અવલોકનો

(1) તારની લંબાઈ = ... cm = ... m

(2) તારનું દ્રવ્યમાન = ... g = ... kg

(3) એકમ લંબાઈ દીઠ દ્રવ્યમાન m = ... g/cm = ... kg/m

(4) ગુરુત્વપ્રવેગ g = ... ms^{-2}

કોષ્ટક E 8.1 : અનુનાદિય લંબાઈ

ક્રમ	હેંગરનું વજનિયાં સહિત દ્રવ્યમાન (kg)	તણાવ T = mg (N)	અનુનાદિય લંબાઈ l			સરેરાશ l (m)માં	$n = \frac{1}{2l}\sqrt{\frac{T}{m}}$ (Hz)
			પ્રથમ પ્રયત્ને (cm)	બીજા પ્રયત્ને (cm)	સરેરાશ (cm)		
(1)							
(2)							
(3)							
(4)							
						સરેરાશ	

ગણતરીઓ

(1) દરેક સમૂહ માટે, ઉપર આપેલ સૂત્રના ઉપયોગથી n નું મૂલ્ય ગણો. આ મૂલ્યોનું સરેરાશ શોધો.

(2) Y-અક્ષ પર l^2 અને X-અક્ષ પર T લઈ l^2 વિરુદ્ધ T નો આલેખ દોરો. આલેખનો ઢાળ નક્કી કરો. ઢાળના આ મૂલ્યના ઉપયોગથી ઊલટસૂલટ પ્રવાહની આવૃત્તિ નક્કી કરો.

પરિણામ

(1) T અને l^2 વચ્ચેનો આલેખ સુરેખ રેખા છે.

(2) આલેખનો ઢાળ $= \dfrac{1}{4mn^2}$ = ...

(3) ac પુરવઠા (સપ્લાય)ની આવૃત્તિ $f = \dfrac{n}{2}$

(i) ગણતરી પરથી = ... હર્ટ્ઝ

(ii) આલેખ પરથી = ... હર્ટ્ઝ

સાવચેતીઓ

(1) પુલી શક્ય એટલી ઘર્ષણરહિત હોવી જોઈએ.

(2) ફાચર (ટેકા)ની ધાર તીક્ષ્ણ હોવી જોઈએ.

(3) વિદ્યુતચુંબકનો છેડો સોનોમીટર તારના મધ્યમાં નજીક હોવો જોઈએ.

(4) દરેક અવલોકનો લીધાં બાદ, થોડી મિનિટો માટે પરિપથ બંધ કરી દેવો.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) પુલીનું ઘર્ષણબળ એ આ પ્રયોગમાં ત્રુટિના મુખ્ય ઉદ્‌ગમ છે. આ કારણે, વાસ્તવિક રીતે આપેલા તણાવ કરતાં તાર પર અનુભવાતું તણાવનું મૂલ્ય ઓછું હોય છે.

(2) AC આવૃત્તિ સ્થિર હોતી નથી.

ચર્ચા

(1) ઊલટસૂલટ પ્રવાહની આવૃત્તિ એ દોલિત થતી દોરી (તાર)ની આવૃત્તિથી અડધી હોય છે.

(2) સારાં પરિણામો માટે સોનોમીટર તાર નરમ લોખંડમાંથી બનાવવો જોઈએ.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) ac એ dc થી કઈ રીતે જુદો પડે છે ?

(2) ac ની આવૃત્તિનો શું અર્થ થાય છે ?

(3) તાર દોલિત કઈ રીતે કરે છે ? ઓળખી કાઢો અને તેના નિયમો કે જેની મદદથી તમે તાર પર લાગતા બળની દિશા નક્કી કરી તે સમજાવો.

(4) લોખંડમાં એવો શું ગુણધર્મ છે કે જે તેને સારો વિદ્યુતચુંબક બનાવે છે ?

(5) શું આવૃત્તિ અને વિદ્યુતચુંબકના ચુંબકત્વ અને ઊલટસૂલટ આવૃત્તિ વચ્ચે કોઈ સંબંધ છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/ પ્રવૃત્તિઓ

ઉપરનો પ્રયોગ ઘોડાની નાળ જેવા કાયમી ચુંબકની મદદથી કરો અને સોનોમીટર તારમાંથી ઊલટસૂલટ પ્રવાહ પસાર કરો. આ કિસ્સામાં અનુનાદિય આવૃત્તિ એ ઊલટસૂલટ પ્રવાહની આવૃત્તિ જેટલી હોય છે. સોનોમીટર તાર નરમ લોખંડનો હોવો જરૂરી નથી. આ હેતુ માટે તમે કોન્સ્ટનટન અથવા મેંગેનીનનો તાર વાપરી શકો.

પ્રયોગ 9

હેતુ

અંતર્ગોળ અરીસાના કિસ્સામાં u નાં જુદાં-જુદાં મૂલ્યો માટે v નાં મૂલ્યો શોધવા અને કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ઓપ્ટિકલ બેન્ચ (પ્રકાશીય પાટલી), તીક્ષ્ણ ધારવાળી બે પિન, 20 cm કરતાં ઓછી કેન્દ્રલંબાઈવાળો અંતર્ગોળ અરીસો, ક્લેમ્પ સહિતના ત્રણ શિરોલંબ (ટટ્ટાર) સ્ટૅન્ડ, પાતળી પિન (ગૂંથણ માટેની પિન ચાલે), માપપટ્ટી અને સ્પિરિટ લેવલ

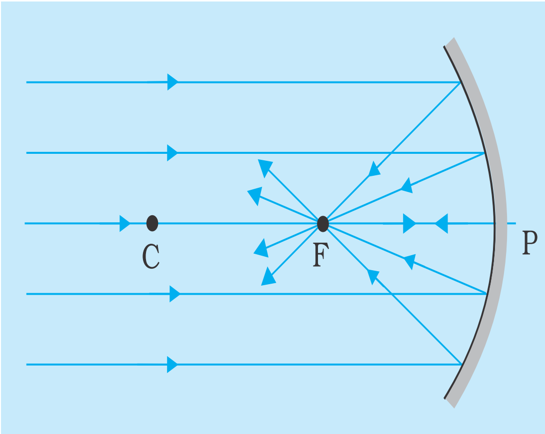
પદો અને વ્યાખ્યાઓ

(1) અરીસાની મુખ્ય અક્ષ એ વક્રતાકેન્દ્ર અને અરીસાના ધ્રુવમાંથી પસાર થતી રેખા છે.

(2) મુખ્ય કેન્દ્ર એ એવું બિંદુ છે કે જ્યાં મુખ્ય અક્ષને સમાંતર કિરણો, અરીસાની સપાટી પરથી પરાવર્તન પામ્યા બાદ ભેગા થાય છે. (આકૃતિ E 9.1)

(3) અરીસાના ભૌમિતિક કેન્દ્રને ધ્રુવ P કહેવાય છે.

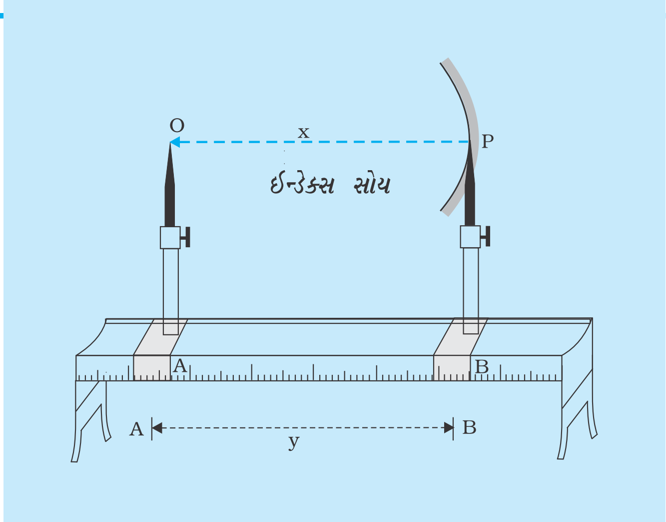
(4) કેન્દ્રલંબાઈએ ધ્રુવ P અને મુખ્ય કેન્દ્ર F વચ્ચેનું અંતર છે.



આકૃતિ E 9.1 : અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ

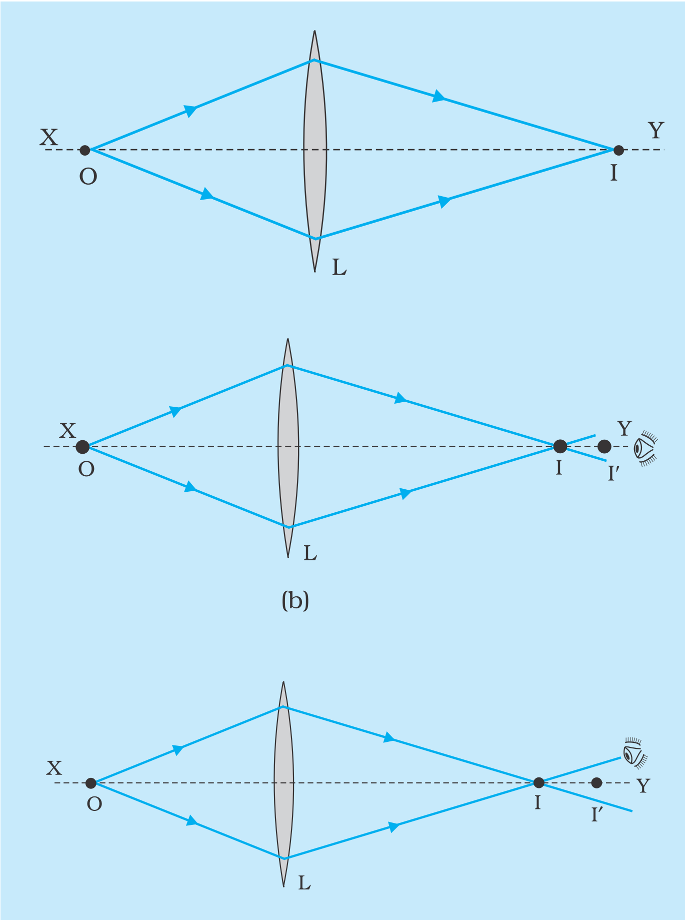
ઈન્ડેક્સ-સુધારણા

સામાન્ય રીતે બે વસ્તુઓ વચ્ચેનાં સંબંધિત બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર, તેમની ટોચ પરનાં બિંદુઓ માટે માપપટ્ટી વડે માપેલા અંતર જેટલું હોતું નથી. દાખલા તરીકે, આકૃતિ E 9.2માં બે શિરોલંબ(ટટ્ટાર) બિંદુ વચ્ચેનું અંતર એ પિનની ટોચ અને અરીસાના ધ્રુવ વચ્ચેનું સાચું અંતર આપતા નથી. આ સુધારો જરૂરી છે, આથી, તે લાગુ પડાય છે. જેને ઈન્ડેક્સ-સુધારો કહેવાય છે.



આકૃતિ E 9.2 ઈન્ડેક્સ સુધારો નક્કી કરવો.

દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ



આકૃતિ E 9.3 (a),(b),(c) : ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર પિનની મદદથી પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવું

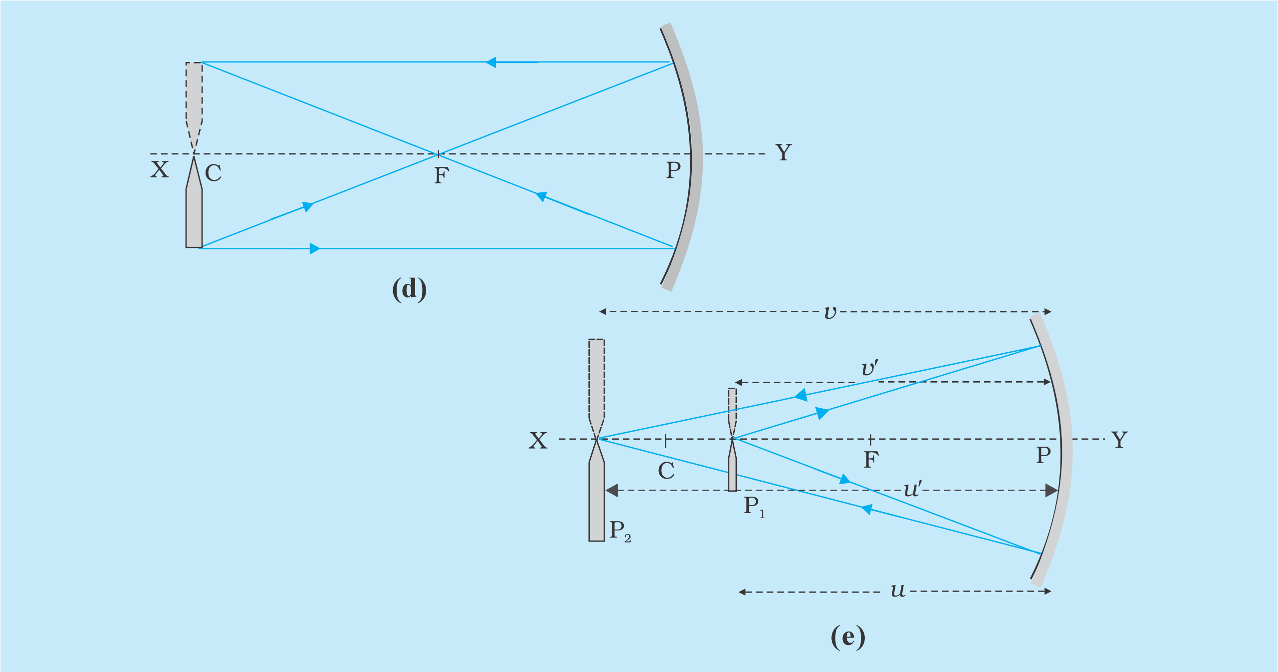
આ એક વસ્તુના પ્રતિબિંબના સ્થાનમાં કાર્યરત છે.

દાખલા તરીકે, આકૃતિ E 9.3 (a)માં દર્શાવ્યા અનુસાર O અને I એ અરીસા / લેન્સ માટે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ બિંદુઓ છે.

વસ્તુનું બિંદુ O અને તેના સાચા પ્રતિબિંબ 'I' એ એકાંતર બિંદુઓ છે. એટલે કે બેમાંથી ગમે તે એકને વસ્તુ તરીકે અને બીજાને પ્રતિબિંબ તરીકે લઈ શકાય. આમ, તે બંને બિંદુઓ પાસે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદને દૂર કરવાની ચોક્કસ ગોઠવણી માટે મદદરૂપ થાય છે.

જો આપણે એમ કહીએ કે, વસ્તુ O (વસ્તુ પિન) અને તેના પ્રતિબિંબ I વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ નથી તો જ્યાંથી આપણે અવલોકન લેતા હોય, ત્યાંથી આંખને (નજરને) ડાબે અને પછી જમણે ફેરવતાં, વસ્તુ અને તેના પ્રતિબિંબ બંને અરીસા/લેન્સની સાપેક્ષે એકસાથે ખસતાં દેખાશે. તે દર્શાવે છે કે ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર બંનેનાં સ્થાન સમાન છે. (આકૃતિઓ E 9.3 (d) અને (e)). જો તેમનાં સ્થાન સમાન ન હોય ત્યારે તેમની એક સ્થિતિમાં એકરૂપ દેખાશે અને બીજામાં તેઓ છૂટા પડેલા દેખાશે. (આકૃતિઓ E 9.3 (b) અને (c))

આ રીત દ્વારા ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવાની પદ્ધતિને દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીત કહે છે.



આકૃતિ E 9.3 (d),(e) : અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવા માટેની કિરણ રેખાકૃતિ

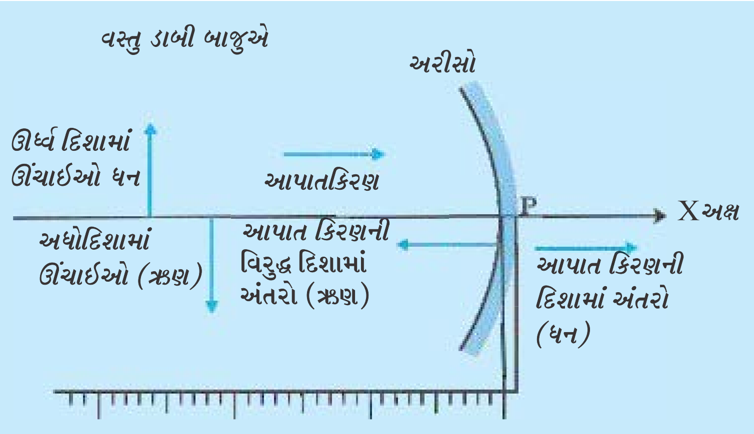
સંજ્ઞા-પદ્ધતિ

(1) બધાં જ અંતરો એ અરીસાના ધ્રુવ (અથવા લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર) P થી માપવામાં આવે છે.

(2) આપાત કિરણના પ્રસરણની દિશામાં માપેલ અંતર ધન તરીકે અને તેની વિરુદ્ધ દિશામાં માપેલ અંતરને ઋણ તરીકે લેવામાં આવે છે.

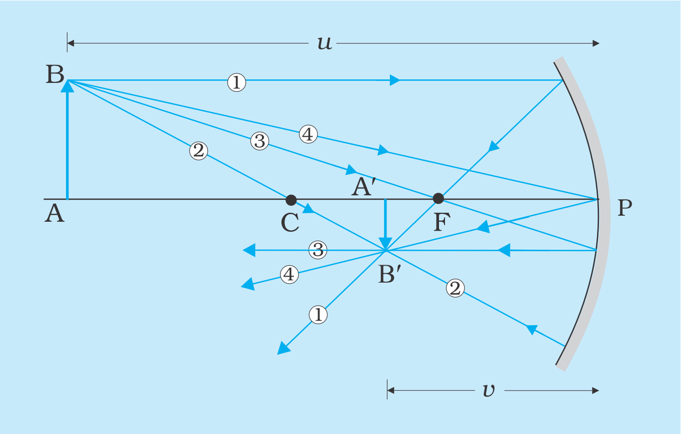
(3) ઉપરની દિશામાં માપેલ ઊંચાઈઓ (અરીસા / લેન્સની મુખ્ય અક્ષથી ઉપર તરફ) ધન તરીકે અને નીચેની દિશામાં માપેલ ઊંચાઈઓ ઋણ તરીકે લેવામાં આવે છે. (આકૃતિ E 9.4)

નોંધ : કાર્તેઝિય સંજ્ઞા પરંપરા(*પધ્ધતિ*) માં, વસ્તુને હંમેશાં અરીસા અથવા લેન્સની ડાબી બાજુએ રાખવામાં આવે છે.



આકૃતિ E 9.4 : કાર્તિઝિય સંજ્ઞા પરંપરા (પધ્ધતિ)

ગોલીય અરીસાઓમાં કિરણ પથ



આકૃતિ E 9.5 *અંતર્ગોળ અરીસા વડે પ્રતિબિંબની રચના માટેના કિરણ માર્ગ*

પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા, આપણે માત્ર અમુક ચોક્કસ પથ/માર્ગ અથવા કિરણો (ઓછામાં ઓછા બે)ના પથ આકૃતિ E 9.5 માં દર્શાવ્યા મુજબ ધ્યાનમાં લેવા જોઈએ. સરળતા ખાતર, પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે કોઈ પણ બે કિરણો લેવામાં આવે છે.

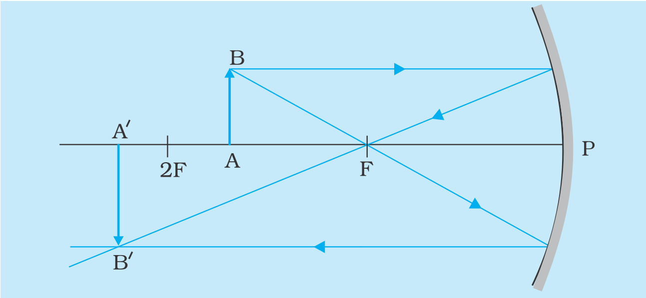
(1) અરીસાની મુખ્ય અક્ષને સમાંતર આપાત થયેલ કિરણ મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી કાં તો પસાર થશે. (અંતર્ગોળ અરીસો) અથવા તેમાંથી નીકળી દૂર જતા દેખાશે. (બહિર્ગોળ અરીસો)

(2) આપાતકિરણ વક્રતાકેન્દ્ર C માંથી પસાર થાય (અંતર્ગોળ અરીસો) અથવા પસાર થતા હોય તેમ દેખાય (બહિર્ગોળ અરીસો), તો મૂળ માર્ગે પાછું ફેંકાશે એટલે કે પરાવર્તન પામી મૂળ માર્ગ પર જ પાછું જશે. તમે જોઈ શકો (નોંધી શકો) કે આ કિરણ અરીસા પર લંબરૂપે આપાત થાય છે.

(3) જે આપાતકિરણ મુખ્ય કેન્દ્ર F માંથી પસાર થતું હોય (અંતર્ગોળ અરીસો) અથવા પસાર થતું હોય તેવું દેખાય (બહિર્ગોળ અરીસો) તે અરીસા દ્વારા પરાવર્તન પામી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર બનશે.

(4) અરીસાના ધ્રુવ P પર આપાત થતું આપાતકિરણ મુખ્ય અક્ષ સાથે તેટલા જ કોણે પરાવર્તન પામશે જેટલા આપાતકોણે તે આપાત થયું હોય.

સિદ્ધાંત



આકૃતિ E 9.6 : અંતર્ગોળ અરીસામાં પ્રતિબિંબની નિર્માણ, વક્રતાત્રિજ્યા અને મુખ્ય કેન્દ્ર F ની વચ્ચે વસ્તુ, વક્રતાકેન્દ્ર અને અનંતની વચ્ચે વાસ્તવિક, ઊલટું અને વિવર્ધિત પ્રતિબિંબ

f કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા અંતર્ગોળ અરીસાના ધ્રુવથી u જેટલા અંતરે મૂકેલી વસ્તુ માટે, ધ્રુવથી υ જેટલા અંતરે પ્રતિબિંબ રચાશે. આ અંતરો વચ્ચેનો સંબંધ (અંતર્ગોળ અરીસા માટે) $\frac{1}{f}=\frac{1}{u}+\frac{1}{\upsilon}$ અથવા $f=\frac{u\upsilon}{u+\upsilon}$ છે.

જો વસ્તુ (વસ્તુ પિન)ને અંતર્ગોળ અરીસાની પરાવર્તક સપાટીની સામે એવી રીતે ગોઠવેલ છે કે જેથી વસ્તુનું સ્થાન અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર F અને વક્રતાકેન્દ્ર Cની વચ્ચે હોય, ત્યારે વાસ્તવિક, ઊલટું અને વિવર્ધિત A'B' પ્રતિબિંબ એ અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર C અને અનંત અંતરની વચ્ચે રચાશે. (આકૃતિ E 9.6)

આમ, આવા કિસ્સામાં રચાતું પ્રતિબિંબ ચોખ્ખું અને જોવામાં સરળ હોય તેવું રચાય છે. અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ, ઉપર્યુક્ત સંબંધના ઉપયોગથી વસ્તુને 2F અને મુખ્ય કેન્દ્ર Fની વચ્ચે મૂકી નક્કી કરી શકાય છે.

પદ્ધતિ

(1) ખૂબ જ દૂર રહેલી વસ્તુનાં કિરણોને અંતર્ગોળ અરીસા દ્વારા કેન્દ્રિત કરીને પ્રતિબિંબ મેળવી કેન્દ્રલંબાઈનું અંદાજિત મૂલ્ય મેળવો. દૂર રહેલા મકાન અથવા ઝાડનું તેજસ્વી અને ચોખ્ખું પ્રતિબિંબ સમતલ દીવાલ અથવા કાગળ ઉપર મેળવો અને અરીસા તથા પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું અંતર માપો જે અંતર્ગોળ અરીસાની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ આપે છે.

(2) દૃઢ ટેબલ પર ઓપ્ટિકલ બેન્ચ ગોઠવો. સ્પિરિટ લેવલ અને બેન્ચના પાયામાં આપેલ લેવલિંગ સ્ક્રૂની મદદથી તેને સમક્ષિતિજ બનાવો (ગોઠવો).

(3) અપરાઇટમાં અંતર્ગોળ અરીસાને જડિત કરો અને તેને ઓપ્ટિકલ બેન્ચના એક છેડાની નજીક રહે તેમ ઊર્ધ્વ ગોઠવો. ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર વસ્તુ પિન P_1 ને આગળ અને પાછળ એવી રીતે ખસેડો કે જેથી તેનું પ્રતિબિંબ સમાન ઊંચાઈ ધરાવતું રચાય. પિનની ઊંચાઈ અથવા અરીસાના નમન માટે સૂક્ષ્મ ગોઠવણ કરો. આ પ્રક્રિયા એવું દર્શાવે છે કે અરીસાની મુખ્ય અક્ષ એ ઓપ્ટિકલ બેન્ચને સમાંતર છે.

(4) બીજી એક તીક્ષ્ણ અને પ્રકાશીત પિન P_2ને અંતર્ગોળ અરીસાની પરાવર્તક સપાટીની સામે ઊર્ધ્વ રીતે રહે તેમ ગોઠવો. P_1 અને P_2 પિનને એવી રીતે ગોઠવો કે, જેથી ઓપ્ટિકલ બેન્ચના પાયાથી તેમની ટોચની ઊંચાઈઓ અરીસાના ધ્રુવ Pની ઊંચાઈ જેટલી થાય. (આકૃતિ E 9.3 (e))

(5) ઇન્ડેક્સ-સુધારો નક્કી કરવા માટે, સુરેખ પાતળી ઇન્ડેક્સ સોય એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેનો એક છેડો A_1 પિનની ટોચને સ્પર્શે અને બીજો છેડો B_1 અરીસાના ધ્રુવને સ્પર્શે. અપરાઇટ્સ (સ્તંભ)ના સ્થાન માપપટ્ટી પર વાંચો. તેમનો તફાવત એ પિનની ટોચ અને અરીસાના ધ્રુવ વચ્ચેનું અવલોકિત અંતર આપે છે. સોય A_1B_1 ની લંબાઈ માપવા માટે તેને માપપટ્ટી પર મૂકો કે જે અભ્યાસમાં લીધેલ છે તે બિંદુઓ વચ્ચેનું વાસ્તવિક અંતર દર્શાવે છે. આ બંનેનો તફાવત એ સુધારો આપે છે. અવલોકિત અંતરમાં લાગુ પાડવામાં આવે છે. બંને પિન P_1 અને P_2નાં બધાં માપનો માટે ઇન્ડેક્સ-સુધારો શોધો.

(6) પિન P_1ને અરીસાથી દૂર ખસેડો અને તેને લગભગ 2F અંતરે ગોઠવો. પિનનું સમાન માપનું ઊલટું પ્રતિબિંબ દેખાવું જોઈએ.

(7) હવે બેન્ચ પર બીજી પિન P_2 ગોઠવો, તેની ઊંચાઈ પણ લગભગ પહેલાંની પિન જેટલી જ ગોઠવો. એક પિનની ટોચ પર કાગળનો (નાનો) ટુકડો મૂકો, તેને વસ્તુ પિન તરીકે લો.

(8) કાગળ સાથેની પિનને F અને 2Fની વચ્ચે ના કોઈ અંતરે ગોઠવો.

(9) બીજી પિનની મદદથી પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરો. યાદ રાખો કે પ્રતિબિંબ અને આ પિન વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર થવો જોઈએ.

(10) u અને υ નાં મૂલ્યો નોંધો એટલે કે અરીસાથી અનુક્રમે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ પિન વચ્ચેનાં અંતરો.

(11) વસ્તુનાં ઓછામાં ઓછા પાંચ જુદાં જુદાં સ્થાનો માટે પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો અને તદનુરૂપ υ નાં મૂલ્યો નક્કી કરો. તમારાં અવલોકનો અવલોકન-કોષ્ટકમાં (કોષ્ટક સ્વરૂપે) નોંધો.

(12) ઈન્ડેક્સ-સુધારો લાગુ પાડ્યા બાદ સુધારેલ u અને υ નાં મૂલ્યો નોંધો. કેન્દ્રલંબાઈ fનું મૂલ્ય શોધો.

અવલોકનો:

(1) અંતર્ગોળ અરીસાની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ = ... cm

(2) ઈન્ડેક્સ સોયની મદદથી વસ્તુનું અરીસાથી માપેલ વાસ્તવિક અંતર l_0 = ... cm

(3) અરીસાથી વસ્તુનું અવલોકિત અંતર = માપપટ્ટી પર અરીસાના અપરાઈટનું સ્થાન – વસ્તુ પિનના અપરાઈટનું સ્થાન l'_0 = ... cm

(4) વસ્તુ-અંતર માટે ઈન્ડેક્સ-સુધારો, e = વાસ્તવિક અંતર - અવલોકિત અંતર

$= l_0 - l'_0 =$ .... cm

તે જ રીતે પ્રતિબિંબ પિન માટે,

$e_i = l_i - l_i^1 =$ .... cm.

કોષ્ટક E 9.1 : u, υ અને f નક્કી કરવા

ક્રમ	સ્થાન અરીસો	સ્થાન વસ્તુ પિન	સ્થાન પ્રતિબિંબ પિન	અવલોકિત u' (cm)	અવલોકિત υ' (cm)	સુધારેલ $u = u' + e$ (cm)	સુધારેલ $\upsilon = \upsilon' + e_i$ (cm)	$f = \frac{u\upsilon}{u+\upsilon}$ (cm)	Δf (cm)
	M (cm)	P_1 (cm)	P_2 (cm)						
1									
2									
--									
6									
							સરેરાશ		

ગણતરીઓ

u અને υ નાં સુધારેલાં મૂલ્યો ગણો અને તે પરથી fનું મૂલ્ય ગણો. તેમને અવલોકન કોષ્ટકમાં નોંધો અને આપેલા અંતર્ગોળ અરીસા માટે કેન્દ્રલંબાઈનું સરેરાશ મૂલ્ય શોધો.

ત્રુટિ

$$\because \frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{\upsilon}$$

$$\frac{\Delta f}{f^2} = \frac{\Delta u}{u^2} + \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2}$$

અથવા $\Delta f = f^2 \left[\frac{\Delta u}{u^2} + \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2} \right]$

પરિણામ

આપેલ અંતર્ગોળ (અભિસારી) અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ

$(f \pm \Delta f)$ = ... ± .... cm

અહીં f એ કેન્દ્રલંબાઈનું સરેરાશ મૂલ્ય અને Δf એ ત્રુટિના મૂલ્યોનું મહત્તમ (મૂલ્ય) દર્શાવે છે.

સાવચેતીઓ

(1) પ્રકાશીય ઘટકો (સાધન)ને પકડી રાખતા અપરાઈટ્સ એ દૃઢ અને ઊર્ધ્વ ગોઠવાયેલા હોવા જોઈએ.

(2) વસ્તુ પિનને અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર અને મુખ્ય કેન્દ્રની વચ્ચે રાખવી જોઈએ.

(3) અરીસાનું દર્પણમુખ નાનું હોવું જોઈએ નહિતર રચાતું પ્રતિબિંબ અલગ મળી શકે નહિ.

(4) આંખને પ્રતિબિંબ પિન (સોય)થી અલગ જોવાના અંતરે (નીયર પૉઈન્ટ) (25 cm) દ્રષ્ટિ રાખવી જોઈએ.

(5) વસ્તુના ઊલટા પ્રતિબિંબની ટોચ અને પ્રતિબિંબ પિનની ટોચ એકબીજાને સ્પર્શવી જોઈએ અને સંપાત થવી ન જોઈએ. દૃષ્ટિસ્થાનભેદ દૂર કરતી વખતે આ ચકાસણી કરી લેવી.

(6) સમગ્ર પ્રયોગ દરમિયાન પ્રતિબિંબ પિન અને વસ્તુ પિન અદલ-બદલ ન થવી જોઈએ.

(7) f ની ગણતરી માટે u અને υ નાં સુધારેલાં મૂલ્યો જ સૂત્રમાં મૂકવા અને પછી f નું સરેરાશ મૂલ્ય લેવું જોઈએ. u અને υ નાં સરેરાશ મૂલ્યો લઈ fની ગણતરી ન કરવી.

(8) પિનનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ જોવા માટે સફેદ પડદા અથવા સમતલ (રંગવિહીન) પૃષ્ઠ ભૂમિકાનો ઉપયોગ કરી શકાય.

(9) સૂર્યનું પ્રતિબિંબ સીધું ન જોવું જોઈએ કેમકે તે તમારી આંખોને નુકસાન કરી શકે.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) જો ઓપ્ટિકલ બેન્ચ સમક્ષિતિજ ન હોય અને તે જ રીતે જો પિનની ટોચ અને અરીસાનો ધ્રુવ સમાન સમક્ષિતિજ સમતલમાં ન હોય, તો અવલોકનોમાં ત્રુટિ ઉદ્‌ભવી શકે.

