડદાથી ગોળાઓનું અંતર | | $\frac{L_2}{L_1}=\frac{r_2^2}{r_1^2}$ |
|---|---|---|---|---|
| | | જ્યોતિપાવર $L_1$ માટે $r_1$ (cm) | જ્યોતિપાવર $L_2$ માટે $r_2$ (cm) | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |

## ગણતરીઓ

બંને કોષ્ટકના દરેક અવલોકન માટે ગુણોત્તર $\frac{L_2}{L_1}=\frac{r_2^2}{r_1^2}$ શોધો.

## પરિણામ

(1) સમાન વૉટેજ પણ જુદા-જુદા બનાવટના ગોળાઓ જ્યોતિર્મયતાના ઘટતા ક્રમમાં નીચે મુજબ છે.

(i) ... (ii) ... (iii) ...

(iv) ...

(2) સમાન બનાવટ પણ જુદા-જુદા વૉટેજવાળા ગોળાઓ જ્યોતિર્મયતાના ઘટતા ક્રમમાં નીચે મુજબ છે.

(i) ... (ii) ... (iii) ...

(iv) ...

## સાવચેતીઓ

(1) ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર ગોળાઓને સમાન ઊંચાઈ પર ગોઠવવા.

(2) દરેક અવલોકન પર ઈન્ડેક્સ સુધારો કરવો.

(3) પડદાના અપારદર્શક ભાગનો પરાવર્તન સહગુણક એક હોવો જોઈએ.

## ત્રુટિનાં ઉદ્ગમસ્થાનો

(1) ઓપ્ટિકલ બેન્ચની માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ, માપનમાં ચોકસાઈ પર મર્યાદા મૂકે છે.

(2) ગ્રીસ સ્પોટ ક્યારે અદૃશ્ય થશે એટલે કે તે પરિસર જેવો જ પ્રકાશિત બને, તે ચોક્કસપણે નક્કી કરવું અઘરું છે.

## ચર્ચા

(1) આ રીતનો ઉપયોગ સમાન પાવર પણ જુદા-જુદા બનાવટના ગોળાઓની જ્યોતિતીવ્રતાની સરખામણી કરવા, બજારમાં તપાસ (સર્વે) કરી અને તપાસેલા ગોળાઓમાં કઈ બનાવટનો ગોળો સૌથી સારો છે તે શોધી કાઢવું.

## સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) જ્યોતિ ફ્લક્સ એટલે શું ?

(2) ફોટોમેટ્રીમાં વ્યસ્ત વર્ગનો નિયમ લખો.

(3) ગ્રીસ સ્પોટના પડદાની એક બાજુએ 100 Wનો એક ગોળો 40 cm અંતરે મૂકેલો છે, તો ગ્રીસ સ્પોટને અદૃશ્ય થવા માટે 60 Wનો ગોળો પડદાની બીજી બાજુ ક્યાં મૂકવો પડે ?

(4) ગોળાનો જ્યોતિ ફ્લક્સ તેના વિદ્યુતીય પાવર જેટલો હશે. શું તમે તેવી અપેક્ષા રાખો છો ?

### સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) અજ્ઞાત પાવરના જુદા-જુદા ગોળાઓની જ્યોતિર્મયતાની સરખામણી કરવા માટે પણ આ રીતનો ઉપયોગ કરી શકાય.

(2) એક બાજુ CFL ગોળો અને બીજી તરફ વિદ્યુત-ગોળો રાખી આ પ્રયોગ અજમાવી જુઓ.

પ્રમાણભૂત ગોળાની બાજુના અપારદર્શક ભાગની તેજસ્વિતા $B_1 = R_1 I_1$ (P 6.9)

જ્યાં $I_1$ = પ્રમાણભૂત ગોળા વડે પડદા પર જ્યોતિ તીવ્રતા અને

$R_1$ = અપારદર્શક ભાગનો પરાવર્તન સહગુણક

(P 6.10) ગ્રીસ સ્પોટની તેજસ્વિતા $B_2 = R_2 I_1 + T_2 I_2$

જ્યાં $R_2$ અને $T_2$ એ ગ્રીસ સ્પોટના અનુક્રમે પરાવર્તન અને પ્રસારણ સહગુણક છે અને $I_2$ એ અજ્ઞાત ઉદ્‌ગમને કારણે પડદા પર જ્યોતિ તીવ્રતા છે.

(P 6.11) જો $I_1 = I_2$ તો આપણને $B_2 = (R_2 + T_2) I_1 = R_2 I_1$ મળે.

શોષણ સહગુણકને શૂન્ય ધારતા, સમીકરણ P 6.9 અને P 6.11 પરથી સ્પષ્ટ થાય છે કે, બંને તેજસ્વિતાઓને સમાન થવા માટે $R_1$ અને $R_2$ સમાન મૂલ્યના હોવા જરૂરી છે.

# પરિયોજના 7

## હેતુ

(i) કેપેસીટર (ii) ઇન્ડક્ટર (iii) LCR શ્રેણી-પરિપથના આવૃત્તિ પ્રતિચાર (Frequency - Response)નો અભ્યાસ કરવો.

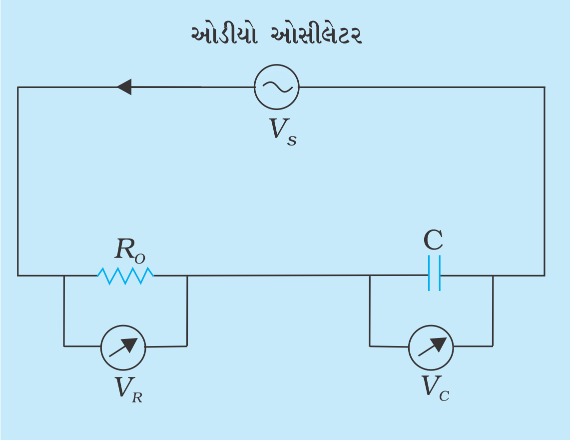
**(i) કેપેસીટરનો આવૃત્તિ પ્રતિચાર (Frequency Response)**

## સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

કાગળ અથવા અબરખ (mica)નું કેપેસીટર (0.1 – 1.0 μF), ડિજિટલ મલ્ટિમીટર (DMM), કાર્બન અવરોધ (1000 Ω) અને ઓડિયો ઓસિલેટર (Audio Oscillator) / સિગ્નલ જનરેટર (Signal Generator)

## સાધનનું વર્ણન

કેપેસીટરમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ તેના કેપેસીટન્સ અને લાગુ પાડેલા સાઇન્યુસોઇડલ (Sinusoidal) ઑલ્ટરનેટિંગ (alternating) વોલ્ટેજની આવૃતિ પર આધારિત હોય છે. આવૃત્તિને અચળ રાખી, વોલ્ટેજ ($V$) સાથે વિદ્યુત-પ્રવાહ ($I$)ના ફેરફારનું અવલોકન કરી, $V$–$I$ના આલેખના ઢાળ પરથી કેપેસીટિવ રીએક્ટન્સ મેળવાય છે. પ્રવાહને માપવા માટે, 1000 Ωના ક્રમના કાર્બન અવરોધ $R_0$ને પરિપથમાં ઉમેરવામાં આવે છે (આકૃતિ P7.1) અને DMMને ac વોલ્ટેજ મોડમાં રાખી તેના બે છેડા વચ્ચેનો વોલ્ટેજ ($V_R$) માપવામાં આવે છે, તો પરિપથમાં પ્રવાહ $I = V_R / R_o$ ઓસિલેટરને જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ પર ગોઠવી, જુદી-જુદી આવૃત્તિ માટે $X_C$ શોધાય. $X_C$ વિરુદ્ધ આવૃત્તિ $\nu$ નાં આલેખને કેપેસીટરનો આવૃતિ પ્રતિચાર (ફ્રીક્વન્સી રીસ્પોન્સ) કહેવાય છે. $X_C^{-1}$ વિરુદ્ધ આવૃત્તિ $\nu$ નો આલેખ પણ મેળવાય છે, જે ઉગમબિંદુમાંથી પસાર થતો સુરેખ હોય છે.




*આકૃતિ P 7.1 : કેપેસીટરના રીએક્ટન્સનું માપન*

**નોંધ :** DMM હંમેશાં ac પ્રવાહ અને વોલ્ટેજની rms કિંમત માપે છે. હંમેશા સલાહ આપવામાં આવે છે કે DMM ને ac પ્રવાહ મોડ (Mode)માં વાપરવું નહીં. આ માપન 400 Hz કરતાં ઓછી આવૃત્તિઓ માટે જ વિશ્વસનીય છે.

## પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ P 7.1 પ્રમાણે ઓડિયો ઓસિલેટર, કાર્બન અવરોધ $R_0$ અને કેપેસીટર જોડો.

(2) ઓસિલેટરને 50 Hz આવૃત્તિ અને મહત્તમ કંપવિસ્તાર પર ગોઠવો. પહેલા Cના બંને છેડા વચ્ચે DMMને ac વોલ્ટેજ મોડમાં, પછી $R_0$ના બે છેડા વચ્ચે જોડો. અનુક્રમે $V_C$ અને $V_R$નું માપન કરો. લાગુ પાડેલ વોલ્ટેજના કંપવિસ્તારમાં ફેરફાર કરીને $V_C$ અને $V_R$ની જોડીની જુદી-જુદી કિંમતો મેળવાય છે. આ કિંમતોને કોષ્ટક P 7.1માં નોંધાય છે.

(3) આવૃત્તિઓ 100 Hz, 150 Hz, 200 Hz, 250 Hz અને 300 Hz સાથે પદ 2 નું પુનરાવર્તન કરાય છે અને $V_C$ અને $V_R$ ની અનુરૂપ કિંમતો કોષ્ટક P 7.1 માં નોંધાય છે.

## અવલોકનો

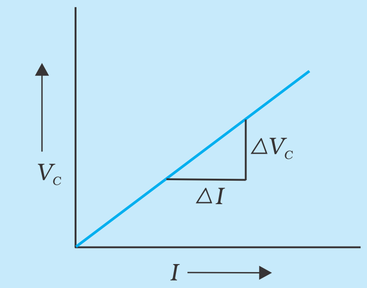
**કોષ્ટક P 7.1 : $\nu$ ની જુદી-જુદી કિંમતો માટે $X_C$નું માપન**

| અનુક્રમ | કંપવિસ્તાર | આવૃત્તિ $\nu$ (Hz) | | $V_C$ (V) | $V_R$ (V) | $I = V_R/R_0$ (A) | $V_C \rightarrow I$ નો આલેખનો ઢાળ $X_C$ (Ω) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 50 | (i) | | | | |
| | | | (ii) | | | | |
| | | | (iii) | | | | |
| | | | (iv) | | | | |
| 2 | | 100 | (i) | | | | |
| | | | (ii) | | | | |
| -- | | | (iii) | | | | |
| | | | (iv) | | | | |
| 6 | | 300 | (i) | | | | |
| | | | (ii) | | | | |
| | | | (iii) | | | | |
| | | | (iv) | | | | |

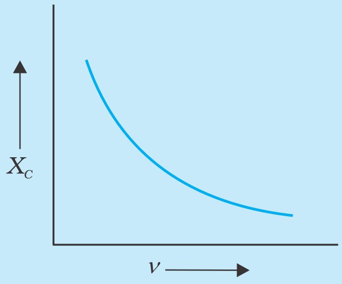
## ગણતરીઓ અને આલેખો

આપેલ આવૃત્તિ માટે $I$ ની કિંમતો $X$–અક્ષ પર અને $V_C$ની કિંમતો $Y$–અક્ષ પર મૂકવી. સુરેખ આલેખ (આકૃતિ P 7.2)નો પ્રચલન ($\Delta V_C$ / ΔI) એ કેપેસીટિવ રીએક્ટન્સ ($X_C$) છે અને તેનું મૂલ્ય ગણી કાઢવામાં આવે. બીજી આવૃત્તિઓ માટે પણ આવું જ કરવું. જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ માટે $X_C$નાં મૂલ્યો પણ કોષ્ટક P 7.1માં સમાવેલ છે. $X_C$ને $X$–અક્ષ પર અને આવૃત્તિ $\nu$ ને $Y$–અક્ષ પર રાખી દોરેલા આલેખ (આકૃતિ P 7.3)ને કેપેસીટરનો આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ કહે છે. હવે, $X_C^{-1}$ ને $Y$–અક્ષ પર અને આવૃત્તિ $\nu$ ને $X$–અક્ષ પર લઈને આલેખ સુરેખ મળે છે. સુરેખ આલેખ (આકૃતિ P 7.4)ના ઢાળ

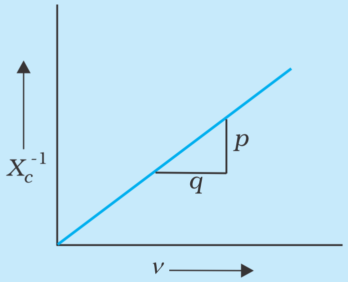
પરથી કેપેસીટન્સ $C$ની ગણતરી સૂત્ર $C = \frac{1}{2\pi}\left(\frac{p}{q}\right)$ પરથી મળે છે.




**આકૃતિ P 7.2 :** *આપેલ આવૃત્તિ માટે કેપેસીટરના બે છેડા વચ્ચેનો વોલ્ટેજનો તેમાંથી વહેતા પ્રવાહ સાથે ફેરફાર*




**આકૃતિ P 7.3 :** *આવૃત્તિ ν સાથે $X_C$નો ફેરફાર*




**આકૃતિ P 7.4 :** *આવૃત્તિ સાથે $X_C^{-1}$નો ફેરફાર*

**(ii) ઇન્ડક્ટરનો આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ**

## સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

લઘુ અવરોધ ધરાવતો 0.1 H ઇન્ડક્ટન્સવાળો ઇન્ડક્ટર ($L$), કાર્બન અવરોધ $R_0$ (100 Ω), નીચું આઉટપુટ ઇમ્પિડેન્સવાળું ઓસિલેટર, ડિજિટલ મલ્ટિમીટર (DMM)

## સિદ્ધાંત

ઇન્ડક્ટરમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ તેના ઇન્ડક્ટન્સ અને લાગુ પાડેલ સાઇન્યુસોઇડલ ઓલ્ટરનેટિંગ વોલ્ટેજ (Sinusoildal alternating Voltage) પર આધારિત છે. આવૃત્તિ અચળ રાખી, વોલ્ટેજ ($V$) સાથે પ્રવાહ ($I$)ના ફેરફારનું અવલોકન કરાય છે અને વોલ્ટેજ ($V$)ને $Y$–અક્ષ જ્યારે પ્રવાહ ($I$)ને $X$–અક્ષ પર લઈ તેમના વચ્ચેનો આલેખ દોરી તેના પરથી ઇન્ડક્ટિવ રીએક્ટેન્સ શોધી શકાય છે. આ આલેખનો ઢાળ ઇન્ડક્ટિવ રીએક્ટેન્સ $X_L = 2\pi \nu L$ જ્યાં $\nu$ એ આવૃત્તિ, L = ઇન્ડક્ટરનો ઇન્ડક્ટન્સ છે, જ્યારે ઇન્ડક્ટર આદર્શ છે એટલે કે તેનો અવરોધ $r$ શૂન્ય હોય. જ્યારે $r \neq 0$, ઇન્ડક્ટરનો ઇમ્પિડેન્સ $Z_L = \sqrt{4\pi^2\nu^2L^2 + r^2}$ . ઓસિલેટરને બીજી આવૃત્તિઓ પર ગોઠવી, જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ માટે ઇન્ડક્ટિવ રીએક્ટેન્સ $X_L$ શોધાય છે. આવૃત્તિ $\nu$ અને $X_L$ વચ્ચેનો આલેખ ઇન્ડક્ટરનો આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ બતાવે છે.

## પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ P 7.1 પ્રમાણે જોડાણો કરી તેમાં કેપેસીટર ($C$) ની જગ્યાએ ઇન્ડક્ટર ($L$) લગાવી અને અવરોધક $R_0$નો અવરોધ બદલીને 100 Ω કરવો.

(2) આ જોડાણો બનાવી, 50 Hz થી 300 Hz સુધી જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ માટે DMM વડે $V_L$ અને $V_R$ની કિંમતો શોધાય છે. માહિતીને કોષ્ટક P 7.2માં મુકાય છે. દરેક આવૃત્તિ માટે,

$V_R$ અને $I = (V_R / R_0)$ વચ્ચેનો આલેખ મેળવાય છે અને આ રેખીય આલેખના ઢાળ પરથી દરેક આવૃત્તિ માટે ઇન્ડક્ટિવ રીએક્ટેન્સ $(X_L)$ની ગણતરી થાય છે.

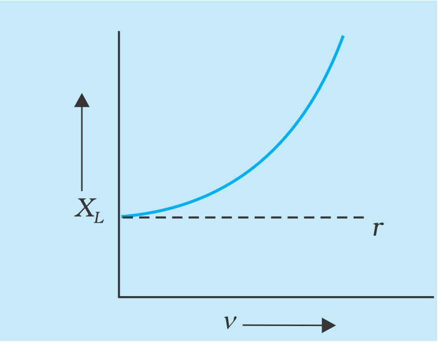
## અવલોકનો

**કોષ્ટક P 7.2 : $\nu$ ની જુદી-જુદી કિંમતો માટે $X_L$નું માપન**

| અનુક્રમ | કંપવિસ્તાર | આવૃત્તિ $\nu$ (Hz) | | $V_L$ (V) | $V_R$ (V) | $I = V_R/R_o$ (A) | $V_L \rightarrow I$ નો આલેખનો ઢાળ $X_L$ (Ω) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 50 | (i) | | | | |
| | | | (ii) | | | | |
| | | | (iii) | | | | |
| | | | (iv) | | | | |
| 2 | | 100 | (i) | | | | |
| | | | (ii) | | | | |
| -- | | | (iii) | | | | |
| | | | (iv) | | | | |
| 6 | | 300 | (i) | | | | |
| | | | (ii) | | | | |
| | | | (iii) | | | | |
| | | | (iv) | | | | |

## ગણતરીઓ અને આલેખો

*V–I* ના સુરેખ આલેખોના ઢાળ પરથી જુદી-જુદી આવૃત્તિઓએ $X_L$ની કિંમત ગણી શકાય છે. હવે, $X_L$ને *Y*–અક્ષ પર અને આવૃત્તિ $\nu$ ને *X*–અક્ષ પર લઈ (આકૃતિ P 7.5) ઇન્ડક્ટર માટે આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ વક્ર મળે છે.




**આકૃતિ P 7.5 : $\nu$ સાથે $X_L$નો ફેરફાર**

આકૃતિ P 7.5 માં આવૃત્તિ $\nu = 0$ પર મળતી $X_L$ની કિંમત એ ઇન્ડક્ટરનો અવરોધ *r* આપે છે. *L*ની કિંમત શોધવા, $Z_L^2$ વિરુદ્ધ $\nu^2$ નો આલેખ દોરાય છે. ઇન્ડક્ટરનો ઇમ્પિડેન્સ $Z_L^2 = 4\pi^2 \nu^2 L^2 + r^2$ છે. માટે આ આલેખ સુરેખ મળશે. (આકૃતિ P 7.6)

જો આલેખનો ઢાળ m હોય અને *Y*-અક્ષ પરનો છેદનબિંદુ c હોય, તો આ સ્પષ્ટ છે કે $L = \frac{1}{2\pi}\sqrt{m}$ અને $r = \sqrt{c}$

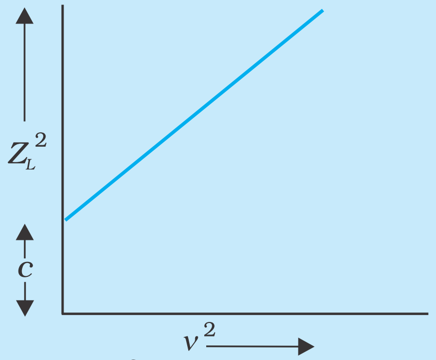
## ચર્ચા

(i) જો આવૃત્તિ ઘણી વધારે હોય તો $4\pi^2 v^2 L^2 >> r^2$ તો આ ઊંચી આવૃત્તિ અવધિમાં $Z_L \cong X_L$ અને $X_L$ વિરુદ્ધ $v$ નો આલેખ સુરેખ આવશે. ઊંચી આવૃત્તિ પર આલેખનો ઢાળ $2\pi L$ આવશે. માટે જ $X_L$–$v$ ના આલેખ પરથી ઈન્ડક્ટરનું આત્મ પ્રેરકત્વ $L$ નક્કી કરવાની શક્યતા છે. પણ આ આવૃત્તિ અવધિમાં પ્રયોગ કરવા માટે DMM યોગ્ય નથી. વોલ્ટેજ માપવા માટે કેથોડ રે ઓસિલોસ્કોપ [CRO → Cathode Ray Oscilloscope]નો ઉપયોગ કરાય. CRO સાથે વોલ્ટેજ $V_L$ અને $V_R$ તો ખરેખર કંપવિસ્તારનાં જ માપ છે.

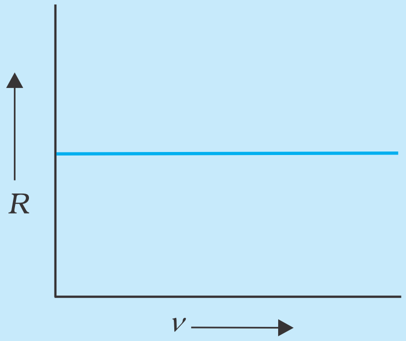
(ii) જો ઈન્ડક્ટન્સ $L$ ધરાવતા ઈન્ડક્ટરની જગ્યાએ કાર્બન અવરોધ (અથવા કોઈ પણ ઈન્ડક્ટન્સ વગરનો અવરોધ) જોડીએ અને આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરીએ, તો બધી જ આવૃત્તિઓ માટે $V/I = R$ એટલે જ $R$ વિરુદ્ધ $v$ નો આલેખ $v$ અક્ષને સમાંતર સુરેખ મળશે. (આકૃતિ P 7.7) અવરોધ એ આવૃત્તિથી સ્વતંત્ર છે.

(iii) ફેઝર ડાયાગ્રામ (Phasor diagram)

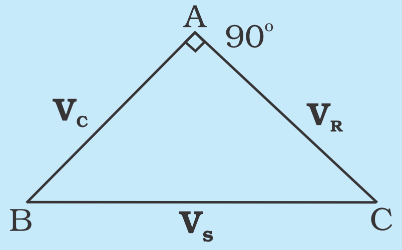
આકૃતિ P 7.1માં બતાવેલ પરિપથમાં કેપેસીટર પર વોલ્ટેજ $V_c$ અને અવરોધ પર વોલ્ટેજ $V_R$ની સાથે જો ઉદ્‌ગમનો વોલ્ટેજ $V_s$ (Source voltage) પણ માપીએ અને તેને કોષ્ટક P 7.1માં નોંધીએ, તો જોવા મળશે કે બધાં જ અવલોકનો માટે $V_s^2 = V_c^2 + V_R^2$.




***આકૃતિ P 7.6 :*** $v^2$ સાથે $Z_L^2$નો ફેરફાર




***આકૃતિ P 7.7 :*** v સાથે R નો ફેરફાર

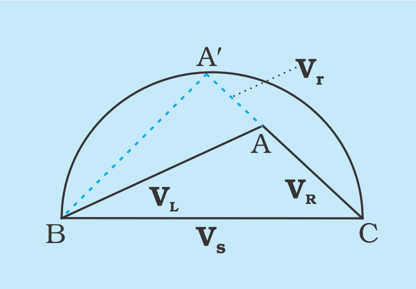



***આકૃતિ P 7.8 :*** C – R પરિપથ માટે ફેઝર ડાયાગ્રામ

આનો અર્થ એ છે કે $V_C$ અને $V_R$ એ બે સદિશો છે અને અહીં તે પરસ્પર લંબ છે. માટે જો આપણે ત્રિકોણ ABC દોરીએ કે જેમાં બાજુ AB એ $V_C$ ના સપ્રમાણમાં, બાજુ AC એ $V_R$ના સપ્રમાણમાં અને બાજુ BC એ $V_S$ના સપ્રમાણમાં હોય તો $\angle CAB = 90^\circ$ મળે.

આ બધી જ આવૃત્તિઓ માટે સાચું છે. આ એ હકીકતનાં કારણો છે કે $V_C$ અને $V_R$ની કળા (phase) જુદી હોય છે અને હકીકતમાં $V_R$ એ $V_C$ કરતા કળામાં 90° આગળ હોય છે એટલે જ તેમને ફેઝર કહે છે.

ઈન્ડક્ટરના કિસ્સામાં પણ ફેઝર ડાયાગ્રામ દોરવાની શક્યતા છે. અહીં, શુદ્ધ ઈન્ડક્ટર (જેનો પોતાનો કોઈ અવરોધ ન હોય તેવો)નો વોલ્ટેજ $V_L$, જ્યારે અવરોધ R અને ઓડિયો ઓસિલેટર (નાનું ઈમ્પિડેન્સ ધરાવતો) સાથે શ્રેણીમાં જોડાયો હોય ત્યારે $V_L$ એ અવરોધના




***આકૃતિ P 7.9 : L-R પરિપથ માટે ફેઝર ડાયાગ્રામ***

વોલ્ટેજ $V_R$ કરતા આગળ હોય છે. માટે $V_S^2 = V_R^2 + V_L^2$. પણ હકીકતમાં, ઈન્ડક્ટરનો અવરોધ નાનો પણ નિશ્ચિત હોય છે અને જો વોલ્ટેજ ત્રિકોણ ABC દોરવામાં આવે છે અને $V_S \propto$ BC, $V_L \propto$ AB અને $V_R \propto$ AC તો ∠BAC, 90° નહિ થાય. પણ જો આપણે BC વ્યાસવાળો અર્ધવર્તુળ બનાવીએ અને તેમાં વર્તુળને A′ પર મળે તેવી CA બનાવીએ તો CA′ એ પરિપથના કુલ અવરોધ $(R+r)$ના બે છેડા વચ્ચેનો વોલ્ટેજ ડ્રોપ દર્શાવશે. અહીં, $V_r \propto$ AA′અને BA′ એ શુદ્ધ ઈન્ડક્ટરના બે છેડા વચ્ચે વૉલ્ટેજ ડ્રોપ બતાવે તો,

$$BC^2 = BA'^2 + CA'^2.$$

આ બાબતને CRO પર ચકાસી શકાય કે જે વિવિધ વોલ્ટેજ વચ્ચે કળા-તફાવત માપી શકે છે.

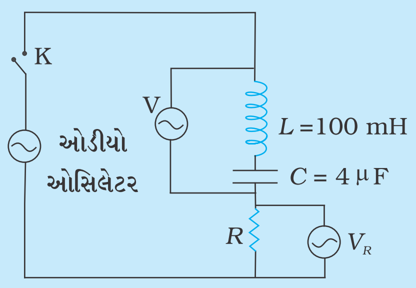
**(iii) LCR શ્રેણી-પરિપથ માટે આવૃત્તિ રીસ્પોન્સ**

## સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

આવૃત્તિ માપક્રમવાળો ઓડિયો ઓસિલેટર, અવરોધપેટી, ડિજિટલ વોલ્ટમીટર, 4 μF વાળું કેપેસીટર (જો 4 μF વાળું કેપેસીટર ન મળે તો તેને નાની કિંમતવાળા અમુક કેપેસીટરોને સમાંતરમાં જોડીને બનાવી શકાય), આશરે 100 mH વાળું ઈન્ડક્ટર, જોડાણ માટેના તારો

## પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ P 7.10 માં બતાવ્યા પ્રમાણે પરિપથ જોડો. આશરે 100 Ω ના અવરોધ R સાથે L અને Cને શ્રેણીમાં જોડો.




***આકૃતિ P 7.10 : LCR શ્રેણી અનુનાદ પરિપથ***

(2) જ્યારે કળ K ખુલ્લી હોય ત્યારે સિગ્નલ આઉટપુટને નાની કિંમત દા.ત., 2 V પર સેટ કરો.
આ ગોઠવણને સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન નિયત રાખીએ તો આવૃત્તિઓની બધી જ કિંમતો પર આઉટપુટ વોલ્ટેજ $V_C$ સમાન મળે. (આવૃત્તિઓને 400 Hz ની નીચે રાખવી નહિતર ડિજિટલ મીટરનાં અવલોકનો વિશ્વસનીય નહિ રહે.)

(3) સિગ્નલ જનરેટરને કોઈક નીચી આવૃત્તિ દા.ત., 100 Hz પર ગોઠવી તેની કિંમત નોંધો.

(4) જ્ઞાત અવરોધ R ના બે છેડા વચ્ચે વોલ્ટેજ $V_R$ માપો, તો પરિપથમાં વહેતો પ્રવાહ $I = \dfrac{V_R}{R}$ થાય.

(5) પછી *LC* સંયોજનના બે છેડા વચ્ચે વોલ્ટેજ V માપો. (બધાં જ વોલ્ટેજ એ rms કિંમત જ છે), તો LC સંયોજનનું ઈમ્પિડેન્સ $Z = V/I$.

(6) $I' = \dfrac{IV_O}{V}$ ગણો. જ્યાં $V_O$ એ વોલ્ટેજની કોઈ નિયત કિંમત છે. જુદી-જુદી આવૃત્તિઓ માટે પદ 4 અને 5નું પુનરાવર્તન કરો.

## અવલોકન અને ગણતરીઓ

જનરેટરનો આઉટપુટ વોલ્ટેજ $V_O$ = ...

**કોષ્ટક P 7.3 : $\nu$ ની જુદી-જુદી કિંમતો માટે Zનું માપન**

| અનુક્રમ | $\nu$ (Hz) | $I$ (mA) | $V$ (volt) | $I' = \frac{IV_O}{V}$ (A) | $Z = \frac{V}{I}(\Omega)$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| - | | | | | |
| 6 | | | | | |

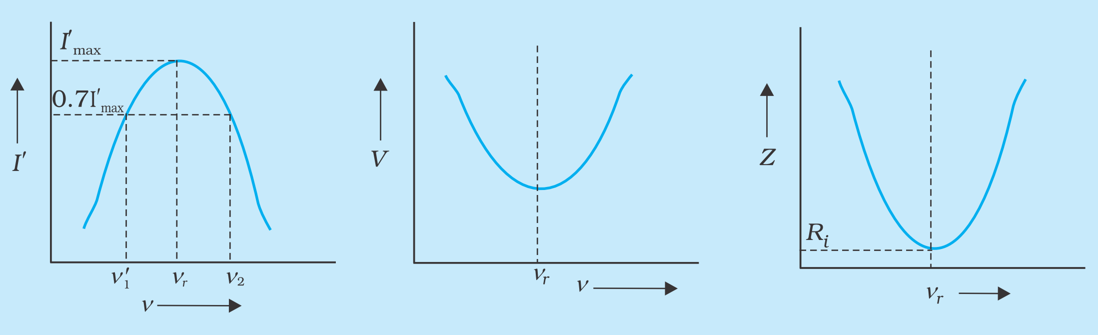
ઈન્ડક્ટન્સ $L$ = .................

