

## પ્રકરણ 10

### પ્રકાશ-પરાવર્તન અને વકીભવન (Light-Reflection and Refraction)

વિશ્વમાં આપણી આસપાસ રહેલી અનેક પ્રકારની વस્તુઓ આપણે જોઈએ છીએ. જોકે અંધારા ઓરડામાં આપણે કંઈ પણ જોવા માટે અસમર્થ છીએ. ઓરડાને પ્રકાશિત કરતાં તેમાં રહેલી વસ્તુઓ દશ્યમાન થાય છે. શાનાથી વસ્તુઓ દશ્યમાન બને છે? દિવસ દરમિયાન સૂર્યનો પ્રકાશ આપણને વસ્તુઓને જોવા માટે મદદરૂપ થાય છે. વસ્તુ તેની પર પડતાં પ્રકાશને પરાવર્તિત કરે છે. આ પરાવર્તિત પ્રકાશ જ્યારે આપણી આંખો દ્વારા પ્રાપ્ત થાય ત્યારે તે આપણને વસ્તુઓ દેખવા શક્તિમાન બનાવે છે. આપણે પારદર્શક માધ્યમની આરપાર જોઈ શકીએ છીએ કારણ કે પ્રકાશ તેમાંથી પસાર થઈ શકે છે. પ્રકાશ સાથે અનેક સામાન્ય તથા અદ્ભુત ઘટનાઓ સંકળાયેલ છે જેમકે, અરીસાઓ દ્વારા પ્રતિબિંબની રચના, તારાઓનું ટમટમવું, મેઘધનૃથના સુંદર રંગો, માધ્યમ દ્વારા પ્રકાશનું વાંકું વળવું વગેરે. પ્રકાશના ગુણધર્મોનો અભ્યાસ આપણાને તે સમજવામાં મદદરૂપ થશે.

આપણી આસપાસ બનતી સામાન્ય પ્રકાશીય ઘટનાઓનાં અવલોકનો પરથી આપણે તારણ કાઢી શકીએ કે પ્રકાશ સુરેખામાં ગતિ કરતો લાગે છે. કોઈ નાનું પ્રકાશ ઉદ્ગમસ્થાન અપારદર્શક વસ્તુનું તીક્ષ્ણ પ્રતિબિંબ બનાવે છે – આ તથા પ્રકાશના સુરેખ પથને પ્રદર્શિત કરે છે, જેને સામાન્ય રીતે પ્રકાશના કિરણ તરીકે દર્શાવાય છે.

જો પ્રકાશના પથમાં રાખેલ અપારદર્શક વસ્તુ ખૂબ નાની હોય તો પ્રકાશ સુરેખપથ પર ગતિ કરવાને બદલે તેની ધાર પાસેથી વાંકો વળે છે – આ ઘટનાને પ્રકાશનું વિવર્તન કહે છે. આ સ્થિતિમાં કિરણ પ્રકાશશાસ્ત્ર કે જેમાં રેખીયપથ વિચારધારા મુજબ કિરણોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે તે નિષ્ફળ જાય છે. વિવર્તન જેવી ઘટનાઓ સમજાવવા માટે પ્રકાશને તરંગ સ્વરૂપે માનવામાં આવે છે, જેનો વિસ્તૃત અભ્યાસ તમે આગળનાં ધોરણોમાં કરશો. 20મી સદીના પ્રારંભમાં ફરીથી તે સ્પષ્ટ થઈ ચૂક્યું હતું કે પ્રકાશની દ્રવ્ય સાથેની આંતરકિયાના અભ્યાસમાં પ્રકાશનો તરંગ સિદ્ધાંત પર્યાપ્ત નથી તથા પ્રકાશ ઘણી વાર કણોના પ્રવાહ સ્વરૂપે વર્તે છે. પ્રકાશની સાચી પ્રકૃતિ વિશે મતમતાંતરો કેટલાંક વર્ષો સુધી ચાલતા રહ્યા જ્યાં સુધી પ્રકાશનો આધુનિક ક્વોન્ટમ સિદ્ધાંત અસ્તિત્વમાં ન આવ્યો કે જેમાં પ્રકાશને ન તો ‘તરંગ’ માનવામાં આવે છે ન તો ‘કણ’ – આવા સિદ્ધાંતમાં પ્રકાશના કણ સંબંધિત ગુણધર્મો તથા તરંગ પ્રકૃતિ વચ્ચે સમન્વય સાધવામાં આવ્યો.

આ પ્રકરણમાં આપણે પ્રકાશના પરાવર્તન અને વકીભવનની ઘટનાઓનો અભ્યાસ, પ્રકાશની સુરેખપથ પર થતી ગતિની મદદથી કરીશું. આ મૂળભૂત ખાલો આપણાને કુદરતમાં બનતી કેટલાંક પ્રકાશીય ઘટનાઓના અભ્યાસમાં મદદરૂપ થશે. આ પ્રકરણમાં આપણે ગોળીય અરીસાઓ દ્વારા પ્રકાશના પરાવર્તન, પ્રકાશના વકીભવન તેમજ વાસ્તવિક જીવનમાં તેમની ઉપયોગિતાને સમજવાનો પ્રયત્ન કરીશું.