(2) અંતર્ગોળ અરીસાની સમગ્ર સપાટી પર પડ ચઢાવેલ (ફ્રન્ટ કૉટેડ) હોવું જોઈએ નહિતર અરીસાની પરાવર્તક સપાટી પરથી ઘણા બધા (બહુવિધ) પરાવર્તનો મળશે.

ચર્ચા

બિંદુ Bનું પ્રતિબિંબ B' (આકૃતિ E 9.6)એવા બિંદુએ રચાશે કે જયાં બે કિરણો છેદતા હોય અથવા છેદતા હોય તેવો ભાસ થાય. વસ્તુના તળિયા A(મુખ્ય અક્ષ પર રહેલા)નું પ્રતિબિંબ, મુખ્ય અક્ષ પર એવી રીતે રચાવું જોઇએ કે જેથી અંતિમ પ્રતિબિંબ એ વસ્તુ જે રીતે અક્ષને લંબ છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) દાંતના ડૉક્ટર (ડેન્ટિસ્ટ) દાંત જોવા માટે અંતર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ કરે છે. તે કઈ રીતે ડેન્ટિસ્ટને મદદરૂપ થાય છે ?

(2) જો પર $u < f$ હોય, તો તમે અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ નક્કી કરી શકો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) uvને Y-અક્ષ પર અને $u + v$ ને X-અક્ષ પર લઈ uv વિરુદ્ધ $u + v$ નો આલેખ દોરો. આલેખના ઢાળ પરથી f નક્કી કરો.

(2) સ્ફેરોમિટરની મદદથી, અંતર્ગોળ અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યા નક્કી કરો અને તેની કેન્દ્રલંબાઈ $\left(f = \frac{R}{2}\right)$ ગણો.

પ્રયોગ 10

હેતુ

બહિર્ગોળ લેન્સ માટે u અને v અથવા $\frac{1}{u}$ અને $\frac{1}{v}$ વચ્ચેના આલેખ દોરી કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ઓપ્ટિકલ બેન્ચ, તીક્ષ્ણ ધારવાળી બે સોય (પિન), 20 cm કરતાં ઓછી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતો બહિર્ગોળ લેન્સ, ત્રણ અપરાઈટ્સ (ક્લેમ્પ સહિત), ઈન્ડેક્સ નીડલ (સોય), (ગૂંથણ માટેની સોય પણ હોઈ શકે), માપપટ્ટી અને સ્પિરિટ લેવલ

પદો અને વ્યાખ્યાઓ

(1) લેન્સની મુખ્ય અક્ષ એ બે સપાટીઓનાં વક્રતાકેન્દ્રોને જોડતી રેખા છે.

(2) ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર એ લેન્સનું એવું બિંદુ છે કે જેમાંથી પસાર થતું કિરણ અવિચલિત રહે છે.

(3) મુખ્ય કેન્દ્ર એક એવું બિંદુ છે કે મુખ્ય અક્ષને સમાંતર કિરણો લેન્સમાંથી પસાર થયા બાદ જ્યાં ભેગાં થતાં હોય (બહિર્ગોળ) અથવા ભેગા થતા હોય તેવો ભાસ થાય (અંતર્ગોળ).

(4) કેન્દ્રલંબાઈ એ લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર અને મુખ્ય કેન્દ્ર વચ્ચેનું અંતર છે.

(5) આલેખના અંતઃખંડો : જો કોઈ આલેખ X-અક્ષ અને Y-અક્ષને છેદે, તો ઊગમબિંદુ અને છેદનબિંદુનાં સ્થાનો વચ્ચેની લંબાઈઓ એ આલેખના અંતઃખંડો છે.

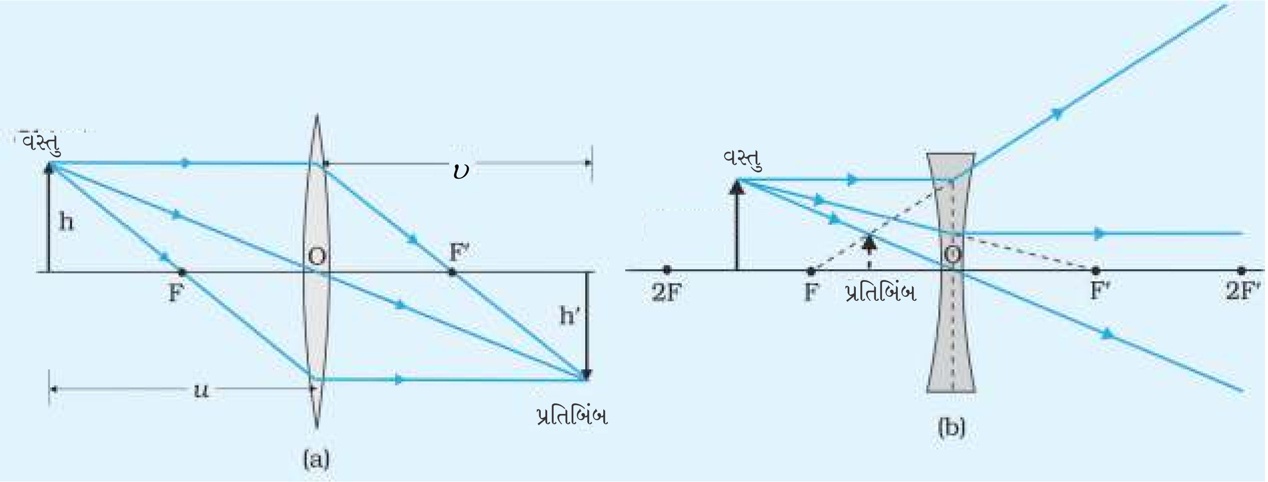
પાતળા લેન્સ દ્વારા રચાતા પ્રતિબિંબનું સ્થાન શોધવાની આલેખીય પદ્ધતિ

પાતળા લેન્સની મદદથી રચાતા પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે વસ્તુના દરેક બિંદુએથી ઉદ્ભવતાં બધાં જ કિરણોના વક્રીભવનને અનુસરીને આલેખીય પદ્ધતિ વાપરી શકાય. તેમ છતાં, નીચેનાં ત્રણ કિરણોમાંથી ગમે તે બે પસંદ કરવા વધારે સગવડભર્યાં છે (આકૃતિ E 10.1).

(1) વસ્તુની ટોચમાંથી, લેન્સની મુખ્ય અક્ષને સમાંતર કિરણ કે જે વક્રીભવન પામ્યા બાદ દ્વિતીય મુખ્ય કેન્દ્ર F' માંથી પસાર થાય (બહિર્ગોળ લેન્સમાં) અથવા પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી અપસરણ પામતાં (divergence) દેખાય (અંતર્ગોળ લેન્સમાં).

(2) વસ્તુની ટોચમાંથી નીકળતું કિરણ ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર પર આપાત થાય ત્યારે અવિચલિત રીતે લેન્સ માંથી પસાર થાય. આમ થવાનું કારણ કેન્દ્રની નજીક લેન્સ એ કાચના પાતળા સ્લેબ તરીકે વર્તે છે.

(3) વસ્તુના તે જ બિંદુમાંથી આવતું પ્રકાશનું કિરણ પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્ર Fમાંથી (બહિર્ગોળ લેન્સ માટે) પસાર થાય અથવા F′ માંથી (અંતર્ગોળ લેન્સ માટે) પસાર થતું દેખાય, તે વક્રીભવન પામ્યા બાદ મુખ્ય અક્ષને સમાંતર નિર્ગમન પામે છે.



આકૃતિ E 10.1 (a) બહિર્ગોળ લેન્સ અને અંતર્ગોળ લેન્સ દ્વારા પ્રતિબિંબની રચના માટેનો કિરણ-પથ

સિદ્ધાંત

પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી u અંતરે મૂકેલ વસ્તુ માટે, ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી બીજી બાજુએ υ અંતરે વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ રચાય છે. આ અંતરો વચ્ચેનો સંબંધ

(E 10.1) $$\frac{1}{f}=\frac{1}{\upsilon}-\frac{1}{u}$$ છે.

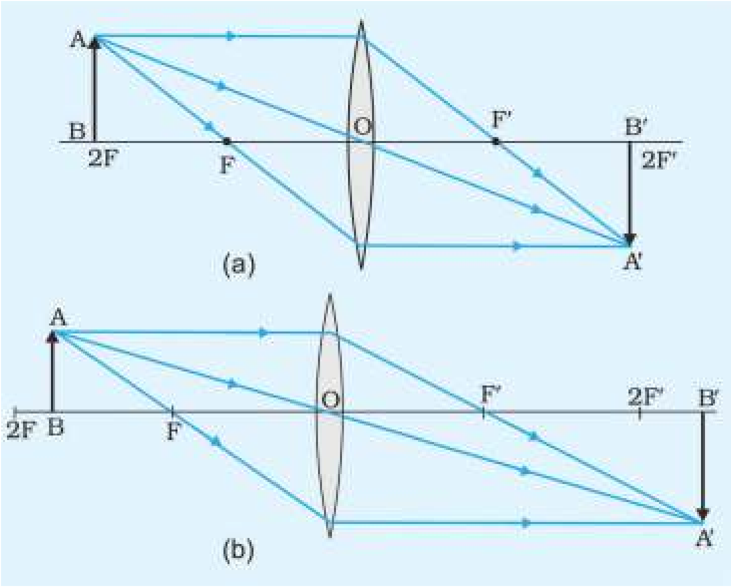
નવી કાર્તેઝિય સંજ્ઞા પધ્ધતિ અનુસાર (જુઓ ભૌતિકવિજ્ઞાન, પાઠ્યપુસ્તક, NCERT, 2007 ધોરણ XII, ભાગ II પાન નં. 311) u ઋણ છે. પરંતુ υ ધન છે. (આકૃતિ E 10.2 *(a)* અને (b)). તેથી સમીકરણ (E 10.1) u અને υ ના મૂલ્યના સ્વરૂપમાં નીચેનું સ્વરૂપ લે છે.

(E 10.2) $$\frac{1}{f}=\frac{1}{\upsilon}+\frac{1}{u}$$

$$\text{અથવા } f = \frac{uv}{u+v} \qquad \text{(E 10.3)}$$

આ પરિણામમાં u અને v નાં ધન મૂલ્યો અવેજ કરવા. સમીકરણ (E 10.2) દર્શાવે છે કે $\frac{1}{v}$ વિરુદ્ધ $\frac{1}{u}$ નો આલેખ ઋણ ઢાળવાળી સુરેખ રેખા મળે. જો $\frac{1}{v}$ શૂન્ય હોય અથવા $\frac{1}{u}$ શૂન્ય હોય ત્યારે અનુક્રમે $\frac{1}{u}=\frac{1}{f}$ અથવા $\frac{1}{v}=\frac{1}{f}$. આલેખના બંને અક્ષો પરના અંતઃખંડો $\frac{1}{f}$ છે. u વિરુદ્ધ v નો આલેખ અતિવલય છે. જ્યારે $u = v$ ત્યારે બંને $2f$ જેટલા થાય. સમીકરણ (E 10.3) દર્શાવે છે કે u અને v નાં મૂલ્યો અદલબદલ કરી શકાય છે.

જ્યારે એક વસ્તુ (ધારો કે એક પિન) પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની સામે $2f$ જેટલા અંતરે મૂકવામાં આવે, ત્યારે લેન્સની બીજી બાજુએ $2f$ જેટલા અંતરે સમાન માપનું વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ રચાય છે. [આકૃતિ E 10.2 (a)] જો વસ્તુનું સ્થાન લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી અંતર $2f$ અને અંતર f ની વચ્ચે હોય ત્યારે લેન્સની બીજી બાજુએ ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી $2f$ કરતાં વધારે અંતરે વાસ્તવિક, ઊલટું અને વિવર્ધિત થયેલ પ્રતિબિંબ રચાશે. (આકૃતિ E 10.2 (b)) આમ, અંતર u અને v માપીને, બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ સમીકરણ (E 10.3)ના ઉપયોગ વડે નક્કી કરી શકાય છે. લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ, u અને v વચ્ચે અથવા $\frac{1}{u}$ અને $\frac{1}{v}$ વચ્ચે આલેખ દોરી નક્કી કરી શકાય છે.



આકૃતિ E 10.2 (a), (b) બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા પ્રતિબિંબની રચના ***(a)*** $u = 2f$ અને ***(b)*** $2f > u > f$

પદ્ધતિ

(1) દૂરની વસ્તુને (લેન્સની મદદથી) કેન્દ્રિત કરી પ્રતિબિંબ મેળવી પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈનું અંદાજિત મૂલ્ય મેળવો. સૂર્યનું તીક્ષ્ણ પ્રતિબિંબ અથવા દૂરના ઝાડનું લેન્સની બીજી બાજુએ મૂકેલા પડદા પર ધારો કે સમતલ દીવાલ અથવા કાગળ પર મેળવો અને માપપટ્ટીની મદદથી લેન્સ અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું અંતર માપીને તે (અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ) શોધી શકાય છે. આ અંતર બહિર્ગોળ લેન્સની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ, f છે.

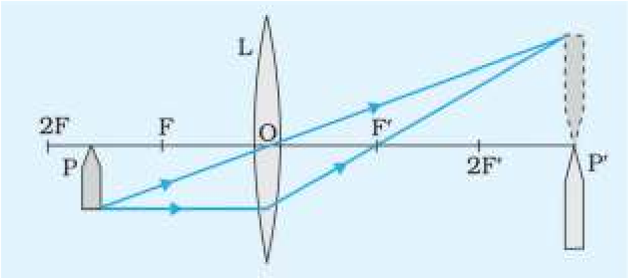
નોંધ : સૂર્યનું પ્રતિબિંબ સીધું ન જોવું જોઈએ કેમકે તે તમારી આંખોને નુકસાન કરી શકે છે.

(2) દૃઢ ટેબલ અથવા પ્લેટફોર્મ પર ઓપ્ટિકલ બેંચને ગોઠવો. સ્પિરિટ લેવલનો ઉપયોગ કરીને બેન્ચના પાયામાં આપેલ લેવલિંગ સ્ક્રૂની મદદથી તેને સમક્ષિતિજ ગોઠવો.

(3) અપરાઇટ્સમાં બહિર્ગોળ લેન્સને જડિત કરો અને તેને ઓપ્ટિકલ બેન્ચના લગભગ મધ્યમાં એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની મુખ્ય અક્ષ ઓપ્ટિકલ બેન્ચને સમાંતર રહે. આ સ્થિતિમાં, લેન્સ એ ઓપ્ટિકલ બેન્ચના લંબ સમતલમાં રહેશે.

(4) ઈન્ડેક્સ-સુધારો નક્કી કરવા માટે, સ્ટૅન્ડ પર ગોઠવેલ (mounted) પિન લેન્સની નજીક લાવો. ઈન્ડેક્સ સોય (તીક્ષ્ણ ધારવાળી ગૂંથણ માટેની સોય પણ આ હેતુ માટે વપરાય) સમક્ષિતિજ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેનો એક છેડો લેન્સની વક્રસપાટીની એક ધારને સ્પર્શે અને બીજો છેડો પિનની ટોચને સ્પર્શે. બે અપરાઇટ્સના સ્થાન ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર આપેલી માપપટ્ટી પર નોંધો. આ બે બિંદુ વચ્ચેનો તફાવત એ ઈન્ડેક્સ સોયની અવલોકિત લંબાઈ આપશે. પિનની ટોચ અને ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O વચ્ચેની લંબાઈ એ ઈન્ડેક્સ સોયની સાચી લંબાઈ (જેનું માપન માપપટ્ટી દ્વારા કર્યું) વત્તા લેન્સની જાડાઈનું અડધું, કેમ કે દ્વિબહિર્ગોળ લેન્સમાં સમાન વક્રતાત્રિજ્યા ધરાવતી સપાટીઓ માટે તે (ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર) સપાટીઓનું (જોડતી રેખાનું) ભૌમિતિક કેન્દ્ર છે. આ બે લંબાઈઓ વચ્ચેનો તફાવત એ ઈન્ડેક્સ-સુધારો છે. બંને પિનો માટે ઈન્ડેક્સનો સુધારો શોધો.

(5) માઉન્ટેડ (સ્ટૅન્ડ પર ગોઠવેલ) તીક્ષ્ણ પિનો P અને P'ને ઊર્ધ્વ રીતે અનુક્રમે (આકૃતિ E 10.3) લેન્સની ડાબી અને જમણી બાજુ ગોઠવો. પિનો P અને P'ને એવીરીતે ગોઠવો કે જેથી ટોચની ઊંચાઈ ઓપ્ટિકલ બેન્ચના પાયાથી લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રની ઊંચાઈ જેટલી થાય. ધારો કે પિન P (લેન્સની ડાબી બાજુએ મૂકેલ)ને વસ્તુ પિન તરીકે લો અને પિન P' (લેન્સની જમણી બાજુએ રહેલ) ને પ્રતિબિંબ પિન તરીકે ગણીએ. કાગળનો નાનો ટુકડો બે પૈકી કોઈ એક પિન ધારો કે (પ્રતિબિંબ પિન P') મૂકો જે વસ્તુ પિન P થી તેને જુદી પાડે.



આકૃતિ E 10.3 *: બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવા માટેનો કિરણ રેખાકૃતિ*

(6) વસ્તુ પિન P (લેન્સની ડાબી બાજુએ)ને લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O થી $2f$ કરતાં સહેજ ઓછા અંતરે ગોઠવો. (આકૃતિ E 10.3) લેન્સની બીજી બાજુ પ્રતિબિંબ પિન P' ની ઉપર ઊલટા અને વાસ્તવિક પ્રતિબિંબનું સ્થાન મેળવો.

(7) દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીતના ઉપયોગથી, પ્રતિબિંબ પિન P'નું સ્થાન એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી વસ્તુ પિન Pનું પ્રતિબિંબ એ પ્રતિબિંબ પિન P' સાથે એકાકાર બને.

નોંધ : જેમ uનું મૂલ્ય $2f$ થી f તરફ બદલાય, vનું મૂલ્ય $2f$ થી અનંત તરફ બદલાશે. u અને v ના મૂલ્ય અદલબદલ કરી શકાય તેવા છે, એટલે કે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ બે સંલગ્નિત બિંદુ છે, તેથી તે સ્પષ્ટ છે કે વસ્તુ પિનને $2f$ થી fની અવધિમાં ખસેડતાં u અને v બંનેનાં મૂલ્યોના અવધિ મૂલ્યોનો સંપૂર્ણ વિસ્તાર f અને અનંતની વચ્ચે હોય છે.

(8) ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર વસ્તુ પિન, બહિર્ગોળ લેન્સ અને પ્રતિબિંબ પિનના અપરાઈટ્સનાં સ્થાન નોંધો અને અવલોકન-કોષ્ટકમાં અવલોકનો નોંધો.

(9) વસ્તુ પિનને લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રની નજીક ખસેડો (2 cm અથવા 3 cm જેટલું). પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો અને લેન્સથી f અને $2f$ અંતરની વચ્ચે વસ્તુ પિન અંતરનાં ઓછામાં ઓછા છ અવલોકનોના સમૂહ માટે અવલોકનો નોંધો.

અવલોકન

(1) બહિર્ગોળ લેન્સની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ = ... cm

(2) ઈન્ડેક્સ સોય (નીડલ)ની મીટરપટ્ટી વડે માપેલ લંબાઈ L_0 = ... cm

(3) પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની જાડાઈ (આપેલ), t = ... cm

(4) લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O અને પિનની ટોચ વચ્ચેની ખરેખર (વાસ્તવિક) લંબાઈ

$l_0 = L_0 + t/2 =$ .... cm

(5) ઈન્ડેક્સ નીડલની અવલોકિત લંબાઈ, l'_0 = બહિર્ગોળ લેન્સના કેન્દ્ર અને વસ્તુ પિનની ટોચ વચ્ચેનું અંતર

= માપપટ્ટી પર (લેન્સના અપરાઈટનું સ્થાન - વસ્તુ પિનના અપરાઈટનું સ્થાન)

= ______ cm – ________ cm = ________ cm

(6) વસ્તુઅંતર માટે ઈન્ડેક્સ-સુધારો $e_0 = l_0 - l'_0$ = ______ cm તે જ રીતે

પ્રતિબિંબ પિન માટે $e_i = l_i - l'_i$ = ... cm.

કોષ્ટક E 10.1 u, υ અને f નક્કી કરવા

ક્રમ નં.	લેન્સ અપરાઈટ a (cm)	વસ્તુ પિન અપરાઈટ b (cm)	પ્રતિબિંબ પિન અપરાઈટ c (cm)	અવલોકિત $u = a - b$ (cm)	અવલોકિત $\upsilon = a - c$ (cm)	સુધારેલ u = અવલોકિત $u + e_0$ (cm)	સુધારેલ υ = અવલોકિત $\upsilon + e_i$ (cm)	$\frac{1}{u}$ cm^{-1}	$\frac{1}{\upsilon}$ cm^{-1}	$f = \frac{u\upsilon}{u+\upsilon}$ cm	Δf (cm)
1											
2											
--											
6											
									સરેરાશ		

ગણતરીઓ

A. u અને υ ના સુધારેલ મૂલ્યો ગણો. સમીકરણ (E 10.3)નો ઉપયોગ કરી fનું મૂલ્ય ગણો. કોષ્ટકમાં તેને નોંધો અને આપેલ બહિર્ગોળ લેન્સની સરેરાશ કેન્દ્રલંબાઈનું મૂલ્ય શોધો.

ત્રુટિ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{\upsilon}$$

અથવા $$\frac{\Delta f}{f^2} = \frac{\Delta u}{u^2} + \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2}$$

$$\therefore \Delta f = f^2 \left[\frac{\Delta u}{u^2} + \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2}\right]$$

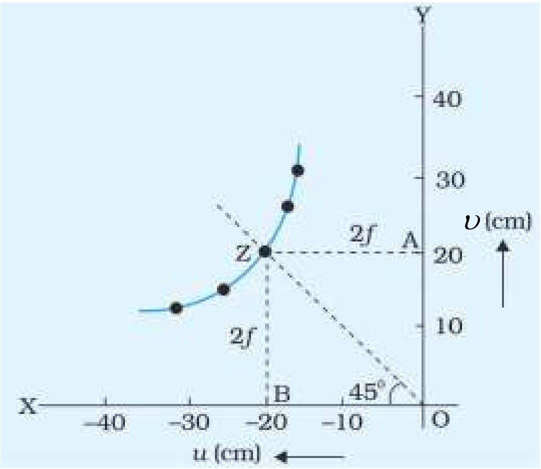
Δf નાં છ મૂલ્યોમાંથી મહત્તમ મૂલ્યને પરિણામ સાથે પ્રાયોગિક ત્રુટિ તરીકે રજૂ કરો.

આલેખ દોરીને કેન્દ્રલંબાઈની ગણતરી

(આલેખો દોરવાની વિસ્તૃત પદ્ધતિ પ્રકરણ 1, મુદ્દા 1.8 (પાન નં. 15) પર ઉદાહરણ રૂપે આપેલ છે.)

B. $u - \upsilon$ ના આલેખ : u ને X-અક્ષ પર અને υ ને Y-અક્ષ પર લો.

X અને Y-અક્ષ પરના પ્રમાણમાપ સમાન હોવા જોઈએ. u અને υ ના જુદાં-જુદાં મૂલ્યો માટે અતિવલય વક્ર દોરો. (આકૃતિ E 10.4) નોંધો કે f અને $2f$ની વચ્ચેના u નાં છ અવલોકનોના સમૂહ માટે, u અને υ નાં મૂલ્યો અદલ-બદલ કરીને તમને આલેખ પર 12 બિંદુઓ મળશે.



આકૃતિ E 10.4 : બહિર્ગોળ લેન્સ માટે u વિરુદ્ધ υ નો આલેખ

બિંદુ $u = 2f$, $\upsilon = 2f$ ને $u - \upsilon$ આલેખમાં બિંદુ Z તરીકે દર્શાવેલ છે. (આકૃતિ E 10.4). બિંદુ Z એ ∠XOYની દ્વિભાજક રેખા OZ અને અતિવલય આલેખનું છેદનબિંદુ છે. બે રેખાઓ AZ અને BZ અનુક્રમે Y-અક્ષ અને X-અક્ષ પર લંબરેખાઓ દોરો. AZ અને BZ બંનેની લંબાઈઓ અંતર $2f$ જેટલી છે. આમ, $u - \upsilon$ આલેખ દોરીને લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ મેળવી શકાય છે.

Y-અક્ષ પર અંતર OA (= $2f$) = _______ cm

X-અક્ષ પર અંતર (OB) (= $2f$) = ______ cm

બહિર્ગોળ લેન્સની સરેરાશ કેન્દ્રલંબાઈ

$$f = \frac{OA + OB}{4} = ________ \text{ cm}$$

C. $\frac{1}{u}-\frac{1}{\upsilon}$ આલેખ: $\frac{1}{u}$ X અક્ષ પર અને $\frac{1}{\upsilon}$ Y-અક્ષ પર લઈ સુરેખ આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 10.5) OA' (Y-અક્ષ પર) અને OB' (X-અક્ષ પર) બંને અંત:ખંડો $\frac{1}{f}$ જેટલા સમાન હશે.

Y-અક્ષ પરનો અંત:ખંડ

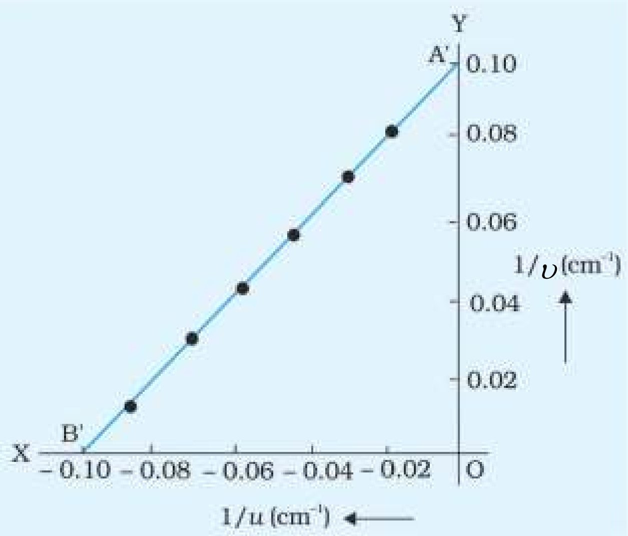
OA' $\left(=\frac{1}{f}\right)$ = ______ cm^{-1}

X-અક્ષ પરનો અંત:ખંડ

OB' $\left(=\frac{1}{f}\right)$ = ________ cm^{-1}

બહિર્ગોળ લેન્સની સરેરાશ કેન્દ્રલંબાઈ

$(f) = \frac{2}{OA' + OB'}$ = _________ cm



આકૃતિ E 10.5 : *બહિર્ગોળ લેન્સ માટે $\frac{1}{u}$ વિરુદ્ધ $\frac{1}{\upsilon}$ નો આલેખ (પ્રમાણમાપ સિવાય)*

પરિણામ

આપેલ અભિસારી પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ:

(i) અવલોકન કોષ્ટક E. 10.1માં દર્શાવ્યા મુજબ ગણતરીથી મેળવેલ $f \pm \Delta f$ =_______ cm. (અહીં f એ કેન્દ્રલંબાઈનું સરેરાશ મૂલ્ય છે.)

(ii) $u - \upsilon$ ના આલેખ પરથી = ______ cm અને

(iii) $\frac{1}{u}-\frac{1}{\upsilon}$ ના આલેખ પરથી = ______cm

સાવચેતીઓ

(1) પ્રકાશીય ઘટકો (વસ્તુ)ને આધાર આપતાં અપરાઈટ્સ દઢ અને ઊર્ધ્વ ગોઠવાયેલાં હોવાં જોઈએ.

(2) લેન્સનું દર્પણમુખ નાનું હોવું જોઈએ નહિંતર રચાતું પ્રતિબિંબ અલગ મળી શકે નહિ.

(3) આંખને પ્રતિબિંબ સોય (પિન)થી 25 cm કરતાં વધારે અંતરે ગોઠવવી જોઈએ.

(4) જો ઑપ્ટિકલ બેન્ચ સમક્ષિતિજ ન હોય અને તે જ રીતે જો પિનોની ટોચ અને લેન્સનું ઑપ્ટિકલ કેન્દ્ર સમાન સમક્ષિતિજ ઊંચાઈએ (લેવલે) ન હોય, તો અવલોકનોમાં ત્રુટિ આવી શકે.

(5) પ્રયોગ કરતા હોય તે દરમિયાન, પ્રતિબિંબ અને વસ્તુ પિન અદલ-બદલ ન થવી જોઈએ, કારણ કે વસ્તુ અંતર અને પ્રતિબિંબ અંતરના ઇન્ડેક્સ-સુધારા માટે કારણભૂત બની શકે છે.

(6) વસ્તુ પિનના ઊલટા પ્રતિબિંબની ટોચ પ્રતિબિંબ પિનની ટોચને સ્પર્શવી જોઈએ અને સંપાત ન થવી જોઈએ. જ્યારે દષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર થાય ત્યારે આની ખાતરી કરી લેવી.

(7) ઓપ્ટિકલ બેન્ચના બધા પ્રયોગો દરમિયાન (જે ઓપ્ટિકલ બેન્ચના વિવરણમાં આપેલ છે.) બધી જ સામાન્ય સૂચનાઓની કાળજી રાખવી (જરૂરી છે.)

(8) f ની ગણતરી માટે, અંતરો u અને v નાં સુધારેલ મૂલ્યો જ સૂત્રમાં મૂકવા અને પછી f નું સરેરાશ મૂલ્ય લેવું જોઈએ. u અને v નાં સરેરાશ મૂલ્યો લઈને f ની ગણતરી ન કરવી.

ત્રુટિનાં ઉદ્ગમો

(1) અપરાઇટ્સ ઊર્ધ્વ ન પણ હોઈ શકે.

(2) દષ્ટિસ્થાન ભેદ ચોકસાઈથી દૂર થયેલ ન હોઈ શકે.

(3) ઇન્ડેક્સ-સુધારો શોધવા માટેની ગૂંથણ માટેની સોય અથવા ઇન્ડેક્સ સળિયો (પિન) એ સોય જેવી તીક્ષ્ણ હોતી નથી. માપપટ્ટી પર તેની ચોકસાઈથી લંબાઈ માપી શકાતી નથી.

ચર્ચા

$\frac{1}{v}$ વિરુદ્ધ $\frac{1}{u}$ નો આલેખ દોરવા, જો બંને અક્ષ પર પ્રમાણમાપ સમાન ન હોય, તો સુરેખ રેખીય આલેખ X-અક્ષ સાથે 45°ના ખૂણે ન પણ હોય. જે પરિણામમાં મૂંઝવણો પેદા કરે અને આલેખ દોરવામાં ત્રુટિ ઉદ્ભવે. સમાન પ્રમાણમાપ રાખીને અને X-અક્ષ સાથે 45°ના ખૂણે શ્રેષ્ઠ બંધબેસતો આલેખ દોરવો એ ઉત્તમ પદ્ધતિ છે. પછી બંને અક્ષો પર $\frac{1}{f}$ નું માપનમાં ખૂબ જ મોટું અથવા ખૂબ જ નાનું બને જે અંતર્ગત ત્રુટિઓનું કારણ થશે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) બહિર્ગોળ લેન્સના કિસ્સામાં વસ્તુનું સ્થાન અનંતથી ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર તરફ બદલાતું હોય તેના પ્રતિબિંબની રચના માટે કિરણ રેખાકૃતિ દોરો.

(2) બહિર્ગોળ લેન્સ અને અંતર્ગોળ લેન્સ દ્વારા રચાતા પ્રતિબિંબમાં કયા તફાવત છે ?

(3) જાડા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં કઈ રીતે જુદી પડે છે?

(4) બહિર્ગોળ લેન્સ, કાચના વર્તુળાકાર સ્લેબ અને અંતર્ગોળ લેન્સને અડક્યા સિવાય કઈ રીતે પારખી શકશો ?

(5) સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સની સમતલ સપાટી માટે વક્રતા-કેન્દ્ર ક્યાં આવેલું હોય છે ?

(6) સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સ માટે મુખ્ય અક્ષની વ્યાખ્યા આપો.

(7) જો બહિર્ગોળ લેન્સને પાણીમાં ડુબાડવામાં આવે તો, તેની કેન્દ્રલંબાઈમાં કેવો ફેરફાર થશે ?

(8) સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સ માટે કેન્દ્રલંબાઈ અને વક્રતાકેન્દ્ર વચ્ચે શું સંબંધ છે ?

(9) લેન્સ દ્વારા રચાતું આભાસી પ્રતિબિંબ ઊલટું હોઈ શકે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) uv ને Y-અક્ષ પર અને $u + v$ ને X-અક્ષ પર લઈ આલેખ દોરો. બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ આલેખના ઢાળ પરથી નક્કી કરો.