કેપેસીટન્સ $C$ = .................

અનુનાદીય આવૃત્તિ, $\nu_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ = ... Hz

## આલેખો

(i) પ્રવાહ $I'$ વિરુદ્ધ આવૃત્તિ (ii) વોલ્ટેજ $V$ વિરુદ્ધ આવૃત્તિ અને (iii) ઈમ્પિડેન્સ $Z$ વિરુદ્ધ આવૃત્તિનો આલેખ તેમના ફેરફારોનાં અવલોકનો કરવા માટે દોરો. ત્રણેય આલેખો પરથી અનુનાદીય આવૃત્તિનું અવલોકન કરી, તેમની કિંમતોની સરખામણી કરો.




*આકૃતિ P 7.11 : (a) પ્રવાહ I' વિરુદ્ધ આવૃત્તિ (b) LC સંયોજનના બે છેડા વચ્ચે વોલ્ટેજ V વિરુદ્ધ આવૃત્તિ (c) LC સંયોજનના ઈમ્પિડેન્સ Z વિરુદ્ધ આવૃત્તિના આલેખોની પ્રકૃતિ*

## પરિણામ

(1) $I'$ વિરુદ્ધ $\nu$ ના આલેખ પરથી અનુનાદીય આવૃત્તિ = ... Hz

(2) $V$ વિરુદ્ધ $\nu$ ના આલેખ પરથી અનુનાદીય આવૃત્તિ = ... Hz

(3) $Z$ વિરુદ્ધ $\nu$ ના આલેખ પરથી અનુનાદીય આવૃત્તિ = ... Hz

(4) Zની લઘુત્તમ કિંમત એટલે કે $Z$ વિરુદ્ધ $\nu$ ના આલેખ પરથી આંતરિક અવરોધ $R_i$ = .... (આશરે 100 Ω હોવું જોઈએ.)

## ચર્ચા

(1) શું તમે વિચાર્યું છે શા માટે પ્રયોગ નીચા વોલ્ટેજ પર કરીએ છીએ ?

જેમ તમે અનુનાદીય આવૃત્તિ $\nu_r$ પાસે પહોંચો, તેમ $V_L$ અને $V_C$ બંનેમાં જબરદસ્ત વધારો થાય. માટે, આને કારણે વિદ્યુતકોષ ઘટકોના અલગતા (Insulation)ને નુકસાન થઈ શકે છે. આ જ કારણથી જનરેટરને નીચા વોલ્ટેજ પર રાખીએ છીએ. ખાતરી કરો કે કેપેસીટર અને ઈન્ડક્ટરનું રેટિંગ ઓછામાં ઓછું 300 V હોય.

(2) *$X_L$ અને $X_C$ વચ્ચે કળાસંબંધ :* અનુનાદીય આવૃત્તિથી ઘણી દૂરની આવૃત્તિઓ પર $V_L$ અને $V_C$ની વ્યક્તિગત કિંમતો ઓસિલેટરના આઉટપુટ વોલ્ટેજ કરતાં વધુ હોઈ શકે અને $V$ એ તેમાંના તફાવતની કિંમતના એકદમ નજીક હોઈ શકે. એક અથવા બે આવૃત્તિઓ પર $V_L$ અને $V_C$ની સાચે જ માપણી કરી આ બાબતને ચકાસી શકાય.

દેખીતી રીતે ઈન્ડક્ટિવ અને કેપેસીટિવ રીએક્ટન્સ એકબીજાથી વિરુદ્ધ હોય છે એટલે કે ઈન્ડક્ટર અને કેપેસીટર પરના વોલ્ટેજ કળામાં એકબીજાથી વિરુદ્ધ હોય છે. પરિપથમાં વહેતો ac વિદ્યુતપ્રવાહ $V_L$ કરતા 90° પાછળ ચાલે છે જ્યારે $V_C$ એ ac વિદ્યુતપ્રવાહ કરતા 90° પાછળ ચાલે છે. માટે $V_L$ અને $V_C$ વચ્ચે કળાનો તફાવત 180° નો હોય છે.

(3) *અનુનાદીય પરિપથનો આંતરિક અવરોધ :* જ્યારે $X_L$ અને $X_C$ સમાન થાય ત્યારે પરિપથમાં અનુનાદ જોવા મળે છે. આદર્શ ઈન્ડક્ટર અને કેપેસીટરના કિસ્સામાં તેમનું સંયુક્ત રીએક્ટન્સ અનુનાદ પર શૂન્ય મળે છે. આને લીધે અનુનાદ પર અનંત વિદ્યુતપ્રવાહ મળે છે. સિવાય કે સિગ્નલ જનરેટરના આઉટપુટ ઈમ્પિડેન્સને કારણે તે મર્યાદિત થાય છે. ઈન્ડક્ટિવ ગૂંચળાના આંટાઓના અવરોધ અને તેના લોખંડના ગર્ભમાં અમુક હિસ્ટેરિસિસના કારણે નુકસાનના લીધે ઈન્ડક્ટિવ ગૂંચળાનો આંતરિક અવરોધ $R_i$ હોય છે. કેપેસીટરના કિસ્સામાં ઊર્જાનું નુકસાન ડાયઈલેક્ટ્રીકમાં હોય છે. અનુનાદ પર $X$ ની લઘુત્તમ કિંમત આ આંતરિક અવરોધ દર્શાવે છે. તેને સૂત્ર

$R_i = \dfrac{V_{min}}{I_{max}}$ વડે ગણી શકાય છે.

(4) **ક્વોલિટી ફેક્ટર (Q – Factor)**

અનુનાદ પર $L$ ના બે છેડા વચ્ચે વોલ્ટેજ ડ્રોપની કિંમત

$$V_L = X_L\, I_{max} = 2\pi\nu_r L\,\frac{V_{min}}{R_i} = Q_o\, V_{min}$$

અહીં $Q_o = \dfrac{2\pi\nu_r L}{R_i} = \dfrac{1}{2\pi\nu_c R_i}$ એ અનુનાદ વખતે ક્વોલિટી ફેક્ટર છે.

તે $L$ (અથવા $C$)નું રીએક્ટેન્સ અને $X$નો ગુણોત્તર છે. અહીં $L$ અને $C$નું રીએક્ટન્સ અનુનાદીય આવૃત્તિ $v_r$ પર લીધેલું છે.

$Q_0$ એ 1 કરતા વધુ કિંમત ધરાવતું હોઈ $L$ અથવા $C$ પરનું વોલ્ટેજ ડ્રોપ $L$ અને $C$ના સંયોજનના બે છેડા વચ્ચેના વોલ્ટેજ ડ્રોપ $V_{min}$ કરતા વધુ હોય છે.

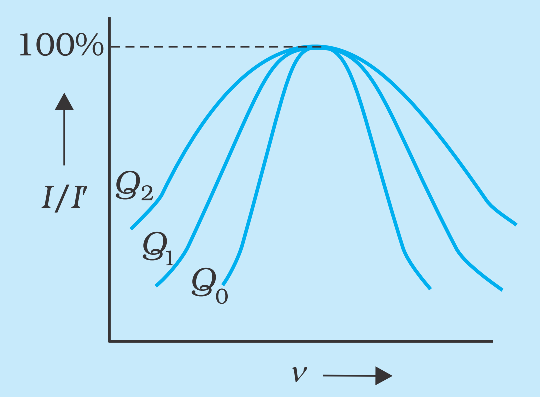
$v_r$ , $R_i$ , $L$ અને $C$ની કિંમતો જાણીને $Q_0$નું મૂલ્ય ગણો.

## સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) જેનું કેપેસીટન્સ જ્ઞાત ન હોય તેવું કેપેસીટર લો. તેને $L$ ઈન્ડક્ટન્સવાળા ઈન્ડક્ટર સાથે શ્રેણીમાં જોડો અને શ્રેણી અનુનાદ પરિપથથી તેની આવૃત્તિઓ માપો. સમીકરણ $v_r = 1 / 2\pi\left(\sqrt{LC}\right)$ ના ઉપયોગથી અજ્ઞાત કેપેસીટન્સનું મૂલ્ય શોધો.

(2) અજ્ઞાત ઈન્ડક્ટન્સવાળું ઈન્ડક્ટર લો. ઉપરની રીતનું પુનરાવર્તન કરો અને તેનું મૂલ્ય શોધો.

(3) LCR શ્રેણી-પરિપથમાં અવરોધની ત્રણ જુદી-જુદી કિંમતો લો. $I$ ને આવૃત્તિ $v$ ના વિધેય તરીકે લઈ અવલોકનોના ત્રણ સેટના દરેક સેટમાં $I$ના મૂલ્યોને $I'$ માં રૂપાંતર કરો. જ્યાં $I'$ એ $V = V_0$ હોય ત્યારે પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ છે. પછી $I'$ ના મૂલ્યને જે-તે સેટમાં અનુનાદ વખતના મૂલ્યના સંદર્ભમાં ટકાવારીમાં રૂપાંતર કરો. આકૃતિ P 7.12માં બતાવ્યા પ્રમાણે $\frac{I}{I'}$ (ટકામાં) વિરુદ્ધ આવૃત્તિનો આલેખ દોરો. $Q_0$, $Q_1$ અને $Q_2$ની કિંમતોની સરખામણી કરો. શું તમને જોવા મળે છે કે જેમ Rનું મૂલ્ય ઓછું તેમ અનુનાદ વધુ તીક્ષ્ણ બને છે ? તમારા પરિણામની ચર્ચા કરો.



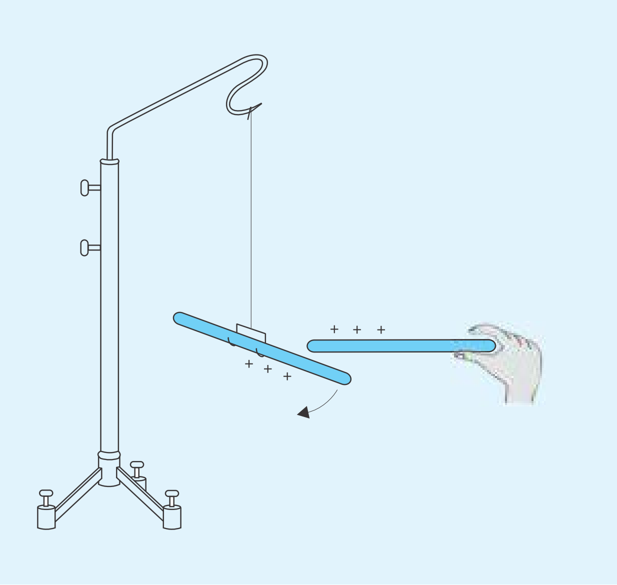

*આકૃતિ P 7.12 : $\frac{I}{I'}$ વિરુદ્ધ આવૃત્તિ*

(4) *અર્ધ બિંદુઓ (Half Points) :*

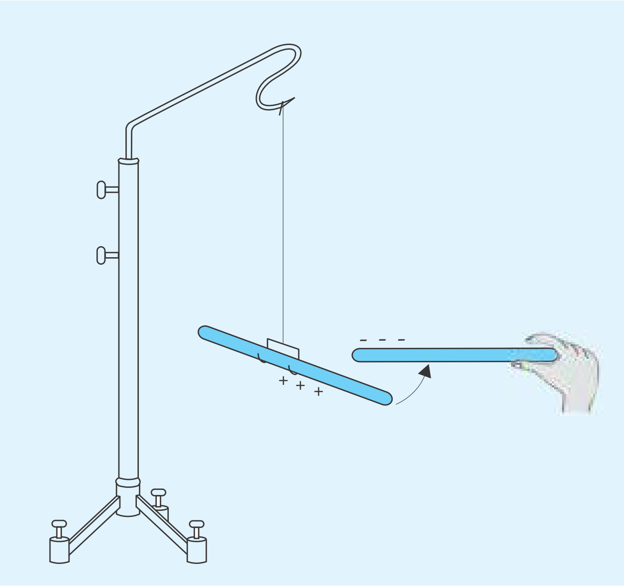
આકૃતિ 7.11 (a)માં $I' \rightarrow v$ ના આલેખમાં બે આવૃત્તિઓ $v_1$ અને $v_2$ એવી શોધો કે જ્યાં $I'$નું મૂલ્ય તેના અનુનાદ પરના મૂલ્યનું 70 % હોય. આ આવૃત્તિઓને અર્ધ બિંદુઓ (Half points) કહે છે. કારણ કે આ આવૃત્તિઓ એ પાવર-વપરાશ, અનુનાદ વખતેના પાવર-વપરાશ કરતા અડધું હોય છે. શરત એટલી જ કે અનુનાદ પરિપથ પર અચળ ac વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત લાગુ પાડેલો છે. $v_2 - v_1$ તફાવત શોધો.

# નિદર્શનો
# DEMONSTRATIONS

## નિદર્શન 1



*આકૃતિ D 1.1 : સમાન વિદ્યુતભારો એકબીજાને અપાકર્ષે*



*આકૃતિ D 1.2 : અસમાન વિદ્યુતભારો એકબીજાને આકર્ષે*

**વિદ્યુતભાર બે પ્રકારના હોય છે તથા સમાન (સજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને અપાકર્ષે અને અસમાન (વિજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને આકર્ષે છે તેનું નિદર્શન કરવું.**

**(i)** *સમાન (સજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને અપાકર્ષે છે*

કાચના એક સળિયાને રેશમના કપડા પર ઘસો. આકૃતિ D 1.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે રેશમી અથવા નાઈલોનની દોરી પરથી લટકાવેલી તારની ફ્રેમમાં આ સળિયાને મૂકો. આવી જ રીતે કાચના બીજા સળિયાને ઘસો અને તેના ઘસેલા છેડાને લટકાવેલ કાચના સળિયાના ઘસેલા છેડા નજીક લાવો. શું થાય છે તેનું અવલોકન કરો. કાચના બંને સળિયા એકબીજાને અપાકર્ષે તેવું જોવા મળે. વળી, એબોનાઈટ (ebonite)ના બે સળિયાને ઊનનાં કપડા પર ઘસીને આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. દરેક કિસ્સામાં તમે નોંધશો કે સમાન વિદ્યુતભાર એકબીજાને અપાકર્ષે છે. કાચના બંને સળિયા સમાન રીતે ઘસેલા હોઈ તેઓ સમાન વિદ્યુતભાર મેળવે છે. પ્રયોગ પરથી આપણે એવું તારણ મેળવી શકીએ કે સમાન વિદ્યુતભાર એકબીજાને અપાકર્ષે છે.

**(ii)** *અસમાન (વિજાતીય) વિદ્યુતભાર એકબીજાને આકર્ષે છે*

કાચના એક સળિયાને રેશમના કપડા પર ઘસો. આગળના નિદર્શનની જેમ જ રેશમી અથવા નાઈલોનની દોરી પરથી લટકાવેલી તારની ફ્રેમમાં આ સળિયો મૂકો. એબોનાઈટ (ebonites)ના એક સળિયાને ઊનનાં કાપડ પર ઘસો અને તે ઘસેલા છેડાને લટકાવેલા કાચના સળિયાના ઘસેલા છેડા નજીક લાવો (આકૃતિ D1.2). શું થાય છે તે નોંધો. તમને જોવા મળશે કે એબોનાઈટનો સળિયો કાચના સળિયાને આકર્ષે છે. આ પ્રયોગ દર્શાવે છે કે, અસમાન વિદ્યુતભારો એકબીજાને આકર્ષે છે.