#### 10.1 પ્રકાશનું પરાવર્તન (Reflection of Light)

સંપૂર્ણ પોલિશ કરેલી સપાટી, જેમકે અરીસો, તેના પર પડતા મોટા ભાગના પ્રકાશનું પરાવર્તન કરે છે.

તમે પ્રકાશના પરાવર્તનના નિયમો વિશે પહેલેથી જ જાણો છો. ચાલો ! આ નિયમો યાદ કરી લઈએ –

- આપાતકોણ અને પરાવર્તનકોણ સમાન હોય છે તથા
- આપાતકિરણ, અરીસાના આપાતબંદુએ સપાટીને દોરેલ લંબ અને પરાવર્તિત કિરણ એ બધા એક જ સમતલમાં હોય છે.

પરાવર્તનના આ નિયમો ગોળીય સપાટી સહિત બધા જ પ્રકારની પરાવર્તક સપાટીઓ માટે લાગુ પાડી શકાય છે. તમે સમતલ અરીસા વડે રચાતા પ્રતિબિંબથી પરિચિત છો. પ્રતિબિંબના ગુણધર્મો કેવા હોય છે ? સમતલ અરીસા દ્વારા મળતું પ્રતિબિંબ હંમેશાં આભાસી અને ચંતું હોય છે. પ્રતિબિંબનું માપ વસ્તુના માપ જેટલું હોય છે. પ્રતિબિંબ અરીસાની પાછળ તેટલા જ અંતરે રચાય છે જેટલા અંતરે અરીસાની આગળ વસ્તુ રાખેલ હોય. આ ઉપરાંત પ્રતિબિંબની બાજુઓ ઉલટાયેલી હોય છે. જો પરાવર્તક સપાટી ગોળીય હોય તો પ્રતિબિંબ કેવું રચાશે ? ચાલો શોધીએ.

### પ્રવૃત્તિ 10.1

- એક મોટી ચળકતી ચમચી લો. તમારો ચહેરો તેની વક્સપાટીમાં જોવાનો પ્રયત્ન કરો.
- શું તમને પ્રતિબિંબ મળે છે ? તે નાનું છે કે મોટું ?
- ચમચીને ધીરે-ધીરે તમારા ચહેરાથી દૂર ખસેડતા જાઓ. પ્રતિબિંબનું અવલોકન કરો. તે કેવી રીતે બદલાય છે ?
- ચમચીને ઉલટાવીને આ પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરો. હવે પ્રતિબિંબ કેવું દેખાય છે ?
- બંને સપાટીઓ વડે મળતાં પ્રતિબિંબોની લાક્ષણિકતાઓની સરખામણી કરો.

ચળકતી ચમચીની વક્સપાટીને ગોળીય અરીસા તરીકે ગણી શકાય. સૌથી વધુ ઉપયોગમાં આવતાં વક અરીસા તરીકે ગોળીય અરીસા છે. આ પ્રકારના અરીસાઓની પરાવર્તક સપાટી કોઈ ગોળાના પૃષ્ઠનો એક ભાગ ગણી શકાય. આવા અરીસાઓ કે જેના પરાવર્તક પૃષ્ઠ ગોળીય હોય તેને ગોળીય અરીસા કહે છે. હવે આપણે ગોળીય અરીસાઓ વિશે વિસ્તારપૂર્વક અભ્યાસ કરીશું.

### 10.2 ગોળીય અરીસાઓ (Spherical Mirrors)

ગોળીય અરીસાની પરાવર્તક સપાટી અંદરની તરફ કે બહારની તરફ વકાકાર હોઈ શકે. ગોળીય અરીસો કે જેની પરાવર્તક સપાટી અંદરની તરફ વળેલી એટલે કે ગોળાના કેન્દ્ર તરફ હોય તેને અંતર્ગોળ અરીસો (concave mirror) કહે છે. ગોળીય અરીસો કે જેની પરાવર્તક સપાટી બહારની તરફ વળેલી હોય તેને બહિર્ગોળ અરીસો (convex mirror) કહે છે. આ અરીસાઓનું રેખીય નિરૂપણ (Schematic representation) આકૃતિ 10.1 માં દર્શાવેલ છે. આ આકૃતિમાં નોંધો કે અરીસાઓના પાછળના ભાગને છાયાંકિત (Shaded) કરેલ છે.

હવે તમે સમજી શકશો કે ચમચીની અંદર તરફની વક સપાટી લગભગ અંતર્ગોળ અરીસા જેવી અને ચમચીની બહાર તરફ ઉપસેલી સપાટી લગભગ બહિર્ગોળ અરીસા જેવી ગણી શકાય.