(2) કેન્દ્રલંબાઈ પર માધ્યમની અસર :

તમારી પાસે માછલીઘર છે, તેનાથી અમુક અંતરે એક ખુલ્લી બારી છે અને 50 cm વ્યાસ ધરાવતો બિલોરી (વિપુલદર્શક) (મેગ્નિફાઇંગ) કાચ છે. 30 cm લંબાઈ ધરાવતી માપપટ્ટીની મદદથી મેગ્નિફાઇંગ (બિલોરી) કાચની હવામાં લગભગ કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. પછી ડાબા હાથે તેને પાણીમાં ડુબાડો અને જમણા હાથે એક સફેદ પ્લાસ્ટિકની કોથળી (5 cm × 5 cmનું કાર્ડ રહે તેમ વાળીને સફેદ પડદો બનાવવા માટે)ને ડુબાડો. પડદાનું સ્થાન બદલીને દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ પડદા પર મેળવો. (કેન્દ્રિત કરો). શું પાણીમાં લગભગ કેન્દ્રલંબાઈએ હવામાં મેળવેલ લગભગ કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં મોટી છે કે નાની ? મિત્રને પાણીમાં આ કેન્દ્રલંબાઈ માપવા કહો અને તે બેનો ગુણોત્તર શોધો.

(3) સ્વચ્છ ઇલેક્ટ્રિક બલ્બના ફિલામેન્ટની લંબાઈનું માપન :

તમે ફિલામેન્ટની પાછળ કે તેના સંપર્કમાં માપપટ્ટી મૂકીને તેની લંબાઈ માપી શકતા નથી. અલબત્ત તમે વર્નિયર માઇક્રોસ્કૉપની મદદથી આ માપન કરી શકો છો. પરંતુ શું આ માત્ર સાદા બહિર્ગોળ લેન્સ અને માપપટ્ટીની મદદથી કરી શકાય ? તમે પ્રયોગમાં જરૂરિયાત મુજબ ક્લેમ્પ-સ્ટૅન્ડ જેવાં સાધનો પણ ઉમેરી શકો. શું તમે બલ્બના ફિલામેન્ટમાં અડીને આવેલા વિભાગો વચ્ચેની અંધારી (ડાર્ક) ખાલી જગાનું માપન કરી શકશો ?

પ્રયોગ 11

હેતુ

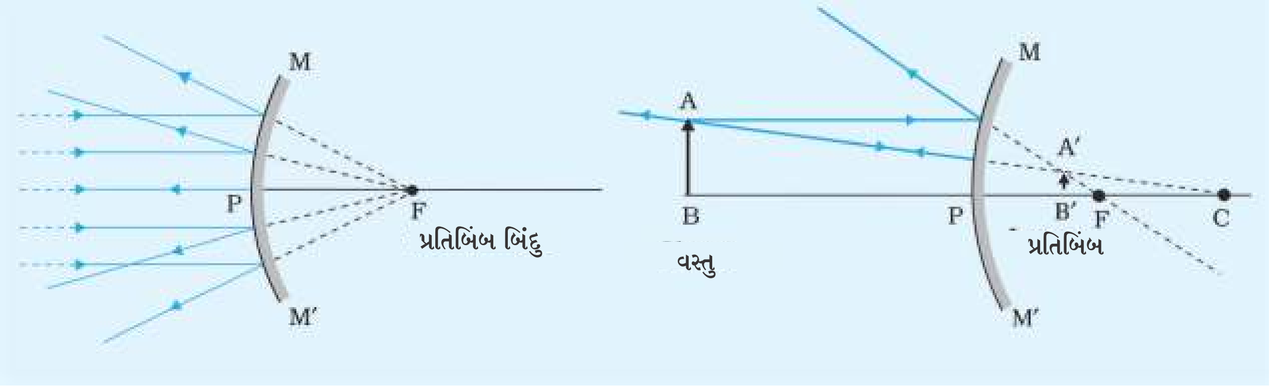
બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરી બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

લેન્સને પકડી રાખવા માટેના અપરાઇટ્સ (સ્તંભ) સાથેની ઑપ્ટિકલ બેન્ચ, અરીસો અને બે સોય (પિન), પાતળો બહિર્ગોળ લેન્સ, બહિર્ગોળ અરીસો, ઇન્ડેક્સ સોય (ગૂંથણ માટેની સોય અથવા બંને છેડે અણીદાર પૉઇન્ટેડ પેન્સિલ પણ ચાલે), મીટરપટ્ટી અને સ્પિરિટ લેવલ.

સિદ્ધાંત

આકૃતિ E 11.1 એ બહિર્ગોળ અરીસા MM′ (નાનું દર્પણમુખ ધરાવતો) વડે બે જુદી-જુદી પરિસ્થિતિમાં વસ્તુ ABનાં પ્રતિબિંબની રચના સમજાવે છે. બહિર્ગોળ અરીસા વડે રચાતું પ્રતિબિંબ આભાસી અને ચત્તું હોય છે તેથી તેની કેન્દ્રલંબાઈ સીધેસીધી માપી શકાતી નથી. તેમ છતાં, વસ્તુ અને બહિર્ગોળ અરીસાની વચ્ચે બહિર્ગોળ લેન્સને દાખલ કરીને તે નક્કી કરી શકાય છે. (આકૃતિ E 11.2). પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની સામે વસ્તુ ABને P′ બિંદુએ એવી રીતે મૂકો કે જેથી તેનું વાસ્તવિક ઊલટું અને વિવર્ધિત પ્રતિબિંબ A′B′ લેન્સની બીજી બાજુએ C′ સ્થાન પર રચાય. (આકૃતિ



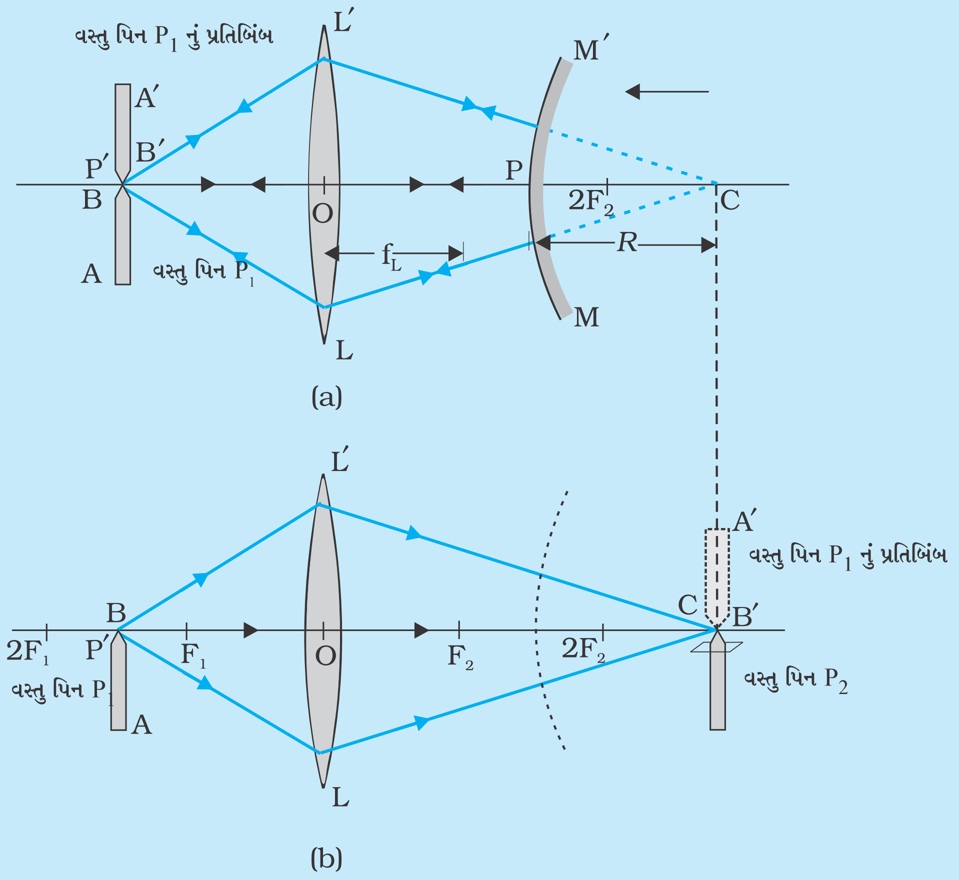
આકૃતિ E 11.1 (a) વસ્તુ અનંત અંતરે છે. ખૂબ જ નાનું અને બિંદુવત્ પ્રતિબિંબ બહિર્ગોળ અરીસાની પાછળ કેન્દ્રિત થતું મળે છે.

આકૃતિ E 11.1 (b) અરીસાની સામે વસ્તુ છે. અરીસાની પાછળ નાનું, આભાસી પ્રતિબિંબ, મુખ્ય કેન્દ્ર અને ધ્રુવની વચ્ચે રચાય છે.

E 11.2 (b)). હવે બહિર્ગોળ લેન્સ અને બિંદુ Cની વચ્ચે બહિર્ગોળ અરીસો દાખલ કરો અને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ A′B′ એ P′ બિંદુએ રહેલી વસ્તુ AB સાથે એકરૂપ થાય [આકૃતિ E 11.2 (a)]. આ ત્યારે જ શક્ય બને જ્યારે વસ્તુની ટોચમાંથી શરૂ કરી

પ્રકાશનું કિરણ લેન્સમાંથી પસાર થયા બાદ, બહિર્ગોળ અરીસાની પરાવર્તક સપાટી પર લંબરૂપે આપાત થાય અને તેમના માર્ગને પુનઃપ્રાપ્ત કરે. ગોલીય સપાટીને કોઈ લંબકિરણ તે ગોળાની ત્રિજ્યા પર ગોઠવાય છે. આથી (C બિંદુએ) બહિર્ગોળ અરીસાનું વક્રતાકેન્દ્ર જ હોવું જોઈએ. તેથી, અંતર PC એ વક્રતાત્રિજ્યા *R* અને તેનું અર્ધમૂલ્ય એ બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ *f* થશે. આમ,

$$f = \frac{PC}{2} = \frac{R}{2}$$



આકૃતિ E 11.2 *(a) બહિર્ગોળ અરીસા અને બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા પ્રતિબિંબની રચના P' બિંદુએ પ્રતિબિંબ A'B' વસ્તુ AB સાથે એકરૂપ થાય છે. (b) બહિર્ગોળ લેન્સ - પ્રતિબિંબ ઊલટું અને વિવર્ધિત છે*

પદ્ધતિ

(1) જો કોઈ કિસ્સામાં આપેલ પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ જાણીતી ન હોય, તો પહેલાં તેની કેન્દ્રલંબાઈના લગભગ મૂલ્યનો અંદાજ મેળવો.

(2) ઓપ્ટિકલ બેન્ચને દૃઢ ટેબલ પર અથવા પ્લેટફૉર્મ પર ગોઠવો. સ્પિરિટ લેવલ અને બેન્ચના પાયામાં આપેલા સ્ક્રૂની મદદથી તેને સમક્ષિતિજ ગોઠવો.

(3) સમક્ષિતિજ ઓપ્ટિકલ બેન્ચ પર ગોઠવેલી અપરાઇટ્સમાં પિન P_1 (વસ્તુ પિન), બહિર્ગોળ લેન્સ LL′ અને બહિર્ગોળ અરીસા MM′ને ગોઠવો [આકૃતિ E 11.2 (a)].

(4) લેન્સ, અરીસો અને પિન P_1 ઓપ્ટિકલ બેન્ચ ઉપર ઊર્ધ્વ રીતે જ ગોઠવાયેલ છે તે ચકાસો. પિનની ટોચ, બહિર્ગોળ લેન્સ LL′નું ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O અને બહિર્ગોળ અરીસા MM′નું ધ્રુવ P′ સમાન સમક્ષિતિજ સમતલમાં સુરેખ રેખા પર, ઓપ્ટિકલ બેન્ચને સમાંતર છે તે પણ ચકાસો.

(5) ઈન્ડેક્સ સોય (પિન)નો ઉપયોગ કરીને અનુક્રમે બહિર્ગોળ અરીસો રાખેલા અપરાઇટ અને પ્રતિબિંબ પિન વચ્ચેનો ઈન્ડેક્સનો સુધારો નક્કી કરો.

(6) વસ્તુ પિન P_1ને બહિર્ગોળ લેન્સ LL′ થી, લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં સહેજ વધારે અંતરે ગોઠવો.

(7) બહિર્ગોળ અરીસા MM′નું સ્થાન એવી રીતે ગોઠવો કે અરીસા દ્વારા પાછું પરાવર્તન પામેલ પ્રકાશનું કિરણ લેન્સમાંથી પસાર થાય અને વસ્તુ પિન P_1 સાથે એકરૂપ થતું હોય તેવું આકૃતિ E 11.2 (a)માં દર્શાવ્યા મુજબનું વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ રચાય. આ ત્યારે જ બની શકે જ્યારે પિન P_1ની ટોચમાંથી શરૂ થયેલ કિરણ, લેન્સમાંથી પસાર થયા બાદ અરીસા પર લંબરૂપે અથડાય અને તેના મૂળ પથ પર પાછું પરાવર્તન પામે. પ્રતિબિંબ અને વસ્તુ પિનો વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરો.

(8) વસ્તુ પિન, બહિર્ગોળ લેન્સ LL′ અને બહિર્ગોળ લેન્સ MM′ જકડી રાખેલ હોય તેવા અપરાઇટ્સના સ્થાન નોંધો અને અવલોકન-કોષ્ટકમાં તેનાં અવલોકનો નોંધો.

(9) બહિર્ગોળ અરીસાને તેના અપરાઇટસ પરથી દૂર કરો અને તેમાં પ્રતિબિંબ પિન P_2 ગોઠવો. આ પિનની ઊંચાઈ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની ટોચ પણ લેન્સની મુખ્ય અક્ષ પર રહે. એટલે કે પિન P_1 અને P_2ની ટોચ અને બહિર્ગોળ લેન્સનું ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર, બધા ઓપ્ટિકલ લેન્સની લંબાઈને સમાંતર સુરેખ સમક્ષિતિજ રેખા પર રહે.

(10) પ્રતિબિંબ પિન P_2ને વસ્તુ પિન P_1 થી અલગ કરવા માટે તેની ઉપર તમે કાગળનો નાનો ટુકડો મૂકી શકો.

(11) લેન્સ LL′ અને વસ્તુ પિન P_1ના સ્થાન બદલ્યા સિવાય અને દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીતનો ઉપયોગ કરી લેન્સની બીજી બાજુએ પ્રતિબિંબ પિન P_2 ના સ્થાનને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તે વસ્તુપિન P_1ના બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા રચાતા વાસ્તવિક અને ઊલટા પ્રતિબિંબ સાથે એકરૂપ થાય. [આકૃતિ E 11.2 (b)] પ્રતિબિંબ પિનનું સ્થાન નોંધો.

(12) પિન P_1 અને લેન્સ LL′ અને અરીસા MM′ વચ્ચેનાં અંતરો બદલીને પ્રયોગ પુનરાવર્તિત કરો. આ સંજોગોમાં અવલોકનોના પાંચ સમૂહ લો.

અવલોકનો

(1) બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ f (અંદાજિત / આપેલ) = ... cm

(2) ઈન્ડેક્સ પિન (સોય)ની વાસ્તવિક લંબાઈ, l = ... cm

(3) ઈન્ડેક્સ પિન (સોય)ની અવલોકિત લંબાઈ l' = માપપટ્ટી પર અરીસાના અપરાઈટનું સ્થાન - માપપટ્ટી પર પિનના અપરાઈટ (સ્તંભ)નું સ્થાન = ... cm

(4) ઈન્ડેક્સ-સુધારો, e = વાસ્તવિક લંબાઈ - અવલોકિત લંબાઈ $(l - l')$ = ... cm

કોષ્ટક E 11.1 : બહિર્ગોળ અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યા R નક્કી કરવી

ક્રમ	અપરાઈટનું સ્થાન				અવલોકિત $R' = c - d$ (cm)	સુધારેલ R = અવલોકિત $R' + e$ (cm)	કેન્દ્રલંબાઈ f (cm)	Δf (cm)
	વસ્તુ પિન P_1 a (cm)	બહિર્ગોળ લેન્સ LL′ b (cm)	બહિર્ગોળ અરીસો MM′ c (cm)	પ્રતિબિંબ પિન P_2 d (cm)				
1								
2								
--								
5								
					સરેરાશ			

ગણતરીઓ

બહિર્ગોળ અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યા Rનું સરેરાશ મૂલ્ય ગણો અને નીચે આપેલ સંબંધનો ઉપયોગ કરી તેની કેન્દ્રલંબાઈ નક્કી કરોઃ

$$f = \frac{R}{2} = \text{................cm}$$

ત્રુટિ

$$f = \frac{R' + l}{2} = \frac{(c - d) + (l - l')}{2}$$

$$\therefore \frac{\Delta f}{f} = \frac{\Delta c}{c} + \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta l'}{l'}$$

જ્યાં Δc, Δd, Δl અને $\Delta l'$ એ માપનમાં સાધનોના લઘુત્તમ માપ છે. Δf પાંચ મૂલ્યોમાંથી મહત્તમ મૂલ્યને પરિણામ સાથે પ્રાયોગિક ત્રુટિ દર્શાવો.

પરિણામ

આપેલ બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ $(f \pm \Delta f)$ = _____ ± ____ cm. અહીં f એ કેન્દ્રલંબાઈનું સરેરાશ મૂલ્ય છે.

સાવચેતીઓ

(1) પિનો, લેન્સ અને અરીસાને ગોઠવતા અપરાઇટ્સ દૃઢ અને ઊર્ધ્વ રીતે ગોઠવાયેલ હોવા જોઈએ.

(2) આપેલા બહિર્ગોળ લેન્સ અને બહિર્ગોળ અરીસાના દર્પણમુખ નાનાં હોવાં જોઈએ નહિતર રચાતું પ્રતિબિંબ વિકૃત થઈ જશે.

(3) આંખ પ્રતિબિંબ પિનથી લગભગ 25 cm અથવા તેનાથી વધારે અંતરે રાખવી જોઈએ.

(4) ઓપ્ટિકલ બેન્ચ સમક્ષિતિજ રહેવી જોઈએ. પિનોની ટોચ, બહિર્ગોળ લેન્સનું કેન્દ્ર અને અરીસાનું ધ્રુવ એક જ સમક્ષિતિજ સમતલમાં હોવા જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) વસ્તુ પિનના ઊલટા પ્રતિબિંબની ટોચ પ્રતિબિંબ પિનની ટોચને માત્ર સ્પર્શવી જોઈએ પણ સંપાત થવી ન જોઈએ. આ બાબતની દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરતાં સમયે ચકાસણી કરવી.

(2) દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરવાની પ્રક્રિયાને આંખની વ્યક્તિગત ખામીઓ કંટાળાજનક બનાવે છે.

(3) બહિર્ગોળ અરીસાની સપાટી ફ્રન્ટકૉટેડ હોવી જોઈએ નહિતર બહુવિધ પરાવર્તનો થઈ શકે.

ચર્ચા

કોઈ પણ બહિર્ગોળ લેન્સ સાથે પ્રયોગ કરવો કદાચ શક્ય ન બને. આ પ્રયોગમાં ઉપયોગમાં લીધેલ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ બહુ નાની ન હોવી જોઈએ કે બહુ મોટી પણ ન હોવી જોઈએ. શા માટે ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) જો બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ જુદી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા બહિર્ગોળ લેન્સની મદદથી, નક્કી કરવી હોય, તો તમે પરિણામમાં કોઈ બદલાવની આશા રાખો છો ? જો હા, તો ક્યા પ્રકારના ફેરફારની આશા રાખો છો ? જો ના, તો કેમ ?

(2) જો જુદા-જુદા વક્રિભવનાંક ધરાવતા બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરવામાં આવે, તો પરિણામ કેવી રીતે બદલાય ?

(3) જો પ્રયોગ માટે પસંદ કરેલ બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ, બર્હિગોળ અરીસાથી ઓછી હોય, તો આ પસંદગી પ્રયોગ પર કઈ રીતે મર્યાદા લાદે છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) જુદી-જુદી કેન્દ્રલંબાઈવાળા બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરી, પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. પરિણામો સરખાવી, તેનું વિશ્લેષણ કરો.

(2) એક જ બહિર્ગોળ લેન્સની મદદથી, જુદી-જુદી કેન્દ્રલંબાઈવાળા બહિર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ કરી પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. પરિણામોની ચર્ચા કરો.

પ્રયોગ 12

હેતુ

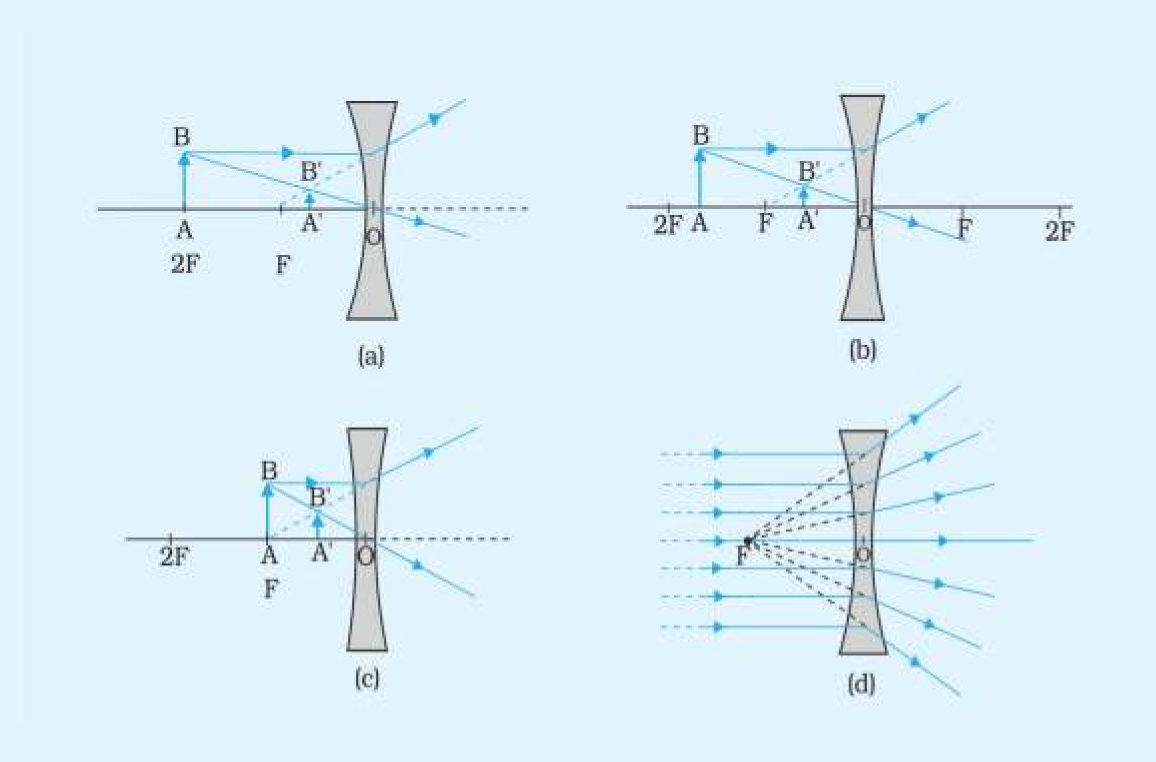
બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરી અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવી.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

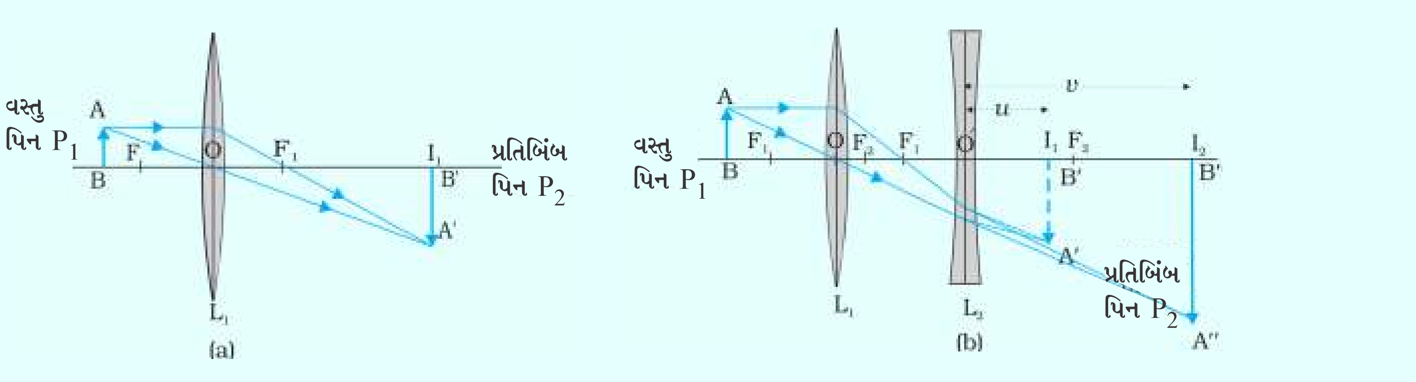
લેન્સ અને બે પિન (સોય) ને પકડી રાખવા માટેના ઊર્ધ્વ સ્ટૅન્ડ ધરાવતી ઓપ્ટિકલ બેન્ચ, પાતળો અંતર્ગોળ લેન્સ, અંતર્ગોળ લેન્સ કરતાં ઓછી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતો એક બહિર્ગોળ લેન્સ (કેન્દ્રલંબાઈ ~15 cm), ઈન્ડેક્સ સોય (ગૂંથણ માટેની સોય પણ ચાલે), માપપટ્ટી અને સ્પિરિટ લેવલ.

સિદ્ધાંત

આકૃતિ E 12.1(a), (b), (c) અને (d) એ અંતર્ગોળ લેન્સ વડે વસ્તુ ABના મળતા પ્રતિબિંબ A′ B′ની રચના દર્શાવે છે.



આકૃતિ E 12.1 (a),(b),(c),(d) વસ્તુના જુદા - જુદા સ્થાન માટે અંતર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ



આકૃતિ E 12.2 *(a) બહિર્ગોળ લેન્સથી મળતું પ્રતિબિંબ (b) અંતર્ગોળ લેન્સ અને બહિર્ગોળ લેન્સના સંયોજનથી મળતું પ્રતિબિંબ*

એ સ્પષ્ટ છે કે આ કિસ્સાઓમાં અંતર્ગોળ લેન્સથી મળતું પ્રતિબિંબ હંમેશાં આભાસી અને ચત્તું હોય છે, તેની કેન્દ્રલંબાઈ પ્રત્યક્ષ રીતે શોધી શકાતી નથી. જો કે (આકૃતિ E 12.2માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે) વસ્તુ અને અંતર્ગોળ લેન્સની વચ્ચે, બહિર્ગોળ લેન્સને મૂકીને વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ મેળવી, પરોક્ષ રીતે તે શોધી શકાય છે.

બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 વસ્તુ ABમાંથી આવતા પ્રકાશનાં કિરણોને અભિકેન્દ્રીત કરી, તેનું વાસ્તવિક અને ઊંધુ પ્રતિબિંબ A′B′, I_1 સ્થાને મળે [આકૃતિ E 12.2 (a)] જ્યારે અપસારી અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ને, લેન્સ L_1 અને I_1ની વચ્ચે આકૃતિ E 12.2(b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મૂકવામાં આવે ત્યારે અંતર્ગોળ લેન્સ L_2 માટે પ્રતિબિંબ A′B′ એક આભાસી વસ્તુ તરીકે વર્તશે. બિંદુ I_2 પર અપસારી લેન્સ L_2 વડે, વાસ્તવિક અને ઊંધુ પ્રતિબિંબ A″B″ રચાય. તેથી અંતર્ગોળ લેન્સ L_2 માટે અંતરો $O'I_1$ અને $O'I_2$ અનુક્રમે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ અંતર u અને v થશે. અહીં એ નોંધવું મહત્વપૂર્ણ છે કે, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1ની કેન્દ્રલંબાઈ, અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં ઓછી જ હોવી જોઈએ. બીજું પ્રતિબિંબ A"B" તો જ મળશે, જો લેન્સ L_2 અને પ્રથમ પ્રતિબિંબ A′B′ વચ્ચેનું અંતર L_2ની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં ઓછું હોય છે.

અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ની કેન્દ્રલંબાઈ નીચેના સંબંધથી ગણી શકાય:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} \quad \text{અથવા} \quad f = \frac{uv}{u-v} \qquad \text{(E 12.1)}$$

અંતર્ગોળ લેન્સ માટે u અને v બંને ધન છે તથા u એ v કરતાં ઓછું મળતું હોવાથી f હંમેશાં ઋણ મળશે.

પદ્ધતિ

(1) જો બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ અજ્ઞાત હોય, તો પ્રથમ તેની કેન્દ્રલંબાઈની આશરે કિંમત (f_L)નો અંદાજ કાઢવો અને તે અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્ર લંબાઈ કરતા ઓછી છે તેની ખાતરી કરો.

(2) ઑપ્ટિકલ બેન્ચને દૃઢ પ્લેટફૉર્મ પર ગોઠવો. સ્પિરિટ લેવલનો ઉપયોગ કરી બેન્ચના પાયામાં આપેલા લેવલિંગ સ્ક્રૂની મદદથી તેને સમક્ષિતિજ કરો.

(3) ઑપ્ટિકલ બેન્ચ પર વસ્તુ પિન P_1, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 અને પ્રતિબિંબ પિન P_2 ઊભા રહે તે રીતે મૂકો. પ્રતિબિંબ પિન P_2 પર તમે નાનો કાગળનો ટુકડો મૂકી શકો છો જેથી વસ્તુ પિનના P_1 ના પ્રતિબિંબથી તેને અલગ પાડી શકાય [આકૃતિ E 12.2 (a)].

(4) સમક્ષિતિજ સીધી રેખા પર, ઑપ્ટિકલ બેન્ચની લંબાઈને સમાંતર, P_1 અને P_2ની અણી તથા બહિર્ગોળ લેન્સ L_1ના ઑપ્ટિકલ કેન્દ્ર (O)ની સમરેખતા ચકાસો. આ પરિસ્થિતિમાં લેન્સનાં સમતલો અને બંને પિનો લેન્સની અક્ષને લંબ હોય.

(5) ઈન્ડેક્સ સુધારા નક્કી કરવા, લગાવેલી પિનને અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ની નજીક લાવો. અણીવાળી સોયને (વણાટ માટે વપરાતી તીક્ષ્ણ ધારવાળી સોંય પણ આ કાર્ય માટે ચાલશે) સમક્ષિતિજ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેનો એક છેડો લેન્સની કોઈ પણ એક વક્રકાર સપાટીને સ્પર્શે અને બીજો છેડો પિનની ટોચને સ્પર્શે. આ બંને અપરાઈટ્સના સ્થાનો ઑપ્ટિકલ બેન્ચ પર આપેલ સ્કેલથી નોંધો. આ બંનેનો તફાવત ઈન્ડેક્સ સોયની અવલોકિત લંબાઈ આપે છે. પિનની ટોચ અને લેન્સ L_2ના ઑપ્ટિકલ કેન્દ્ર O' વચ્ચેની વાસ્તવિક લંબાઈ આ સોયની લંબાઈનું માપ (માપપટ્ટીથી માપેલું તે પ્રમાણે) અને ઑપ્ટિકલ કેન્દ્રથી લેન્સની અડધી જાડાઈનો સરવાળો છે. આ બંને લંબાઈનો તફાવત એ ઈન્ડેક્સ સુધારો છે. (જો અંતર્ગોળ લેન્સ કેન્દ્રથી પાતળો હોય, તો જાડાઈ અવગણી શકાય છે.)

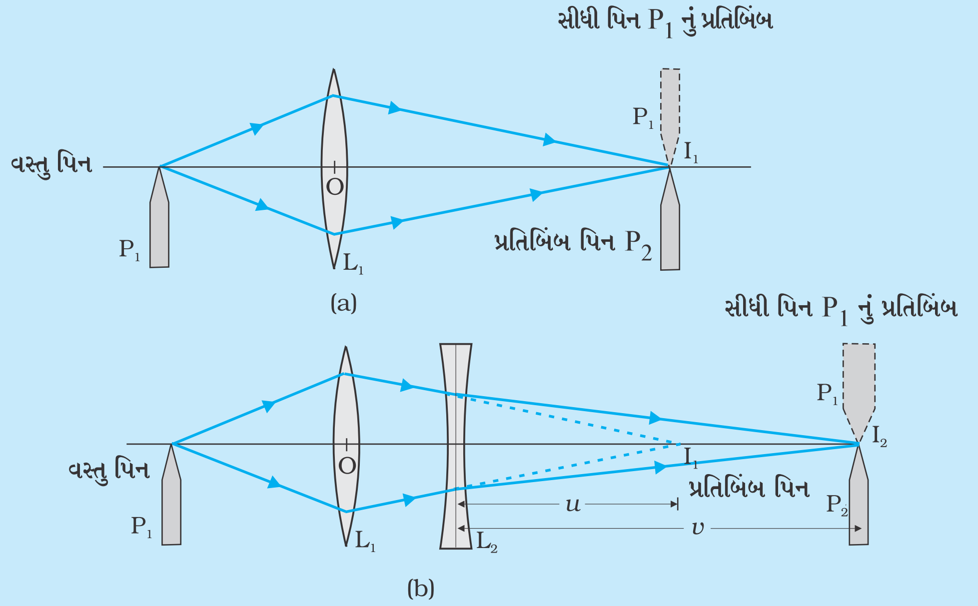
(6) વસ્તુ પિન P_1ને બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રથી તેની કેન્દ્રલંબાઈ (f_L) કરતાં સહેજ વધારે અંતરે ગોઠવો.