**નોંધ**

(1) વિદ્યુતભારિત એબોનાઈટના સળિયાનું વર્તન, વિદ્યુતભારિત કાચના સળિયા કરતા જુદું છે એટલે કે એબોનાઈટનો સળિયો જુદા પ્રકારનો વિદ્યુતભાર મેળવે છે.

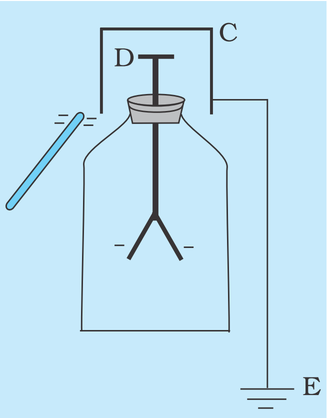
(2) પ્રણાલિકાગત રીતે કાચના વિદ્યુતભારિત સળિયા અને તેના જેવું વર્તન કરતા બીજા બધા વિદ્યુતભારિત પદાર્થોને ધન વિદ્યુતભારિત છે તેમ કહે છે.

(3) તે જ પ્રમાણે, એબોનાઈટના વિદ્યુતભારિત સળિયા અને તેના જેવું વર્તન કરતા બીજા બધા વિદ્યુતભારિત પદાર્થોને ઋણ વિદ્યુતભારિત છે તેમ કહે છે.

# નિદર્શન 2

## ઇલેક્ટ્રોસ્ટેટિક શિલ્ડિંગ (Electrostatic Shielding)નું નિદર્શન કરવું.

ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપ (Electroscope)ને સંપર્કની રીતથી અથવા પ્રેરણની રીતથી વિદ્યુતભારિત કરવો. ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપમાં વિચલન, તે વિદ્યુતભારિત હોવાનું દર્શાવે છે. વિદ્યુતભારિત એબોનાઈટનો અથવા કાચનો સળિયા (અથવા થરમૉકોલના ટુકડા)ને ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપના હાથા / ડટ્ટા (knob)ની નજીક લાવો. વિચલનમાં થતો વધારો અથવા ઘટાડો સૂચવે છે કે સળિયા પર વિદ્યુતભારનો પ્રકાર વિદ્યુતભારિત ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપ સાથે સમાન છે કે અસમાન છે. વિદ્યુતભારિત સળિયાને ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપથી દૂર કરો. ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપ હજુ પણ વિદ્યુતભારિત છે તેની ખાતરી કરી લો. જો ના હોય તો ફરી વિદ્યુતભારિત કરવું. એક તારના એક છેડાને ધાતુના પાત્ર (can) સાથે ટેપ (tape)ની મદદથી જોડવું. તારના બીજા છેડાને જમીનમાં દાટવો. હવે ધાતુના કૅનનું અર્થિંગ (earthing) થયું. હવે આ કૅનને પ્રયોગશાળા સ્ટૅન્ડ પર એવી રીતે લટકાવો કે તેનો ખુલ્લો છેડો જમીન તરફ હોય. ધાતુના કૅનને ધીમે-ધીમે નીચે લાવો કે જેથી તે વિદ્યુતભારિત ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપના ડટ્ટાને સંપૂર્ણપણે ઢાંકી દે. ધ્યાન રાખો કે ડટ્ટાને ચારે તરફથી ઢાંકતી વખતે ધાતુ, ડટ્ટાને અથવા ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપની બોડી (body)ને ક્યાંય અડકે નહિ. (આકૃતિ D 2.1) અહીં નોંધનીય છે કે ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપ હજુ વિદ્યુતભારિત છે જે તેની સોય અથવા પત્તીઓના વિચલનથી દેખાય છે. હવે વિદ્યુતભારિત એબોનાઈટ (ebonite) અથવા કાચના સળિયાને ફરીથી ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપના ડટ્ટાની નજીક ધાતુના કૅનની બહારના ભાગમાં લાવો. ધ્યાન રાખો કે વિદ્યુતભારિત સળિયો કૅનને અડકે નહિ. આ અવલોકન મળ્યું તે પ્રમાણે શું વિદ્યુતભારિત ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપના વિચલનમાં કોઈ ફેરફાર દેખાય છે જો નહિ તો તેનો મતલબ છે કે ધાતુનું અર્થિંગવાળું કૅન વિદ્યુતભારિત ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપના ડટ્ટાને ઇલેક્ટ્રૉસ્ટેટિક શિલ્ડિંગ આપે છે. તમારાં અવલોકનો પર, ખાસ કરીને અર્થિંગ કરેલા ધાતુના કૅને ભજવેલા ભાગની ચર્ચા કરો. વિદ્યુતભારિત એબોનાઈટ અથવા કાચના સળિયાની ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપના ડટ્ટા નજીક અથવા કૅનની બહાર લાવતા ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપનાં પત્તાઓ પર કોઈ અસર થતી નથી. આને ઇલેક્ટ્રૉસ્ટેટિક શિલ્ડિંગ કહેવાય.



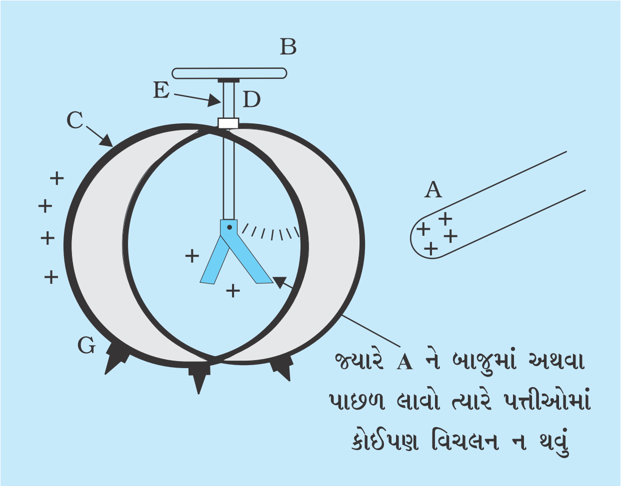

*આકૃતિ D 2.1 : એબોનાઈટના સળિયાના ક્ષેત્રથી તકતી Dનું શિલ્ડિંગ કરતો ગ્રાઉન્ડેડ કૅન C*

### નોંધ

(1) તમે જોશો કે સોનાનાં પત્તા (વરખ) વાળા સંવેદનશીલ ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપને વધુ ચોકસાઈથી વિદ્યુતભાર માપવા માટે ધારતા, તેને વ્યવસ્થિત રીતે શિલ્ડ (shield) કરવું પડે જેથી આસપાસમાં આવેલા વિદ્યુતભારો તેનાં પત્તાંઓને અસર ન કરે. ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપને વ્યવસ્થિત

* *કાચના ટમ્બલર અને એલ્યુમિનિયમની ફોઈલની મદદથી કામચલાઉ ઇલેક્ટ્રૉસ્કોપ સહેલાઈથી બનાવી શકાય. વધુ વિગતો માટે Appendix-1નો સંદર્ભ લો.*

રીતે શિલ્ડ કરવા માટે તેને ધાતુના કૅન Cમાં રાખવામાં આવે છે. (આકૃતિ D 2.2) પત્તીઓને જોઈ શકાય તે માટે કૅનના ઢાંકણની જગાએ કાચની વર્તુળાકાર તક્તી G મુકાય છે. એટલે જ ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપની પાછળ અથવા તેની બાજુમાં અનિચ્છનીય વિદ્યુતભાર A લાવીએ તો પણ પત્તીઓના વિચલનમાં કોઈ ફેરફાર નથી થતો. પત્તીઓને જકડી રાખતા સ્ટેમ Eને અર્થિંગ કરેલા કૅનથી જુદો પાડવા માટે અવાહક સ્ટૉપર Dનો ઉપયોગ કરી શકાય.




*આકૃતિ D 2.2 : શિલ્ડેડ ઈલેક્ટ્રૉસ્કોપ*

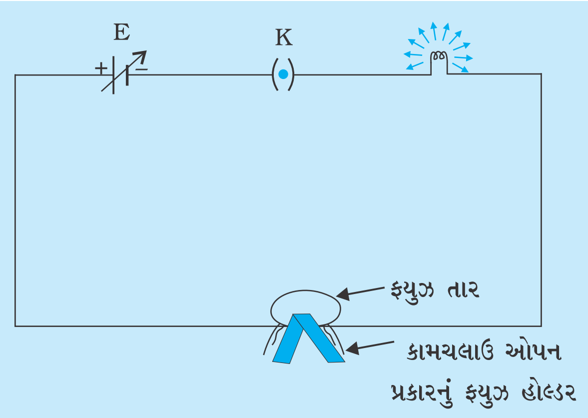
# નિદર્શન 3

**( i ) અમુક વિદ્યુતપ્રવાહના વહનથી ઓગળી જતા ધાતુના કામચલાઉ ફ્યુઝ (Fuse)નો ઉપયોગ અને ( ii ) રોજિંદી જિંદગીમાં ઉપયોગમાં લેવાતા વિવિધ પ્રકારના ફ્યુઝનું નિદર્શન કરવું.**

(i) *અમુક વિદ્યુતપ્રવાહના વહનથી ઓગળી જતા કામચલાઉ ફ્યૂઝ (Fuse)ના ઉપયોગનું નિદર્શન*

યોગ્ય ફ્યૂઝ તાર (5A રેટિંગવાળો)નો નાનો ટુકડો લો અને તે કામચલાઉ ખુલ્લા પ્રકારના ફ્યૂઝ (જુઓ Appedix 4) પર જોડી દો. આકૃતિ D 3.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે આ વિદ્યુત ફ્યૂઝને 6 Vનો લેડ એક્યુમ્યુલેટર (સંગ્રાહક કોષ) (accumulator), 6V (18 W અથવા 24 W) ના ગોળા (હોલ્ડરમાં લગાવેલ) અને એક પ્લગ-કી (Plug key) સાથે શ્રેણીમાં જોડો. કળને ON કરીને જુઓ કે ગોળો ચાલુ થાય છે? ફ્યૂઝ વાયરનું અવલોકન કરો. જુઓ કે તે અસર રહિત છે. હવે કળ ખોલી પરિપથને બ્રેક કરો. તાંબાના જાડા તાર સાથે જોડી ગોળાને શોર્ટ સર્કિટ કરો. હવે ફરીથી થોડા સમય માટે કળને ON કરો. આ વખતે ગોળો ચાલુ થશે નહિ. શું ફ્યૂઝ વાયર તરત જ બંધ થશે? ધ્યાનથી અવલોકન કરો.

(ii) *રોજિંદી જિંદગીમાં ઉપયોગ થતા વિવિધ પ્રકારના ફ્યૂઝનું નિદર્શન*




***આકૃતિ D 3.1 : ફ્યુઝનું કાર્ય નિદર્શિત કરતી પરિપથ***

(i) વિવિધ વીજળી ઉપકરણોમાં ઉપયોગમાં લેવાતા (ii) 5A પ્રવાહ રેટિંગ (rating)વાળા મેઈન્સમાં વપરાતા (iii) 15 A પ્રવાહ રેટિંગવાળા મેઈન્સમાં વપરાતા, વિવિધ પ્રકારના ફ્યૂઝ ભેગા કરો. તેમનું અવલોકન કરી તારની જાડાઈનાં તારણોની નોંધ કરો. વિદ્યુત મેઈન્સ સાથે વાપરવા માટેનું સ્વિચ બૉર્ડ લો. આ સ્વિચ બૉર્ડ (Switch Board)માં એક ફ્યૂઝ સૉકેટ (Socket), એક ગોળાનું હોલ્ડર (holder) (100 W, 230 Vના વિદ્યુતગોળા સાથે) અને એક કળ (સ્વિચ) ફ્યૂઝ સાથે શ્રેણીમાં હોવું જોઈએ. આ બૉર્ડમાં એક વિદ્યુત ઉપકરણ દા.ત., વિદ્યુત હીટર (Heater)ને શ્રેણીમાં જોડવા માટે સ્વિચ સાથેનું એક સૉકેટ જૂદું હોવું જોઈએ.

સ્વિચ બૉર્ડને મેઈન્સમાં જોડતા પહેલાં ફ્યૂઝ માટેના સૉકેટમાં 5Aનો ફ્યૂઝ તાર લગાવવો. સ્વિચ બૉર્ડ પર આપેલી સ્વિચનો ઉપયોગ કરી ગોળાને ચાલુ (ON) કરો. ગોળો પ્રકાશિત થશે. ફ્યૂઝ તારનું અવલોકન કરો. શું તે અકબંધ છે ? ગોળાને બંધ

* *એક કામચલાઉ ખુલ્લા પ્રકારનો ફ્યુઝ હોલ્ડર બનાવવા માટે Appendix-4 જુઓ.*

કરી, સ્વિચ બૉર્ડને વિદ્યુત મેઈન્સથી અનપ્લગ (જુદું) કરવું. ટેબલ લૅમ્પને જોડવા માટે વપરાતા સામાન્ય લવચીક (flexible) કેબલમાંથી તાંબાનો એક જ તાર કાઢી ફ્યુઝ સૉકેટમાં લગાવવો. બૉર્ડને ફરીથી મેઈન્સમાં પ્લગ કરી, ગોળાને ચાલુ કરવો. શું ગોળો હવે ચાલુ થાય છે અને ચાલુ જ રહે છે ? બૉર્ડને અનપ્લગ કરી, આપણે મૂકેલા કામચલાઉ ફ્યુઝ તાર પર અસર જુઓ. શું તેનો રંગ બદલાય છે ? હવે બૉર્ડ સાથે વિદ્યુત હીટર (1500 W અથવા 2000 W, 230 V)ને જોડો. બૉર્ડને વિદ્યુત મેઈન્સ સાથે જોડો. હીટરને સ્વિચ "ON" કરો. શું કામચલાઉ ફ્યુઝ ઊડી ગયું, તો નથી ને ? બૉર્ડને અનપ્લગ કરી ફ્યુઝનું અવલોકન કરો. શું તમને તે અંશતઃ ઓગળેલું (એટલે કે મૂળ લંબાઈ કરતાં થોડી ઓછી) મળે છે ? 6Vના ગોળાને શોર્ટસર્કિટ કર્યા પછી ઉપરના પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લીધેલા પરિપથમાં લાંબા ગાળા માટે વિદ્યુતપ્રવાહ શા માટે પસાર ન કરવો જોઈએ ?

***નોંધ***

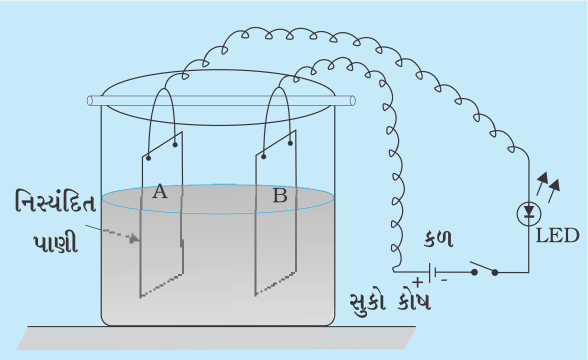
(1) જો તમે કામચલાઉ ઑપન પ્રકારનું ફ્યુઝ હૉલ્ડર ન બનાવ્યું હોય, તો ફ્યુઝના તારના છેડાઓને Crocodile clips માં પકડવા. Appendix 4માં વર્ણન કરેલા ઑપન પ્રકારનું ઑપન ફ્યુઝ હૉલ્ડર (Holder) જ સારું નિદર્શન આપી શકે.