ગોળીય અરીસાઓ વિશે વધારે સમજૂતી મેળવતા પહેલાં આપણે કેટલાંક પદો (terms)ના અર્થ, પરિચય અને સમજૂતી મેળવવાની જરૂર છે. આ પદો ગોળીય અરીસાઓની ચર્ચા કરતી વખતે સામાન્ય રીતે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. ગોળીય અરીસાની પરાવર્તક સપાટીના કેન્દ્રને અરીસાનું ધ્રુવ કહે છે. તે અરીસાના પૃષ્ઠ પર આવેલ હોય છે. ધ્રુવને સામાન્ય રીતે મૂળાક્ષર P વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

પ્રકાશ-પરાવર્તન અને વકીલબવન



S5G1Q6



(a) અંતર્ગોળ અરીસો

આકૃતિ 10.1

ગોળીય અરીસાઓનું રેખીય નિરૂપણ, છાયાંકિત ભાગ અપરાવર્તક છે

ગોળીય અરીસાની પરાવર્તક સપાટી ગોળાનો એક ભાગ છે. આ ગોળાને કેન્દ્ર હોય છે. આ કેન્દ્રને ગોળીય અરીસાનું વક્તાકેન્દ્ર કહે છે. તેને મૂળાક્ષર C વડે દર્શાવાય છે. અહીં ખાસ નોંધો કે વક્તાકેન્દ્ર એ અરીસાનો ભાગ નથી. તે પરાવર્તક સપાટીની બહાર આવેલું હોય છે. અંતર્ગોળ અરીસાનું વક્તાકેન્દ્ર તેની આગળ તરફ આવેલું છે. જોકે બહિગોળ અરીસાના ડિસામાં તે અરીસાની પાછળ આવેલું હોય છે. આ હકીકત તમે આકૃતિ 10.2 (a) તથા (b)માં જોઈ શકો છો. ગોળીય અરીસાની પરાવર્તક સપાટી જે ગોળાનો ભાગ છે તેની ત્રિજ્યાને અરીસાની વક્તાત્રિજ્યા કહે છે. તેને મૂળાક્ષર R વડે દર્શાવાય છે. તમે નોંધો કે અંતર PC વક્તાત્રિજ્યા જેટલું છે. ગોળીય અરીસાના પ્રુવ તથા વક્તાકેન્દ્રમાંથી પસાર થતી એક સુરેખા કલ્પો. આ રેખાને અરીસાની મુખ્ય અક્ષ કહે છે. યાદ રાખો કે મુખ્ય અક્ષ, અરીસાના પ્રુવ પાસે અરીસાને લંબ હોય છે. ચાલો! આપણે અરીસા સાથે સંકળાયેલ એક મહત્વપૂર્ણ પદ્ધતિ દ્વારા સમજુએ.

प्रवृत्ति 10.2

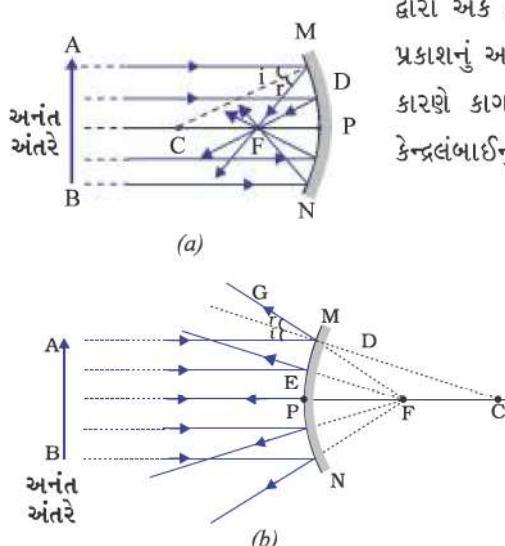
**ચેતવણી :** સૂર્ય તરફ પ્રત્યક્ષ કે સૂર્યપ્રકાશને પરાવર્તિત કરતા અરીસામાં ન જુઓ. તેનાથી કદાચ તમારી આંખોને નુકસાન થઈ શકે છે.

- એક અંતર્ગોળ અરીસાને તમારા હાથમાં પકડી તેની પરાવર્તક સપાઈને સૂર્ય તરફ રાખો.
  - અરીસા દ્વારા પરાવર્તિત થતાં પ્રકાશને અરીસાની પાસે રાખેલ એક કાગળના પાના (શીટ) પર આપાત કરો.
  - જ્યાં સુધી તમને કાગળના પાના પર એક પ્રકાશિત, તીક્ષ્ણ બિંદુ પ્રાપ્ત ન થાય ત્યાં સુધી કાગળના પાનાને ધીરે-ધીરે આગળ-પાછળ ખસેડો.
  - અરીસા તથા કાગળને થોડી ભિનિટો સુધી આ સ્થિતિમાં પકડી રાખો. તમે શું જુઓ છો ? આમ કેમ થાય છે ?

કાગળ સૌપ્રથમ સણગવાનું શરૂ કરે છે અને ધૂમાડો ઉત્પન્ન થાય છે. સમય જતાં તે આગ પણ પકડી શકે છે. તે કેમ સણગી ઉઠે છે? સૂર્યમાંથી આવતો પ્રકાશ અરીસા દ્વારા એક તીક્ષ્ણ પ્રકાશિત બિંદુ સ્વરૂપે કેન્દ્રિત થાય છે. વાસ્તવમાં કાગળના પાના પર પ્રકાશનું આ બિંદુ સૂર્યનું પ્રતિબિંબ છે. સૂર્યપ્રકાશના કેન્દ્રિત થવાથી ઉત્પન્ન થતી ઉખાને કારણો કાગળ સણગી ઉઠે છે. અરીસાના સ્થાનથી પ્રતિબિંબનું આ અંતર અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈનું આશરે મલ્ય આપે છે.