(7) વસ્તુ પિન P_1ના પ્રતિબિંબ અને પ્રતિબિંબ પિન P_2 વચ્ચેનો દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરી, લેન્સની બીજી બાજુએ I_1 બિંદુ પર તેનું વાસ્તવિક અને ઊંધુ પ્રતિબિંબ નક્કી કરો. [આકૃતિ E 12.2 (a)]

(8) વસ્તુ પિન P_1, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 અને પ્રતિબિંબ પિન P_2 બિંદુ I_1ને પકડી રાખતાં અપરાઈટ્સના અવલોકન વાંચો આ અવલોકનો કોષ્ટક E 12.1માં નોંધો.

(9) ત્યારબાદ, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 અને વસ્તુપિન P_1ના સ્થાન બદલ્યા સિવાય, બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 અને પ્રતિબિંબ પિન P_2ની વચ્ચે અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ને મૂકો. હવે વસ્તુપિનનું પ્રતિબિંબ બહિર્ગોળ લેન્સ L_1 થી દૂર જશે તે બિંદુને I_2 કહો. અંતર્ગોળ લેન્સની સ્થિતિને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી I_2 બિંદુ I_1 બિંદુથી પૂરતા પ્રમાણમાં દૂર રહે.

(10) જો બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ લેન્સના સંયોજનથી મળતું પ્રતિબિંબ ચોખ્ખું દૃશ્યમાન ન હોય તેવા કિસ્સામાં, અંતર્ગોળ લેન્સને બિંદુ I_1ની નજીક લઈ જઈ પેન્સિલને હાથમાં રાખી, પ્રતિબિંબનું સ્થાન નિશ્ચિત કરો અને પ્રતિબિંબ પિન P_2ને બિંદુ I_1 પર રાખી બહિર્ગોળ લેન્સ L_2ને ક્યાં



આકૃતિ E 12.3 : બહિર્ગોળ લેન્સની મદદથી અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ

ખસેડવો તે નિશ્ચિત કરો. જ્યારે બિંદુ I_2 પર સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ દેખાય ત્યારે તે વાતની ખાતરી કરો કે તે ઓપ્ટિકલ બેન્ચની રેન્જમાં જ છે. પ્રતિબિંબ પિન P_2ને ખસેડો જેથી પ્રતિબિંબ નિશ્ચિત થાય (અથવા બિંદુ I_2 નિશ્ચિત થાય) (દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીતથી આકૃતિ E 12.3 (b)) I_2 પર મળતું પ્રતિબિંબ તદ્દન મોટું અને અસ્પષ્ટ હશે.

(11) અંતર્ગોળ લેન્સ અને પ્રતિબિંબ પિન P_2ની એટલે કે બિંદુ I_2 ની અપરાઈટ્સ સ્થિતિઓ નોંધો અને અવલોકન-કોષ્ટકમાં અવલોકનોની નોંધ કરો.

(12) વસ્તુ પિનના સ્થાનો બદલી, પદ 6 થી 10નું પુનરાવર્તન કરો અને અવલોકનોના પાંચ સમુહ નોંધો.

અવલોકન

(1) બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ f_L = ______ cm

(2) ઈન્ડેક્સ સોયની માપપટ્ટીની મદદથી માપેલી લંબાઈ s = ______ cm

(3) પાતળા અંતર્ગોળ લેન્સની ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી જાડાઈ (આપેલ) t = _______ cm

(4) લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O અને પિનની ટોચ વચ્ચેની વાસ્તવિક લંબાઈ, $l = s + \frac{t}{2}$ = ____ cm

(5) ઈન્ડેક્સ સોયની અવલોકિત લંબાઈ l' = લેન્સના ધ્રુવ અને પિનની ટોચ વચ્ચેનું અંતર

= માપપટ્ટી પર લેન્સના અપરાઈટ્સનું સ્થાન - પિનના અપરાઈટ્સનું સ્થાન = ______ cm

કોષ્ટક E 12 1 : અંતર્ગોળ લેન્સ માટે u υ અને f નક્કી કરવા

ક્રમ નં.	ના સ્થાન										
	વસ્તુ પિનની અપરાઈટ્સ P_1, a (cm)	બહિર્ગોળ લેન્સ L_1ની અપરાઈટ્સ b (cm)	L_1 વડે રચાતું પ્રતિબિંબ (બિંદુ I_1) c (cm)	અંતર્ગોળ લેન્સ L_2ની અપરાઈટ્સ d (cm)	L_1 અને L_2 વડે બિંદુ I_2 પર રચાતું પ્રતિબિંબ g (cm)	અવલોકિત $u = c - d$ (cm)	અવલોકિત $\upsilon = g - d$ (cm)	સુધારેલ u = અવલોકિત $u + e$ (cm)	સુધારેલ υ = અવલોકિત $\upsilon + e$ (cm)	$f = u\upsilon/(u - \upsilon)$(cm)	Δf (cm)
1											
2											
--											
5											
									સરેરાશ		

(6) ઈન્ડેક્સ સુધારો $e = l - l'$ = ________ cm

ગણતરીઓ

અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ $f = \dfrac{u\upsilon}{u - \upsilon}$ સૂત્રની મદદથી શોધવી.

ત્રુટિ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\upsilon} - \frac{1}{u}$$

$$\frac{\Delta f}{f^2} = \frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2} + \frac{\Delta u}{u^2}$$

$$\Delta f = f^2 \left[\frac{\Delta \upsilon}{\upsilon^2} + \frac{\Delta u}{u^2}\right]$$

જ્યાં Δu, $\Delta \upsilon$ એ માપન માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ છે. u, υ અને fની કિંમતો અવલોકન-કોષ્ટકમાંથી લો. ત્રુટિ Δfની પાંચ કિંમતોમાંથી મહત્તમ કિંમતને પરિણામની ત્રુટિ તરીકે નોંધો.

પરિણામ

આપેલા અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ $f \pm \Delta f$ = _______ ± ________ cm છે. જ્યાં f એ સરેરાશ કેન્દ્રલંબાઈ છે.

સાવચેતીઓ

(1) અંતર્ગોળ લેન્સને, બહિર્ગોળ લેન્સની નજીક મૂકવો. હકીકતમાં બીજું પ્રતિબિંબ I_2 તો જ મળશે જો અંતર્ગોળ લેન્સ L_2 અને પ્રથમ પ્રતિબિંબ I_1 (જે અંતર્ગોળ લેન્સ માટે આભાસી વસ્તુ તરીકે વર્તે) વચ્ચેનું અંતર અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં ઓછું હોય.

(2) I_2 પર મળતું પ્રતિબિંબ ખૂબ મોટું અને અસ્પષ્ટ હોઈ શકે છે, તેથી વસ્તુ પિન પાતળી અને ધારદાર પસંદ કરવી જોઈએ તથા તેને બલ્બ વડે પ્રકાશિત કરવી જોઈએ.

(3) બહિર્ગોળ લેન્સ અને પિન P_1ના સ્થાન પ્રયોગના બીજા ભાગ દરમિયાન બદલાવા જોઈએ નહિ.

(4) લેન્સ L_2 ની અંતર્ગોળ સપાટી પરથી પરાવર્તન પામતા કિરણોને લીધે પ્રતિબિંબ પિન P_2નું નાનું, વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ પણ મળી શકે છે. બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ લેન્સના સંયોજનથી મળતા ઘાટા અને પ્રકાશિત પ્રતિબિંબ સાથે તેને ગૂંચવવું નહિ.

(5) u અને v માટે ઈન્ડેક્સમાં સુધારો કરવો જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) જો વસ્તુ પિનની ટોચ અને લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર જો એકસરખા સમક્ષિતિજ લેવલ પર ના હોય તો પ્રતિબિંબ પિનની ટોચ અને વસ્તુ પિનના પ્રતિબિંબની ટોચ એકબીજાને સ્પર્શ કરશે નહિ. તેમની વચ્ચે થોડી જગા રહેશે અથવા એકબીજાને ઢાંકી દેશે. આ પરિસ્થિતિમાં દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરવામાં ત્રુટિ ઉત્પન્ન થઈ શકે છે, જે પરિણામની ત્રુટિ સુધી લઈ જઈ શકે છે.

(2) ખૂબ જ સચોટ પરિણામ મેળવવા વસ્તુ પિનની ટોચ ધારદાર રાખવી જોઈએ.

ચર્ચા

(1) અંતર્ગોળ લેન્સ કિરણોને અપકેન્દ્રિત કરતો હોવાથી તેના વડે મળતા પ્રતિબિંબને પડદા પર ઝીલી શકાતું નથી, તે વાસ્તવિક નથી. આ અપકેન્દ્રિત થયેલાં કિરણોને અભિકેન્દ્રિત કરવા બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરવો.

(2) અંતર્ગોળ લેન્સ વડે અપકેન્દ્રિત થતાં કિરણોને, અંતર્ગોળ અરીસાની ઉપર લંબરૂપે આપાત કરી, જ્યાં વસ્તુ મૂકી છે તે બિંદુ પર વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ મેળવી શકાય. આથી અંતર્ગોળ અરીસાની મદદથી પણ અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધી શકાય છે.

(3) પ્રતિબિંબ I_2 ખૂબજ મોટું છે તથા બે લેન્સના રંગવિભેદનના કારણે તે અસ્પષ્ટ બની શકે છે. આથી વસ્તુપિન P_1ની પાછળ પડદો મૂકવો વધુ યોગ્ય છે અને આ પ્રમાણે સફેદ રંગના સ્થાને આખા પ્રયોગ દરમિયાન માત્ર એક જ રંગનો ઉપયોગ કરી શકાય છે. આ જ કારણે પિન P_1 તદ્દન પાતળી અને ધારદાર હોવી જોઈએ. (પિન P_2ની સાપેક્ષે)

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) આ પ્રયોગમાં અંર્તગોળ અને બહિર્ગોળ લેન્સના સંયોજન વચ્ચે 'd' જેટલું અંતર રાખી એક જ લેન્સ તરીકે કેન્દ્રલંબાઈ f શોધી શકાય, તથા $\frac{1}{f}=\frac{1}{f_1}+\frac{1}{f_2}-\frac{d}{f_1 f_2}$ સંબંધ ચકાસી શકાય.

(2) u અને v ની કિંમતોની ફેરબદલી f ગણો અને f ની પ્રાયોગિક રીતે મેળવેલી કિંમત સાથે સરખામણી કરો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) $u-v$ વિરુદ્ધ $u-v$ નો આલેખ દોરો. uv ને Y–અક્ષ પર તથા $u-v$ ને X–અક્ષ પર લો. આલેખના ઢાળ પરથી f ની કિંમત શોધો.

(2) જુદી-જુદી કેન્દ્રલંબાઈના અંર્તગોળ અને બહિર્ગોળ લેન્સ લઈ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. પરિણામો સરખાવો.

પ્રયોગ 13

હેતુ

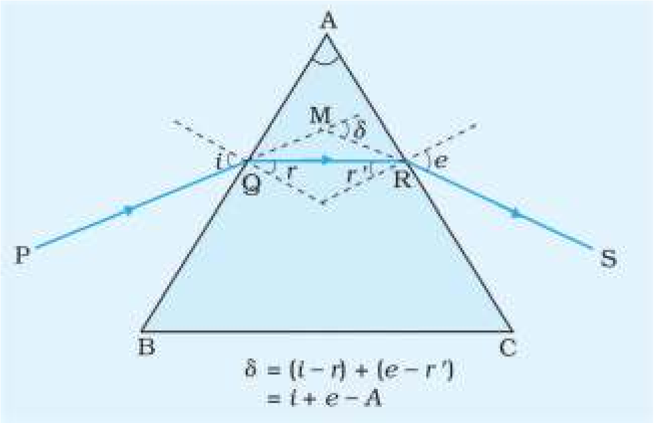
આપેલ કાચના પ્રિઝમ માટે આપાતકોણ અને વિચલનકોણ વચ્ચેનો આલેખ દોરી, લઘુત્તમ વિચલનકોણ નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ડ્રૉઈંગબૉર્ડ, કાચનો ત્રિકોણાકાર પ્રિઝમ, માપપટ્ટી, ટાંકણીઓ, સેલોટેપ / ડ્રૉઈંગપિન, આલેખ પેપર, કોણમાપક, સફેદ કાગળની શીટ

સિદ્ધાંત

ત્રિકોણકાર પ્રિઝમને ત્રણ લંબચોરસ સપાટીઓ અને બે ત્રિકોણીય પાયા છે. જે રેખા પર પ્રિઝમની કોઈપણ બે સપાટીઓ (વક્રીભવનકારક સપાટીઓ) ભેગી થાય તે વક્રીભવન ધાર થાય અને આવી બે ધાર વચ્ચેનો ખૂણો એટલે પ્રિઝમકોણ. આ પ્રયોગ માટે પ્રિઝમની લંબચોરસ સપાટીઓ ઊભી રહે તેમ ગોઠવવો અનુકૂળ છે. વક્રીભવન ધારને લંબ સમક્ષિતિજ સમતલ પરથી પ્રિઝમનો મુખ્ય ભાગ ABC મેળવી શકાય (આકૃતિ E 13.1).



આકૃતિ E 13.1 કાચના પ્રિઝમ વડે પ્રકાશનું વક્રીભવન

પ્રકાશનું કિરણ PQ (હવામાંથી કાચમાં જાય છે) પહેલી સપાટી AB પર i ખૂણે આપાત થાય છે, r ખૂણે વક્રીભવન પામી QR માર્ગે જાય છે અને અંતે e ખૂણે નિર્ગમન પામી RS માર્ગે જાય છે. આકૃતિમાં દર્શાવેલી ટપકાંવાળી રેખા સપાટીઓના લંબ દર્શાવે છે. બીજી સપાટી AC પાસે આપાતકોણ r' (કાચમાંથી હવામાં જાય ત્યારે) અને વક્રીભવનકોણ (અથવા નિર્ગમનકોણ) e છે. આપાતકિરણ PQ (આગળ લંબાવેલ) નિર્ગમન કિરણ RS (પાછળ લંબાવેલ)ની દિશાઓ વચ્ચેનો કોણ વિચલનકોણ δ છે.

ભૌમિતિક સ્વીકૃતિઓ પરથી લખી શકાય કે,

(E 13.1) $r + r' = A$

(E 13.2) $\delta = (i - r) + (e - r') = i + e - A$

પ્રિઝમ માટે લઘુત્તમ વિચલનકોણની δ_mની સ્થિતિમાં પ્રકાશ કિરણ પ્રિઝમના પાયાને સમાંતર એટલે કે પ્રિઝમમાંથી સંમિત રીતે પસાર થાય.

$\delta = \delta_m$, $i = e$ ત્યારે $r = r'$

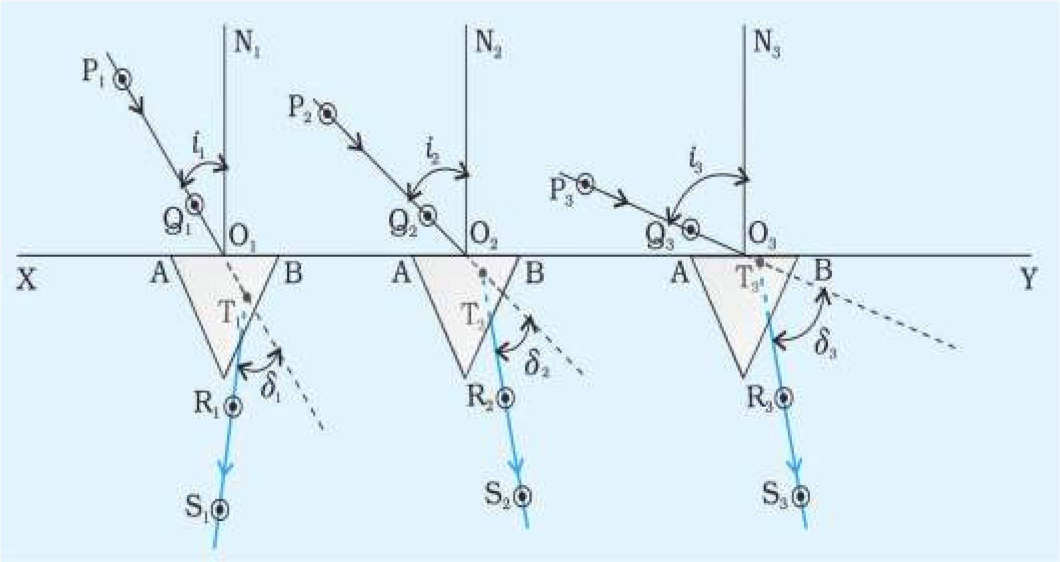
પ્રિઝમની લઘુત્તમ વિચલનકોણની સ્થિતિમાં મૂકવાના ફાયદા તરીકે પ્રતિબિંબ સૌથી વધારે તેજસ્વી હોય છે.

પદ્ધતિ :

(1) સફેદ જાડા કાગળની શીટને ડ્રૉઈંગબૉર્ડ પર સેલોટેપ અથવા ડ્રૉઈંગપિનની મદદથી જડિત કરો.

(2) સીધી રેખા XY, અણીવાળી પેન્સિલની મદદથી મધ્યમાં અને કાગળની લંબાઈને સમાંતર દોરો.

(3) બિંદુઓ O_1, O_2, O_3 ......સીધી રેખા XY પર 8 થી 10 cm ના યોગ્ય અંતર રાખી અંકિત કરો તથા તે બિંદુઓ પર લંબ N_1O_1, N_2O_2, N_3O_3 .... દોરો. (આકૃતિ E 13.2)



આકૃતિ E 13.2 કાચના પ્રિઝમ વડે જુદા-જુદા આપાતકોણ માટે પ્રકાશના કિરણનું થતું વક્રીભવન

(4) કોણમાપકની મદદથી લંબ સાથે આપાતકોણ 35°, 40°, 45°, 50° .... 60° બનાવી અનુરૂપ રેખાઓ અનુક્રમે P_1O_1, P_2O_2, P_3O_3 .... દોરો. સફેદ કાગળની શીટ પર ખુણા $\angle P_1O_1N_1$, $\angle P_2O_2N_2$, $\angle P_3O_3N_3$, ... ની કિંમત લખો. (આકૃતિ E 13.2)

(5) ABનું મધ્યબિંદુ O_1 પર આવે અને વક્રીભવનકારક સપાટી AB, XY રેખા પર ગોઠવાય તે રીતે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ પ્રિઝમ ગોઠવો. પ્રિઝમની સીમાઓ તીક્ષ્ણ પેન્સિલ વડે દોરો.

(6) તીક્ષ્ણ અણી ધરાવતી બે ટાંકણીઓ P_1 અને Q_1 ને 10 cm ના અંતરે આપાતકિરણ $P_1 Q_1$ પર એવી રીતે લગાવો કે જેથી Q_1 બિંદુ O_1ની નજીક રહે. એક આંખ બંધ કરી (દા.ત., ડાબી આંખ) પ્રિઝમમાં જુઓ. તમારી જમણી આંખને પિન P_1 અને Q_1ના પ્રતિબિંબની રેખા પર લાવો. સફેદ કાગળની શીટ પર 10 cmના અંતરે બે ટાંકણીઓ R_1 અને S_1 એવી રીતે ઊભી ગોઠવો જેથી તેની ટોચ, ટાંકણીઓ P_1 અને Q_1ના પ્રતિબિંબની ટોચ સાથે સંપાત થાય. આ રીતે ટાંકણીઓ R_1 અને S_1 પ્રતિબિંબો P_1 અને Q_1 સાથે એકરેખસ્થ થાય.

(7) હવે ટાંકણીઓ R_1 અને S_1ને દૂર કરી સફેદ કાગળની શીટ પર તેના નિશાન પર અણીવાળી પેન્સિલ વડે ગોળ કરો. આ જ રીતે P_1 અને Q_1 ટાંકણીઓને દૂર કરી તેમના નિશાન પર પણ પેન્સિલ વડે ગોળ કરો.

(8) R_1 અને S_1 બિંદુઓને માપપટ્ટી અને અણીવાળી પેન્સિલની મદદથી જોડી નિર્ગમનકિરણ R_1S_1 મેળવો. તેને પાછળ લંબાવો તથા આપાતકિરણ P_1Q_1ને આગળ લંબાવો જેથી તે બિંદુ T_1 પર ભેગા થાય. કિરણોની દિશા દર્શાવવા માટે P_1Q_1 અને R_1S_1 પર તીરની નિશાની દોરો.

(9) વિચલનકોણ δ_1 અને પ્રિઝમકોણ BAC (ખૂણો A) ને કોણમાપક વડે માપો. આ ખૂણાઓની કિંમત આકૃતિમાં લખો. (આકૃતિ E 13.1)

(10) જુદા-જુદા આપાતકોણ (40°, 45°, 50° ....) માટે પદ 5 થી 9 પુનરાવર્તિત કરો અને અનુરૂપ વિચલનકોણ δ_2, δ_3 ....ને કોણમાપક વડે માપી, તેમને સંબધિત આકૃતિમાં દર્શાવો.

(11) નોંધેલાં અવલોકનોને કોષ્ટકમાં યોગ્ય એકમ અને સાર્થક સંખ્યાનો ઉપયોગ કરી લખો.

અવલોકન

કોણમાપકનું લઘુત્તમ માપ = _______ (ડિગ્રી)

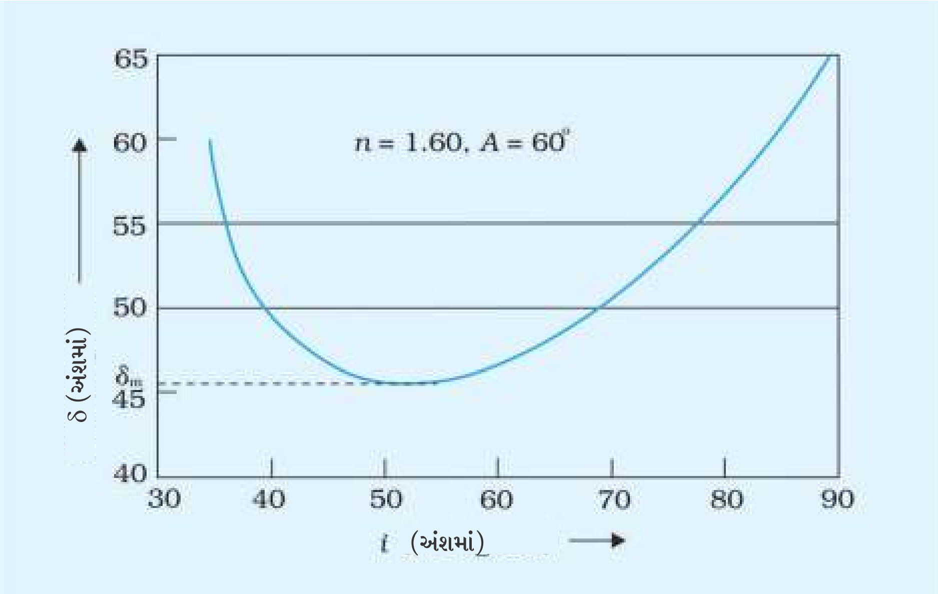
પ્રિઝમકોણ (A) = _______ (ડિગ્રી)

કોષ્ટક E 13.1 : પ્રિઝમ માટે આપાતકોણ i અને વિચલનકોણ δ ના માપન

ક્રમ	આપાતકોણ, **i** (ડિગ્રી)	વિચલનકોણ, δ (ડિગ્રી)
1		
2		
3		
--		
10		

પ્રિઝમ માટે i અને δ વચ્ચેનો આલેખ દોરવો.

કોષ્ટક E 13.1માંથી અવલોકિત કિંમતોનો ઉપયોગ કરી આપાતકોણ i ને X–અક્ષ પર અને વિચલનકોણ δને Y–અક્ષ પર લો. આ અક્ષો પર યોગ્ય પ્રમાણમાપ લઈ i અને δનો આલેખ દોરો. કાળજીપૂર્વક મુક્ત હાથ વડે આલેખ પર મૂકેલાં દરેક યોગ્ય કિંમતનાં બિંદુઓમાંથી પસાર થાય તેમ હળવો વક્ર દોરો (આકૃતિ E 13.3).



***આકૃતિ E 13.3* આપાતકોણ અને વિચલનકોણ વચ્ચેનો આલેખ**

ગણતરી

આલેખના નિમ્નતમ બિંદુએથી X–અક્ષને સમાંતર સ્પર્શક દોરી, આલેખમાં Y-અક્ષ પર મળતા લઘુત્તમ વિચનલકોણ δ_m નું મૂલ્ય મેળવો. આ પરિણામને યોગ્ય સાર્થક સંખ્યાને ઉપયોગ કરી નોંધો.

પરિણામ

લઘુત્તમ વિચલનકોણ δ_m = ________ ± ______ (ડિગ્રી)

સાવચેતીઓ

(1) ટાંકણીઓ કાગળ પર શિરોલંબ લગાવો.

(2) PQ અને RS વચ્ચેનું અંતર લગભગ 10 cm રાખો જેથી આપાત અને નિર્ગમન કિરણો ખૂબ સચોટતાથી દર્શાવાય.

(3) બધાં અવલોકનો માટે સમાન પ્રિઝમકોણ લો.

(4) અવલોકનોના આપેલા સમુહ માટે પ્રિઝમનાં સ્થાનમાં વિક્ષેપ ન પડવો જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) જો સંલગ્ન બાજુઓની વચ્ચે રચાતા ત્રણ વક્રીભવનકોણ સમાન ન હોય, તો $A + \delta \neq i + e$.

(2) ખૂણાઓનાં માપ લેતી વખતે પણ ત્રુટિ આવી શકે.

ચર્ચા

(1) આપાતકોણનું મૂલ્ય 35^oથી વધારે લેવું એવું સૂચન છે. 35° થી ઓછા આપાતકોણ માટે પ્રિઝમમાં પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થવાની શક્યતા છે આથી આમ કરવું જરૂરી છે.

(2) તમારે દરેક અવલોકનોને $i + e = A + \delta$ સૂત્રની મદદથી ચકાસવા જોઈએ.

(3) આ પ્રયોગમાં મળતો $i - \delta$ વક્ર અરેખીય વક્ર છે. આવી પરિસ્થિતિમાં લઘુત્તમ વિચલનકોણના વિભાગમાં વધારે અવલોકન લેવા જોઈએ, જેથી લઘુત્તમ વિચલનકોણનું માપ સચોટ મળે. દા.ત., δનાં અવલોકનો પ્રારંભમાં 35°, 40°, 45° અને 50° માટે લીધા હોય અને જો $i - \delta$ નાં બિંદુઓ આકૃતિ E 13.3માં દર્શાવ્યા મુજબ હોય, તો 45° થી 55^oની અવધિમાં 1° કે 2° ના તફાવતમાં i નાં વધુ અવલોકનો લેવાં જોઈએ.

આ વિભાગમાં લીધેલાં વધારે અવલોકનોની મદદથી વક્રને સરળતાથી દોરી શકાશે અને આલેખ પર નિમ્નતમ બિંદુનું સ્થાન વધારે સચોટતાથી નક્કી કરી શકાશે.

(4) લઘુત્તમ વિચલનની પરિસ્થિતિમાં વક્રીભૂતકિરણ પ્રિઝમની અંદર પાયાને સમાંતર બનશે જેથી $r = r'$ શરત સંતોષાશે.

(5) આલેખ તીક્ષ્ણ નિમ્નતમ દર્શાવતું નથી, લઘુત્તમ વિચલનની નજીક અમુક અવધિના આપાતકોણોમાં એકસરખું વિચલન જણાતું હોય છે. માટે $i - \delta$ ના આલેખમાં સ્પર્શક રેખા દોરવામાં અને લઘુત્તમ વિચલનકોણ નક્કી કરવામાં વિશેષ કાળજી રાખવી જરૂરી છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) i અને δ વચ્ચેના આલેખનું વિશ્લેષણ કરો.

(2) આ પ્રયોગમાં મેળવેલા નિર્ગમનકોણને આપાતકોણ બનાવવામાં આવે, તો δનાં મૂલ્યોમાં કોઈ ફેરફાર થાય ? જો હા તો કેમ ? જો ના તો કેમ ?

(3) જો આપાતકોણ ઘટાડતા જઈએ તો શું થાય ? જો તમે માનતા હોય કે તેમાં કંઈક લઘુત્તમ છે તો તેનુ સુત્ર સૈદ્ધાંતિક રીતે શોધો. જો i નું મૂલ્ય લઘુત્તમ આપાતકોણ કરતાં ઓછું હોય તો શું થાય ?

સુચવેલ વધારાના પ્રયોગો/પ્રવૃત્તિઓ

(1) આલેખ પરથી મેળવેલ A અને δmનાં મૂલ્યો નો ઉપયોગ નીચેના સૂત્રમાં કરી પ્રિઝમના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક ગણો.

$$n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin[(A+\delta_m)/2]}{\sin(A/2)}$$

(2) તમે અવલોકેલા દરેક આપાતકોણ *i*, વિચલનકોણ δને અનુરૂપ નિર્ગમનકોણ માપો. $(i + e)$ અને $(A + \delta)$ ગણો અને તેમને કેવી રીતે સરખાવી શકાય તે જુઓ.

(3) $i - \delta$ વક્રને કાપતી સમાંતર સમક્ષિતિજ રેખા દોરો, જેનાથી તમને *i* અને *e* ના જુદા-જુદા મૂલ્યો મળશે. આ સમાંતર રેખાઓનાં મધ્યબિંદુઓ મેળવો અને તે મધ્યબિંદુઓને જોડો. આ રીતે મેળવેલા વક્રનો આકાર કેવો હશે ? જો આ આકાર એક સુરેખા બનાવે છે, તો તેનો (i) ઢાળ (ii) *y*-અંત:ખંડ (iii) *x*-અંત:ખંડ શોધો.

(4) પોલા પ્રિઝમની મદદથી જુદા-જુદા પ્રવાહીના વક્રીભવનાંક, $i - \delta$નો આલેખ દોરીને નક્કી કરવો.

(5) તમે દોરેલી આકૃતિઓ માટે *r*, *r'* અને *e* માપો. *i* અને *r*, તથા *e* અને *r'*નાં મૂલ્યો પરથી પ્રિઝમના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક શોધો.

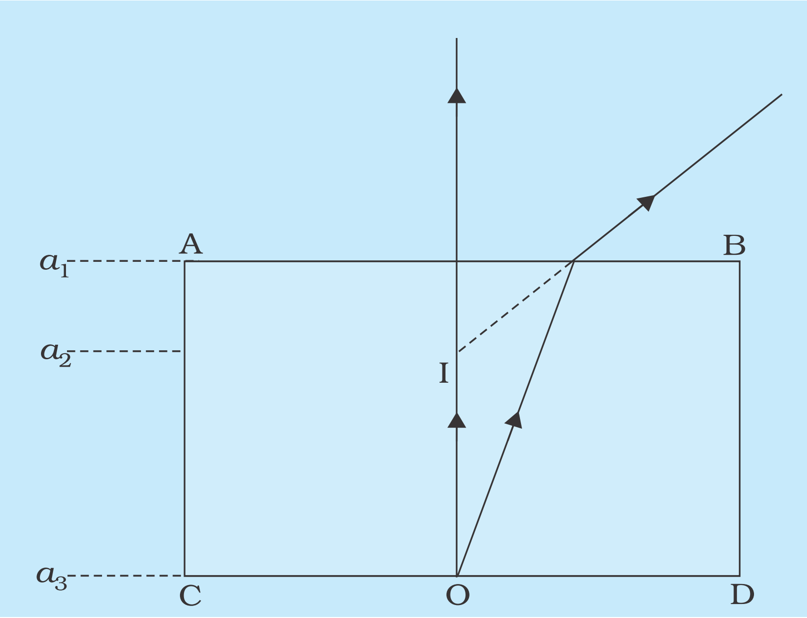
પ્રયોગ 14

હેતુ

ચલ સૂક્ષ્મદર્શકયંત્ર (ટ્રાવેલિંગ માઈક્રોસ્કોપ)નો ઉપયોગ કરી કાચના સ્લેબ (ચોસલા)નો વક્રીભવનાંક શોધવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ટ્રાવેલિંગ માઈક્રોસ્કૉપ, કાચનો સ્લેબ, લાઈકોપોડિયમ પાઉડર / ચૉકનો ભૂકો, કાગળ



આકૃતિ E 14.1 કાચના સ્લેબમાં બિંદુ O ના પ્રતિબિંબ I ની રચના

સિદ્ધાંત

કાચના સ્લેબને સમક્ષિતિજ સપાટી પર હવામાં મૂકી તેના તળિયાને ઉપરથી જોતાં વક્રીભવનની ઘટનાના કારણે તે ઊંચે આવેલું દેખાય છે. આ આભાસી તળિયા અને સ્લેબની ઉપરની સપાટી વચ્ચેના અંતરને સ્લેબની આભાસી જાડાઈ કહે છે. સામાન્યતઃ અવલોકનની સ્થિતિમાં, હવાના માધ્યમની સાપેક્ષે કાચનો વક્રીભવનાંક,

$$n_{ga} = \frac{\text{સ્લેબની વાસ્તવિક જાડાઈ}}{\text{સ્લેબની આભાસી જાડાઈ}}$$

પદ્ધતિ

(1) ઉપયોગમાં લેવાતા માઈક્રોસ્કૉપના માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ શોધો.