(2) ફ્યુઝની કામ કરવાની સ્થિતિ (working status) તમે અવરોધ મીટરમાં "Continuity check" પરથી ચકાસી શકો. જો બીપ (beep) સંભળાય તો ફ્યુઝ બરાબર છે અને જો બીપ ન સંભળાય તો ફ્યુઝને ઊડી ગયેલો ધારી શકાય.

# નિદર્શન 4

**નિસ્યંદિત પાણી વધારે અવરોધ આપે છે અને તેમાં સોડિયમ ક્લોરાઈડ (Sodium Chloride) ભેળવવાથી અવરોધ ઘટે છે તેમ નિદર્શન કરવું.**

બીકર (Beaker)માં અડધે સુધી નિસ્યંદિત પાણી લેવું અને તેમાં બે ઈલેક્ટ્રોડ (લાકડાના સળિયા પર તાંબાના ખુલ્લા તાર વડે લટકાવેલી ઍલ્યુમિનિયમની બે પટ્ટીઓ અથવા તકતી ચાલશે) A અને B ડુબાડવા. પરિપથ (આકૃતિ D 4.1)માં બતાવ્યા પ્રમાણે ઈલેક્ટ્રોડને સૂકા કોષ (1.5 V) ટેપિંગ કળ (tapping key) અને એક લાઈટ એમિટિંગ ડાયોડ (LED - Light Emitting Diode) સાથે જોડાણ કરવું. LEDને પરિપથમાં બરાબર રીતે જોડ્યું છે કે નહિ તે ચકાસો. કારણ કે તે વિદ્યુતપ્રવાહ એક જ દિશામાં આપે છે. ગોળાને પ્રકાશિત થવા માટે ખાતરી કરો કે તેનો ધન છેડો કોષના ધન છેડા સાથે જોડાયેલો છે. આ ચકાસણી કરવા માટે ઈલેક્ટ્રોડ A અને Bને પાણીની બહાર લાવો. બંનેને એકબીજાના સંપર્કમાં લાવો અને જુઓ કે LED પ્રકાશિત થાય છે. પછી, આ બંને ઈલેક્ટ્રોડને પાણીમાં મૂકો અને તેમના વચ્ચેનો ગાળો (જગ્યા) મહત્તમ કરો. શું હવે LED પ્રકાશિત થાય છે? બંને ઈલેક્ટ્રોડને એકબીજાની નજીક લાવો જેથી પાણીમાં બંને વચ્ચેનું અંતર ઓછુ રહે. જુઓ, હવે LED પ્રકાશિત થાય છે ? LED પ્રકાશિત ન થાય તેટલી દૂર પટ્ટીઓને રાખી પાણીમાં એક ચપટી મીઠું નાંખો. હવે શું LED પ્રકાશિત થાય છે ? તમારાં અવલોકનો પરથી નિષ્કર્ષ બનાવો.




*આકૃતિ D 4.1 : મીઠું ઉમેરવાથી નિસ્યંદિતપાણીની વિદ્યુતવાહકતા પર થતી અસરનું નિદર્શન કરતી ગોઠવણ*

**નોંધ**

(1) જો LEDની જગાએ મલ્ટિમીટર (કે જેમાં DC પ્રવાહ માપવાની જુદી-જુદી અવધિઓ (ranges) હોય) મૂકતા અને પાણીમાં તબક્કાવાર સમાન મીઠું ઉમેરતા, તમે દરેક કિસ્સામાં મીઠાની સાંદ્રતા અને દ્રાવણનો અવરોધ શોધી શકો. પ્રયોગ દરમિયાન તકતીઓના સ્થાનની અદલા-બદલી કરવી નહિ. એટલે તમે મીઠાની સાંદ્રતા સાથે અવરોધનો ફેરફાર કેવી રીતે થાય છે તેનો અભ્યાસ કરી શકો છો. વિદ્યાર્થીઓ આ પ્રયોગને પ્રૉજેક્ટ-કાર્ય તરીકે લઈ શકે છે.

(2) સામાન્ય રીતે, સાંદ્રતાના વધારા સાથે ઈલેક્ટ્રૉલાઈટ (મીઠાનું એવું દ્રાવણ જેમાં અણુઓ ધન આયનો અને ઋણ આયનોમાં વિભાજિત થાય છે.)ની અવરોધકતા ઘટે છે. આવું બનવા

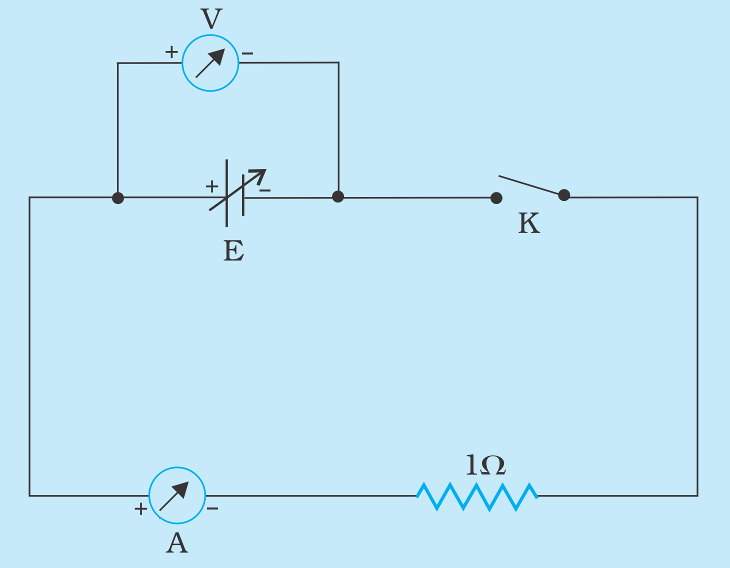
પાછળની હકીકત એ છે કે, સાંદ્રતાના વધારા સાથે, વધુ સંખ્યામાં વિદ્યુતભાર વાહકો (ધન અને ઋણ આયનો) પ્રાપ્ત થાય છે. જેઓ બંને ઈલેક્ટ્રોડ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત લાગુ પાડતા તેમની વચ્ચે ઉદ્‌ભવતા વિદ્યુતક્ષેત્રમાં ગતિ કરે છે.

(3) ધાતુના તારમાં વિદ્યુતપ્રવાહના વહનમાં ફક્ત ઋણ વિદ્યુતભાર (ઈલેક્ટ્રૉન)નો જ ફાળો હોય છે જ્યારે ઈલેક્ટ્રૉલાઈટના કિસ્સામાં આયનો તેમજ ધન આયનોનું ડ્રિફ્ટ વિદ્યુતપ્રવાહના વહનમાં ફાળો આપે છે. આ વિદ્યુતક્ષેત્રની દિશામાં ધીમા ડ્રિફ્ટ સાથે વાંકીચૂંકી ગતિનું સંયોજન છે.

# નિદર્શન 5

**લેડ સંગ્રાહક કોષ (Lead Accumalator)ના કાર્યનું નિદર્શન કરવું.**

આકૃતિ D 5.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે વિદ્યુતપરિપથ ગોઠવો. સંગ્રાહક કોષ સાથે 1 Ωનો અવરોધ અને એક એમીટર શ્રેણીમાં જોડો. 6Vના સંગ્રાહક કોષને સમાંતર વોલ્ટમીટર જોડો. પરિપથ એક યા બે સેકન્ડથી વધુ સમય માટે ON ન રહેવો જોઈએ. આ હેતુ માટે, પ્લગ-કી (Key)ના બદલે ટેપિંગ-કી (Key) વાપરવી. જ્યારે ટેપિંગ-કી દબાવશો ત્યારે વોલ્ટમીટરમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બૅટરીના વોલ્ટેજમાં મામૂલી ઘટાડો જોવા મળશે. વોલ્ટમીટરનું અવલોકન (V) અને એમીટરનું અવલોકન (I) નોંધો. પરિપથમાં વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર કરો. અવલોકનોનું પુનરાવર્તન કરો. આના માટે પરિપથમાં રીઓસ્ટેટ જોડવું પડશે. તમારાં અવલોકનોને અવલોકન-કોઠામાં નોંધો અને સંગ્રાહકના આંતરિક અવરોધની ગણતરી કરો $\left[r = \frac{E-V}{I}\,\text{ohm}\right]$.




*આકૃતિ D 5.1 : લેડ સંગ્રાહકનો લઘુ આંતરિક અવરોધનું નિદર્શન કરતો પરિપથ*

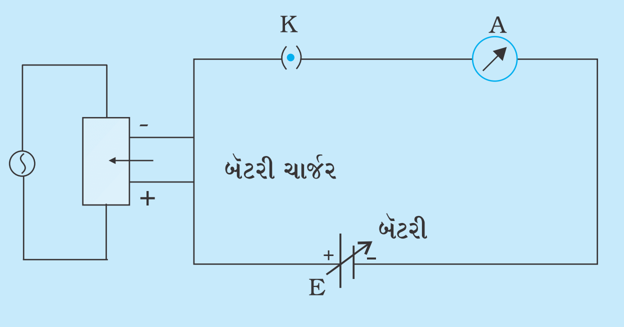
**નોંધ**

(1) જૂના લેડ-સંગ્રાહકમાંથી કાઢેલા લેડની જાળીનું પરીક્ષણ કરો. તેના ધન અને ઋણ ધ્રુવ ને ઓળખો. લેડ ઑક્સાઇડવાળી પ્લેટ ધન ધ્રુવ તરીકે કાર્ય કરે છે. જ્યારે નરમ લેડ ઋણ ધ્રુવ તરીકે કાર્ય કરે છે.

(2) 6Vના સંગ્રાહકને નુકસાનથી બચાવવા માટે તેની સાથે શ્રેણીમાં એક નાનો અવરોધ જોડવામાં આવે છે આને કારણ જોડાણના તારનું ગરમ થવું પણ ઘટે છે જેથી દાઝવાની ઘટના ના બને.

(3) બૅટરીને ક્યારેય શોર્ટસર્કિટ ન કરવું. આમ કરવાથી બૅટરીનું આયુષ્ય ઘટે છે. ભારે (વધારે) વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થવાથી નાની અવધિવાળા એમીટર જેવાં સાધનોને નુકસાન થઈ શકે છે.

(4) જ્યારે કોઈ પણ કોષનો વોલ્ટેજ સામાન્ય અવધિ 2V થી ઘટીને 1.85 V થાય ત્યારે તેને રિચાર્જ કરવો પડે. આ હેતુ માટે તેને આકૃતિ D 5.2માં બતાવ્યા પ્રમાણે બૅટરી ચાર્જર સાથે જોડવું.




*આકૃતિ D 5.2 : બૅટરી ચાર્જરની મદદથી બૅટરીનું ચાર્જિંગ કરવાનો પરિપથ*

(5) તેના ડિસ્ચાર્જિંગ / વપરાશ દરમિયાન અને ચાર્જિંગ દરમિયાન થતી રાસાયણિક પ્રક્રિયા નીચે મુજબ છે :

*ધન ધ્રુવ*

$$PbO_2 + 4H^+ + SO_4^{-2} + 2e^- \underset{\text{ચાર્જિંગ}}{\overset{\text{ડિસ્ચાર્જિંગ / વપરાશ}}{\rightleftharpoons}} PbSO_4 + 2H_2O$$

*ઋણ ઈલેક્ટ્રોડ*

$$Pb + SO_4 \underset{\text{ચાર્જિંગ}}{\overset{\text{ડિસ્ચાર્જિંગ / વપરાશ}}{\rightleftharpoons}} PbSO_4 + 2e^-$$

એટલે જ વપરાશ દરમિયાન બંને ધ્રુવ પર $PbSO_4$ બને છે. વધુ પડતા વપરાયેલા કોષને સલ્ફેટેડ (Sulphated) થયો છે તેમ કહેવાય. વધુમાં, પાણીનું બનવું અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનો વપરાશ થવાના પરિણામે ઍસિડની ઘનતા ઘટે છે.

(6) બૅટરીને વધુ પડતી ચાર્જિંગ કરવાની અસર ઈલેક્ટ્રોલિસિસ દરમિયાન પાણીનો વ્યય છે એટલે જ, સતત પાણીના લેવલને ચકાસવાની જરૂર હોય છે અને તેને ઊંચુ લાવવા નિસ્યંદિત પાણી ઉમેરવામાં આવે છે. આને ક્યારેક નિસ્યંદિત પાણીથી ટોપિંગ-અપ (topping up) કરવાનું જણાવવામાં આવે છે.

(7) ઍસિડ સંગ્રાહકને રીચાર્જિંગની જરૂર છે તે ચકાસવાની શ્રેષ્ઠ રીત તેનો વિદ્યુતચાલકબળ માપવાનું નથી. આનું કારણ છે કે સામાન્ય વોલ્ટમીટર વોલ્ટેજ વધુ ચોકસાઈથી માપી શકતા નથી. 1.85 V ને 1.9 V વાંચી શકે.

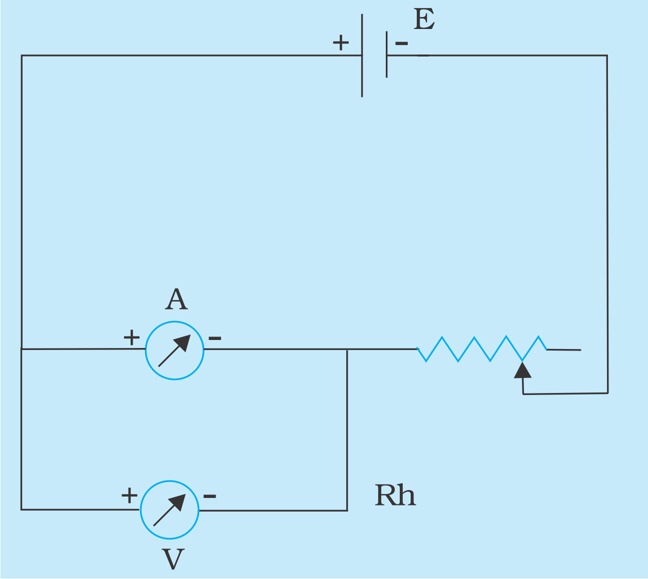
અંદર આવેલા ઍસિડની ઘનતા એ ઘણો સારો સૂચક છે. ચાર્જ્ડ સંગ્રાહકમાં ઘનતા 1.26 kg /L હોય છે. જ્યારે તે ઘટીને 1.20 kg / L થાય ત્યારે સંગ્રાહકને રિચાર્જ કરવાની જરૂર પડે છે. સંગ્રાહકમાં આવેલા ઍસિડની ઘનતા માપવા માટે વિશિષ્ટ હાઇડ્રોમીટર (hydrometer)નો ઉપયોગ થાય છે અને તે સંગ્રાહક કોષની સ્થિતિની અટકળ કરે. નિસ્યંદિત પાણીથી ટોપિંગ-અપ (topping up) કર્યા પછી જ ઘનતા માપવી જોઈએ.

(8) નવા કોષ માટે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ બનાવવા માટે તેનાથી ત્રણ ગણા કદવાળા પાણીમાં જલદ ઍસિડ ઉમેરવો. જ્યારે આ ઍસિડ ઠંડો પડે ત્યારે તેને નવા લેડ ઍસિડ કોષ / લેડ-સંગ્રાહકમાં ભરી દેવાય છે અને પછી આખી રાતમાં કોષ ચાર્જ થાય છે.