ચાલો, આ અવલોકનને એક ડિરાયાકૃતિ (Ray diagram) વડે સમજવાનો પ્રયત્ન કરીએ.

આકૃતિ 10.2 (a) ને ધ્યાનપૂર્વક જુઓ. અંતર્ગોળ અરીસા પર મુખ્ય અક્ષને સમાંતર કેટલાંક ડિરણો આપાત થઈ રહ્યાં છે. પરાવર્તિત કિરણનું અવલોકન કરો. તે બધા જ અરીસાની મુખ્ય અક્ષ પર એક બિંદુ પાસે મળી રહ્યાં (છેદી રહ્યાં) છે. આ બિંદુને અંતર્ગોળ અરીસાનું મુખ્ય કેન્દ્ર કહે છે. તે જ રીતે આકૃતિ 10.2 (b) જુઓ. બિંગોળ અરીસા દ્વારા મુખ્ય અક્ષને સમાંતર કિરણો કેવી રીતે પરાવર્તિત થાય છે? પરાવર્તિત કિરણો મુખ્ય અક્ષ પર એક બિંદુમાંથી આવતાં હોય તેવો ભાસ થાય છે. આ બિંદુને બહિંગોળ અરીસાનું મુખ્ય કેન્દ્ર કહે છે. મુખ્ય કેન્દ્રને F વડે દર્શાવાય છે. ગોળીય અરીસાના પ્રુવ તથા મુખ્ય કેન્દ્ર વચ્ચેના અંતરને કેન્દ્રલંબાઈ કહે છે. તેને મળાક્ષર f વડે દર્શાવાય છે.



આંકડા 10.2

- (a) અંતર્ગતોળ અરીસો  
 (b) બહિગતોળ અરીસો

ગોળીય અરીસાની પરાવર્તક સપાટી મોટે ભાગે ગોળીય હોય છે. આ સપાટીને એક વર્તુળાકાર સીમારેખા હોય છે. ગોળીય અરીસાની પરાવર્તક સપાટીની આ વર્તુળાકાર સીમારેખાના વ્યાસને અરીસાનું દર્પણમુખ (Aperture) કહે છે. આકૃતિ 10.2 માં અંતર MN દર્પણમુખ દર્શાવે છે. આપડી ચર્ચામાં આપણે ફક્ત તેવા અરીસાઓનો વિચાર કરીશું કે જેનું દર્પણમુખ તેની વક્તાત્રિજ્યા કરતાં ઘણું નાનું હોય.

શું ગોળીય અરીસાની વક્તાત્રિજ્યા R તથા કેન્દ્રલંબાઈ વચ્ચે કોઈ સંબંધ છે? નાના દર્પણમુખ ધરાવતાં ગોળીય અરીસાઓ માટે વક્તાત્રિજ્યા તેની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં બમણી હોય છે. આપણે આ સંબંધને  $R = 2f$  દ્વારા દર્શાવી શકીએ. જે દર્શાવે છે કે ગોળીય અરીસાનું મુખ્ય કેન્દ્ર તેના ધ્રુવ તથા વક્તાકેન્દ્રને જોડતી રેખાનું મધ્યબિંદુ હોય છે.

### 10.2.1 ગોળીય અરીસાઓ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ

#### (Image Formation by Spherical Mirrors)

તમે સમતલ અરીસાઓ દ્વારા રચાતાં પ્રતિબિંબોનો અભ્યાસ કર્યો. તમે તેના દ્વારા રચાતાં પ્રતિબિંબોના પ્રકાર, સ્થાન તથા સાપેક્ષ પરિમાણ વિશે પણ જાણો છે. ગોળીય અરીસાઓ દ્વારા રચાતાં પ્રતિબિંબ કેવા હોય છે? અંતર્ગોળ અરીસા દ્વારા વસ્તુનાં જુદાં-જુદાં સ્થાન માટે મળતાં પ્રતિબિંબોનું સ્થાન આપણે કેવી રીતે નક્કી કરી શકીએ? શું આ પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક છે કે આભાસી? શું તે મોટા છે, નાના છે કે સમાન પરિમાણ ધરાવે છે? આપણે એક પ્રવૃત્તિ દ્વારા તેની સમજૂતી મેળવીશું.

#### પ્રવૃત્તિ 10.3

તમે અંતર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ શોધવાની રીત અગાઉ શીખી ગયાં છો. પ્રવૃત્તિ 10.2માં તમે જોયું કે કાગળ પર મળેલ તીક્ષ્ણ પ્રકાશિત બિંદુ ખરેખર સૂર્યનું પ્રતિબિંબ છે. તે નાનું, વાસ્તવિક અને ઉલદું પ્રતિબિંબ છે. અરીસાથી પ્રતિબિંબનું અંતર માપી તમે અંતર્ગોળ અરીસાની આશરે કેન્દ્રલંબાઈ મેળવી હતી.