(2) કાગળની શીટ પર નિશાન કરો.

(3) માઈક્રોસ્કૉપના સમક્ષિતિજ પ્લેટફોર્મ પર કાગળ મૂકો. માઈક્રોસ્કૉપને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેના લેન્સનું તંત્ર નિશાન ઉપર શિરોલંબ રીતે ગોઠવાય.

(4) માઈક્રોસ્કૉપને નિશાન પર ફોક્સ કરો અને કોષ્ટક E 14.1 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મુખ્ય માપક્રમ પરના અવલોકન (MSR) અને વર્નિયર માપક્રમ પરના એકરેખસ્થ કાપા (VSR)નો ઉપયોગ કરો અવલોકન a_1 ની નોંધ કરો.

(5) હવે, કાગળની શીટ પરના અંકિત નિશાન ઉપર કાચનો સ્લેબ મૂકો.

(6) કાગળ પર રહેલું અંકિત નિશાન કાચના સ્લેબમાંથી જ્યાં સુધી તીક્ષ્ણ અને સ્પષ્ટ ન દેખાય ત્યાં સુધી માઈક્રોસ્કૉપને ઉપર લઈ જાઓ. મુખ્ય માપ અને વર્નિયર માપક્રમના એકરેખસ્થ કાપાની મદદથી અવલોકન a_2 લો.

(7) કાચના સ્લેબની ઉપરની સપાટી પર થોડોક લાઈકોપોડિયમ પાઉડર / ચૉકનો ભૂકો પાથરો.

(8) માઈક્રોસ્કોપના લેન્સના તંત્રને ઉપર તરફ ખસેડી ચોકના ભૂકાના થોડાક કણોને સ્પષ્ટ રીતે ફોક્સ કરો અને અવલોકન a_3 નોંધો.

(9) સ્લેબને ઊંધો કરો અને પદ 3 થી 8નું પુનરાવર્તન કરો.

અવલોકન

ટ્રાવેલિંગ માઈક્રોસ્કૉપનું લઘુત્તમ માપ :

મુખ્ય માપક્રમના 20 કાપાનું માપ (MSD) = 1 cm (ધારો કે)

$$\therefore \text{ 1 કાપાની કિંમત (1 MSD)} = \frac{1}{20}\text{cm}$$

વર્નિયર માપક્રમના 50 કાપાઓ (VSD) = 49 MSD (ધારો કે)

$$\therefore 1 \text{ VSD} = \frac{49}{50} \text{ MSD} = \frac{49}{50} \times \frac{1}{20} \text{ cm}$$

માઈક્રોસ્કૉપનું લઘુત્તમ માપ = (1 MSD – 1 VSD)

$$= \left[\frac{1}{20} - \left(\frac{49}{50}\right) \times \frac{1}{20}\right] = \frac{1}{20}\left(1 - \frac{49}{50}\right) \text{ cm}$$

લઘુત્તમ માપ (LC) = 0.001 cm

કોષ્ટક **E 14. 1 :** કાચના સ્લેબનો વક્રીભવનાંક

માઈક્રોસ્કૉપને ફોક્સ કરતાં અવલોકનો									
ક્રમ	કાગળ પર અંકિત નિશાન			સ્લેબ માંથી દેખાતા કાગળ પરનું અંકિત સ્થાન			કાચની ઉપરની સપાટી પર રહેલા કણો		
	M.S.R. M (cm)	V.S.R. N (cm)	a_1 = M+ N× L.C. (cm)	M.S.R. M (cm)	V.S.R. N (cm)	a_2 = M+ N× L.C. (cm)	M.S.R. M (cm)	V.S.R. N (cm)	a_3 = M+ N× L.C. (cm)
1									
2									
3									

ગણતરીઓ

વક્રીભવનાંક n_{ga} = $\dfrac{\text{સ્લેબની વાસ્તવિક જાડાઈ}}{\text{સ્લેબની આભાસી જાડાઈ}} = \dfrac{a_3 - a_1}{a_2 - a_1} = \dfrac{b}{c}$ (ધારો)

અવલોકનોના બે સેટ માટે n_{ga} શોધી સરેરાશ n_{ga} શોધો.

ત્રુટિ

n_{ga}ના માપનની અંદાજિત ત્રુટિ

$$\frac{\Delta n_{ga}}{n_{ga}} = \left(\frac{\Delta b}{b} + \frac{\Delta c}{c}\right) \quad \text{(E 14.1)}$$

જ્યાં $$\frac{\Delta b}{b} = \left(\frac{\Delta a_1}{a_1} + \frac{\Delta a_3}{a_3}\right) \quad \text{(E 14.2)}$$

અને $$\frac{\Delta c}{c} = \left(\frac{\Delta a_1}{a_1} + \frac{\Delta a_2}{a_2}\right) \quad \text{(E 14.3)}$$

સમીકરણ E 14.1 પરથી, $$\frac{\Delta n_{ga}}{n_{ga}} = \left(\frac{2\Delta a}{b} + \frac{2\Delta a}{c}\right)$$

અથવા $$\Delta n_{ga} = 2n_{ga}\left[\frac{\Delta a}{b} + \frac{\Delta a}{c}\right]$$

Δa = માઈક્રોસ્કૉપનું લઘુત્તમ માપ એટલે કે a_1, a_2 અને a_3ના માપનની ત્રુટિ.

અવલોકનોના બે સેટ પરથી મળેલી Δn_{ga} ની મહત્તમ કિંમતને પરિણામની સાથે પ્રાયોગિક ત્રુટિ તરીકે નોંધી શકાય.

પરિણામ

કાચના સ્લેબનો વક્રીભવનાંક,

$n_{ga} \pm \Delta n_{ga}$ = ... ± ...

n_{ga} એ હવાની સાપેક્ષે કાચના વક્રીભવનાંકનું સરેરાશ મૂલ્ય છે.

સાવચેતીઓ

(1) નકારાત્મક પ્રતિક્રિયા - ત્રુટિ (back-lash error) ટાળવા માઇક્રોસ્કૉપને ફોક્સ કરવા વપરાતા સ્ક્રૂને માત્ર એક જ દિશામાં ફેરવવા જોઈએ.

(2) એકવાર માઈક્રોસ્કૉપને પ્રથમ અવલોકન એટલે કે a_1 માટે ફોક્સ કરી દીધાં પછી, લેન્સના તંત્રની ફોક્સીંગ વ્યવસ્થાને પછીનાં અવલોકનો a_2, a_3 માટે બદલવું / ફેરફાર કરવો નહિ.

(3) કાચના સ્લેબને સમક્ષિતિજ સપાટી પર મૂકવો જોઈએ.

(4) વર્નિયર માપક્રમના એકરેખસ્થ કાપાના અવલોકનમાં ત્રુટિને ટાળવા માટે વિપુલદર્શક કાચનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) માઈક્રોસ્કૉપની સ્થિતિ કાચના સ્લેબની સપાટીને લંબરૂપે ન પણ હોય.

(2) જો કાચના સ્લેબ પર પાથરેલ લાઇકોપોડિયમ પાઉડર / ચોકનો ભૂકો વધારે ઘટ્ટ થાય, તો તે કાચના સ્લેબની વાસ્તવિક સપાટીનું પ્રતિનિધિત્વ કરતો નથી અને તેથી પરિણામમાં ત્રુટિ આવી શકે.

ચર્ચા

(1) જો તમે પાણી ભરેલી ડોલમાં પડેલા સિક્કાને ઊંચકો તો વાસ્તવિક અને આભાસી ઊંડાઈને અનુભવી શકો છો.

(2) એવી પરિસ્થિતિ વિચારો કે જેમાં વસ્તુમાંથી આવતાં કિરણો કાચના સ્લેબ પર ત્રાંસા આપાત થાય. શું તમે n_{ga} માટે ગાણિતિક સમીકરણ મેળવી શકો ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) જો રંગહીન કાચના સ્લેબને પારદર્શક પ્રવાહી કે જેનો વક્રીભવનાંક સ્લેબના વક્રીભવનાંક જેટલો હોય તો તેમાં ડુબાડીએ તો શું સ્લેબ દેખાશે ? તે માટેનું કારણ આપો.

(2) તમારી પાસે એકસરખા પરિમાણવાળા ત્રણ સ્લેબ છે. - એક પોલો કે જેને સંપૂર્ણ પાણીથી ભરેલો છે, બીજો ક્રાઉન કાચનો બનેલો છે અને ત્રીજો ફ્લિન્ટ કાચનો બનેલો છે. જો તેમાંના દરેકને તળિયે કલરથી નિશાન કરેલા છે. કયા કિસ્સામાં નિશાન સૌથી વધુ ઉપર દેખાશે ?

અહીં $n_{\text{ફ્લિન્ટ}} > n_{\text{ક્રાઉન}} > n_{\text{પાણી}}$

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

ઉપર વર્ણવેલી રીતની મદદથી વ્યવહારમાં મળતાં પારદર્શક પ્રવાહીઓના વક્રીભવનાંકો શોધો. આ પ્રયોગ માટે તમે પાતળા કાચના બીકરનો ઉપયોગ કરી શકો.

પ્રયોગ 15

હેતુ

(i) અંતર્ગોળ અરીસા **(ii)** બહિર્ગોળ લેન્સ અને સમતલ અરીસાનો ઉપયોગ કરી આપેલા પ્રવાહી (પાણી)નો વક્રીભવનાંક નક્કી કરવો.

(i) અંતર્ગોળ અરીસાની મદદથી પાણીનો વક્રીભવનાંક

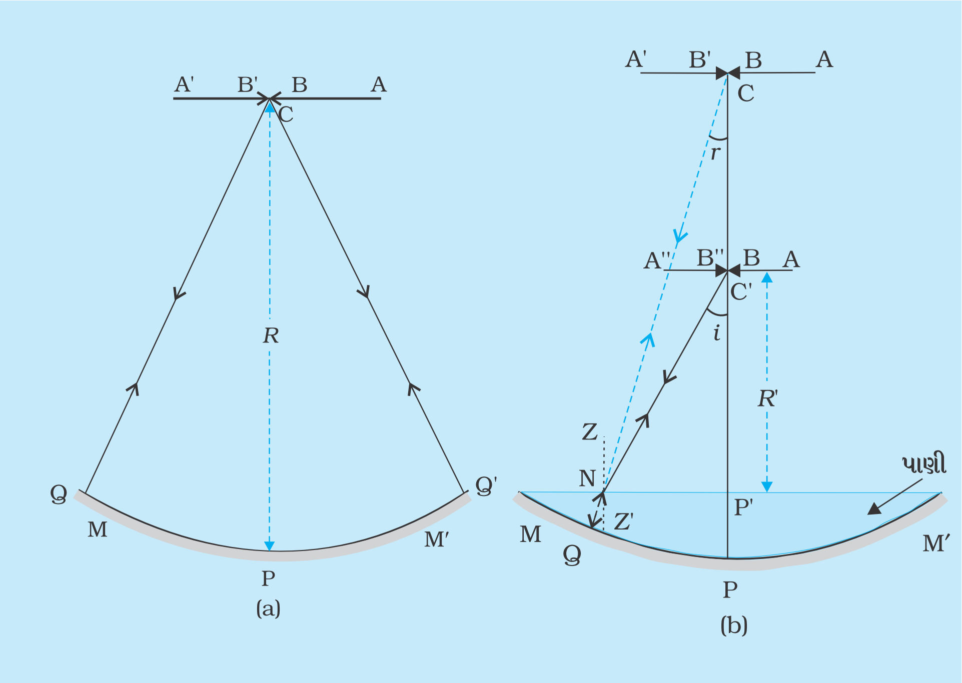
સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

નાનું દર્પણમુખ અને મોટી કેન્દ્રલંબાઈવાળો અંતર્ગોળ અરીસો, પાણી, દૃઢ આધાર તલ અને ક્લેમ્પ વ્યવસ્થા વાળું લેબોરેટરી સ્ટૅન્ડ. (સ્ટૅન્ડની ઊંચાઈ આપેલા અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈના બમણાંથી વધારે હોવી જોઈએ.), પિન, માપપટ્ટી, સ્પિરિટ લેવલ, ઓળંબો અને ચૂનાના કેટલાક નાના ટુકડાં.

સિદ્ધાંત

જ્યારે વસ્તુને અંતર્ગોળ અરીસા MM′ ની પરાવર્તક સપાટીની સામે વક્રતાત્રિજ્યા R જેટલા અંતરે મુકીએ ત્યારે તેનું વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ વક્રતાકેન્દ્ર પર રચાય છે. આમ $u = \upsilon = R =$ અંતર PC, (જ્યાં P = અરીસાનો ધ્રુવ) [આકૃતિ E 15.1 (a)]. આમ તીક્ષ્ણ ધારવાળી પિન અને અંતર્ગોળ અરીસા વડે મળતા તેના વાસ્તવિક અને ઊલટા પ્રતિબિંબ વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદની રીતથી અંતર્ગોળ અરીસાના વક્રતાકેન્દ્ર C નું સ્થાન નક્કી કરી શકાય છે.

જ્યારે અરીસો અંશતઃ પારદર્શક પ્રવાહી (દા.ત., પાણી)થી ભરેલો હોય ત્યારે આકૃતિ E 15.1 (b) વક્રતાકેન્દ્ર C′નું સ્થાન દર્શાવે છે. આ કિસ્સામાં વસ્તુ પિન અને તેના પ્રતિબિંબ વચ્ચેનો દૃષ્ટિ



આકૃતિ E 15.1 *વક્રતાકેન્દ્ર પર મૂકેલ અંતર્ગોળ અરીસા MM′ વડે રચાતું વસ્તુ ABનું પ્રતિબિંબ A′B′. (a) પાણી રહિત (ખાલી) અરીસો અને (b) પાણી ભરેલો અરીસો*

સ્થાન ભેદ અરીસાના ધ્રુવ P થી ટૂંકા અંતરે દૂર થાય છે. આપાતકિરણ C′ N પાણી-હવાની સીમાએ પથ NM પર એવી રીતે વક્રીભવન પામે છે કે જેથી તે વક્રાકાર પરાવર્તક સપાટી પર બિંદુ M પર લંબરૂપે આપાત થાય. પરાવર્તિત કિરણ પાણીમાં એ જ ગતિપથ MN પર પાછું આવી NC પર અક્ષ પાસે C બિંદુએ મળે છે. વાસ્તવમાં હવામાં પરાવર્તિત કિરણ NC′ પર પસાર થાય છે. આથી વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ C′ પર મળે છે. તેથી જ તો પાણી ભરેલા અંતર્ગોળ અરીસા માટે અંતર PC′ આભાસી વક્રતાત્રિજ્યા R′ છે.

આકૃતિ E 15.1 (b) આપાતકિરણ C′Nનું પાણીમાં વક્રીભવન દર્શાવે છે. પાણીની સપાટીએ લંબ ZZ′ છે. ∠ZNC′ અને ∠ZNC એ અનુક્રમે આપાતકોણ i અને વક્રીભવનકોણ r છે. ભૌમિતિક દલીલો પરથી સ્પષ્ટ છે કે, $\angle i = \angle NC'P$ અને $\angle r = \angle NCP$. આમ, પાણીનો હવાની સાપેક્ષે વક્રીભવનાંક નીચે પ્રમાણે આપી શકાય :

$$n_{wa} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{NP'/NC'}{NP'/NC} = \frac{NC}{NC'}$$

ખૂબ નાના દર્પણમુખ અને મોટી વક્રતાત્રિજ્યા ધરાવતા અરીસા માટે અંતરો NC અને NC′ એ લગભગ અનુક્રમે PC અને P′C′ અંતરો જેટલા છે. વધારામાં, જો અરીસામાં ખૂબ ઓછું પાણી ભરીએ, તો અંતર PP′ ને PC અથવા PC′ની સરખામણીમાં અવગણી શકાય છે. આમ,

$$n_{wa} = \frac{PC}{PC'} = \frac{R}{R'}$$

આ પ્રમાણે, આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરી કોઈપણ પારદર્શક પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક નક્કી કરી શકાય છે.

પદ્ધતિ

(1) અંતર્ગોળ અરીસા માટે દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ ફોક્સ કરી અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. દીવાલ અથવા તો કાગળ પર સૂર્ય અથવા ઝાડનું તીક્ષ્ણ પ્રતિબિંબ મેળવી તે શોધી શકાય. અરીસા અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું અંતર માપપટ્ટી વડે માપો. આ અંતર અંતર્ગોળ અરીસાની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ f નું મૂલ્ય છે. આ કેન્દ્રલંબાઈનું બમણું એ આપેલા અંતર્ગોળ અરીસા માટે વક્રતાત્રિજ્યાની અંદાજિત કિંમત છે.

નોંધ : અંતર્ગોળ અરીસામાં દેખાતા સૂર્યના પ્રતિબિંબને જોશો નહિ, કેમકે તે તમારી આંખોને નુકસાન કરી શકે છે.

(2) જડિત અને સ્થિત લેબોરેટરી સ્ટૅન્ડ પર પરાવર્તક સપાટી ઉપર તરફ રહે તેમ આપેલા અંતર્ગોળ અરીસાને મૂકો. સ્પિરિટ લેવલની મદદથી ખાતરી કરો કે, અરીસાને જ્યાં મૂક્યો છે તે સમતલ સમક્ષિતિજ છે. આમ, અરીસાની મુખ્ય અક્ષ શિરોલંબ રહેશે. કાગળના અથવા પ્લાસ્ટિકના કે બુચના કેટલાક ટુકડાઓની મદદથી સ્ટૅન્ડ પર અરીસાની સ્થિતિ સ્થિર રાખી શકાય.

(3) તીક્ષ્ણ ધારવાળી તેજસ્વી (ચમકતી) પિનને ક્લેમ્પમાં સમક્ષિતિજ ભરાવી અરીસાથી સહેજ ઉપર રાખો. પિનના સ્થાનને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની ટોચ B અરીસાના ધ્રુવ P થી સહેજ ઉપર રહે અથવા અરીસાની મુખ્ય અક્ષ પર રહે.

(4) ક્લેમ્પમાં લગાવેલ પિનને અંતર્ગોળ અરીસાના ધ્રુવ P થી અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં અંદાજે બમણાં અંતરે લઈ જાઓ. (પ્રથમ તબક્કામાં આ મેળવેલ છે.) ફરી એકવાર તપાસો કે પિનની ટોચ અને ધ્રુવ P એક જ શિરોલંબ રેખામાં છે કે નહિ. (જે અરીસાની મુખ્ય અક્ષ છે.)

(5) પિનના સ્થાનને ત્યાં સુધી ગોઠવતાં જાવ, જ્યાં સુધી પિનની ટોચ અને તેના ઊલટા પ્રતિબિંબ વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર થાય.

(6) પિનની ટોચ અને અરીસા વચ્ચેનું શિરોલંબ અંતર ઓળંબો અને માપપટ્ટીનો ઉપયોગ કરીને માપો. આ અંતર અરીસા માટે વાસ્તવિક વક્રતાત્રિજ્યા છે.

(7) અરીસાની વક્રસપાટીમાં થોડું પાણી ભરો.

(8) પિનને ધીરે-ધીરે નીચે લેતાં જાવ, જ્યાં સુધી પિનની અણી અને તેના પાણી ભરેલા અરીસા વડે મળતાં ઊલટા પ્રતિબિંબ વચ્ચે દૃષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર થાય.

(9) અરીસામાંથી પાણી દૂર કરી, પિનની અણી અને અરીસા વચ્ચેનું શિરોલંબ અંતર માપો. આ અંતર પાણી ભરેલા અરીસાની આભાસી વક્રતાત્રિજ્યા દર્શાવે છે.

(10) પ્રયોગનું ઓછામાં ઓછું બીજી બે વખત પુનરાવર્તન કરો. (પદ 2 થી 9)

અવલોકન

(1) અંતર્ગોળ અરીસાની અંદાજિત કેન્દ્રલંબાઈ f = ... cm

(2) વક્રતાત્રિજ્યાનું અંદાજિત મૂલ્ય $R = 2f$ = ... cm

કોષ્ટક E 15.1 : R, R' અને n_{wa}નાં અવલોકનો

ક્રમ	ધ્રુવની સાપેક્ષે પિન 'P'નું સ્થાન		n_{wa} = R/R'	Δn_{Wa}
	ખાલી અંતર્ગોળ અરીસા માટે અંતર PC, R (cm)	પાણી ભરેલા અરીસા માટે અંતર PC', R' (cm)		
1				
2				
3				
		સરેરાશ		

ગણતરીઓ

n_{wa} ગણો અને તેની સરેરાશ કિંમત શોધો.

ત્રુટિ

$$\frac{\Delta n_{wa}}{n_{wa}} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta R'}{R'}$$

$$\therefore \Delta n_{wa} = \left[\frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta R'}{R'}\right] n_{wa}$$

પરિણામ

હવાની સાપેક્ષે પાણીનો વક્રીભવનાંક

$n_{wa} \pm \Delta n_{wa}$ = ... ± ...

n_{wa} એ સરેરાશ કિંમત છે અને Δn_{wa} એ ત્રુટિઓની ત્રણ કિંમત પૈકીની મહત્તમ છે.

સાવચેતીઓ

(1) પિનને સમક્ષિતિજ મૂકેલા અંતર્ગોળ અરીસાની પરાવર્તક સપાટીની ઉપર એવી રીતે સમક્ષિતિજ મૂકવી જોઈએ કે જેથી પિનની અણી અરીસાના ધ્રુવની ઉપર શિરોલંબ મુખ્ય અક્ષ પર રહે.

(2) અરીસાનું દર્પણમુખ નાનું હોવું જોઈએ.

(3) અરીસો ઘણો પાતળો હોવો જોઈએ, નહિતર એક કરતાં વધારે પરાવર્તનોના કારણે પ્રતિબિંબ અસ્પષ્ટ બને છે.

(4) અરીસામાં લીધેલ પાણી એટલું પૂરતું હોવું જોઈએ કે જેથી પાણીની સપાટી સમક્ષિતિજ રહે, નહિ તો પૃષ્ઠતાણના કારણે સપાટી સમક્ષિતિજ રહેશે નહિ.

(5) આંખને પિનથી 25 cm કરતાં વધારે અંતરે રાખવી જોઈએ.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

PC ને જોડતી રેખા શિરોલંબ ના પણ હોઈ શકે.

ચર્ચા

(1) જો જુદી-જુદી વક્રતાત્રિજ્યા ધરાવતા અંતર્ગોળ અરીસાઓની મદદથી પાણીનો વક્રીભવનાંક નક્કી કરવામાં આવે, તો તે વક્રીભવનાંકના મૂલ્યને કેવી રીતે અસર કરી શકે ?

(2) PC અને PC′ નાં સચોટ મૂલ્યો શોધવા ઓળંબાનો ઉપયોગ કરી શકાય. ઓળંબો કઈ રીતે સાચા માપનની ખાતરી આપશે ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) પાણીથી ભરેલો અંતર્ગોળ અરીસો, અંતર્ગોળ અરીસા અને સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સના સંયોજન તરીકે વર્તે છે એવું સ્વીકારી, આ પ્રયોગ પરથી પાણીનો વક્રીભવનાંક શોધો.

(2) અરીસામાંના પાણીનો જથ્થો થોડાક ટીપાંથી શરૂ કરો, ધીરે-ધીરે વધારતાં જઈએ તેમ પ્રતિબિંબના સ્થાન અથવા તેની તીવ્રતા (તેજસ્વીતા) બદલાય તેવી તમે અપેક્ષા રાખો છો?

(3) જો આપેલા પાણીની પારદર્શિતા જળવાઇ રહે એ રીતે રંગ ઉમેરવામાં આવે, તો શું તેને લીધે વક્રીભવનાંકના મૂલ્ય અને પ્રતિબિંબની તીવ્રતાનું મૂલ્ય બદલાય ?

(4) જો ખૂબ જ ઓછી માત્રામાં અન્ય પારદર્શક પ્રવાહી (જેમકે કેરોસીન) જે પાણી કરતાં હલકું હોય તેને ઉમેરતાં તે પાણીની સપાટી પર પાતળી ફિલ્મ બનાવે છે, તો શું હજી પણ પ્રયોગ કરી શકાય ? જો થઈ શકે તો શું વક્રીભવનાંકનું મૂલ્ય બદલાશે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) જુદાં-જુદાં પ્રવાહીઓનો વક્રીભવનાંક નક્કી કરો. (સફેદ સરકો (Vinegar), કેરોસીન, ગ્લિસરીન, રાંધણતેલ)

(2) ટેબલ-લૅમ્પ લો. તેને જુદા-જુદા કલરના પારદર્શક કાગળથી ઢાંકી દો. અંતર્ગોળ અરીસાની મદદથી પ્રવાહી (જેમકે પાણી)નો વક્રીભવનાંક નક્કી કરો. શું તમે પ્રવાહીના વક્રીભવનાંકના મૂલ્યમાં કોઈ ફેરફાર અવલોક્યો ?

(3) મીઠા/ખાંડના દ્રાવણની સાંદ્રતા બદલતા જઈ તેના વક્રીભવનાંકમાં થતા ફેરફારનો અભ્યાસ કરો.

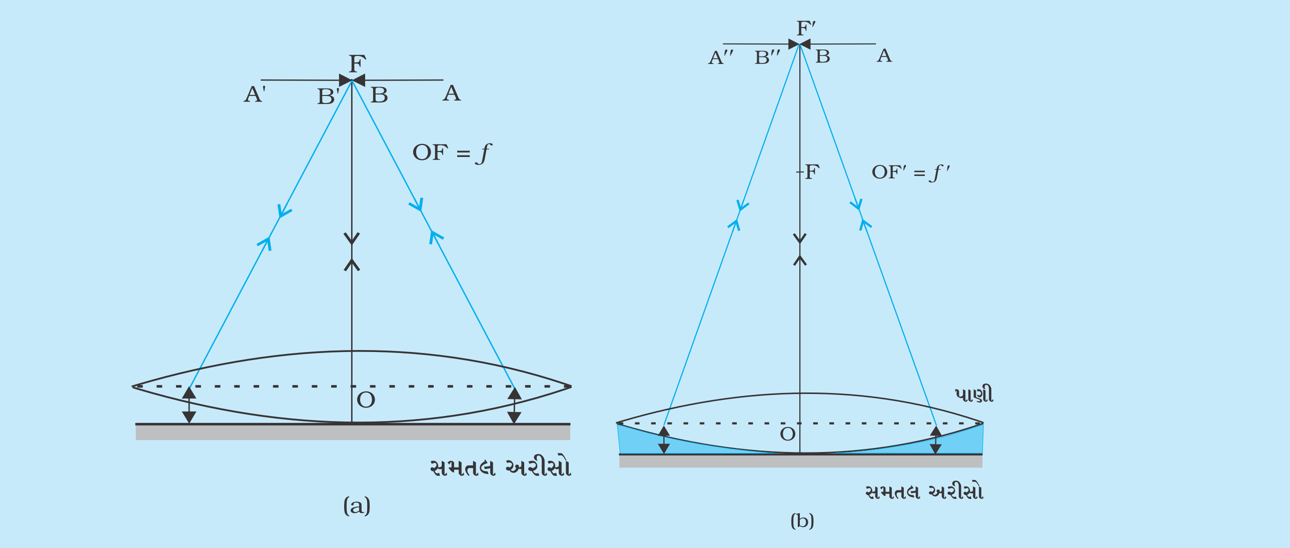
(ii) બહિર્ગોળ લેન્સ અને સમતલ અરીસાની મદદથી પાણીનો વક્રીભવનાંક શોધવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

બંને બાજુથી બહિર્ગોળ હોય તેવો લેન્સ (જેની કેન્દ્રલંબાઈ લગભગ 20 cm હોય), સમતલ અરીસો (લેન્સના દર્પણમુખ કરતા જેનું પરિમાણ મોટું હોય), પિન લગાવેલ ક્લેમ્પ સહિત લેબોરેટરી સ્ટૅન્ડ, માપપટ્ટી, ઓળંબો, પાણીનું ડ્રૉપર

સિદ્ધાંત

આ રીતમાં વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ બહિર્ગોળ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર પર મૂકેલી વસ્તુ પર સંપાત થાય છે. મુખ્ય કેન્દ્ર F પર મૂકેલી પિન AB માંથી નીકળતાં કિરણો લેન્સની પાર નીકળે ત્યારે અક્ષને સમાંતર બને છે. જ્યારે આ કિરણો બહિર્ગોળ લેન્સની નીચે મૂકેલા સમક્ષિતિજ સમતલ અરીસા પર લંબરૂપે આપાત થાય, ત્યારે તે તે જ રસ્તે પાછા ફરી લેન્સના મુખ્ય ફોકલ પ્લેન (સમતલ) પર વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ A′ B′ રચે છે. (આકૃતિ E 15.2 (a)). પ્રતિબિંબ A′ B′નું પરિમાણ વસ્તુ પિન ABના પરિમાણ જેટલું હોય છે અને પિનની ટોચ દ્વિતીય મુખ્ય કેન્દ્રનું સ્થાન દર્શાવે છે. f(OF) બહિર્ગોળ લેન્સની (પાતળો લેન્સ)ની કેન્દ્રલંબાઈ છે તથા O એ આ લેન્સનું ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર છે. હવે, જો લેન્સ અને સમતલ અરીસાની વચ્ચેની જગામાં પારદર્શક પ્રવાહી (જેમકે પાણી) કે જેનો વક્રીભવનાંક n_{wa} છે તે ભરવામાં આવે અને ઉપરની પદ્ધતિનું મુખ્ય કેન્દ્ર F શોધવા પુનરાવર્તન કરવામાં આવે, તો નવી પરિસ્થિતિમાં ઓપ્ટિકલ કેન્દ્ર O અને બિંદુ F′ વચ્ચેનું અંતર OF′ (f' કહી શકાય) તે સંયોજનની કેન્દ્રલંબાઈ કહી શકાય.



આકૃતિ E 15.2 *સમતલ અરીસા પર મૂકેલા સમબહિર્ગોળ લેન્સ વડે રચાતા પ્રતિબિંબનું વસ્તુ AB પર સંપાતીકરણ (a)A'B' જ્યારે લેન્સ અને અરીસાની વચ્ચે હવા હોય ત્યારે અને (b)A" B" જ્યારે લેન્સ અને અરીસાની વચ્ચે પાણી હોય ત્યારે*

આ સંયોજન કાચનો બહિર્ગોળ લેન્સ (જેની બંને વક્રસપાટી માટે વક્રતાત્રિજ્યા R જેટલી સમાન

હોય) અને પાણી સમતલ-અંતર્ગોળ લેન્સ કે જેની વક્રતાત્રિજ્યા પણ એટલી જ R હોય, તેનો સમાવેશ કરે છે. પાણીના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ f_W આ ત્રણ કેન્દ્રલંબાઈના સંબંધ પરથી નક્કી કરી શકાય છે. (એટલે કે f, f' અને f_w પરથી)

(E 15.1)
$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{f} + \frac{1}{f_w}$$

(E 15.2)
$$\frac{1}{f_w} = \frac{f - f'}{f\ f'}$$

પણ સંજ્ઞા પદ્ધતિ સાથે : $f = +$ ve (ધન), $f' = +\ ve$ (ધન), $f_W = -\ ve$ (ઋણ)

$$f_w = \frac{f\ f'}{f - f'}$$

સમતલ - અંતર્ગોળ લેન્સ માટેના લેન્સમેકર સૂત્ર પરથી,

(E 15.3)
$$\frac{1}{f_w} = (n_{wa} - 1)\ \frac{1}{R}$$

આમ, $R = (n_{wa} - 1)\ \dfrac{f\ f'}{f - f'}$

આથી,

(E 15.4)
$$n_{wa} = \left(1 + \frac{R}{f_w}\right)$$

ધોરણ XI (NCERT) પ્રયોગપોથી ભૌતિકવિજ્ઞાન પ્રયોગ 3માં સ્ફેરોમીટરની મદદથી આપેલ બહિર્ગોળ લેન્સની ગોળાકાર સપાટીઓની વક્રતાત્રિજ્યા નક્કી કરવાની પદ્ધતિને અનુસરી અને સમીકરણ 15.4નો ઉપયોગ n_{wa} ગણવામાં થાય છે.
આથી, આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરી પારદર્શક પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક નક્કી કરી શકાય છે.