# નિદર્શન 6

**વિદ્યુતપ્રવાહ માપક સાધનને નિશ્ચિત અશૂન્ય (non-zero) અવરોધ હોય છે તેનું નિદર્શન કરવું.**

આકૃતિ D 6.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બૅટરી, કળ, રીઓસ્ટેટ, એમીટર અને ડિજિટલ મલ્ટિમીટર(DMM)નો ઉપયોગ કરી પરિપથ બનાવો. કળ બંધ કરો. રીઓસ્ટેટને એવી રીતે ગોઠવો જેથી એમીટરમાંથી 1Aના ક્રમનો વિદ્યુતપ્રવાહ વહે. dc mVની અવધિમાં વોલ્ટમીટર DMMથી એમીટરના બે છેડા વચ્ચે મળતા વોલ્ટેજ ડ્રોપ (V)નું અવલોકન કરો. તમારાં અવલોકનો નોંધો અને વોલ્ટેજ ડ્રોપ ($V$) અને એમીટરના વાંચન ($I$)નો ગુણોત્તર $\left(R = \frac{V}{I}\ \text{ohm}\right)$ લઈ એમીટરનો અવરોધ શોધો. એમીટરના જુદા-જુદા વાંચન માટે આ પદ્ધતિનું પુનરાવર્તન કરો અને અવરોધની સરેરાશ કિંમત શોધો.




***આકૃતિ D 6.1 :*** *એમીટરના અવરોધનું માપન*

**નોંધ**

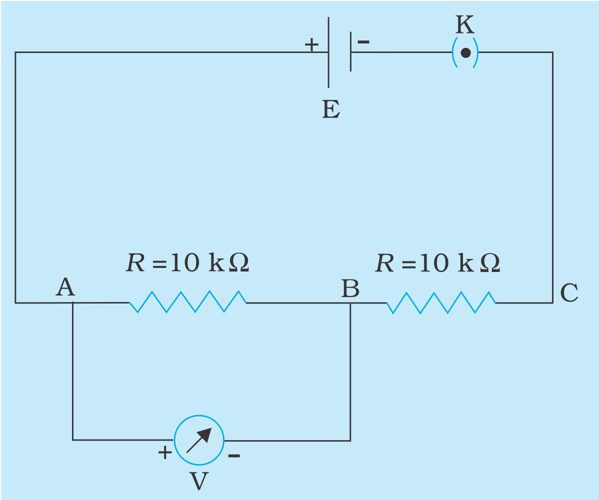
(1) સામાન્ય રીતે એવું કહેવાય છે કે, એમીટરને અવરોધ ન હોવાના કારણે તે પરિપથમાં શ્રેણીમાં જોડાય છે પણ આ એક આદર્શ કિસ્સો છે પણ હકીકતમાં આવું હોતું નથી. એમીટરને નિશ્ચિત અશૂન્ય અવરોધ હોય છે.

(2) ઉપરના પ્રયોગનો નિદર્શ મિલિએમીટર (10 Ωના ક્રમમાં અવરોધ ધરાવતો) અથવા માઇક્રોએમીટર (kΩના ક્રમમાં અવરોધ ધરાવતો)ના ઉપયોગથી પણ કરી શકાય.

# નિદર્શન 7

**વોલ્ટેજમાપક સાધનનો અવરોધ અનંત નથી (non-infinite) તેનું નિદર્શન કરવું.**

આકૃતિ D 7.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બૅટરી, એક કળ, વોલ્ટમીટર અને દરેક 10 kΩ અવરોધ ધરાવતા બે અવરોધકોને જોડીને એક પરિપથ બનાવો. હવે કળ બંધ કરી, વોલ્ટમીટરને કોઈ એક અવરોધકના બે છેડા વચ્ચે જોડીને વોલ્ટમીટરનાં અવલોકનો લો. સૂત્ર D 7.1નો ઉપયોગ કરી વોલ્ટમીટરના અવરોધની ગણતરી કરો. જુદા-જુદા કોષનો ઉપયોગ કરી Eની કિંમતો બદલી આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો.




***આકૃતિ D 7.1 :*** *વોલ્ટમીટરના અવરોધનું માપન*

**નોંધ**

સામાન્ય રીતે એવું કહેવાય છે કે, વોલ્ટમીટરને સમાંતરમાં જોડતાં તેનો અવરોધ અનંત (infinitely large) હોય છે. પણ હકીકતમાં આવું હોતું નથી કારણ કે આ એક આદર્શ કિસ્સો છે. દરેક વોલ્ટમીટર, ખાસ કરીને એનાલોગ મીટરોને બિનઅનંત અવરોધ હોય છે.

વોલ્ટમીટરના અવરોધને $R_V$ અને વિદ્યુતપ્રવાહને $I$ વડે દર્શાવતા, પરિપથ (આકૃતિ D 7.1)નું વિશ્લેષણ નીચે મુજબ થાય :

$$I = \left[ \frac{E}{R + \dfrac{RR_V}{R + R_V}} \right]$$

માટે, વોલ્ટમીટરનું વાંચન એટલે કે ABના બે છેડા વડે વોલ્ટેજ

$$V = \left[\frac{E}{R + \frac{RR_V}{R + R_V}}\right]\frac{RR_V}{R + R_V} = \frac{ER_V}{R + 2R_V}$$

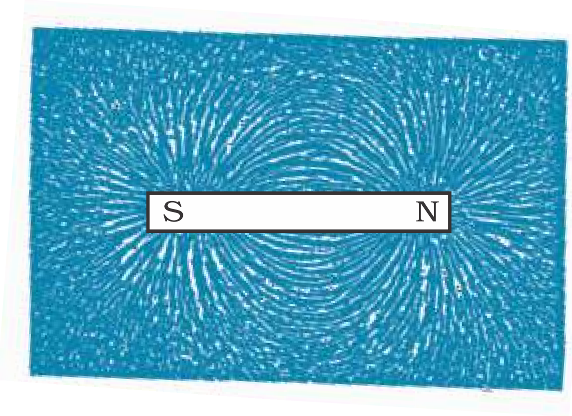
$$\therefore R_V = \frac{VR}{E - 2V} \qquad \text{(D 7.1)}$$

જો $R_V$ અનંત તરફ વધે તો સમીકરણ D 7.1 પ્રમાણે $V = \frac{E}{2}$ થાય. પણ હકીકતમાં, આ $\frac{E}{2}$ કરતા ઘણું નીચું મળે છે.

# નિદર્શન 8

**લોખંડની ભૂકીની મદદથી ચુંબકીયક્ષેત્ર રેખાઓનું નિદર્શન કરવું.**

7.5 cm અથવા 10 cm લંબાઈવાળો એક મજબૂત ગજિયો ચુંબક લો. કાચની તકતીની નીચે તેને મધ્યમાં મૂકો. લાકડાના ચાર બ્લૉકની મદદથી તકતીને સમક્ષિતિજ મૂકો અને સ્પિરિટ લેવલની મદદથી ચકાસી લો. તકતી પર લોખંડની ઝીણી ભૂકી ભભરાવવી, તકતીને હળવેથી વારંવાર ઠપકારવી. જુઓ શું થાય છે. તમે જોશો કે આકૃતિ D 8.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે લોખંડની ભૂકી એક નિયમિત ગોઠવણ (pattern) મેળવે છે. આવું બને છે તેનું કારણ ચુંબકીયક્ષેત્રની અસર હેઠળ, લોખંડના કણો નાના ચુંબકો જેવું વર્તન કરે છે અને ચુંબકીય ક્ષેત્રની રેખાઓ સાથે લાંબી સાંકળ જેવી રચના કરે છે. નોંધનીય છે કે લોખંડના કણોની આ લાંબી સાંકળો ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવથી શરૂ થઈ, દક્ષિણ ધ્રુવ પર અંત પામે છે અને મધ્ય ભાગ સાથે સંપર્ક ટાળે છે. રેખાઓની ગોઠવણ (pattern) નું ધ્યાનપૂર્વક અવલોકન કરો અને તે પરથી બે નજીકની રેખાઓ વચ્ચેના ગાળા અને તે ગાળામાં ચુંબકીયક્ષેત્રની પ્રબળતા (તીવ્રતા)નો નિષ્કર્ષ આપો. તમે તારવેલા નિષ્કર્ષનો અહેવાલ આપો.




***આકૃતિ D 8.1 :*** *ગજિયા ચુંબકની નજીક લોખંડની ભૂકી પોતાને ચુંબકીયક્ષેત્ર રેખાઓની દિશામાં ગોઠવી દે છે*

***નોંધ***

(1) લોખંડની ભૂકીને તકતી પર ચોંટાડી પૅટર્ન મેળવી શકાય તે માટે કાચની તકતી પર સ્વચ્છ વાર્નિશ (Lacquer) પેઈન્ટ સ્પ્રે કરો. તેને સુકાવા દો. તેને કાયમી પ્રદર્શનમાં (display) મૂકી શકાય.

(2) ધારો કે તમે ચુંબકીય કંપાસ વડે પ્રયોગ કરો છો. તમે ગજિયા ચુંબકને કાચની પાતળી તકતી (અથવા પ્લાયવુડની પાતળી સમતલ તકતી અથવા જાડા પૂંઠા) નીચે મૂકો. તકતી પર કાગળ જડી દો અને તેને સ્પિરિટ લેવલથી સમક્ષિતિજ ગોઠવો. ચુંબકીય કંપાસની મદદથી ચુંબકીય ક્ષેત્રરેખાઓ દોરવી. તમે કેવા પ્રકારની રેખાઓની અપેક્ષા રાખો છો ? શું કોઈ પણ રેખા ચુંબક માંથી પસાર થઈને સંપૂર્ણ લુપ બનાવે છે ? પાયાની એક રીત માટે તમે *Laboratory Manual of Science, class X (NCERT, 2008 પ્રયોગ 52,* પાના નં. 217 થી 220)નો સંદર્ભ લો.

# નિદર્શન 9

**ગજિયા ચુંબકની આસપાસના વિસ્તારમાં વિવિધ પદાર્થો લાવી ચુંબકીયક્ષેત્રની ગોઠવણી (pattern) પર ઉદ્‌ભવતી અસરનો અભ્યાસ કરવો.**

## પદ્ધતિ

એક ડ્રૉઈંગ બૉર્ડ લઈ તેના પર મીણબત્તીના પિગળેલા મીણ વડે કોરા કાગળની શીટ (sheet) જડી દો. કાગળની શીટ મધ્યમાં બે પરસ્પર લંબ રેખાઓ NS અને EW દોરો. ચુંબકીય હોકાયંત્રને શીટની બરાબર મધ્યમાં મૂકો. ડ્રૉઈંગ બૉર્ડને એટલું પરિભ્રમણ કરાવો કે જેથી હોકાયંત્રની ચુંબકીય સોય NS રેખા સાથે એક રેખસ્થ થાય. આ કિસ્સામાં આ સોય ઉત્તર-દક્ષિણ દિશાનો નિર્દેશ કરે છે. આ પ્રક્રિયા દરમિયાન બૉર્ડને હળવેકથી ઠપકારવું જેથી કરીને સોય અને ધરી (pivot) વચ્ચેનું ઘર્ષણ લઘુત્તમ થાય અને સોય મુક્તપણે પરિભ્રમણ કરી શકે. ચોક (chalk) વડે ડ્રૉઈંગ બૉર્ડની હદ દર્શાવતી રેખાઓ (રૂપરેખા) દોરો. સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન ડ્રોઈંગ બૉર્ડના સ્થાનમાં કોઈ વિક્ષેપ થવો જોઈએ નહિ. ચુંબકને NS રેખા પર મધ્ય ભાગથી સંમિત રીતે ગોઠવો જેથી તેની અક્ષ NS રેખા પર આવે અને તેનો ઉત્તર ધ્રુવ ઉત્તર દિશા તરફ નિર્દેશિત હોય. આ પરિસ્થિતિમાં ચુંબકીય અક્ષ, કાગળ પર દોરેલી રેખાઓમાંથી કોઈ એક રેખા સાથે એક રેખસ્થ થાય છે. આ રીતે તમે ગજિયા ચુંબકને ચુંબકીય મેરિડિયન (meridian) પર મૂક્યો છે. ચુંબકીય હોકાયંત્રની મદદથી ચુંબકીય ક્ષેત્ર રેખાઓનું નકશા-આલેખન (mapping) કરો. એવાં બિંદુઓ શોધો જ્યાં પૃથ્વીનું સમક્ષિતિજ ચુંબકીયક્ષેત્ર, ચુંબકના ચુંબકીયક્ષેત્રને સમતોલે. આ તટસ્થ બિંદુઓ છે. તમને નિદર્શન 8 માં મળી હતી તેવી પૅટર્ન મળશે. આ પ્રયોગનું નિદર્શન કરતી વખતે બધાં જ ચુંબકો અને ચુંબકીય પદાર્થોને ડ્રૉઈંગ બૉર્ડથી દૂર રાખવા. હવે ડ્રૉઈંગ પેપર હટાવી, ચુંબકને તે જ સ્થાન પર મૂકો અને એક નરમ લોખંડના ચોસલાને ચુંબકથી થોડી દૂર ધારો કે ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવ પાસે મૂકો. ફરીથી, ચુંબકના ચુંબકીય ક્ષેત્રનું નકશા-આલેખન કરો. હવે પૅટર્ન કોના જેવી મળશે? તમે જોશો કે આ પૅટર્ન એકલા ચુંબકના પૅટર્ન કરતા ઘણી જુદી મળે છે. ઘણીબધી રેખાઓ નરમ લોખંડના ચોસલામાંથી અથવા તેની પાસેથી પસાર થાય છે. તટસ્થ બિંદુઓ પણ ચુંબકથી દૂર જાય છે. હોકાયંત્રની મદદથી લોખંડના ચોસલાના છેડાઓના ધ્રુવત્વનું પરીક્ષણ (testing) કરો. તમે જોશો કે તે પણ ચુંબક બની ગયો છે. આ પ્રયોગ ઍલ્યુમિનિયમ, તાંબા, નિકલ, ક્રોમિયમ અને પ્લાસ્ટિકના પદાર્થો સાથે પુનરાવર્તિત કરો. ક્ષેત્રરેખાઓની ગોઠવણીનું અવલોકન કરો.

***નોંધ***

(1) ચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવથી નીકળતી ઘણી બધી રેખાઓ લોખંડના ચોસલાના જે છેડામાં પ્રવેશે, ચોસલાનો તે છેડો દક્ષિણ ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે અને ચોસલાનો બીજો છેડો ઉત્તર ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે. માટે લોખંડનું ચોસલું પ્રેરિત ચુંબક બને છે.

(2) તમે જોશો કે ગજિયા ચુંબકની ચુંબકીય ક્ષેત્ર રેખાઓની પૅટર્નમાં તાંબા, ઍલ્યુમિનિયમ અને પ્લાસ્ટિકના ચોસલાઓની હાજરીથી કોઈ ફેરફાર થતો નથી. આ પદાર્થો પ્રેરિત ચુંબક બનતા નથી.

(3) જો તમે આ પ્રયોગમાં નિકલ અથવા કોબાલ્ટના ચોસલાનો ઉપયોગ કરશો તો રેખાઓની પૅટર્નમાં ફેરફાર થશે પણ આ ફેરફાર નરમ લોખંડ કિસ્સામાં જે ફેરફાર થાય છે એટલો બધો થતો નથી હોતો.

(4) જે પદાર્થોથી ચુંબકીયક્ષેત્ર રેખાઓમાં ફેરફાર આવે તેમને ફેરોમૅગ્નેટિક (ferromagnetic) પદાર્થો કહે છે.