- એક અંતર્ગોળ અરીસો લો. ઉપર વર્ઝિવા મુજબ તેની આશરે કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. કેન્દ્રલંબાઈનું મૂલ્ય નોંધો લો. (તમે કોઈ દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ એક કાગળના પાના પર મેળવીને પણ કેન્દ્રલંબાઈનું મૂલ્ય મેળવી શકો છો.)
- ટેબલ પર ચોક વડે એક રેખા દોરો. અંતર્ગોળ અરીસાને એક સ્ટેન્ડ પર ગોઠવો. સ્ટેન્ડને રેખા પર એવી રીતે મૂકો કે જેથી અરીસાનો ધ્રુવ આ રેખા પર આવે.
- ચોક વડે બીજી બે રેખાઓ અગાઉ દોરેલ રેખાને સમાંતર એવી રીતે દોરો કે જેથી બે કંબિક રેખાઓ વચ્ચેનું અંતર અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ જેટલું હોય. આ રેખાઓ અનુકૂળ બિંદુ P, F અને C નું સ્થાન દર્શાવે છે. યાદ રાખો કે, નાના દર્પણમુખવાળા ગોળીય અરીસાઓનું મુખ્ય કેન્દ્ર F, ધ્રુવ P અને વક્તાકેન્દ્ર Cના મધ્યમાં હોય છે.
- એક તેજસ્વી વસ્તુ, જેમકે સણગતી મીણબતી, વક્તાકેન્દ્ર C થી ધોડો દૂર મૂકો. એક કાગળના પડાને અરીસાની સામે રાખીને જ્યાં સુધી મીણબતીની જ્યોતનું પ્રતિબિંબ તેના પર ન મળે ત્યાં સુધી અરીસા તરફ ખસેડો.
- પ્રતિબિંબનું કાળજીપૂર્વક અવલોકન કરો. તેનાં પ્રકાર, સ્થાન અને પરિમાણની વસ્તુના પરિમાણ સાપેક્ષ નોંધો કરો.
- આ પ્રવૃત્તિનું મીણબતીના નીચે દર્શાવેલ સ્થાનો માટે પુનરાવર્તન કરો. - (a) C થી થોડો દૂર (b) C પર (c) F તથા Cની વચ્ચે (d) F પર તથા (e) P અને F ની વચ્ચે
- આ બધા પૈકી એક સ્થિતિમાં તમે પડા પર પ્રતિબિંબ નહિ મેળવી શકો. આ સ્થિતિમાં વસ્તુનું સ્થાન નક્કી કરો. ત્યાર બાદ અરીસામાં તેનું આભાસી પ્રતિબિંબ મેળવો.
- તમારાં અવલોકનોને અવલોકન-કોઠામાં નોંધો.

ઉપર્યુક્ત પ્રવૃત્તિમાં તમે જોશો કે અંતર્ગોળ અરીસા દ્વારા મળતાં પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને પરિમાણ બિંદુ P, F તથા Cની સપેક્ષમાં વસ્તુના સ્થાન પર આધાર રાખે છે. વસ્તુનાં કેટલાંક સ્થાનો માટે મળતું પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક હોય છે. વસ્તુનાં બીજાં કેટલાંક ચોક્કસ સ્થાનો માટે તે આભાસી હોય છે. વસ્તુના સ્થાન અનુસાર પ્રતિબિંબ મોટું, નાનું કે સમાન પરિમાણનું હોય છે. તમારા સંદર્ભ માટે આ અવલોકનોનું સંક્ષિપ્ત વર્ણન નીચેના કોષ્ટક 10.1 માં આપેલ છે.

**કોષ્ટક 10.1** અંતર્ગોળ અરીસા દ્વારા વસ્તુના જુદાં-જુદાં સ્થાનોને અનુરૂપ રચાતાં પ્રતિબિંબ

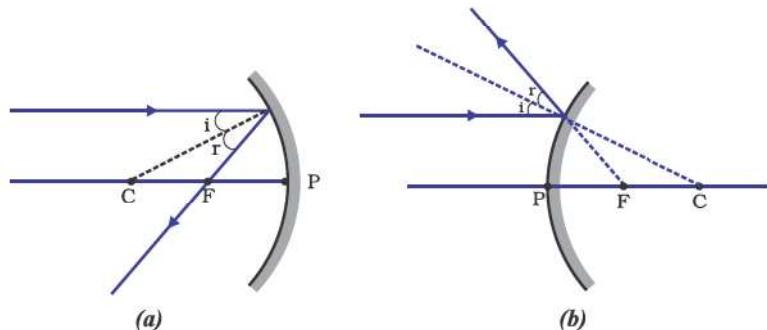
વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું માપ (Size)	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
અનંત અંતરે	મુખ્ય કેન્દ્ર F પર	ખૂબ જ નાનું બિંદુવત્ત	વાસ્તવિક અને ઉલટું
C થી દૂર	F અને Cની વચ્ચે	નાનું	વાસ્તવિક અને ઉલટું
C પર	C પર	સમાન માપ (સાઈઝ)નું	વાસ્તવિક અને ઉલટું
C અને F ની વચ્ચે	Cથી દૂર	વિવર્ધિત (મોટું)	વાસ્તવિક અને ઉલટું
F પર	અનંત અંતરે	ખૂબ જ વિવર્ધિત	વાસ્તવિક અને ઉલટું
P અને Fની વચ્ચે	અરીસાની પાછળી	વિવર્ધિત	આભાસી અને ચતું

### 10.2.2 કિરણાકૃતિ (Ray diagram)ના ઉપયોગ દ્વારા ગોળીય અરીસાઓ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોનું નિરૂપણ