પદ્ધતિ

(1) સમતલ અરીસાને લેબોરેટરીના દૃઢ સ્ટૅન્ડના પાયા પર તેની પરાવર્તક સપાટી ઉપર તરફ રહે તેમ મૂકો.

(2) સમતલ અરીસા ઉપર બહિર્ગોળ લેન્સ મૂકો.

(3) ધારદાર અણીવાળી ચમકતી પિનને ક્લેમ્પમાં સમક્ષિતિજ લગાવી લેન્સની ઉપર રાખો. પિનની સ્થિતિને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની ટોચ B બહિર્ગોળ લેન્સના ઑપ્ટિકલ કેન્દ્રની ઉપર શિરોલંબ રહે. આ માટે ઓળંબો અને સ્પિરિટ લેવલનો ઉપયોગ કરી શકાય.

(4) ક્લેમ્પમાં ભરાવેલી પિનને ધીરે-ધીરે ઉપર તરફ લેતાં જાવ, પ્રતિબિંબને જોતા જાવ અને તે ઊંચાઈએ લઈ જાવ જ્યાં પિનની ટોચ B, પ્રતિબિંબની ટોચ B' પર સંપાત થાય. ખાતરી કરો કે વસ્તુ પિન અને તેના પ્રતિબિંબ વચ્ચે કોઈ દષ્ટિસ્થાન ભેદ ના હોય. અંતર OF માપો. (આકૃતિ 15.2 (a)) પિનનાં અંતરો લેન્સની ઉપરની અને નીચેની સપાટીઓથી અવલોકો અને OF = f = આ બે અંતરોની સરેરાશ લો.

(5) ડ્રૉપરની મદદથી લેન્સની નીચે થોડાં પાણીનાં ટીપાં નાંખો, જેથી અરીસા અને લેન્સ વચ્ચેની જગા, પાણીથી ભરાયેલ રહે.

(6) વસ્તુ પિનને ઉપરની તરફ ખસેડો. વસ્તુ પિનની ટોચ અને તેના પ્રતિબિંબ વચ્ચેનો દષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરો. OF′ અંતર માપો. (આકૃતિ E 15.2 (b)). અગાઉ પિનનું બે સપાટીઓ (લેન્સની) માપેલા અંતર OF′ = f ' ને સરેરાશ તરીકે લો.

(7) પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો અને તમારાં અવલોકનો કોષ્ટક 15.2 માં નોંધો.

અવલોકન

(1) સ્ફેરોમીટરના બે પાયા વચ્ચેના અંતરનું સરેરાશ મૂલ્ય l = ... cm

(2) લેન્સના ઉપસેલા ભાગ (તીર આકાર) (sagitta)ની સરેરાશ કિંમત h = ... cm

(3) લેન્સની વક્રતાત્રિજ્યા Rનું સરેરાશ મૂલ્ય = ... cm

કોષ્ટક 15.2 બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ OF (= f) અને પાણી સમતલ-બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ (OF′) = f'

ક્રમ	ઓપ્ટીકલ કેન્દ્રની સાપેક્ષે પિનનું સ્થાન						$f_w = \frac{f\,f'}{f - f'}$	Δf_w	n_{wa}	Δn_{wa}
	પાણી વગર (OF = f)			પાણી સાથે (OF′ = f')						
	પિનનું આપેલા સ્થાનથી અંતર			પિનનું આપેલા સ્થાનથી અંતર						
	લેન્સની ઉપરની સપાટીથી d_1 (cm)	સમતલ અરીસાથી d_2 (cm)	$\frac{d_1 + d_2}{2}$ f (cm)	લેન્સની ઉપરની સપાટીથી d_3 (cm)	સમતલ અરીસાથી d_4 (cm)	$\frac{d_3 + d_4}{2}$ f (cm)				
1										
2										
3										
							સરેરાશ			

ગણતરીઓ

$$n_{wa} = \left(1 + \frac{R}{f_w}\right)$$

ત્રુટિ

$$\frac{\Delta n_{wa}}{n_{wa}} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta f_w}{f_w}$$

અથવા $\Delta n_{wa} = n_{wa}\left[\frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta f_w}{f_w}\right]$

જ્યાં $\Delta R = R\left[\frac{2\Delta l}{l} + \frac{2\Delta h}{h}\right]^*$

સમીકરણ 15.1નો ઉપયોગ Δf_W શોધવા આપણે કરીએ.

$$\frac{\Delta f_w}{f_w^2} = \frac{\Delta f}{f^2} + \frac{\Delta f'}{f'^2}$$

અથવા $\Delta f_w = f_w^2\left[\frac{\Delta f}{f^2} + \frac{\Delta f'}{f'^2}\right]$

Δl, Δh, Δf અને $\Delta f'$ એ માપપટ્ટીનું લઘુત્તમ માપ દર્શાવે છે.

પરિણામ

આપેલ પ્રવાહી (જેમકે પાણી)નો હવાની સાપેક્ષે વક્રીભવનાંક $n_{wa} \pm \Delta n_{wa}$ = _____ ± _____

અહીં n_{wa} એ સરેરાશ મૂલ્ય અને Δn_{wa} એ આ ત્રણ પૈકીની મહત્તમ ત્રુટિ છે.

સાવચેતીઓ

(1) પિનની ટોચને લેન્સના ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રની ઉપર સમક્ષિતિજ રીતે શિરોલંબ મુખ્ય અક્ષ પર ગોઠવાય તે રીતે રાખવી, નહિ તો દ્રષ્ટિસ્થાન ભેદ દૂર કરવો મુશ્કેલ થશે.

(2) પાતળા લેન્સનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ, જેથી સપાટીથી માપેલાં અંતરો લગભગ ઓપ્ટિકલ કેન્દ્રથી માપેલા અંતરની બરાબર હોય. હજુ પણ અંતરો બંને સપાટીથી માપી f અને f' ની સરેરાશ લેવું વધુ સારું છે.

* ધોરણ XI (NCERT) ની પ્રયોગશાળા માર્ગદર્શિકાના પ્રયોગ 3 નો સંદર્ભ લેવો.

(3) ડ્રૉપરની મદદથી અરીસા અને લેન્સની વચ્ચે ધીમેથી પાણી મુકવું, જેથી લેન્સની સ્થિતિમાં કોઈપણ વિશેષ કર્યા વગર તેમની વચ્ચેની હવાની જગ્યા ભરાઈ જાય.

ત્રુટિનાં ઉદ્‌ગમો

(1) બહિર્ગોળ લેન્સની બંને સપાટીઓની વક્રતાત્રિજ્યા સમાન ન હોય એવું બની શકે.

(2) સમતલ અરીસો સમક્ષિતિજ ના પણ હોય.

ચર્ચા

(1) વાપરેલ બહિર્ગોળ લેન્સ પાતળો હોવો જોઈએ. જો જાડો લેન્સ વાપરવામાં આવે, તો પરિણામ માં શું ફેરફાર થશે?

(2) લેન્સમાંથી વક્રીભવન અને અરીસામાંથી પરાવર્તન પામી કિરણો એ જ રસ્તે પાછા જાય છે તેવું ચોક્કસ કરવા ઓળંબો કેવી રીતે અસરકારક છે ? સમક્ષિતિજ સાથે સમતલ અરીસો ખૂણો બનાવે તે સ્થિતિમાં મુખ્ય અક્ષને શિરોલંબ સાથે ખૂણાને દર્શાવતી યોગ્ય આકૃતિ દોરો.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) નાની કેન્દ્રલંબાઈવાળો બહિર્ગોળ લેન્સ આપેલો હોય તો શું થાય ?

(2) આ પ્રયોગ કરવા માટે તમે કઈ મૂળભૂત ધારણાઓ કરેલ છે ?

(3) લેન્સ અને અરીસાની વચ્ચે પાણી ભર્યા પછી આપણે વસ્તુ પિનને શા માટે ઉપર લઈ જઈએ છીએ ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) આ પદ્ધતિનો ઉપયોગ કરી અન્ય પારદર્શક પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક શોધો.

(2) લેન્સ અને અરીસા વચ્ચે મૂકેલા દ્રાવણની સાંદ્રતા બદલીને તેની દ્રાવણના વક્રીભવનાંક પર શું અસર થાય તેનો અભ્યાસ કરો.

(3) સમતલ અરીસાની મદદથી આપેલા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ માપો. હવે સમતલ અરીસાના સ્થાને (સમાન વક્રતાવાળો) બહિર્ગોળ અરીસો મૂકો. લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવાના પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. યોગ્ય કિરણાકૃતિ દોરો.

પ્રયોગ 16

હેતુ

p-n જંક્શનની ફોરવર્ડ બાયસ અને રિવર્સ બાયસની સ્થિતિમાં *I - V* ની લાક્ષણિકતા દર્શાવતા વક્રો દોરવા.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

p–n જંક્શન ડાયોડ (OA – 79 અથવા IN 4007), અવરોધ (3Ω, 1/2W), ચલિત પાવર સપ્લાય (0 – 12 V), વોલ્ટમીટર (0 – 12 V), મિલિએમીટર (0 – 200 mA), પ્લગ-કી, જોડાણ માટેના તાર, માઇક્રોએમીટર (0 – 200 μA), કાચપેપર.

પદો અને વ્યાખ્યાઓ

(1) ફોરવર્ડ બાયસ : p–n જંક્શન ડાયોડને બાહ્ય વોલ્ટેજ એ રીતે આપવામાં આવે કે જેથી તેનો p–વિભાગ, n–વિભાગની સાપેક્ષે ઊંચા સ્થિતિમાને હોય તો તેને ફોરવર્ડ બાયસ કહે છે.

(2) થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજ અથવા કટ-ઈન વોલ્ટેજ : જ્યારે p– વિભાગને બૅટરીના ધન છેડા સાથે જોડી વોલ્ટેજ વધારવામાં આવે, ત્યારે શરૂઆતમાં આપેલા વોલ્ટેજ કોઈ એક ચોક્કસ કિંમત સુધી પહોંચે ત્યાં સુધી અવગણ્ય પ્રવાહ મળે છે. કોઈ એક લાક્ષણિક વોલ્ટેજ પછી, ડાયોડના બાયસ વોલ્ટેજમાં નજીવો વધારો કરતાં, ડાયોડ પ્રવાહમાં નોંધપાત્ર (ચરઘાતાંકીય રીતે) વધારો થાય છે. આ વોલ્ટેજને ડાયોડનો થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજ અથવા કટ-ઈન (Cut-in) વોલ્ટેજ કહે છે.

(3) રિવર્સ બાયસ : p–n જંક્શન ડાયોડની n–વિભાગ p–વિભાગની સાપેક્ષે ઊંચા સ્થિતિમાને હોય ત્યારે ડાયોડ રિવર્સ બાયસમાં છે તેમ કહી શકાય. રિવર્સ બાયસમાં, p–n જંક્શન ડાયોડનો p–વિભાગ બૅટરીના ઋણ છેડા સાથે જોડાય છે.

(4) રિવર્સ સંતૃપ્ત પ્રવાહ : જ્યારે રિવર્સ બાયસમાં લગાડેલ વોલ્ટેજને શૂન્યથી વધારવામાં આવે ત્યારે પ્રવાહ વધે છે, પરંતુ તરત જ અચળ બને છે. આ પ્રવાહ ખૂબ નાનો હોય છે. (થોડાક માઇક્રોએમ્પિયરમાં) જેને રિવર્સ સંતૃપ્ત પ્રવાહ કહે છે.

પદ્ધતિ

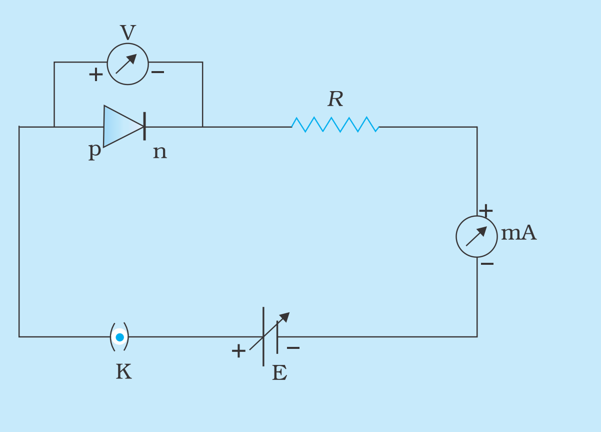
(1) આપેલા વોલ્ટમીટર (V), મિલિએમીટર (mA) અને માઇક્રોએમીટર (μA)ની અવધિ અને લઘુત્તમ માપ નોંધો.

(2) જોડાણ માટેના તાર પરથી અને ડાયોડના લીડ (Leads) પરથી અવાહક પડ દૂર કરવા કાચપેપરનો ઉપયોગ કરો.

(3) ચલ વોલ્ટેજ પાવર સપ્લાય, p–n જંક્શન ડાયોડ, વોલ્ટમીટર, મિલિએમીટર, અવરોધ અને પ્લગ-કીને આકૃતિ E 16.1માં દર્શાવ્યા મુજબ જોડો.

(4) શરૂઆતમાં જ્યારે કળ ખુલ્લી હશે ત્યારે તમે જોશો કે પરિપથમાં કોઈ પ્રવાહ વહેતો નથી. હવે કળને બંધ કરો.

(5) પાવર-સપ્લાયના બટનને ધીરેથી અને થોડુંક ફેરવીને પરિપથને નાનો વોલ્ટેજ આપો. ડાયોડના છેડા પર વોલ્ટમીટરનું અવલોકન અને ડાયોડમાંથી વહેતા અનુરૂપ પ્રવાહને મિલિએમીટરમાંથી નોંધો.

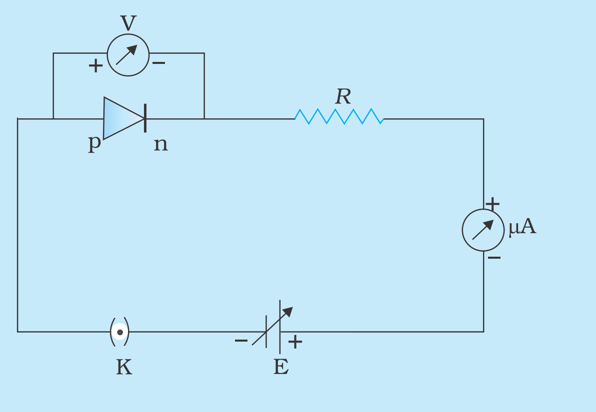


આકૃતિ E 16.1 *p – n જંક્શન ડાયોડની ફોરવર્ડ બાયસ સ્થિતિ*

(6) પરિપથમાં લગાડેલ વોલ્ટેજને ક્રમશઃ (તબક્કાઓમાં) વધારતા જાઓ અને તેને અનુરૂપ વોલ્ટમીટર તથા મિલિએમીટરનાં અવલોકનો કોષ્ટક E16.1માં નોંધો. જ્યાં સુધી લગાડેલ વોલ્ટેજ થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજ અથવા કટ-ઇન વોલ્ટેજની ઉપર ના જાય ત્યાં સુધી ડાયોડમાંથી વહેતો પ્રવાહ અવગણ્ય અને નાનો હશે. કટ-ઈન વોલ્ટેજ પછી પ્રવાહમાં ઝડપી ફેરફાર હશે.

(7) એકવાર થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજે પહોંચ્યા પછી વોલ્ટેજને ધીરે-ધીરે બદલો (0.1 Vના તબક્કામાં) અને ડાયોડમાંથી વહેતો સંલગ્ન પ્રવાહ I નોંધો. પ્રવાહ મિલિએમીટરની સીમા સુધી પહોંચે ત્યાં સુધી સતત વોલ્ટેજ વધારતાં જાવ.

(8) હવે પરિપથ છોડી દો અને આકૃતિ E 16.2 મુજબ, રિવર્સ બાયસ માટે જોડાણો કરો. p–n જંક્શન ડાયોડના p–વિભાગને પાવર સપ્લાયના ઋણ ટર્મિનલ સાથે જોડો તથા મિલિએમીટરના સ્થાને માઇક્રોએમીટર જોડો. લગાડેલ



આકૃતિ E 16.2 *p – n જંક્શનની રિવર્સ બાયસ સ્થિતિ*

વોલ્ટેજ ને ક્રમશઃ વધારતાં જાવ અને અનુરૂપ વોલ્ટમીટર અને માઇક્રોએમીટરનાં અવલોકનો કોષ્ટક E 16.2માં નોંધતા જાઓ. પ્રયોગના આ ભાગમાં, આપેલા સપ્લાય વોલ્ટેજ માટે, તમે રિવર્સ બાયસ લાક્ષણિક વક્રનો સીધો ભાગ મેળવશો.

ચેતવણી

ડાયોડના છેડાઓ વચ્ચે વોલ્ટેજનું મૂલ્ય ખૂબ વધારશો નહિ. વધુ પડતો પ્રવાહ (સીમા બહાર) ડાયોડને ડાયોડમાંથી મહત્તમ સ્વીકાર્ય પ્રવાહ કેટલો પસાર થઈ શકે તે ડાયોડ બનાવનાર તરફથી (ઉત્પાદક) આપેલા ટેક્નિકલ ડેટા પરથી જાણી શકાય.

અવલોકન

(1) વાપરેલ p–n જંક્શન ડાયોડ (ડાયોડનો નંબર) = ...

(2) ફોરવર્ડ બાયસ માટે

- (i) વોલ્ટમીટરની અવધિ (Range) = ... V થી V
- (ii) વોલ્ટમીટરના માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... V
- (iii) મિલિએમીટરની અવધિ = ... mA થી .... mA
- (iv) મિલિએમીટરના માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... mA

(3) રિવર્સ બાયસ માટે

- (i) વોલ્ટમીટરની અવધિ = ... V થી V
- (ii) વોલ્ટમીટરના માપક્રમનું લઘુત્તમ માપ = ... V
- (iii) માઈક્રોએમીટરની અવધિ = ... µA થી .... µA
- (iv) માઈક્રોએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... µA

કોષ્ટક **E 16.1 ફોરવર્ડ પ્રવાહનો ડાયોડ પર લગાડેલ વોલ્ટેજ સાથે થતો ફેરફાર (ફોરવર્ડ બાયસ)**

ક્રમ	ફોરવર્ડ વોલ્ટેજ $V_f (V)$	ફોરવર્ડ પ્રવાહ I_f (mA)
1		
2		
3		
--		
20		

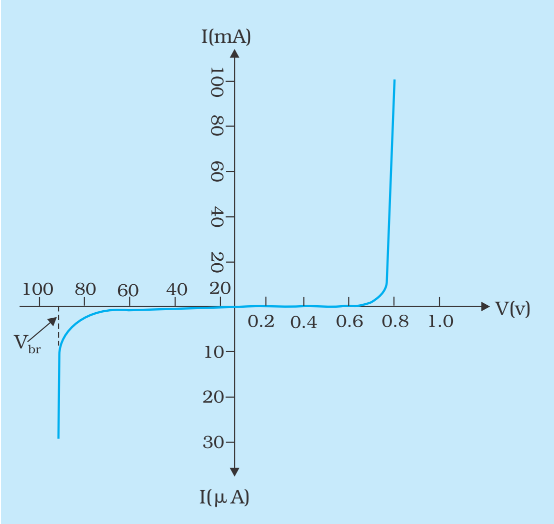
કોષ્ટક **E 16.2** રિવર્સ પ્રવાહનો ડાયોડ પર લગાડેલ વોલ્ટેજ સાથે થતો ફેરફાર (રિવર્સ બાયસ)

ક્રમ	રિવર્સ વોલ્ટેજ V_r (V)	રિવર્સ પ્રવાહ I_r (μA)
1		
2		
--		
20		

આલેખ દોરવો

(1) ડાયોડના ફોરવર્ડ વોલ્ટેજ (V_f) ને ધન X–અક્ષ પર અને ડાયોડમાંથી વહેતા પ્રવાહ (I)ને ધન Y–અક્ષ પર લઈ આલેખ દોરો. (આકૃતિ E 16.3 પ્રમાણે) જે વાપરેલ સિલિકોન ડાયોડની I – V લાક્ષણિકતા દર્શાવે છે. ની (knee) શોધો અને કટ-ઈન (Cut-in) વોલ્ટેજ નક્કી કરો.

(2) હવે રિવર્સ વોલ્ટેજ (V_r) ને ઋણ X–અક્ષ પર અને સંલગ્ન પ્રવાહ (μA)ને ઋણ Y–અક્ષ પર આકૃતિ E 16.3માં દર્શાવ્યા મુજબ લો તથા રિવર્સ સંતૃપ્ત પ્રવાહ શોધો.



આકૃતિ E 16.3 ફોરવર્ડ અને રિવર્સ બાયસ માટે સિલિકોન ડાયોડની I–Vની લાક્ષણિકતાઓ

પરિણામ

(A) આપેલા ડાયોડ માટે કટ-ઈન વોલ્ટેજનું મૂલ્ય V

(B) આપેલા ડાયોડ માટે રિવર્સ સંતૃપ્ત પ્રવાહનું મૂલ્ય .... μA છે.

સાવચેતીઓ

(1) ઉત્પાદક તરફથી આપવામાં આવેલ સ્પષ્ટીકરણ મુજબ ફોરવર્ડ બાયસમાં પસાર થઈ શકે તેવો મહત્તમ સ્વીકાર્ય પ્રવાહ શોધો અને આ સીમાની ઉપર ન જવાય તેનું ધ્યાન રાખો.

(2) ઉત્પાદકે આપેલા સ્પષ્ટીકરણ મુજબ ડાયોડમાં કેટલો મહત્તમ રિવર્સ વોલ્ટેજ લગાવી શકાય તે જાણો અને આ હદ ના વટાવાય તે ધ્યાન રાખો.

(3) ખાસ અગત્યનું ધ્યાન એ રાખો કે, ડાયોડમાં લગાડેલ વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત ધીરે-ધીરે નાના તબક્કામાં વધારતા જાવ. તમારી દૃષ્ટિ એમીટરના અવલોકન પર રાખો અને જુઓ કે પ્રવાહ આપેલ સીમાથી વધે નહિ.

ચર્ચા

જો આપણે જુદા-જુદા ડાયોડ (Ge અથવા Si) વાપરીએ તો I – Vની લાક્ષણિકતાઓમાં શું ફેરફાર થાય? શું ડાયોડનો થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજ કે કટ-ઇન વોલ્ટેજ ડાયોડના દ્રવ્ય પર આધાર રાખે છે ?

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) તમે ડાયોડને સ્વિચ કે રેક્ટિફાયર તરીકે કેવી રીતે વાપરશો ?

(2) ડાયોડ અને અવરોધ વચ્ચે શું તફાવત છે ?

(3) જો પરિપથમાં રહેલા અવરોધ કરતાં મોટા મૂલ્યનો અવરોધ ડાયોડ સાથે શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે, તો I – Vના લાક્ષણિકતામાં રેખીય ભાગના ઢાળ વિશે ટીપ્પણી આપો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) આ પ્રયોગને ડાયોડ સાથે શ્રેણીમાં જુદી-જુદી કિંમતના અવરોધ (R) જોડી કરો. નીચેનામાં શું ફેરફાર થાય છે તે નોંધો :

(a) કટ-ઇન વોલ્ટેજ

(b) જુદા-જુદા R અને સમાન વોલ્ટેજ માટે મળતો વાસ્તવિક પ્રવાહ

(c) I – V ની લાક્ષણિકતાના વક્રનો આકાર

(2) આ પ્રયોગને ડાયોડના બદલે "લાઇટ એમિટિંગ ડાયોડ" (LED)નો ઉપયોગ કરી કરો અને I – Vની લાક્ષણિકતા દોરો. જ્યારે તમે જુદા-જુદા કલરના LEDનો ઉપયોગ કરો છો ત્યારે થ્રેશોલ્ડ વોલ્ટેજમાં કેવા ફેરફાર અવલોકી શકો છો ?

પ્રયોગ 17

હેતુ

ઝેનર ડાયોડ માટે લાક્ષણિક વક્ર દોરવા અને તેનો રિવર્સ બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ નક્કી કરવો.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

p – n જંક્શન ઝેનર ડાયોડ (IN 758), 0.1 V લઘુત્તમ માપવાળું ચલિત dc પાવર સપ્લાય (0 – 15 V), માઇક્રોએમીટર (0 – 100 μA), વોલ્ટમીટર (0 – 15 V), 125 Ωનો અવરોધ, વધારે અવરોધવાળું રીઓસ્ટેટ અને જોડાણ માટેના વાયરો.

સિદ્ધાંત

ઝેનર ડાયોડ એક પ્રકારનો p – n જંક્શન ડાયોડ છે. (રેક્ટિફાયરના p – n જંક્શન ડાયોડની સરખામણીમાં અહીં p અને n વિભાગમાં અશુદ્ધિઓ (ડોપિંગ) ખૂબ વધારે પ્રમાણમાં ઉમેરવામાં આવે છે.) જે રિવર્સ વોલ્ટેજ લાક્ષણિકતાના બ્રેકડાઉન વિભાગમાં વાપરવામાં આવે છે. આ ડાયોડને પૂરતા પાવર વ્યય ક્ષમતા (Power dissipatian capacity) સાથે બનાવવામાં આવે છે કે જેથી તેઓ બ્રેકડાઉન વિભાગમાં પણ કામ કરવા સક્ષમ હોય. નીચેની બે પધ્ધતિઓ (Mechanisms) જંક્શન ડાયોડમાં બ્રેકડાઉન માટે જવાબદાર છે.

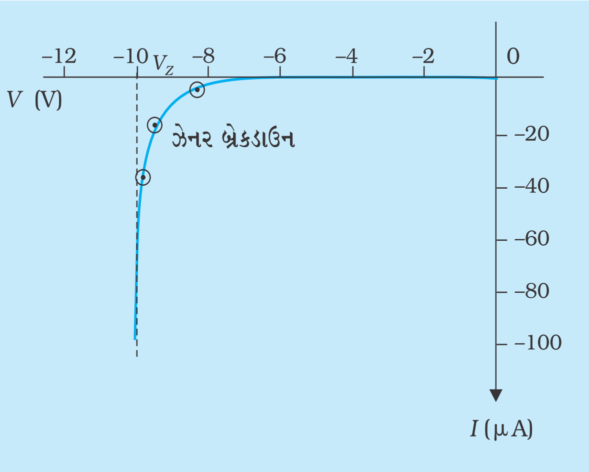
(i) એવલાન્ચ બ્રેકડાઉન

જેમ રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ વધારતાં જઈએ, તેમ p – n ડાયોડના જંક્શન પાસેના વિદ્યુતક્ષેત્રમાં વધારો થાય છે. એક ચોક્કસ રિવર્સ-બાયસ (વોલ્ટેજ) માટે, ઉષ્મીય રીતે ઉત્પન્ન થયેલા, જંક્શનને પસાર કરતાં, કેરિયરને વિદ્યુતક્ષેત્ર પૂરતી ઊંચી ઊર્જા આપે છે. આ કેરિયર પોતાના રસ્તામાં આવતા સ્ફટિક આયન સાથે અથડાઈ, સહસંયોજક બંધ તોડી ઇલેક્ટ્રૉન-હોલ જોડકું ઉત્પન્ન કરે છે. આ કેરિયરો લગાડેલા વિદ્યુતક્ષેત્રમાંથી પૂરતી ઊર્જા મેળવી બીજા સ્ફટિક આયન સાથે અથડાય છે અને વધુ ઇલેક્ટ્રૉન-હોલ જોડકાંઓ ઉત્પન્ન કરે છે. આ પ્રક્રિયા ઉત્તરોત્તર વધે છે, જે ખૂબ ઓછા સમયમાં કેરિયરનો એવલાન્ચ ઉત્પન્ન કરે છે. આ પધ્ધતિને એવલાન્ચ ગુણન કહે છે. જે ખૂબ મોટો રિવર્સ પ્રવાહ ઉત્પન્ન કરે છે અને કહી શકાય કે ડાયોડ એવલાન્ચ બ્રેકડાઉનના ક્ષેત્રમાં કાર્ય કરે છે.

(ii) ઝેનર બ્રેકડાઉન

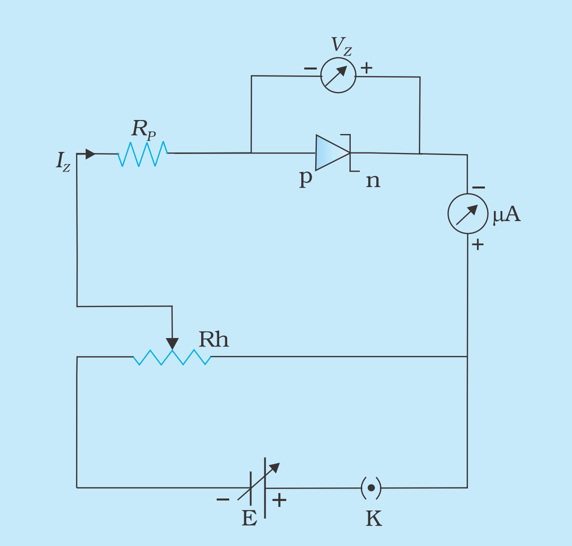
ઝેનર ડાયોડમાં p અને n બંને વિભાગોમાં ખૂબ મોટા પ્રમાણમાં ડોપિંગ કરવામાં આવે છે. ડોપિંગ ઘનતા ઊંચી હોવાના કારણે, ડેપ્લેશન સ્તરની પહોળાઈ નાની હોય છે. જંક્શનની પહોળાઈ નાની હોવાથી લગભગ 10^{-7}m જેટલી, તેથી ખૂબ નાનો વોલ્ટેજ પણ મોટું ક્ષેત્ર ઉત્પન્ન કરી શકે છે. જંક્શનનું

આ ખૂબ ઊંચું ક્ષેત્ર વેલેન્સ બેન્ડમાંથી ઈલેક્ટ્રૉનને પાતળા ડેપ્લેશન સ્તરમાંથી પસાર કરી n-વિભાગમાં લઈ જાય છે. આવું ચોક્કસ વિદ્યુતક્ષેત્ર (~ 10^6 V/m) અથવા વોલ્ટેજ V_Z લગાડ્યા પછી ઈલેક્ટ્રૉનના ઉત્સર્જનની આ પધ્ધતિને આંતરિક ક્ષેત્ર ઉત્સર્જન કહે છે કે જેના લીધે ઊંચો રિવર્સ પ્રવાહ અથવા બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ આપે છે. આ બ્રેકડાઉનને ઝેનર બ્રેકડાઉન અને વોલ્ટેજને ઝેનર વોલ્ટેજ કહે છે. ઝેનર વોલ્ટેજે મળતા રિવર્સ પ્રવાહને ઝેનર પ્રવાહ કહે છે.



આકૃતિ E 17.1 ઝેનર ડાયોડનો લાક્ષણિક વક્ર

બ્રેકડાઉનની પ્રકૃતિ સૂચવે છે કે ઝેનર ડાયોડની V વિરુદ્ધ Iની આદર્શ લાક્ષણિકતાઓમાં (સૈધ્ધાંતિક રીતે આકૃતિ E 17.1માં દર્શાવેલ મુજબ) બ્રેકડાઉન પછી વક્ર, પ્રવાહ અક્ષને સમાંતર બને છે. જે સૂચિત કરે છે કે વોલ્ટેજનો નાનો ફેરફાર પણ લગભગ અનંત અથવા ખૂબ મોટો પ્રવાહનો ફેરફાર ઉત્પન્ન કરે છે. તમને અનુભવશો કે જેને આપણે અગાઉ બ્રેકડાઉન તરીકે વ્યાખ્યિત કર્યું હતું તે આ જ છે. જોકે ડાયોડમાંથી આટલો મોટો પ્રવાહ પસાર થવાના કારણે વધારે પડતી ઉષ્મા ઉત્પન્ન થવાનો ભય છે. ડાયોડને આવા નુકસાનથી બચાવવા, સામાન્ય રીતે આપણે વ્યવહારિક પરિપથોમાં નિયંત્રક અવરોધ (Protective Resistance) R_p ને ઝેનર ડાયોડ સાથે જોડીએ છીએ જે ડાયોડમાંથી પસાર થતા મહત્તમ પ્રવાહને નિયંત્રિત કરે છે.



આકૃતિ E 17.2 ઝેનર ડાયોડના લાક્ષણિક વક્ર માટેનો પરિપથ

વ્યવહારિક પરિપથમાં પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ નક્કી કરવાની સાદી રીત નીચે પ્રમાણે છે :

ધારો કે આપણને V_z = 10 Vનો IN 758 ઝેનર ડાયોડ આપેલો છે. આ ડાયોડની મહત્તમ પાવર વ્યયક્ષમતા 0.4 W છે. (ઉત્પાદકે આપેલા રેટિંગ અનુસાર). આપણે પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ અને ઝેનર બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ વચ્ચેનો સાદો સંબંધ શોધી શકીએ.