(5) બધા જ સમતલોમાં મુક્તપણે પરિભ્રમણ કરી શકે તેવી ચુંબકીય સોયને લટકાવવામાં આવે તો તે પોતાને પૃથ્વીના ચુંબકીય ઉત્તર-દક્ષિણ ધ્રુવની દિશામાં, સમક્ષિતિજ સાથે કંઈક કોણે ગોઠવી દેશે. આ સોયની અક્ષમાંથી પસાર થતા ઊર્ધ્વ સમતલને ચુંબકીય મેરિડિયન (magnetic meridian) કહે છે.

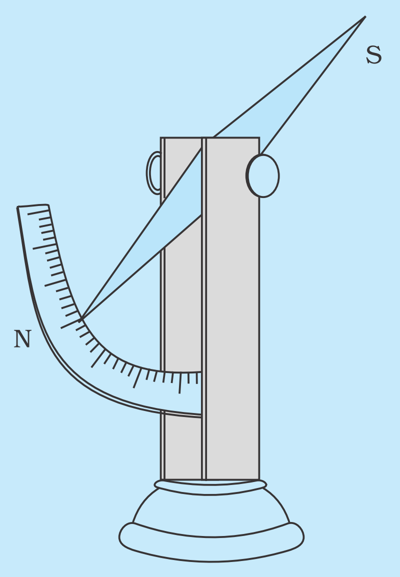
# નિદર્શન 10

**પૃથ્વીના ચુંબકીયક્ષેત્રને ઊર્ધ્વ અને સમક્ષિતિજ બંને ઘટકો હોય છે તેમ દર્શાવવું.**

આ પ્રયોગના નિદર્શન માટે તમને ડિપ સોય અને કંપાસ (હોકાયંત્ર)ની જરૂર પડશે.

*ડિપ સોય (Dip needle) :*

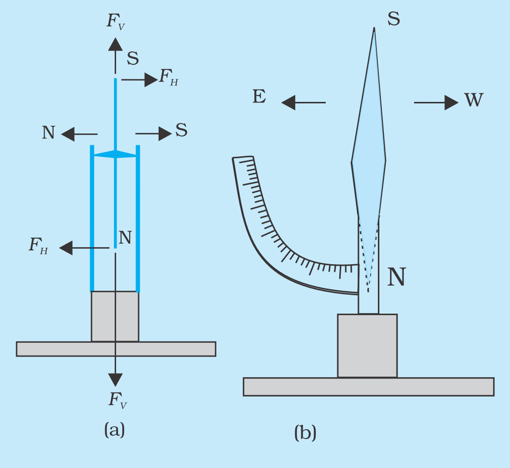
ડિપ સોય એ ઊર્ધ્વ સમતલમાં મુક્તપણે પરિભ્રમણ કરી શકે તેવી હોકાયંત્રની સોય હોય છે. જે સમક્ષિતિજ અક્ષને અનુલક્ષીને પરિભ્રમણ કરે છે, તે અક્ષ તેના ગુરુત્વકેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે. એટલે જ ગુરુત્વાકર્ષણ બળ તેને કોઈ એક પસંદગીની દિશામાં રાખવાનું વલણ ધરાવતો નથી. સોય અને તેની ફ્રેમ ઊર્ધ્વ અક્ષને અનુલક્ષીને પરિભ્રમણ કરી શકે છે કે જેથી તેના પરિભ્રમણના ઊર્ધ્વ સમતલને ગમે તે દિશામાં ગોઠવી શકાય. (આકૃતિ D 10.1). તેની સાથે 90° માપક્રમવાળી વર્તુળાકાર માપપટ્ટી પણ જોડેલી હોય છે કે જેમાં સોય સમક્ષિતિજ સાથે કયા ખૂણે સમતોલનમાં આવી છે તે જોઈ શકો.




***આકૃતિ D 10.1** : ડિપ સોય*

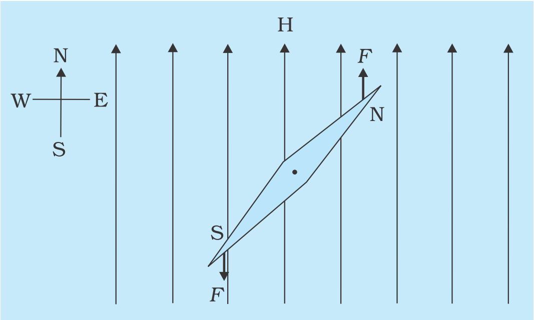
*ઊર્ધ્વ ઘટક :*

ડિપ સોયની ચાકગતિના ઊર્ધ્વ સમતલને ઉત્તર-દક્ષિણ દિશામાં (એટલે કે ચુંબકીય મેરિડિયન)માં ગોઠવી, વર્તુળાકાર માપપટ્ટી પર સોયના વાંચનનું અવલોકન કરો. પરિભ્રમણના સમતલને ચુંબકીય મેરિડિયનથી જુદા-જુદા ખૂણે રાખી ઉપરનાં અવલોકનોનું પુનરાવર્તન કરો. જ્યારે સોયનું વિચલન મહત્તમ એટલે કે 90° બને અને સોય ઊર્ધ્વ થાય. આકૃતિ D 10.2 (a)) ત્યારે સોયની પરિભ્રમણના સમતલનું અવલોકન કરો. શું તે પૂર્વ-પશ્ચિમ દિશામાં છે ? હવે સોયના સમતલને ચુંબકીય મેરિડિયનમાં પરિભ્રમણ કરાવો. વર્તુળાકાર માપક્રમના વાંચનનું અવલોકન કરો. આ સ્થિતિમાં, પૃથ્વીના ચુંબકીયક્ષેત્રનો સમક્ષિતિજ ઘટક સંપૂર્ણ અસરકારક છે અને સોય પરિણામી ચુંબકીયક્ષેત્રની દિશામાં ગોઠવાય છે. આ




***આકૃતિ D 10.2 (a), (b)** : જ્યારે સમતલ પૂર્વ-પશ્ચિમ દિશામાં આવે ત્યારે ડિપ સોય ઊર્ધ્વ થાય છે*

પરિસ્થિતિમાં વર્તુળાકાર માપક્રમ પરનું વાંચન નમનકોણ (Dip Angle) આપે છે. (આકૃતિ 10.4)




***આકૃતિ D 10.3 :*** *પૃથ્વીના ચુંબકીયક્ષેત્રમાં સમક્ષિતિજ સમતલમાં હોકાયંત્રની સોય બળ F – F અનુભવે છે*

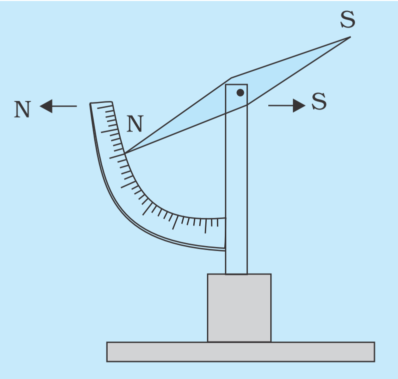
*સમક્ષિતિજ ઘટક :*

હોકાયંત્રની સોય લેવી. અણીદાર ટેકા પર તેને સમક્ષિતિજ મૂકવી, જેથી કરીને તે સમક્ષિતિજ સમતલમાં મુક્તપણે પરિભ્રમણ કરી શકે. તમને જોવા મળશે કે તે ઉત્તર-દક્ષિણ દિશામાં જ સમતોલન અવસ્થામાં આવશે. જો તમે તેને કોઈ પણ સ્થિતિ માંથી મુક્ત કરશો તો પણ તે ઉત્તર-દક્ષિણ દિશામાં જ આવી જશે. આ સૂચવે છે કે તેના ધ્રુવો પર લાગતાં બળો આકૃતિ D 10.3માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે હોય છે.

પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર, સમક્ષિતિજ સમતલમાં હોકાયંત્રની સોયના ઉત્તર ધ્રુવ પર ઉત્તર દિશામાં અને દક્ષિણ ધ્રુવ પર સમાન અને વિરુદ્ધ દિશામાં બળ લગાવવા સક્ષમ હોય છે. માટે પૃથ્વીના ચુંબકીય ક્ષેત્રને સમક્ષિતિજ ઘટક હોય છે.

**નોંધ**

(1) જ્યારે ડિપ સોય 90° એ હોય ત્યારે, પૃથ્વીનું ચુંબકીય ક્ષેત્ર સોયના ઉત્તર ધ્રુવને નીચે તરફ ખેંચે અને દક્ષિણ ધ્રુવને ઉપર તરફ ધકેલે છે. સમક્ષિતિજ ઘટક બિનઅસરકારક હોય છે. કારણ કે આકૃતિ D 10.2(b) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે તેના વડે સોયના ધ્રુવો પર લાગતાં બળો F એ સોયના પરિભ્રમણના સમતલને લંબ હોય છે.




***આકૃતિ D 10.4 :*** *મૅગ્નેટિક મેરિડિયનમાં, ડિપ સોય નમનકોણ વાંચે (દર્શાવે) છે*

(2) હોકાયંત્ર વડે દર્શાવાતી ઉત્તર દિશા મોટે ભાગે ભૌગોલિક ઉત્તર દિશામા હોતી નથી. ભૌગોલિક ઉત્તર અને હોકાયંત્ર વડે દર્શાવતા ઉત્તર દિશા વચ્ચેના કોણને મૅગ્નેટિક ડેક્લિનેશન અથવા ડેક્લિનેશન કહે છે. જો તમને ફક્ત આ કોણ ખબર હોય, તો હોકાયંત્રની મદદથી તમે ભૌગોલિક ઉત્તર દિશા શોધી શકો છો.

(3) એક વિસ્તૃત સાધન, ડિપ વર્તુળની મદદથી પૃથ્વીના ચુંબકીયક્ષેત્રના ઊર્ધ્વ ઘટક અને નમનકોણનું વધુ વિગતવાર નિદર્શન કરી શકાય છે.

# નિદર્શન 11

**પ્રવાહધારિત બે સુવાહકોમાં વિરુદ્ધ / સમાન દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહના વહનને લીધે તેમની વચ્ચે લાગતાં અપાકર્ષણ / આકર્ષણ બળનું નિદર્શન કરવું.**

આ પ્રયોગનું નિદર્શન કરવા માટે તમારે નીચે મુજબનાં સાધન અને સામગ્રીની જરૂર પડશે :

dc વોલ્ટેજનું ઉદ્‌ગમસ્થાન (6V, 3A) (અથવા બૅટરી ઍલિમિનેટર), 2m લંબાઈનો તાંબાનો તાર (18 અથવા 20 SWG), લાકડાનું પાટિયું (8" × 12"), લાકડાના બે ટેકા (1.5" × 1.5" × 12"), જોડાણ માટેના તાર, 4 – 5 ખીલીઓ, 6 સ્ક્રૂ, બે પાતળી પટ્ટીઓ (1.5" × 3") , એક કળ અને નીચા અવરોધવાળું રીઓસ્ટેટ (~10 Ω).

આકૃતિ D 11.1માં એકબીજાથી d અંતરે આવેલા અને અનુક્રમે $I_a$ અને $I_b$ વિદ્યુતપ્રવાહ ધારિત બે લાંબા સમાંતર સુવાહકો *a* (AB) અને *b* (XY) દર્શાવ્યા છે. જમણા હાથના નિયમ (Right Hand Rule) પ્રમાણે સુવાહક XY પર સુવાહક ABમાં પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહને કારણે મળતું ચુંબકીયક્ષેત્ર અધો દિશામાં છે. એમ્પિયરના સર્કિટલ નિયમ પ્રમાણે આનું મૂલ્ય $B_a = \frac{\mu_0 I_a}{2\pi d}$ થાય.

$I_b$ વિદ્યુતપ્રવાહ ધારિત સુવાહક પર ક્ષેત્ર $B_a$ ને કારણે બળ બાજુઓ પર (sideways) લાગશે. આ બળની દિશા સુવાહક *a* તરફ હોય છે. (આકૃતિ D 11.2). સુવાહક *b*ના L (લંબાઈના) ટુકડા પર *a* વડે લાગતા બળનું મૂલ્ય $F_{ba} = I_b L B_a$

(D 11.1)

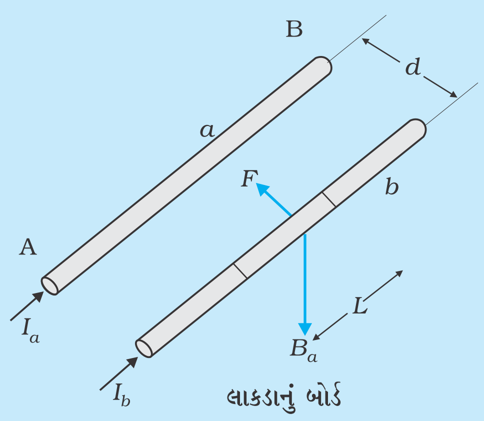
બીજા શબ્દોમાં, સમાન દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ધરાવતા બે સમાંતર સુવાહકો એકબીજાને

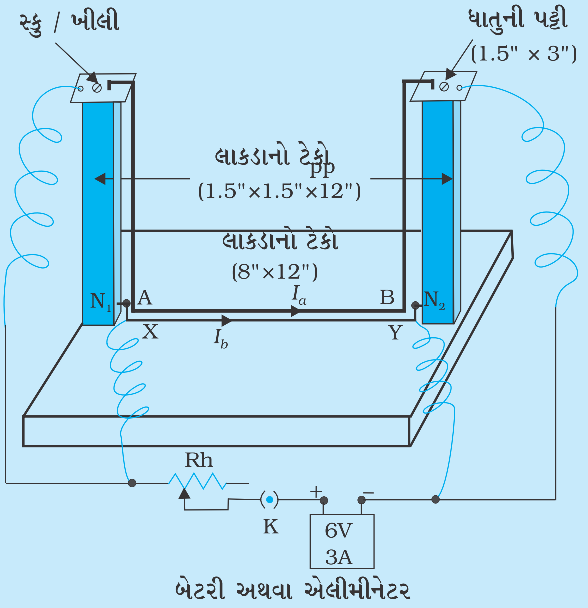
$F_{ba} = \frac{\mu_0 I_a I_b L}{2\pi d}$ બળ વડે આકર્ષે છે.

(D 11.2)

એવી જ રીતે આપણે સ્થાપિત કરી શકીએ કે, વિરુદ્ધ દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ધરાવતા સમાંતર સુવાહકો પરસ્પર અપાકર્ષે છે.

લાકડાના બંને ટેકાઓને ઊર્ધ્વ સ્થિતિમાં લાકડાના પાટિયાના છેડા પર ખીલી અથવા સ્ક્રૂની મદદથી જડી દો. આકૃતિ D 11.2માં પ્રાયોગિક ગોઠવણ બતાવી છે. આ ટેકાઓ ઉપર ધાતુની પટ્ટીઓ (1.5" × 3") ખીલીઓ અથવા સ્ક્રૂની મદદથી જડી દો. 80 – 85 cm લાંબા અને જાડા તાંબાના તારને આકૃતિ D 11.3માં બતાવ્યા પ્રમાણે વાળો. કાચ પેપરની મદદથી તારના છેડાઓને અણીદાર બનાવો. આ વાળેલા તારને આકૃતિ D 11.2માં બતાવ્યા પ્રમાણે ટેકા ઉપર મૂકી દો.