#### (Representation of Images Formed by Spherical Mirrors Using Ray Diagrams)

ગોળીય અરીસાઓ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોનો અભ્યાસ આપણે કિરણાકૃતિ દ્વારા પડા કરી શકીએ છીએ. ગોળીય અરીસાની સામે મૂકેલ એક નિયત સાઈઝની મોટી વસ્તુનો વિચાર કરો. આ મોટી વસ્તુનો દરેક નાનો ભાગ એક બિંદુવત્ત વસ્તુ તરીકે કાર્ય કરે છે. આ દરેક બિંદુઓમાંથી અનંત સંખ્યામાં કિરણો ઉત્પન્ન થાય છે. વસ્તુના પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે કિરણાકૃતિ બનાવતી વખતે કોઈ બિંદુમાંથી નીકળતાં કિરણોની વિશાળ સંખ્યામાંથી અનુકૂળતા મુજબ કેટલાંક કિરણો લઈ શકાય છે. જોકે સ્પષ્ટ કિરણાકૃતિ દોરવા માટે ફક્ત બે કિરણોનો વિચાર કરવો વધારે સગવડખર્યો છે. આ કિરણો એવા પસંદ કરવા જોઈએ કે જેની દિશા અરીસા પરથી પરાવર્તન પામ્યાં બાદ સરળતાથી જાણી શકાય.

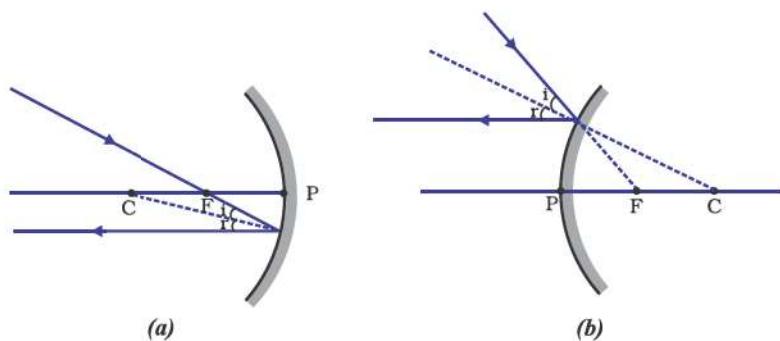
કોઈ બિંદુવત્ત વસ્તુના પ્રતિબિંબનું સ્થાન ઓછાંમાં ઓછાં બે પરાવર્તિત કિરણોના છેદન દ્વારા મેળવી શકાય છે. પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે નીચેનાં પૈકી કોઈ પણ બે કિરણો પર વિચાર કરી શકાય :



આકૃતિ 10.3

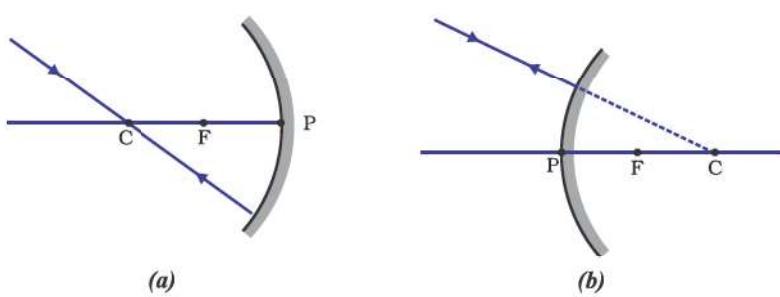
- મુખ્ય અક્ષને સમાંતર દિશામાં આપાત થતું પ્રકાશનું કિરણ પરાવર્તન પામ્યાં બાદ અંતર્ગોળ અરીસાના કિસ્સામાં તેના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થશે અથવા બહિગોળ અરીસાના કિસ્સામાં તેના મુખ્ય કેન્દ્ર પરથી વિકેન્દ્રિત થતું હોય તેવો ભાસ થશે. તે આકૃતિ 10.3 (a) અને (b)માં દર્શાવેલ છે.

(ii) અંતર્ગોળ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું પ્રકાશનું ડિરણ અથવા બહિગોળ અરીસાના મુખ્ય કેન્દ્ર તરફ ગતિ કરતું હોય તેવું ડિરણ પરાવર્તન પામ્યાં બાદ મુખ્ય અક્ષને સમાંતર દિશામાં પરાવર્તિત થાય છે. જે આકૃતિ 10.4 (a) અને (b)માં દર્શાવેલ છે.