જેનો ઝેનર વોલ્ટેજ V_Z અને પાવર વ્યયનું રેટિંગ P_Z હોય તેવા ઝેનર ડાયોડને મહત્તમ સ્થિતિમાન V_Z ધરાવતા વિદ્યુતસ્થિતિમાન વિભાજક રચના સાથે જોડવામાં આવે છે. (આકૃતિ E 17.2). જો ઝેનર ડાયોડને સમાંતર સ્થિતિમાન V_Z હોય અને બાકીનું સ્થિતિમાન પ્રોટેક્ટિવ અવરોધને સમાંતરે હોય તો,

$$V = V_Z + I_Z R_p$$

$$I_z = \frac{P_z}{V_z} \quad \text{હોવાથી}$$ (E 17.1)

$$V = V_z + \left(\frac{P_z}{V_z}\right)R_p$$

(E 17.2)

અને $$R_p = \frac{(V - V_z)V_z}{P_z}$$

તેથી $R_p = \frac{(15-10)10}{0.4} = 125\ \Omega$ને ઝેનર ડાયોડ IN 758 સાથે શ્રેણીમાં જોડવો જોઈએ જેથી તેને નુકસાનથી બચાવી શકાય.

પદ્ધતિ

(1) આપેલા વોલ્ટમીટર અને માઈક્રોએમીટરનું લઘુત્તમ માપ નોંધો.

(2) લગાડેલ શૂન્ય વોલ્ટેજ માટે વોલ્ટમીટર અને માઈક્રોએમીટરનું અવલોકન શૂન્ય હોવું જોઈએ. જો તેમ ના હોય, તો શરૂઆતના અવલોકનને યોગ્ય રીતે સુધારો.

(3) જોડાણ તારના છેડાને કાચ પેપરની મદદથી સાફ કરો અને જુદાં-જુદાં ઘટકોને આપેલા પરિપથ મુજબ તારથી જોડો (આકૃતિ E.17.2). એ વાતનું ધ્યાન રાખો કે ઝેનર ડાયોડ રિવર્સ બાયસમાં છે તથા વોલ્ટમીટર અને માઈક્રોએમીટરના ધન નિશાન કરેલા છેડાને પાવર સપ્લાયના ઊંચા સ્થિતિમાન બાજુએ જોડો.

(4) એ વાતની ખાતરી કરો કે માઈક્રોએમીટર અને શ્રેણી પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ R_pને ઝેનર ડાયોડ સાથે શ્રેણીમાં તથા વોલ્ટમીટરને ઝેનર ડાયોડ સાથે સમાંતરમાં જોડાણ છે.

(5) પાવર સપ્લાયની સ્વિચ ચાલુ કરો.

(6) સ્થિતિમાન વિભાજકના સંપર્ક બિંદુને ફેરવી થોડોક રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ (V_r) લગાવો. નીચા રિવર્સ બાયસ માટે પ્રવાહ અવગણ્ય એવો નાનો હશે. એટલે કે લગભગ 10^{-8} A થી 10^{-10} A જેટલો અને તેથી મિલિએમીટર કે માઈક્રોએમીટરમાં તમને શૂન્ય અવલોકન નોંધી શકાય છે.

(7) ધીરે-ધીરે તબક્કાવાર ઝેનર ડાયોડને આપેલ વોલ્ટેજ વધારતાં જાઓ અને રિવર્સ બાયસ વોલ્ટેજ (V_r) અને માઈક્રોએમીટરમાંથી અનુરૂપ રિવર્સ પ્રવાહ I_r નોંધો. એ વાતનું ધ્યાન રાખો કે, રિવર્સ વોલ્ટેજ V_r 0.1 Vના તબક્કામાં વધારો.

અવલોકન

(1) વોલ્ટમીટરની અવધિ (Range) = ... V થી V

(2) વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(3) માઇક્રોએમીટરની અવધિ = ... μA થી .... μA

(4) માઇક્રોએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... μA

(5) વાપરેલ ઝેનર ડાયોડની વિગતો (કોડ નં.) = ...

(6) પ્રોટેક્ટિવ અવરોધની ગણતરી માટે નીચેની માહિતી જરૂરી છે.

ઝેનર ડાયોડ માટે મહત્તમ સ્વીકાર્ય પાવર (પાવર રેટિંગ) જે ઉત્પાદક દ્વારા ઉલ્લેખ કર્યો હોય P_z = ...W

ઝેનર ડાયોડ માટે ઉત્પાદક દ્વારા ઉલ્લેખ કરાયેલ મહત્તમ સ્વીકાર્ય વોલ્ટેજ (વોલ્ટેજ રેટિંગ), V_z = ...V

ઝેનર ડાયોડ સાથે શ્રેણીમાં વાપરેલ પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ (R_p)નું મૂલ્ય R_p = ... Ω (E 17.2 પ્રમાણે)

(7) વોલ્ટમીટર અને માઇક્રોએમીટરના અવલોકનો કોષ્ટક E 17.1માં નોંધો.

કોષ્ટક E 17.1 : રિવર્સ પ્રવાહ (I_r)નો ઝેનર ડાયોડ પરના રિવર્સ વોલ્ટેજ (V_r) સાથે થતો ફેરફાર

ક્રમ	ઝેનર ડાયોડ માટે	
	વોલ્ટમીટરનું અવલોકન V_r (V)	માઇક્રોએમીટરનું અવલોકન I_r (μA)
1		
2		
--		
10		

આલેખ દોરવો

(i) રિવર્સ વોલ્ટેજ V_r અને રિવર્સ પ્રવાહ I_r વચ્ચેનો આલેખ દોરો. V_rને X-અક્ષ પર અને I_rને Y-અક્ષ પર લઈ કોષ્ટક E 17.1 ના અવલોકનો પરથી આલેખ દોરો.

(ii) $V_r - I_r$ ના આલેખની પ્રકૃતિ ચર્ચો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

(iii) $V_r - I_r$ ના આલેખ પરથી બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજની કિંમત શોધો.

પરિણામ

આલેખ પરથી મળેલ ઝેનર ડાયોડનો બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજ V_Z = ... V

સાવચેતીઓ

(1) જોડાણ તારના છેડાઓને કાચપેપર ઘસી યોગ્ય રીતે સાફ કરવા જોઈએ.

(2) વોલ્ટમીટર અને માઈક્રોએમીટરનાં શૂન્ય અવલોકનો યોગ્ય રીતે ચેક કરવા જોઈએ.

ચર્ચા

(1) આદર્શ રીતે, બ્રેકડાઉન પછી પ્રવાહ I_r અનંત રીતે મોટો બને છે. શું તમારા કિસ્સામાં આવું થયું છે ? જો ના થયું હોય તો, તમે જાણ્યું કે પ્રવાહ અચાનક વધ્યો છે પણ અનંત નથી થયો તો તેનું કારણ વિચારો. શું પ્રોટેક્ટિવ અવરોધ કે પરિપથના કોઈ બીજા સંપર્ક અવરોધ આ કિસ્સામાં ભાગ ભજવે છે ?

(2) વિદ્યુત-ઘટકોની પુસ્તિકા (manual)માંથી ઝેનર ડાયોડના બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજની નોંધ કરો જે કોઈપણ પરિપથમાં જુદા-જુદા વોલ્ટેજ તરીકે લઈ શકાય.

(3) ઝેનર ડાયોડ વોલ્ટેજ નિયમનમાં શું ભાગ ભજવે છે તે ચર્ચો.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) ઝેનર ડાયોડનો સિદ્ધાંત શું છે ?

(2) રિવર્સ પ્રવાહ કેવી રીતે મેળવી શકાય ?

(3) ઝેનર બ્રેકડાઉને શું થાય ?

(4) આંતરિક ક્ષેત્ર ઉત્સર્જનનો અર્થ શું થાય ?

(5) તમે ઝેનર ડાયોડનો વોલ્ટેજ રેગ્યુલેટર (નિયામક) તરીકે કેવી રીતે ઉપયોગ કરી શકો ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) જુદા કોડ નંબરના ઝેનર ડાયોડનો ઉપયોગ કરી પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. શું તમે તેમના રિવર્સ બ્રેકડાઉન વોલ્ટેજનો કોઈ ફેરફાર અવલોક્યો ?

પ્રયોગ 18

હેતુ

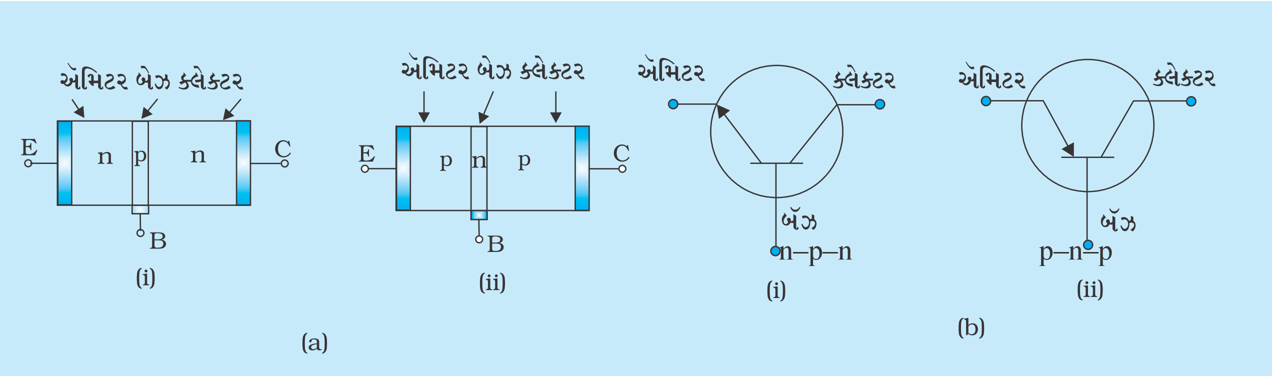
કૉમન ઍમિટર n–p–n (અથવા p–n–p) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની લાક્ષણિકતાનો અભ્યાસ કરવો તથા વૉલ્ટેજ અને પ્રવાહ લબ્ધિ (ગેઈન)નાં મૂલ્યો શોધવા.

સાધનો અને જરૂરી સામગ્રી

ટ્રાન્ઝિસ્ટર (BC 147 OR BC 177 or AC 128), માઈક્રોએમીટર (0 – 100 μA), મિલિએમીટર (0 – 20 mA), ઊંચા અવરોધ વાળા બે રીઓસ્ટેટ, 100 kΩનો કાર્બન અવરોધ, બે dc પાવર સપ્લાય જે ઈનપુટને (0 – 3V)નો વૉલ્ટેજ આપે તથા આઉટપુટને (0 – 15 V)નો વૉલ્ટેજ આપે, બે એકમાર્ગી કળ (One-way key) અને જોડાણ માટેના તાર

સિદ્ધાંત

Ge કે Siનો બનેલ n–p–n ટ્રાન્ઝિસ્ટર જેમાં બે n–પ્રકારના સ્તરોની વચ્ચે p-પ્રકારનું પાતળું સ્તર હોય. p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટરમાં બે p–પ્રકારના સ્તરોની વચ્ચે n–પ્રકારનું પાતળું સ્તર હોય. તેમની રેખાકૃતિ અને પરિપથ સંજ્ઞા આકૃતિ E 18.1 (a) અને E 18.1 (b) પ્રમાણે છે.



આકૃતિ E 18.1 (a) n-p-n અને p-n-p ટ્રાન્ઝિસ્ટરની રેખાકૃતિઓ (b) તેમની પરિપથ સંજ્ઞાઓ

ટ્રાન્ઝિસ્ટરના મધ્ય ભાગને બેઝ કહે છે, જે પાતળો અને ઓછી અશુદ્ધિ ઉમેરેલ (ડોપિંગ) હોય છે. ઍમિટર મધ્યમ પરિમાણવાળો અને વધારે અશુદ્ધિ ઉમેરેલ (ડોપિંગ) હોય છે. કલેક્ટર મધ્યમ અશુદ્ધિ

ઉમેરેલ (ડોપિંગ) તથા ઍમિટર કરતા સાઇઝમાં મોટો હોય છે. જ્યારે ટ્રાન્ઝિસ્ટરને પરિપથમાં જોડવામાં આવે ત્યારે, કોઈ પણ એક છેડાને ઇનપુટ અને આઉટપુટ વચ્ચે કૉમન (સામાન્ય) બનાવવામાં આવે છે. આમ, ત્રણ પરિપથ સંરચના શક્ય બને છે. :

(i) કૉમન ઍમિટર (CE) જોડાણ

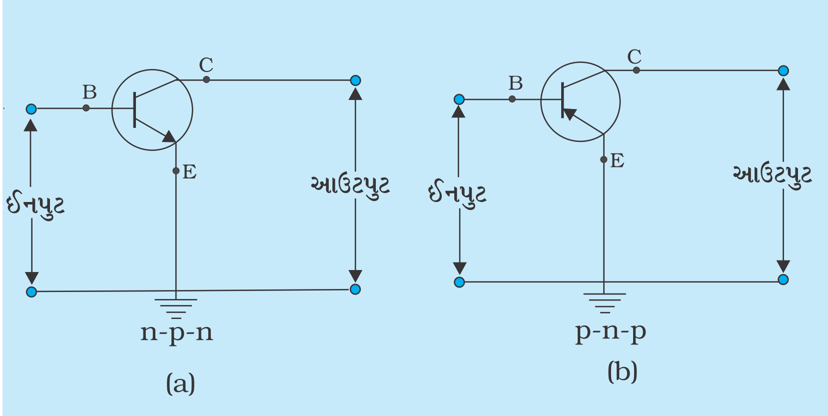
(ii) કૉમન બેઝ (CB) જોડાણ

(iii) કૉમન કલેક્ટર (CC) જોડાણ

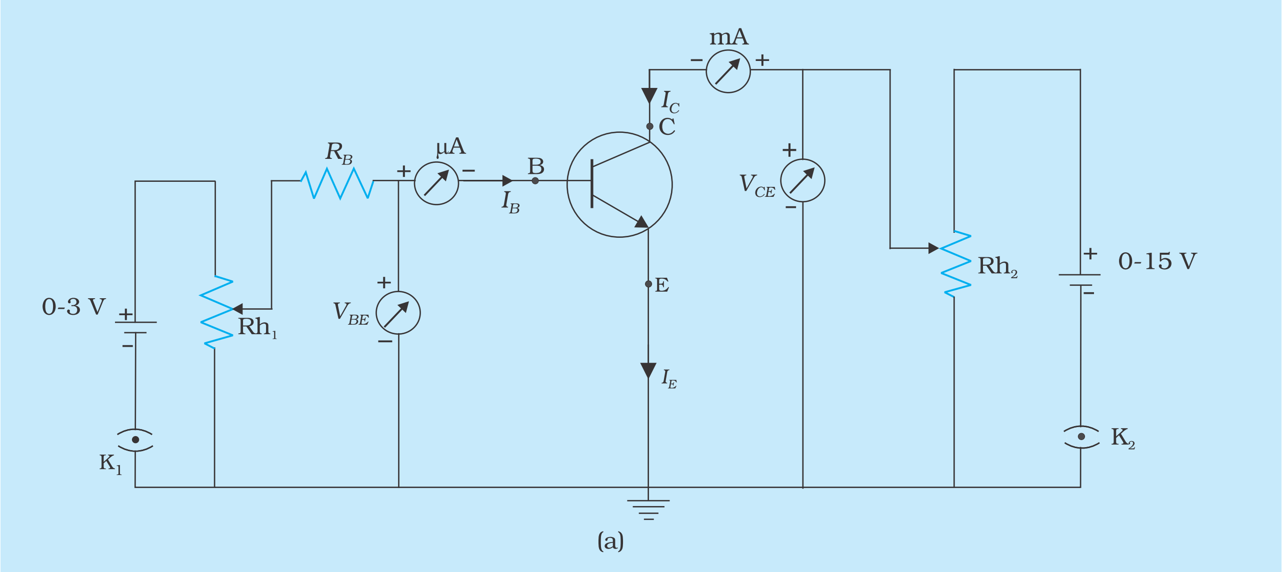
CE જોડાણ

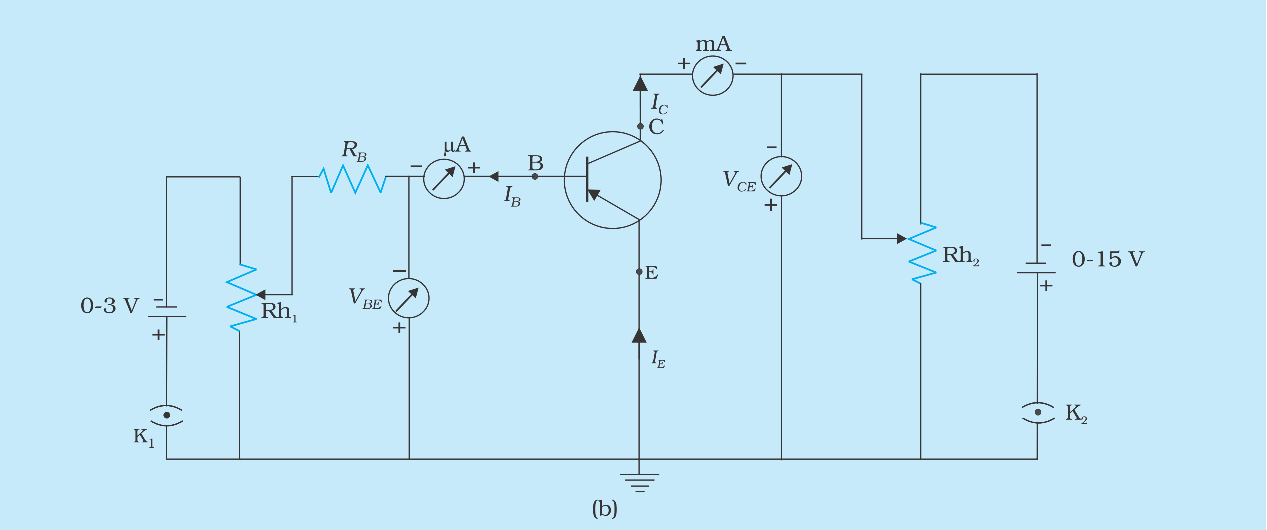
જ્યારે ટ્રાન્ઝિસ્ટરને CE જોડાણ માટે વાપરવામાં આવે ત્યારે આકૃતિ E 18.2 (a), (b) મુજબ બેઝ અને ઍમિટરના છેડાઓની વચ્ચે ઇનપુટ આપવામાં આવે છે તથા કલેક્ટર અને ઍમિટરના છેડાઓની વચ્ચેથી આઉટપુટ લેવામાં આવે છે.

જ્યારે ઍમિટરને સામાન્ય છેડા તરીકે ગ્રાઉન્ડેડ કરીએ, બેઝને ઇનપુટ છેડા તરીકે અને કલેક્ટરને આઉટપુટ છેડા તરીકે લઈએ ત્યારે ટ્રાન્ઝિસ્ટરની મળતી લાક્ષણિકતાઓને કૉમન ઍમિટર લાક્ષણિકતાઓ કહે છે.



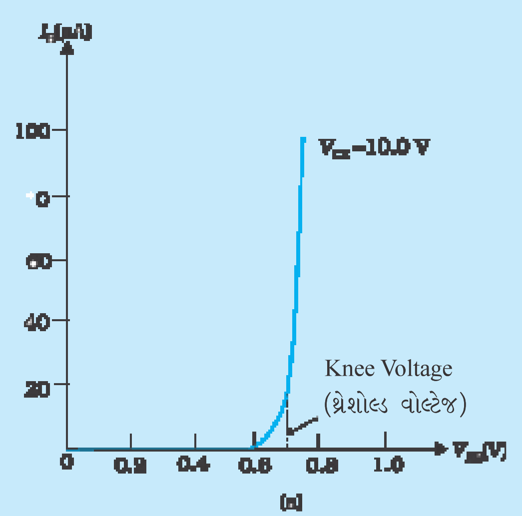
આકૃતિ E 18.2 *(a) n – p – n ટ્રાન્ઝિસ્ટર (b) p – n – p ટ્રાન્ઝિસ્ટરના CE જોડાણમાં બેઝ અને ઍમિટરના છેડાઓની વચ્ચે ઇનપુટ આપવામાં આવે છે તથા કલેક્ટર અને ઍમિટરના છેડાઓની વચ્ચે આઉટપુટ લેવામાં આવે છે.*





આકૃતિ E 18.3 (a) n – p – n ટ્રાન્ઝિસ્ટર (b) p – n – p ટ્રાન્ઝિસ્ટર ના CE જોડાણમાં લાક્ષણિકતાઓના અભ્યાસ માટેનો જોડાણ

આકૃતિ 18.3 (a) અને (b) અનુક્રમે n–p– n અને p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે કૉમન ઍમિટર લાક્ષણિકતાઓના અભ્યાસનો પરિપથ દર્શાવે છે. કૉમન ઍમિટર લાક્ષણિકતાઓના ત્રણ પ્રકાર છે :



આકૃતિ E 18.4(a) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની CE રૂપરેખાની વિશેષ ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ

(I) ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ

અચળ આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} માટે ઈનપુટ પ્રવાહ I_Bનો ઈનપુટ વોલ્ટેજ V_{BE} સાથેના ફેરફારને ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ કહે છે. જ્યારે ઈનપુટ વોલ્ટેજ V_{BE} Knee Voltage કરતાં ઓછો હોય ત્યારે પ્રવાહ નાનો હોય છે, તેના પછી પ્રવાહ I_B વધે છે. (આકૃતિ E 18.4 (a)) આમ, અચળ કલેક્ટર-ઍમિટર વોલ્ટેજ (V_{CE}) એ બેઝ-ઍમિટર વોલ્ટેજનો ફેરફાર (ΔV_{BE}) અને પરિણામી બેઝ પ્રવાહના ફેરફાર (ΔI_B)ના ગુણોત્તરને ઈનપુટ અવરોધ (r_i) કહે છે. તેને ઈનપુટ લાક્ષણિકતા વક્રના નિશ્ચિત બિંદુએ લીધેલા ઢાળના વ્યસ્ત તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય. આમ,

$$r_i = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE}\, =\, \text{અચળ}} \qquad \text{(E 18.1)}$$

r_i નું મૂલ્ય 100 Ω ના ક્રમનું હોય છે.

(II) આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ

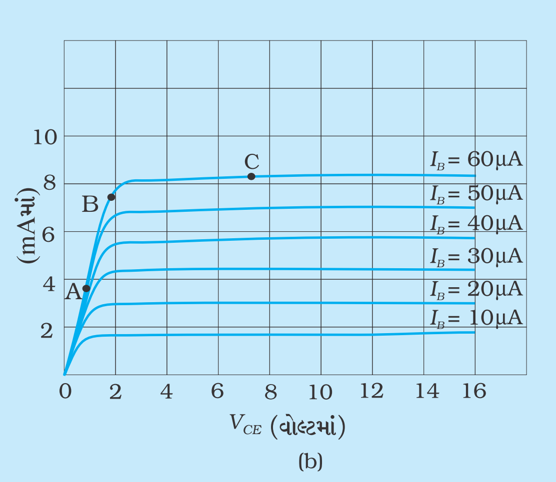
ઈનપુટ પ્રવાહ (I_B)ના જુદાં-જુદાં મૂલ્ય માટે, આઉટપુટ કલેક્ટર પ્રવાહ (I_C)નો આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} સાથે થતો ફેરફાર આઉટપુટ લાક્ષણિકતા છે. (આકૃતિ E 18.4 (b))

આપેલા આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} માટે જેમ ઈનપુટ પ્રવાહ I_B વધુ તેમ આઉટપુટ પ્રવાહ I_C વધુ.

અચળ બેઝ પ્રવાહ (I_B) માટે ક્લેક્ટર-ઍમિટર વોલ્ટેજ (ΔV_{CE}) અને ક્લેક્ટર પ્રવાહના ફેરફાર (ΔI_C)ના ગુણોત્તરને આઉટપુર અવરોધ (r_o) કહે છે. વધારામાં, આઉટપુટ લાક્ષણિકતાના વક્રના નિશ્ચિત બિંદુએ લીધેલા ઢાળના વ્યસ્ત વડે પણ તેને વ્યાખ્યાયિત કરી શકાય છે. આમ,

(E 18.2)
$$r_o = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right)_{I_B} = \text{અચળ}$$

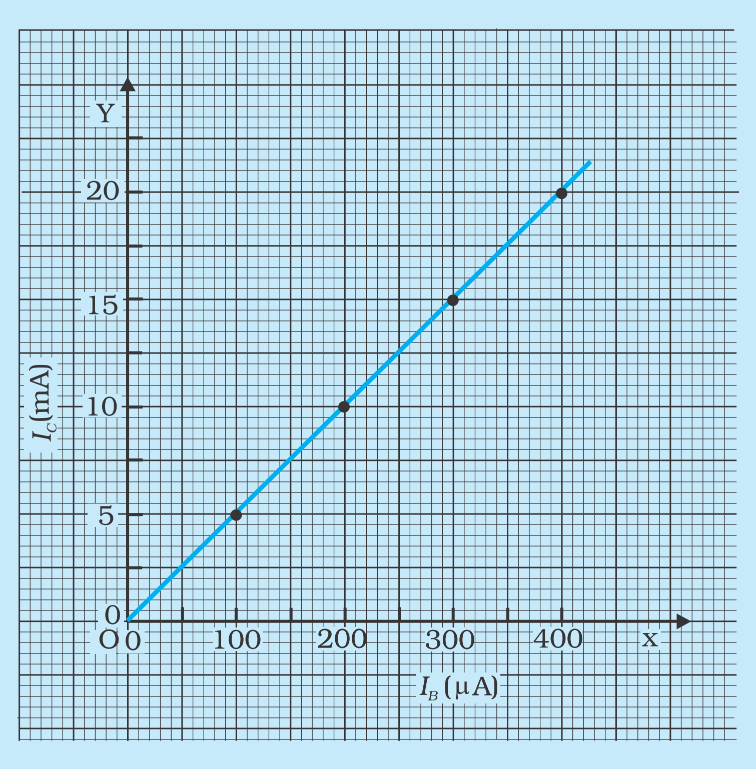
r_o નું મૂલ્ય 50 થી 100 kΩના ક્રમનું હોય છે.



આકૃતિ E 18.4 (b) CE જોડાણ માટે ટ્રાન્ઝિસ્ટરની વિશેષ આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ

(III) ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ

અચળ આઉટપુટ વોલ્ટેજ (V_{CE}) એ, ઈનપુટ બેઝ પ્રવાહ (I_B) સાથે આઉટપુટ ક્લેક્ટર પ્રવાહ (I_C)ના



આકૃતિ E 18.4 (C) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની CE જોડાણ માટે વિશેષ ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ

ફેરફારને ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ કહે છે. (આકૃતિ E 18.4 (c)) અચળ કલેક્ટર-ઍમિટર વોલ્ટેજે, કલેક્ટર પ્રવાહના ફેરફાર (ΔI_C) અને બેઝ પ્રવાહના ફેરફાર (ΔI_B)ના ગુણોત્તરને પ્રવાહ-લબ્ધિ (ગેઇન) β કહે છે.

(E 18.3)
$$\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE} = \text{અચળ}}$$

તેને ફોરવર્ડ પ્રવાહ ગેઇન પણ કહે છે.

વોલ્ટેજ ગેઇન : ઍમિટર-બેઝમાં આપેલા નાના વોલ્ટેજના ફેરફાર ΔV_iને અનુરૂપ કલેક્ટર પાસે આઉટપુટ વોલ્ટેજનો ફેરફાર ΔV_o હોય તો, વોલ્ટેજ ગેઇન,

(E 18.4)
$$A_V = \frac{\Delta V_o}{\Delta V_i} = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\frac{r_o}{r_i} \; ; \; A_V = \beta\frac{r_o}{r_i}$$

પદ્ધતિ

(1) પ્રથમ આપેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટર n-p-n છે કે p-n-p છે તે ચકાસો.

(2) આકૃતિ E 18.3માં દર્શાવ્યા મુજબ પરિપથ જોડો. (નોંધો કે બેઝ-ઍમિટર જંક્શન ફોરવર્ડ બાયસમાં જ્યારે કલેક્ટર-બેઝ જંક્શન રિવર્સ બાયસમાં છે. દા.ત., n-p-n ટ્રાન્ઝિસ્ટરમાં બેઝને ઍમિટરની સાપેક્ષે ધન(+Ve) વોલ્ટેજ આપ્યા છે અને કલેક્ટરને પણ ઍમિટરની સાપેક્ષે ઊંચો ધન વોલ્ટેજ આપ્યો છે.

(3) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની ઇનપુટ લાક્ષણિકતાઓ મેળવવા, કલેક્ટર-ઍમિટર વોલ્ટેજ (V_{CE})ને નિશ્ચિત (અચળ) રાખો. પ્રથમ $V_{CE} = 0$ V ગોઠવો અને બેઝ-ઍમિટર વોલ્ટેજ V_{BE}ને 0.1 Vના તબક્કામાં બદલતા જાવ. V_{BE}ના દરેક મૂલ્ય માટે બેઝ પ્રવાહ (I_B) નોંધો.

(4) V_{CE} ના ત્રણ જુદા-જુદા નિશ્ચિત(અચળ) મૂલ્ય રાખી પદ-3 ને પુનરાવર્તિત કરો. તમે નોંધશો કે થોડાં ઘણાં અવલોકનો માટે I_B શૂન્ય રહેશે, એટલે કે જ્યાં સુધી સિલિકોન ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે $V_{BE} = 0.6$ થી 0.7 V અને જર્મેનિયમ ટ્રાન્ઝિસ્ટર માટે 0.2 V થી 0.3 Vના આવે ત્યાં સુધી, તે ધીરે-ધીરે વધે છે અને ત્યાર પછી ઝડપથી વધે છે, જ્યાં સુધી I_B માઇક્રોએમીટરની મહત્તમ અવધિ (રેન્જ)ના 90 % સુધી ના પહોંચે.

(5) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ મેળવવા, બેઝ-પ્રવાહ I_B ને 10 μA રાખો.
$V_{CE} = 0$ V રાખી કલેક્ટર પ્રવાહ I_C નું મુલ્ય નોંધો.
હવે, V_{CE}નાં મૂલ્યો ખૂબ કાળજીપૂર્વક નાના તબક્કાઓમાં વધારો અને તેને સંલગ્ન I_Cનાં મૂલ્યો નોંધો. (શરૂઆતમાં I_Cનું મૂલ્ય ખૂબ ઝડપથી વધે છે અને પછી ધીમેથી વધી લગભગ અચળ બને છે.(આકૃતિ E18.4(b)) અગાઉ નોંધ્યું તે પ્રમાણે I_B અચળ રહેવું જોઈએ.

(6) I_Bનાં ત્રણ જુદા-જુદા મૂલ્યો માટે પદ-5 પુનરાવર્તિત કરો. જેમકે 20 μA, 30 μA, 40 μA. તમે નોંધશો કે જેમ I_B વધે છે, તેમ I_C પણ વધે છે.

અવલોકન

(1) ઈનપુટ પરિપથમાં વાપરેલા વોલ્ટમીટરની અવધિ (Range) = ... V to ... V

(2) ઈનપુટ પરિપથમાં વાપરેલા વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(3) આઉટપુટ પરિપથમાં વાપરેલા વોલ્ટમીટરની અવધિ = ... V થી ... V.

(4) આઉટપુટ પરિપથમાં વાપરેલા વોલ્ટમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... V

(5) ઈનપુટ પરિપથમાં વાપરેલા માઈક્રોએમીટરની અવધિ = ... μA થી ... μA

(6) ઈનપુટ પરિપથમાં વાપરેલાં માઈક્રોએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... μA

(7) આઉટપુટ પરિપથમાં વાપરેલા મિલિએમીટરની અવધિ = ... mA થી ... mA

(8) આઉટપુટ પરિપથમાં વાપરેલા મિલિએમીટરનું લઘુત્તમ માપ = ... mA

(9) વાપરેલ ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો પ્રકાર = ...

કોષ્ટક E 18.1 : અચળ V_{CE} માટે ઈનપુટ વોલ્ટેજ V_{BE} સાથે ઈનપુટ પ્રવાહ I_Bનો ફેરફાર

ક્રમ	ઈનપુટ વોલ્ટેજ	ઈનપુટ પ્રવાહ I_B (μA)			
	V_{BE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V
1					
2					
--					
5					

કોષ્ટક E 18.2 : અચળ I_B માટે આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} સાથે આઉટપુટ પ્રવાહ I_Cનો ફેરફાર

ક્રમ	આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE}	આઉટપુટ પ્રવાહ I_C (mA)			
	V_{CE} = ... V	I_B = ... μA	I_B = ... μA	I_B = ... μA	I_B = ... μA
1					
2					
--					
5					

ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ માટે કોષ્ટક E 18.2નો ઉપયોગ કરી અચળ V_{CE} માટે, જુદા-જુદા I_Bનાં મૂલ્યોને અનુરૂપ I_C નાં મૂલ્યો નોંધો.