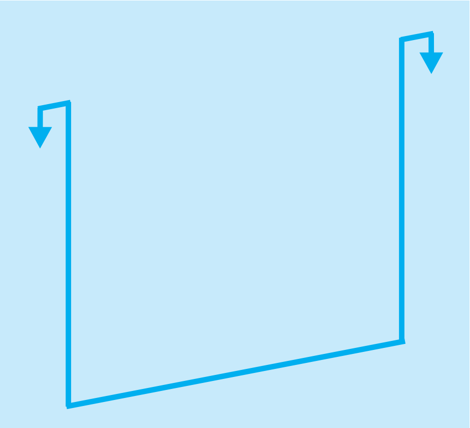



**આકૃતિ D 11.1 :** *સ્થિત પ્રવાહો $I_a$ અને $I_b$ ધરાવતા બે લાંબા સુરેખ, સમાંતર સુવાહકો વચ્ચેનું અંતર d છે. સુવાહક a વડે સુવાહક b પાસે સ્થાપિત ચુંબકીય ક્ષેત્ર $B_a$ છે.*

**આકૃતિ D 11.2 :** *પ્રવાહધારિત બે સુવાહકોમાં પ્રવાહના વિરુદ્ધ / સમાન દિશામાં વહન થતા તેમની વચ્ચે અનુક્રમે અપાકર્ષણ / આકર્ષણ બળ.*

લટકાવેલા ⊔ આકારના તારના નીચેના ભાગ ABની નજીક બે સીધી ખીલીઓ $N_1$ અને $N_2$ જડી દો. ખીલીઓ $N_1$ અને $N_2$ વચ્ચે તાંબાનો એક જાડો તાર XY ચુસ્ત રીતે જડી દો જેથી AB અને XY વચ્ચેનું અંતર આશરે 1 થી 2 mm હોય. હવે, આકૃતિ D 11.2માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક રીઓસ્ટેટ, એક કળ અને બૅટરીના વિદ્યુતીય જોડાણો કરો. જ્યારે કળ Kને ચાલુ કરો, ત્યારે તાર AB અને XYમાં વિદ્યુતપ્રવાહ સમાન દિશામાં વહે છે. આપણને જોવા મળશે કે તાર AB એ તાર XY તરફ આકર્ષાય છે. હવે જડિત તાર XYમાં પ્રવાહની દિશા ઊલટાવતા તારનો ટુકડો AB એ તારથી અપાકર્ષે છે. આ પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન (1) તાર XYની લંબાઈ બદલીને (2) પ્રવાહની ક્ષમતા બદલીને કરી શકાય. આપણે જોઈએ કે સમાન દિશામાં વહન પામતા વિદ્યુતપ્રવાહો એકબીજાને આકર્ષે છે જ્યારે વિરુદ્ધ દિશામાં વહન પામતા પ્રવાહ એકબીજાને અપાકર્ષે છે.



**આકૃતિ D 11.3 :** ⊔ *આકારનો તાંબાનો તાર*

**નોંધ**

(1) જો તારના એકમ લંબાઈ દીઠ લાગતા બળને $F_{ba}$ વડે દર્શાવીએ, તો સમીકરણ E 11.2 પ્રમાણે

$$F_{ba} = \frac{\mu_0 I_a I_b}{2\pi d} \quad \text{(D 11.3)}$$

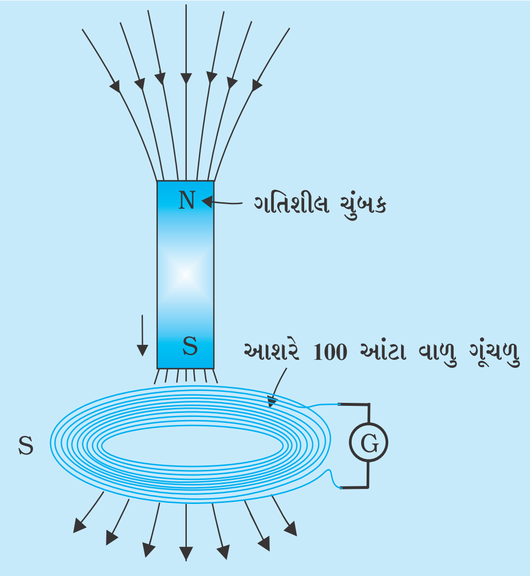
સમીકરણ D 11.3નો ઉપયોગ વિદ્યુતપ્રવાહના SI એકમ, એમ્પિયર (A)ને વ્યાખ્યાયિત કરવામાં થાય છે. એમ્પિયર એ SI એકમ પદ્ધતિના સાત મૂળભૂત એકમોમાંથી એક છે.

(2) ધ્યાન રાખવું કે પ્રવાહ વધુ લાંબા સમય સુધી પસાર ન કરવો જેથી તાર ગરમ થઈ જાય.

# નિદર્શન 12

**(i) કોઈ ચુંબકને ગૂંચળા તરફ અને દૂર લઈ જતા હોય ત્યારે અને (ii) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત ગૂંચળાને એક સમાન બીજા આપેલ ગૂંચળાની તરફ અને દૂર લઈ જતાં હોય ત્યારે, તે ગૂંચળામાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુત ચાલક બળનું નિદર્શન કરવું.**

*(i) કોઈ ચુંબકની ગૂંચળા તરફ અને ગૂંચળાથી દૂર તરફની ગતિને લીધે ગૂંચળામાં ઉત્પન્ન થતાં પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળનું નિદર્શન :*




**આકૃતિ D 12.1 :** *ગતિશીલ ચુંબક ગૂંચળા માં પ્રેરિત વિદ્યુતચાલક બળ ઉત્પન્ન કરે છે*

આકૃતિ D 12.1માં બતાવ્યા પ્રમાણે 100 આંટા ધરાવતા ગૂંચળાના બંને છેડાઓને એક સંવેદનશીલ ગૅલ્વેનોમીટરના બંને ટર્મિનલ સાથે જોડી દો. ચુંબકને હાથમાં પકડો અને ગૂંચળા તરફ ઝડપથી લઈ જાઓ. તેને ગૂંચળાની અંદર પણ લઈ જઈ શકાય. તમને ગૅલ્વેનોમીટરમાં સોયનું વિચલન દેખાશે કે જે ગૂંચળામાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુતચાલક બળને કારણે ઉત્પન્ન થતા પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહનું માપ છે. હવે ચુંબકને લગભગ તેટલી જ ઝડપથી ગૂંચળાથી દૂર લઈ જાઓ. તમને તેટલું જ વિચલન ગૅલ્વેનોમીટરમાં મળશે પણ વિરુદ્ધ દિશામાં, આગળના કિસ્સામાં ગૂંચળામાંથી પસાર થતું ચુંબકીય ફ્લક્સ વધતું હતું જ્યારે બીજા કિસ્સામાં તે ઘટતું જાય છે. નોંધનીય છે કે જ્યારે ચુંબક ગતિમાં હોય ત્યારે જ વિચલન જોવા મળે છે. આ દર્શાવે છે કે જ્યાં સુધી ફ્લક્સ બદલાતું રહેશે ત્યાં સુધી જ પ્રેરિત વિદ્યુતપ્રવાહનું વહન થાય છે. ઉપરનાં પદોનું પુનરાવર્તન ચુંબકની ઝડપ બદલીને કરો. અવલોકનો જુઓ અને નોંધો.

જોવા મળે છે કે જ્યારે ચુંબક ગૂંચળા તરફ ગતિ કરે છે ત્યારે ગૂંચળા સાથે સંકળાયેલું ચુંબકીય ફ્લક્સ વધે છે અને જ્યારે તેને ગૂંચળાથી દૂર લઈ જાઓ ત્યારે ફ્લક્સ ઘટે છે. જો તમે આ નિદર્શનનું ચુંબકની ગતિ વધુ ઝડપથી કરીને પુનરાવર્તન કરો ત્યારે દરેક કિસ્સામાં આપને વધુ વિચલન જોવા મળશે. આ દર્શાવે છે કે જેમ ચુંબકીય ફ્લક્સના ફેરફારનો દર વધુ તેમ ગૂંચળામાં વધુ વિદ્યુતચાલકબળ ઉદ્ભવે છે. આ ફેરેડેના નિયમનો ગુણાત્મક (qualitative) નિદર્શન છે જેના પ્રમાણે પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળ એ પરિપથમાંથી પસાર થતા ચુંબકીય ફ્લક્સના ફેરફારના દરને સમપ્રમાણમાં હોય છે.

**નોંધ**

(1) N આંટાવાળા ગૂંચળાના કિસ્સામાં, દરેક આંટા સાથે સંકળાયેલું ચુંબકીય ફ્લક્સ સમાન હોય

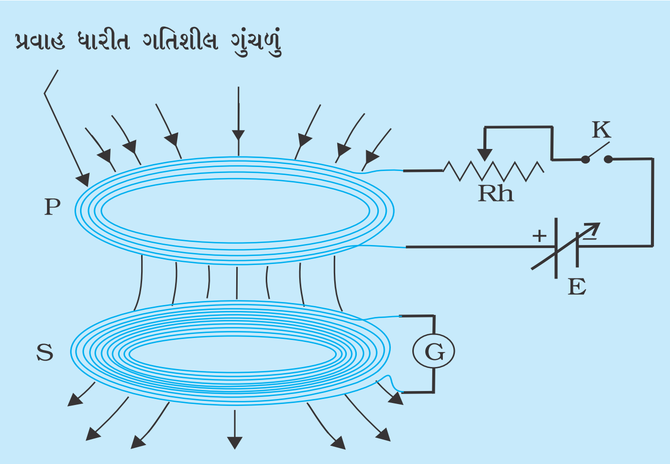
છે. એટલે જ કુલ પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળનું સૂત્ર $E = \frac{-Nd\phi_B}{dt}$ થાય છે.

(2) અલગીકરણ (insulation) માટે DC તાર પર સુતરાઉ દોરાના બે સ્તર હોય છે અને પ્રયોગશાળામાં નીચા વોલ્ટેજના પ્રયોગો કરવા માટે આ વધુ અનુકૂળ હોય છે.

*(ii) વિદ્યુતપ્રવાહધારિત બીજા એક સમાન ગૂંચળાને આપેલ ગૂંચળાની તરફ અને દૂર લઈ જાઓ ત્યારે તે ગૂંચળામાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળનું નિદર્શન કરવું.*

ઉપરના નિદર્શન 12 (i)માં વાપરેલ ગૂંચળા Sને લઈ ગૅલ્વેનોમીટર સાથે જોડી દો. બીજું એક 50 આંટાવાળું સમાન વ્યાસ ધરાવતું ગૂંચળું P લો. આકૃતિ D 12.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે તેને બૅટરી, રીઓસ્ટેટ અને કળ સાથે જોડો.

નિદર્શન 12 (i)માં ચુંબકને ગતિ કરાવી હતી તે જ રીતે ગૂંચળા P ને ગૂંચળા S તરફ અને દૂર ગતિ કરાવો. વિદ્યુતપ્રવાહ વહેતો હોવાને કારણે P ચુંબક તરીકે વર્તશે. ગૅલ્વેનોમીટરના વિચલનને જુઓ. આ ગૂંચળા Sમાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુતચાલક બળનો પુરાવો છે. જ્યારે ગૂંચળા Pને ગૂંચળા S તરફ વધુ ઝડપથી ગતિ કરાવો ત્યારે ગૅલ્વેનોમીટરમાં વધુ વિચલન આવે તેમ તમે જોશો અને આની નોંધ પણ કરો. રીઓસ્ટેટની મદદથી Pનું સ્થાન બદલ્યા વગર તેમાંથી પસાર થતા પ્રવાહમાં ફેરફાર કરો. તમને જોવા મળશે કે વિદ્યુતપ્રવાહના મૂલ્યના ફેરફાર સાથે ગૅલ્વેનોમીટરમાં વિચલન પણ બદલાશે. હવે ગૂંચળા P ને ગૂંચળા S પર, અવાહક જેવા કે કાચની તકતી અથવા પૂંઠાથી અલગ કરીને મૂકો.




**આકૃતિ D 12.2 :** *પ્રવાહધારિત ગતિશીલ ગૂંચળું P એ ગૂંચળા Sમાં પ્રેરિત વિદ્યુત ચાલક બળ ઉત્પન્ન કરે છે*

ગૂંચળા Pને જરા પણ ન હલાવો. Pમાં વિદ્યુતપ્રવાહને પસાર(સ્વિચ ઑન) કરો ત્યારે S સાથે જોડેલા ગૅલ્વેનોમીટરમાં થતા વિચલનનું અવલોકન કરો. હવે Pમાં વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ (સ્વિચ ઑફ) કરો, તમને જોવા મળશે કે ગૅલ્વેનોમીટરમાં વિચલન વિરુદ્ધ દિશામાં મળશે. હવે ગૂંચળા Pમાં અચળ પ્રવાહ પસાર કરો. જો પ્રવાહમાં ફેરફાર ન થાય, તો ચુંબકીય ક્ષેત્રમાં પણ કોઈ ફેરફાર નહિ થાય. ગૂંચળું P એ Sની ઉપર જ હોવાથી, Pની ચુંબકીય બળરેખાઓ Sમાંથી પણ પસાર થાય છે. હવે Pને કાચની તકતી પર સરકાવો જેથી બંને ગૂંચળા વચ્ચેનું સામાન્ય (common) ક્ષેત્રફળ ઘટે. જ્યારે Pમાં પ્રવાહ સ્વિચ ઑફ કરો ત્યારે ગૅલ્વેનોમીટરમાં તે જ દિશામાં વિચલન જોવા મળશે. હવે બંને ગૂંચળાઓ વચ્ચેના સામાન્ય ક્ષેત્રફળને વધારો અને ગૅલ્વેનોમીટરના વિચલનનું અવલોકન કરો. જ્યારે Pમાં પ્રવાહ સ્વિચ ઑન કરો ત્યારે ગૅલ્વેનોમીટરમાં તે જ દિશામાં વિચલન જોવા મળશે.

**નોંધ**

(1) જ્યારે વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર કરીએ ત્યારે બદલાતું ચુંબકીય ક્ષેત્ર ઉદ્ભવે છે. આને કારણે જે સુવાહકોમાંથી ચુંબકીય બળરેખાઓ પસાર થાય તેમાં વિદ્યુતચાલકબળનું પ્રેરણ થાય છે.

(2) ઉપરનાં અવલોકનોમાંથી સ્પષ્ટ છે કે ચુંબક અથવા ગૂંચળાની ગતિ અગત્યનું પરિબળ નથી. ગૂંચળા Sના ગૂંચળા P સાથેના સામાન્ય ક્ષેત્રફળ સાથે સંકળાયેલા ચુંબકીય ફ્લક્સમાં ફેરફાર જ ગૂંચળા Sમાં ઉદ્ભવતા વિદ્યુતચાલકબળ માટે જવાબદાર છે.

(3) P વડે ઉત્પન્ન થતો અને Sમાંથી પસાર થતો ચુંબકીય ફ્લક્સમાં ફેરફાર જ Sમાં ઉદ્ભવતા પ્રેરિત વિદ્યુતચાલકબળનું કારણ છે. આ ફેરફાર નીચેમાંથી કોઈ પણ રીતે થઈ શકે :

   (i) Pની ગતિ જેને કારણે Sમાં ક્ષેત્ર-તીવ્રતામાં ફેરફાર આવે જેમાંથી પસાર થતા ચુંબકીય ફ્લક્સમાં ફેરફાર કરે.

   (ii) Pમાં પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર; અથવા

   (iii) ગૂંચળાઓ સામેના Pના ક્ષેત્રફળમાં ફેરફાર.

(4) બૅટરી, રીઓસ્ટેટ અને કળને ગૂંચળા S સાથે અને ગૅલ્વેનોમીટરને ગૂંચળા P સાથે જોડીને પણ આ નિદર્શન કરી શકાય.