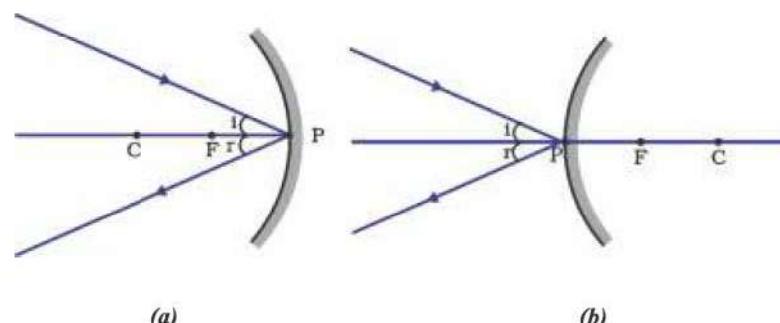
આકૃતિ 10.4

(iii) અંતર્ગોળ અરીસાના વક્તાકેન્દ્રમાંથી પસાર થતું અથવા બહિગોળ અરીસાના વક્તાકેન્દ્રની દિશામાં ગતિ કરતું પ્રકાશનું ડિરણ અરીસા પરથી પરાવર્તન પામી તે જ પથ પર પાછું ફરે છે. જે આકૃતિ 10.5 (a) અને (b)માં દર્શાવેલ છે. પ્રકાશનું ડિરણ તે જ પથ પર એટલા માટે પાછું ફરે છે કારણ કે આપાતડિરણ અરીસાની પરાવર્તક સપાટીને લંબરૂપે આપાત થાય છે.



આકૃતિ 10.5

(iv) અરીસાની મુખ્ય અક્ષ સાથે નિશ્ચિતકોણ બનાવતી દિશામાં બિંદુ P (અરીસાનું ધૂવ) પર આપાત થતું ડિરણ અંતર્ગોળ અરીસા [આકૃતિ 10.6 (a)] અથવા [આકૃતિ 10.6 (b)] પરથી પરાવર્તન પામી તે જ નિશ્ચિતકોણ બનાવતી દિશામાં પરાવર્તન પામે છે. આપાતબિંદુ (બિંદુ P) પાસે મુખ્ય અક્ષ સાથે સમાન કોણ બનાવતાં આપાત તથા પરાવર્તિત ડિરણો, પરાવર્તનના નિયમોનું પાલન કરે છે.

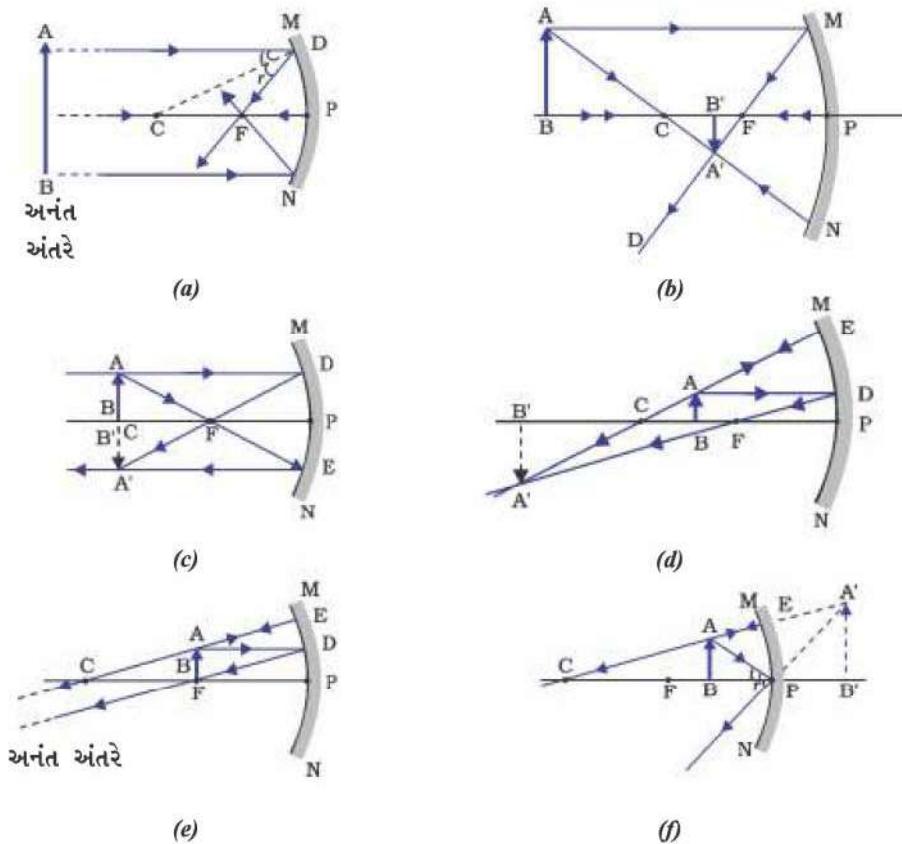


આકૃતિ 10.6

યાદ રાખો કે ઉપરના બધા જ ડિસ્સાઓમાં પરાવર્તનના નિયમોનું પાલન થાય છે. આપાત-બિંદુ પાસેથી આપાતડિરણ એવી રીતે પરાવર્તન પામે છે કે જેથી પરાવર્તન કોણનું મૂલ્ય આપાત-કોણના મૂલ્ય જેટલું થાય.

(a) અંતર્ગોળ અરીસા વડે પ્રતિબિંબની રચના (Image Formation by Concave Mirror)

આકૃતિ 10.7માં વસ્તુના જુદાં-જુદાં સ્થાન માટે અંતર્ગોળ અરીસા વડે પ્રતિબિંબની રચના ડિરણાકૃતિ દ્વારા દર્શાવેલ છે.