કોષ્ટક E 18.3 : અચળ V_{CE} માટે ઈનપુટ પ્રવાહ (I_B) સાથે આઉટપુટ પ્રવાહ (I_C)નો ફેરફાર

ક્રમ	ઈનપુટ પ્રવાહ	આઉટપુટ પ્રવાહ I_C (mA)			
	I_B = ... μA	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE} = ... V	V_{CE}= V
1					
2					
--					
5					

આલેખ દોરવો

(i) ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ માટે V_{CE}ના નિશ્ચિત મૂલ્ય માટે, ઈનપુટ વોલ્ટેજ V_{BE} અને ઈનપુટ પ્રવાહ I_B વચ્ચેનો આલેખ દોરો. V_{BE}ને X–અક્ષ પર અને I_Bને Y-અક્ષ પર લો. (કોષ્ટક E 18.1નાં અવલોકનો પરથી)

(ii) V_{BE} વિરુદ્ધ I_Bના આલેખની પ્રકૃતિ ચર્ચો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

(iii) આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ માટે I_Bના નિશ્ચિત મૂલ્ય માટે, આઉટપુટ વોલ્ટેજ V_{CE} અને આઉટપુટ પ્રવાહ I_C વચ્ચેનો આલેખ દોરો. V_{CE}ને X-અક્ષ પર અને I_Cને Y–અક્ષ પર લો તથા કોષ્ટક E. 18.2નાં અવલોકનોનો ઉપયોગ કરો.

(iv) V_{CE} વિરુદ્ધ I_C ના આલેખની પ્રકૃતિ ચર્ચો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

(v) ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ માટે V_{CE}ના નિશ્ચિત મૂલ્ય માટે ઈનપુટ પ્રવાહ I_B અને આઉટપુટ-પ્રવાહ I_C વચ્ચેનો આલેખ દોરો. I_Bને X-અક્ષ પર અને I_Cને Y-અક્ષ પર લો તથા કોષ્ટક E 18.3નાં અવલોકનોનો ઉપયોગ કરો.

(vi) I_C વિરુદ્ધ I_Bના આલેખની પ્રકૃતિ ચર્ચો અને તેનું અર્થઘટન કરો.

ગણતરીઓ

(i) ઈનપુટ લાક્ષણિકતાના જે ભાગમાં ઝડપી વધારો થતો હોય તેના કોઈ એક બિંદુએ સ્પર્શક દોરો. (આકૃતિ 18.4 (a)) અને તે પરથી વક્રના તે બિંદુએ ઢાળનો વ્યસ્ત શોધો. જે ટ્રાન્ઝિસ્ટરના ડાયનેમિક (ક્રિયાશીલ) ઈનપુટ અવરોધ આપે છે.

$$r_i = \left(\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta I_B}\right)$$

V_{CE} = અચળ

(ii) આઉટપુટ લાક્ષણિકતાના વક્ર પર સ્પર્શકો દોરો (રેખીય રીતે વધતા ભાગ A પર, ટર્નિંગ (વળાંકવાળા) બિંદુ (B) પર અને લગભગ સમક્ષિતિજ ભાગ C પર) (આકૃતિ E 18.4 (b)).

આ ઢાળના વ્યસ્ત માપો જે સંચાલન બિંદુઓ A, B અને C (આકૃતિ E 18.4 (b)) પાસે ડાયનેમિક (ક્રિયાશીલ) આઉટપુટ અવરોધ આપે છે.

$$r_o = \left(\frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_C}\right)_{I_B = \text{ અચળ}}$$

નોંધો કે ક્રિયાશીલ (ડાયનેમિક) આઉટપુટ અવરોધ સંચાલન (operating) બિંદુ પર આધાર રાખે છે.

(iii) પ્રવાહ ગેઈન (β) મેળવવા માટે ટ્રાન્ઝિસ્ટરની ટ્રાન્સફર લાક્ષણિકતાઓ પર ઢાળ શોધો.

$$\beta = \left(\frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}\right)_{V_{CE} = \text{ અચળ}}$$

(iv) ઈનપુટ અવરોધ r_i, આઉટપુટ અવરોધ r_o અને પ્રવાહ ગેઈન βનાં મૂલ્યો લઈ, નીચેના સંબંધનો ઉપયોગ કરી ટ્રાન્ઝિસ્ટરનો વોલ્ટેજ ગેઈન A_V શોધો.

$$A_V = \beta\left(\frac{r_o}{r_i}\right)$$

પરિણામ

આપેલા ટ્રાન્ઝિસ્ટરના કૉમન ઍમિટર (CE) જોડાણ માટે,

(1) ટ્રાન્ઝિસ્ટરની લાક્ષણિકતાઓ દોરેલા આલેખમાં દર્શાવ્યા મુજબ છે.

(2) V_{CE} = ... V પર ઈનપુટ અવરોધ = ... Ω

(3) V_{BE} = ... V પર આઉટપુટ અવરોધ = ... Ω

(4) પ્રવાહ ગેઈન, β = ...

(5) વોલ્ટેજ ગેઈન, A_V = ...

સાવધાનીઓ

(i) n-p-n કે p-n-p પ્રમાણે આપેલા ટ્રાન્ઝિસ્ટરનું જોડાણ કરવું.

(ii) પરીપથ વપરાશમાં ન હોય ત્યારે કળ ખુલ્લી રાખી પરિપથને બ્રેક કરવો.

ચર્ચા

(1) જો આપણે n–p–n ના સ્થાને p–n–p ટ્રાન્ઝિસ્ટર વાપરીએ તો લાક્ષણિક વક્રોમાં શું કોઈ ફેરફાર હોય ?

(2) ઈનપુટ પરિપથ ફોરવર્ડ બાયસમાં અને આઉટપુટ પરિપથ રિવર્સ બાયસમાં શા માટે રાખવા જોઈએ ?

(3) આઉટપુટ લાક્ષણિક વક્રના જુદા-જુદા વિભાગ માટે તમે જોયું કે ક્રિયાશીલ (ડાયનેમિક) આઉટપુટ અવરોધ જુદા-જુદા હોય છે. આ પરથી તમે શું અનુમાન કરો છો ?

(4) જો તમે 200 Ωના ઈનપુટ અવરોધને ઈનપુટમાં વાપરો તો લાક્ષણિક વક્રોને CE ટ્રાન્ઝિસ્ટરની ડાયનેમિક (ક્રિયાશીલ) ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ કહે છે. પરિપથમાં વપરાતા અવરોધનો મુખ્ય આશય પ્રવાહનું નિયમન કરી, ઉષ્મીય વ્યય અથવા ટ્રાન્ઝિસ્ટરને થતા નુકસાનને ટાળવા (અટકાવવા)નું છે. જો પરિપથમાં અવરોધ જોડ્યા વગર પ્રયોગ કરવામાં આવે, તો લાક્ષણિકતાના વક્રોને સ્થિત ઈનપુટ લાક્ષણિકતાઓ અને સ્થિત આઉટપુટ લાક્ષણિકતાઓ કહે છે. સ્થિત લાક્ષણિકતાઓ મેળવતી વખતે વધારાની કાળજી એ રાખવાની છે કે, સ્વીકાર્ય સીમાની ઉપર ખૂબ મોટા પ્રવાહના વહનથી ટ્રાન્ઝિસ્ટરને નુકસાન ના થાય.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) ક્રિયાશીલ (ડાઈનેમિક) ઈનપુટ અવરોધનો અર્થ શું થાય ? અને શા માટે તેને ક્રિયાશીલ (ડાઈનેમિક) કહે છે ?

(2) CE જોડાણ (પરિપથ) માટે, $I_B = 0$ હોવા છતાં I_C કટ-ઑફ થતો નથી. CE મોડમાં કટ-ઑફ વોલ્ટેજ નક્કી કરવા, I_Cને તમે શૂન્ય કેવી રીતે કરશો ?

(3) $V_{CE} > V_{BE}$ માટે CE પરિપથમાં (રૂપરેખામાં) શું I_C, V_{CE} થી લગભગ સ્વતંત્ર છે ?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

n–p–n ટ્રાન્ઝિસ્ટરને કૉમન બેઝ જોડાણમાં જોડો. લાક્ષણિક વક્રો દોરો. CB અને CE જોડાણો માટે ઈનપુટ અને આઉટપુટ લાક્ષણિકતાના વક્રોની સરખામણી કરો. r_i અને r_o પણ શોધો.

પ્રવૃત્તિઓ
ACTIVITIES

પ્રવૃત્તિ 1

હેતુ

આપેલા વિદ્યુત-પરિપથનાં ઘટકો નું જોડાણ કરવું.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

અવરોધ, એમીટર (0 – 1.5A), વોલ્ટમીટર (0 – 5V), બૅટરી, કી (એકમાર્ગી કળ), રીઓસ્ટેટ, કાચપેપર, જોડાણ માટેના તાર.

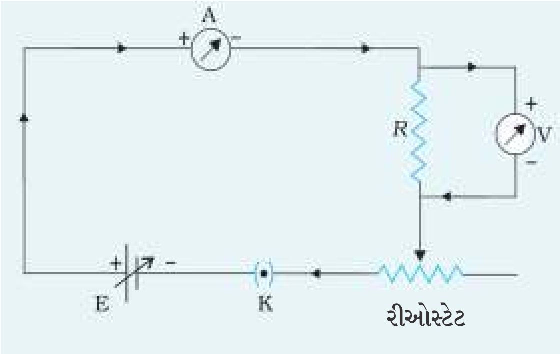
પદ્ધતિ

(1) આકૃતિ A 1.1 માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ઘટકો જોડો.

(2) કળ બંધ કર્યા પછી જુઓ કે વોલ્ટમીટર અને એમીટર જમણી બાજુ આવર્તન દર્શાવે છે.

(3) એકત્રિત પરિપથનું સાતત્ય મલ્ટિમીટર વડે ચકાસો.

(પ્રવૃત્તિ 4 જુઓ.)



આકૃતિ A 1.1 આપેલાં ઘટકોનું જોડાણ

પરિણામ

વિદ્યુત-પરિપથનાં ઘટકોનું એકત્રીકરણ કર્યું.

સાવચેતીઓ

(1) બૅટરીના ધન છેડાને એમીટર અને વોલ્ટમીટરના ધન છેડા સાથે જોડવો જોઈએ.

(2) એમીટરને અવરોધ સાથે શ્રેણીમાં અને વોલ્ટમીટરને અવરોધ સાથે સમાંતરમાં જોડવું જોઈએ.

(3) જોડાણ તારના છેડાઓ અને ઘટકના છેડાઓને સાફ કરવા માટે કાચપેપરનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. તેમની સપાટીઓ પર લાગેલા ગ્રીસ/ઑઈલ કે ઓક્સાઈડના પડ અવાહક પ્રકૃતિ

ધરાવતા હોવાથી તેમને દુર કરવા જોઈએ. જોકે પ્લગ કે કળોને કાચ પેપરથી સાફ ન કરશો.

કાચપેપરના વધારે પડતા ઉપયોગથી કળ પ્લગમાં બરાબર બેસતી નથી.

ચર્ચા

(1) તમે સાધનોનું જોડાણ શરૂ કરો તે પહેલાં પ્રયોગ માટેની પરિપથ આકૃતિ (સર્કિટ ડાયાગ્રામ) દોરો અને તમારી સમક્ષ રાખો.

(2) રીઓસ્ટેટ પર લગાડેલી પ્લેટ પર અવરોધની કિંમત અને તેના પ્રવાહ-વહનની ક્ષમતા આપેલી હોય છે.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) તમે કોષના emf નો અર્થ શું કરશો?

(2) કોષમાંથી (વિદ્યુતકોષમાંથી) વહેતો પ્રવાહ અચળ રહે ? જો ના તો શા માટે ?

(3) પરિપથમાં એમીટરને હંમેશાં કેમ શ્રેણીમાં જ જોડાય છે ?

(4) હંમેશા જે ઘટકનું વિદ્યુતસ્થિતિમાન માપવાનું હોય તેને સમાંતર જ વોલ્ટમીટર જોડવામાં આવે છે. શા માટે?

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) વર્ગખંડમાં તમારે જે ભણવાના છે, તેવા જુદા-જુદા પ્રકારના પરિપથ દોરો. તેમાં સંકળાયેલ ઘટકોનો ઉપયોગ કરી તેમનું જોડાણ કરો. દા.ત.

(i) મીટરબ્રિજના ઉપયોગથી અજ્ઞાત અવરોધનું મૂલ્ય માપવા માટેનો પરિપથ.

(ii) પોટૅન્શિયોમીટરની મદદથી આપેલા બે વિદ્યુતકોષોના emf ની સરખામણીનો પરિપથ.

(2) રીઓસ્ટેટની જુદી-જુદી ગોઠવણી માટે વોલ્ટમીટર અને એમીટરનાં અવલોકનો માપો અને ચકાસો કે અવરોધના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત અને તેમાંથી વહેતા પ્રવાહનો ગુણોત્તર અચળ છે કે નહિં.

(3) બે અવરોધોને શ્રેણી અથવા સમાંતરમાં જોડીને પરિપથને સંશોધિત (modify) કરો.

પ્રવૃત્તિ 2

હેતુ

આપેલા ખુલ્લા પરિપથની આકૃતિ દોરવી, કે જેમાં ઓછામાં ઓછી એક બૅટરી, અવરોધ / રીઓસ્ટેટ, કળ, એમીટર અને વોલ્ટમીટરનો સમાવેશ થાય. બરાબર ક્રમમાં ન જોડ્યા હોય તે ઘટકોની નોંધ કરી, પરિપથ અને આકૃતિને સુધારો.

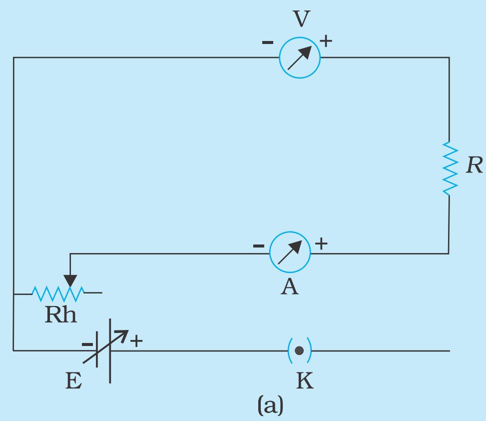
જરૂરી સાધન-સામગ્રી

આપેલ ખુલ્લો પરિપથ કે જેમાં ઓછામાં ઓછો એક વિદ્યુતકોષ અથવા બૅટરી, પ્લગ કળ, અવરોધ, રીઓસ્ટેટ, એમીટર, વોલ્ટમીટર, જોડાણના તાર અને કાચપેપર.

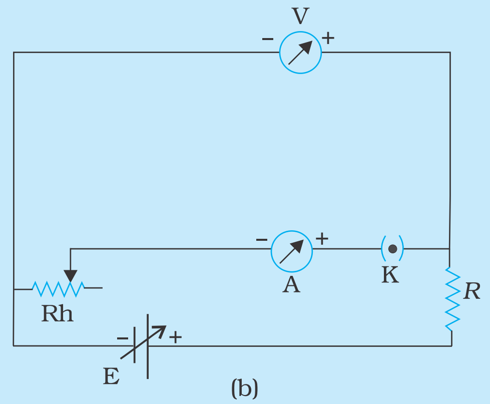
સિદ્ધાંત

પરિપથનાં બધાં જ ઘટકો / સાધનો કાર્યરત સ્થિતિમાં છે અને કળ બંધ છે તેમ ધારતા જો વિદ્યુતપરિપથનાં બધાં જ ઘટકો યોગ્ય રીતે જોડાણમાં હશે તો જ તે કાર્યરત થશે.

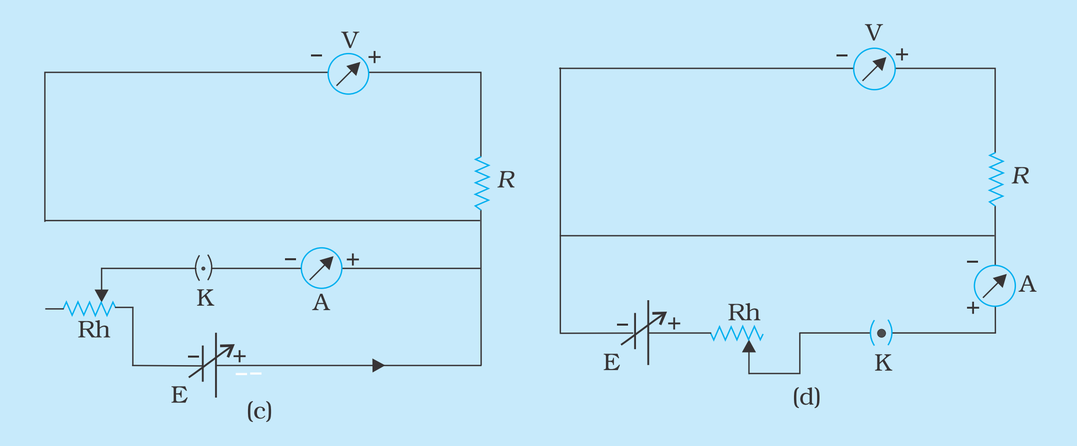
ખુલ્લો પરિપથ એટલે, પરિપથના કોઈ ભાગનું તુટવું કે જે ઇરાદાપૂર્વક પણ હોઈ શકે, જેમકે કળની ખુલ્લી સ્થિતિ અથવા કોઈ ખામી જેમકે કોઈ તાર તૂટી ગયો હોય, અથવા કોઈ ઘટક કે ઘટકો બળી ગયાં હોય અથવા ઢીલું જોડાણ હોય. આવી કેટલીક પરિપથ આકૃતિઓ A 2.1 (a), (b), (c) અને (d)માં આપેલી છે.



(a)



(b)



આકૃતિ A 2.1 (a), (b), (c), (d) ખુલ્લાં પરિપથો

છે. જેમાં પરિપથનાં અમૂક ઘટકો જેવા કે કળ, એમીટર, વોલ્ટમીટર, અવરોધ, રીઓસ્ટેટ વગેરેનો સમાવેશ થાય. આપેલો પરિપથ દોર્યા પછી, વિદ્યાર્થીઓએ જે ઘટકો બરાબર ક્રમમાં ન જોડ્યાં હોય તેની નોંધ કરવાની છે. પછી સુધારેલ પરિપથ દોરી અને તેજ પ્રમાણે પરિપથના ઘટકોને યોગ્ય ક્રમમાં જોડવાં.

તેથી શિક્ષકોને સલાહ છે કે, થોડાંક ખુલ્લાં પરિપથો ગોઠવવાં કે જેનાં કેટલાંક ઘટકો યોગ્ય ક્રમમાં જોડેલાં ન હોય.

પદ્ધતિ

(1) તમારા શિક્ષક દ્વારા આપવામાં આવેલાં પરિપથોની આકૃતિ નોટબુકમાં દોરો. [આકૃતિ A 2.1 (a), (b), (c) અને (d)]

(2) એક પરિપથને ધ્યાનમાં લઈ, તેમાં યોગ્ય ક્રમમાં ન જોડેલા હોય તેવા વિવિધ ઘટકોની નોંધ કોષ્ટક A 2.1 માં કરો.

(3) સુધારેલા વિદ્યુત પરિપથની આકૃતિ દોરો.

(4) સુધારેલા વિદ્યુત પરિપથ મુજબ વિદ્યુત-ઘટકોને જોડો.

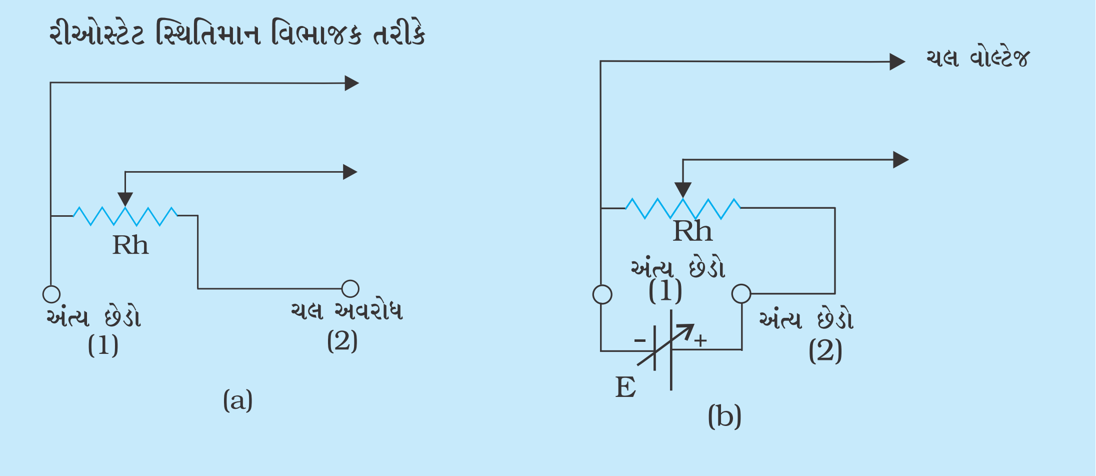
(5) કળ બંધ કરી સુધારેલો પરિપથ કાર્યરત છે કે નહિ તે ચકાસો.

નોંધ : રીઓસ્ટેટનો ઉપયોગ ચલ અવરોધ અને વિદ્યુતસ્થિતિમાન વિભાજક બંને તરીકે કરી શકાય.

રીઓસ્ટેટ ચલ અવરોધ તરીકે :

(1) આકૃતિ A 2.2 (a) આપેલ, રીઓસ્ટેટને ચલ અવરોધ તરીકે દર્શાવતો પરિપથ દોરો.

(2) રીઓસ્ટેટના એક અંત્ય છેડા અને બીજા ચલ છેડાને નીચે દોર્યા મુજબ જોડો.



આકૃતિ A 2.2 (a) રીઓસ્ટેટ ચલ અવરોધ તરીકે
(b) રીઓસ્ટેટ ચલિત વોલ્ટેજ આપતા સ્થિતિમાન વિભાજક તરીકે

(1) આકૃતિ A 2.2 (b)માં દર્શાવ્યા મુજબ રીઓસ્ટેટનો સ્થિતિમાન વિભાજક તરીકે ઉપયોગ દર્શાવતો પરિપથ દોરો.

(2) રીઓસ્ટેટના છેડાઓને ઉપર દોર્યા પ્રમાણે જોડો.

(i) અંતિમ છેડાઓ (1) અને (2)ને ઇનપુટ સ્થિતિમાન (બૅટરી) સાથે અને

(ii) એક અંતિમ છેડો અને બીજા ચલિત છેડાને ચલિત વોલ્ટેજ માટે.

અવલોકનો

કોષ્ટક A 2.1 : આપેલ કૉલમમાં યોગ્ય (✓) નિશાન કરો

ક્રમ	પરિપથનો ઘટક	સાચું જોડાણ	ખોટું જોડાણ
1	બૅટરી / વિદ્યુતકોષ		
2	અવરોધ		
3	રીઓસ્ટેટ		
4	કળ		
5	એમીટર		
6	વોલ્ટમીટર		

પરિણામ

સાચી પરિપથ આકૃતિ મુજબ એકત્રિત કરેલો વિદ્યુત-પરિપથ કાર્યરત છે.

સાવચેતીઓ

(1) જોડાણ કરતાં પહેલાં જોડાણ તારના છેડાઓ કાચપેપર વડે સાફ કરવા જોઈએ.

(2) બૅટરીનો ધન છેડો, એમીટર અને વોલ્ટમીટરના ધન છેડા સાથે જોડવો જોઈએ.

(3) એમીટર અવરોધ સાથે શ્રેણીમાં અને વોલ્ટમીટર અવરોધ સાથે સમાંતરમાં જોડવું જોઈએ.

ચર્ચા

(1) (a) રીઓસ્ટેટને શ્રેણીમાં ચલિત અવરોધ તરીકે વાપરી શકાય. આ કિસ્સામાં, અંતિમ છેડો (1) અને બીજો ચલિત છેડો વાપરી શકાય. (આકૃતિ A 2.2 (a)).

(b) જ્યારે રીઓસ્ટેટને વિદ્યુતકોષ સાથે સ્થિતિમાન વિભાજક તરીકે વાપરીએ ત્યારે તેના એક અંતિમ છેડા અને બીજા ચલિત છેડાની મદદથી ચલિત વોલ્ટેજ મેળવી શકાય. (આકૃતિ A 2.2 (b)).

ચર્ચાના મુદ્દાઓ 1(a) અને 1 (b) કેવી રીતે શક્ય બને તે યોગ્ય ઠેરવો.

(2) કળને ખુલ્લી રાખવી પડે જેથી ઘટકોને નુકસાન ના થાય.

સ્વ-મૂલ્યાંકન

(1) પરિપથમાંના દરેક ઘટકના કાર્યનું અર્થઘટન કરો.

(2) (i) મહત્તમ અવરોધ (ii) લઘુત્તમ અવરોધ માટેના સરકતા સંપર્કના સ્થાનને દર્શાવતા રીઓસ્ટેટની ચલિત અવરોધ તરીકેની પરિપથ આકૃતિ દોરો.

(3) વિદ્યુત-પરિપથની ગોઠવણીમાં કાચપેપરનું કાર્ય શું છે ?

(4) રીઓસ્ટેટ અને અવરોધપેટી સર્કિટ (પરિપથ)માં રહેલ અવરોધને બદલી શકે છે છતાં પણ તેમનાં કાર્યો જુદાં-જુદાં છે. ચર્ચા કરો.

સૂચવેલ વધારાના પ્રયોગો / પ્રવૃત્તિઓ

(1) રીઓસ્ટેટનો સ્થિતિમાન વિભાજક તરીકેનો ઉપયોગ કરતી સર્કિટ ડાયાગ્રામ (પરિપથ આકૃતિ) દોરો. વાસ્તવિક જોડાણો બનાવો અને તેના દ્વારા મળતી વોલ્ટેજ અવધિ (Range) નક્કી કરો.

(2) પ્રયોગશાળામાં ઉપલબ્ધ જુદા-જુદા પ્રકારની કળનો અભ્યાસ કરો. વિદ્યુત-પરિપથમાં તેમના કાર્યો ઓળખો.

(3) પ્રયોગશાળામાં ઉપલબ્ધ જુદા-જુદા પ્રકારના અવરોધોનો વિસ્તૃત અભ્યાસ કરો. (કાર્બન અવરોધ, તાર વીંટાળેલ અવરોધપેટી)

(4) ઘર-વપરાશના પરિપથમાં અને પ્રયોગશાળામાં વપરાતાં જોડાણ તારની સરખામણી કરો.

(5) પ્રયોગશાળામાં જુદા-જુદા બૅટરી એલિમિનેટરો અને dc સ્રોતો (કોષ, બૅટરીઓ)નો અભ્યાસ કરો. કારની બૅટરીની સરખામણીમાં તેઓ કેવી રીતે જુદા પડે છે ?

પ્રવૃત્તિ 3

હેતુ

લોખંડના ગર્ભ સહિત તથા રહિત ઈન્ડક્ટરના અવરોધ અને ઈમ્પિડન્સનું માપન કરવું.

જરૂરી સાધન-સામગ્રી

ઈન્ડક્ટર કૉઈલ (જેનો વ્યાસ લગભગ 2 cm અને આંટાની સંખ્યા 2000 હોય), નરમ લોખંડનો ગર્ભ (નળાકારીય સળિયો જેનો વ્યાસ 1.75 cm અને લંબાઈ ઈન્ડક્ટર જેટલી હોય), અવરોધપેટી (0 થી 10,000 Ω), બૅટરી એલિમિનેટર (0–2–4–6 વોલ્ટ), ટેપિંગ (વોલ્ટેજના જુદાજુદા જોડાણઅગ્રો) સાથેનું સ્ટેપ ડાઉન ટ્રાન્સફોર્મર (0–2–4–6 વોલ્ટ, 50 Hz), dc મિલિએમીટર (0–500 mA ની રેન્જવાળું), ac મિલિએમીટર (0–500 mAની રેન્જવાળું), dc વોલ્ટમીટર (0–5Vની રેન્જવાળું), ac વોલ્ટમીટર (0 – 5Vની રેન્જવાળું), એકમાર્ગીય કળ, જોડાણ માટેના તાર.

સિદ્ધાંત

પોલા નળાકાર પર તાંબાના તારના ઘણા બધા આંટા વીંટાળીને તૈયાર કરેલ નળાકારીય ગૂંચળું (Coil) એટલે ઈન્ડક્ટર. આવા ગૂંચળાનો અવરોધ, $R = \frac{V}{I}$ (A 3.1)

જ્યાં V એ કૉઈલના બે છેડા વચ્ચેનો સ્થિતિમાનનો તફાવત અને I એ કૉઈલમાંથી પસાર થતો dc પ્રવાહ છે. જ્યારે ગૂંચળામાં નરમ લોખંડને ગર્ભ તરીકે મૂકવામાં આવે ત્યારે ગૂંચળા માટે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત V′ અને પ્રવાહ I′ મળે છે જો લોખંડના ગર્ભ (core) સહિત ગૂંચળાનો અવરોધ,

$$R' = \frac{V'}{I'} \quad \text{(A 3.2)}$$

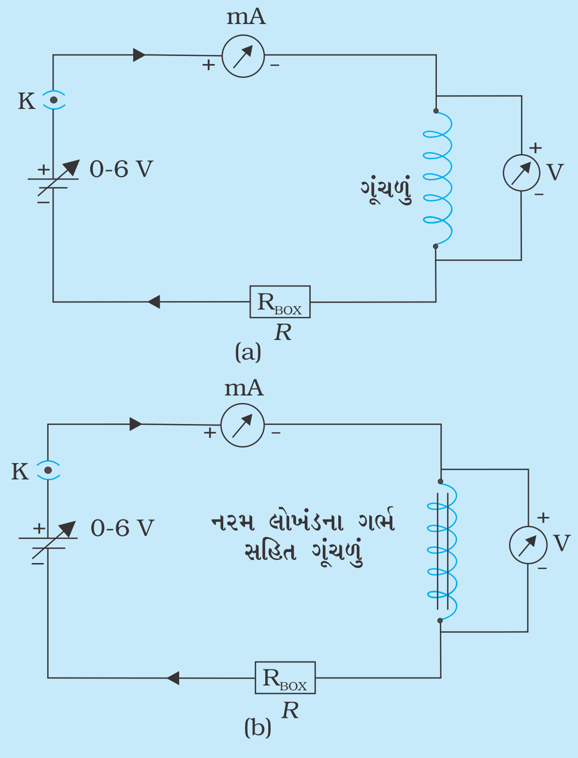
ac પ્રવાહના વહન દરમ્યાન ગૂંચળાના અવરોધ ને ઈમ્પિડન્સ Z કહે છે. લોખંડના ગર્ભ વગર ગૂંચળામાંથી પસાર થતો પ્રત્યાવર્તી વોલ્ટેજ (alternating voltage) અને પ્રત્યાવર્તી પ્રવાહ (alternating current) અનુક્રમે V_{ac} અને I_{ac} છે. ગૂંચળાનો ઈમ્પિડન્સ,

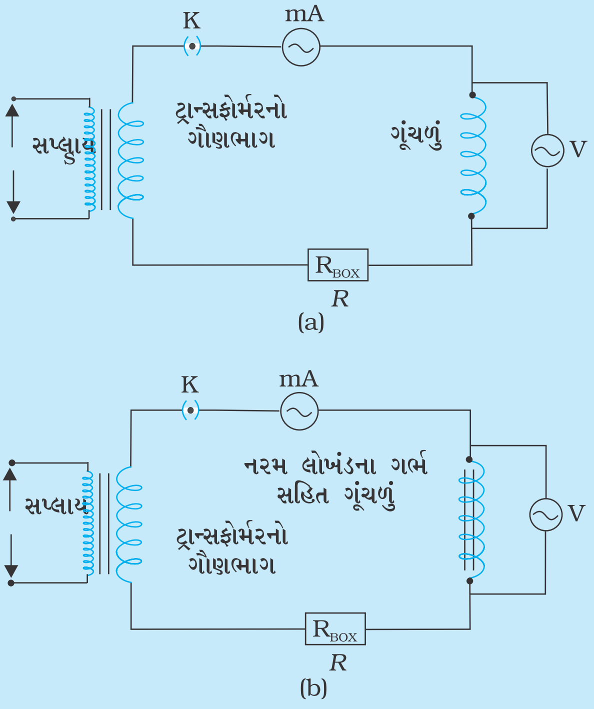
(A 3.3) $$Z = \frac{V_{ac}}{I_{ac}}$$ વડે અપાય છે.

હવે, લોખંડના ગર્ભને ગૂંચળાની અંદર મૂકતાં, ઈમ્પિડન્સનું મૂલ્ય Z' બને છે.

(A 3.4) $$Z' = \frac{V'_{ac}}{I'_{ac}}$$

જ્યાં V'_{ac} અને I'_{ac} એ લોખંડના ગર્ભને મૂક્યા પછી ઈન્ડક્ટર માટે અનુક્રમે પ્રત્યાવર્તી વોલ્ટેજ અને પ્રત્યાવર્તી પ્રવાહ છે.





આકૃતિ A 3.1 *(a) : dc પરિપથમાં ઈન્ડક્ટર : (a)હવાનું ગર્ભ (b) નરમ લોખંડનું ગર્ભ ધરાવતા અવરોધનું માપન*

આકૃતિ A 3.2 *ac પરિપથમાં ઈન્ડક્ટર: (a) હવાનું ગર્ભ (b) નરમ લોખંડનું ગર્ભ ધરાવતા ઈમ્પિડન્સનું માપન*