આકૃતિ 10.7 અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોની કિરણાકૃતિ

#### પ્રવૃત્તિ 10.4

- કોષ્ટક 10.1માં દર્શાવેલ વસ્તુની દરેક સ્થિતિઓ માટે સ્વચ્છ કિરણાકૃતિ દોરો.
- પ્રતિબિંબનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે તમે અગાઉના વિભાગમાં વર્ણવેલ કોઈ પણ બે કિરણો લઈ શકો છો.
- તમારી કિરણાકૃતિઓને આકૃતિ 10.7માં દર્શાવેલ કિરણાકૃતિઓ સાથે સરખાવો.
- દરેક સ્થિતિમાં બનતા પ્રતિબિંબના પ્રકાર, સ્થાન તથા સાપેક્ષ પરિમાણ જણાવો.
- તમારાં પરિણામોને અનુકૂળ સ્વરૂપ (format)માં કોષ્ટકમાં દર્શાવો.

#### અંતર્ગોળ અરીસાઓના ઉપયોગ (Uses of concave mirrors)

અંતર્ગોળ અરીસાઓનો ઉપયોગ સામાન્ય રીતે ટોર્ચ, સર્વેલાઇટ તથા વાહનોની ડેડ લાઇટ (head lights)માં પ્રકાશના શક્તિશાળી સમાંતર કિરણજૂથ મેળવવા માટે કરવામાં આવે છે. ધણી વાર તેમનો ઉપયોગ દાઢી કરવાના અરીસા (Shaving mirrors) તરીકે ચહેરાનું મોટું પ્રતિબિંબ જોવા માટે કરવામાં આવે છે. દાંતના ડોક્ટરો અંતર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ દર્દાઓના દાંતનું મોટું પ્રતિબિંબ જોવા માટે કરે છે. સૌર ભક્તીઓમાં સૂર્યપ્રકાશને કેન્દ્રિત કરવા માટે મોટા અંતર્ગોળ અરીસાઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

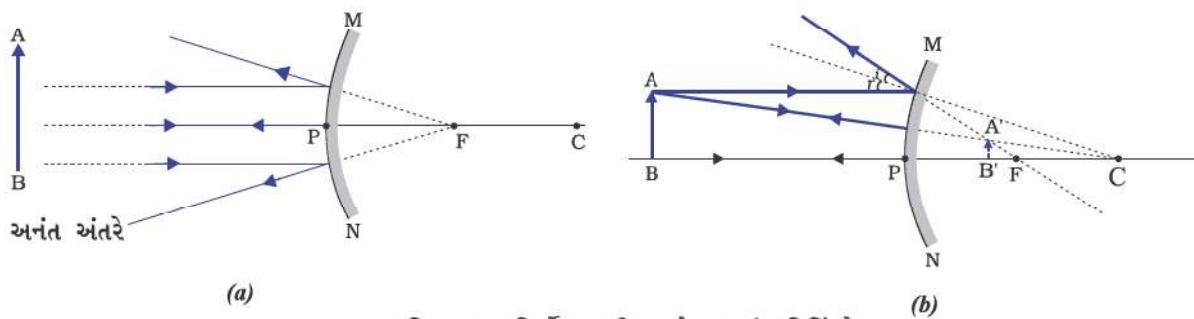
#### (b) બહિગોળ અરીસા વડે પ્રતિબિંબની રચના (Image formation by a Convex Mirror)

આપણો અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોનો અભ્યાસ કરો. હવે આપણે બહિગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ વિશેનો અભ્યાસ કરીશું.

### પ્રવૃત્તિ 10.5

- એક બહિગોળ અરીસો લો. તેને એક હાથમાં પકડો.
- બીજા હાથમાં એક પેન્સિલને તેની આડી ઉપરની તરફ રહે તેમ સીધી પકડો.
- અરીસામાં પેન્સિલનું પ્રતિબિંબ જુઓ. પ્રતિબિંબ ચંચું છે કે ઉલદું ? તે નાનું છે કે મોટું ?
- પેન્સિલને ધીરે-ધીરે અરીસાથી દૂર લઈ જાઓ. શું પ્રતિબિંબ નાનું થાય છે કે મોટું ?
- આ પ્રવૃત્તિને સાવધાનીપૂર્વક પુનરાવર્તિત કરો. જણાવો કે જ્યારે વસ્તુને અરીસાથી દૂર લઈ જવામાં આવે છે ત્યારે તેનું પ્રતિબિંબ મુખ્ય કેન્દ્રની નજીક આવે છે કે દૂર જાય છે ?

બહિગોળ અરીસા દ્વારા રચાતાં પ્રતિબિંબનો અભ્યાસ કરવા માટે આપણે વસ્તુનાં બે સ્થાનો ધ્યાનમાં લઈશું. પ્રથમ સ્થિતિમાં વસ્તુ અનંત અંતરે હોય ત્યારે તથા બીજી સ્થિતિમાં વસ્તુ અરીસાથી ચોક્કસ અંતરે હોય. વસ્તુની આ બંને સ્થિતિઓમાં બહિગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબની કિરણાકૃતિ અનુકૂળ આદૃત 10.8 (a) તથા 10.8(b)માં દર્શાવેલ છે. પરિણામોનું સંક્ષિપ્ત વર્ણન કોષ્ટક 10.2માં આપેલ છે.



આદૃત 10.8 બહિગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબો

કોષ્ટક 10.2 : બહિગોળ અરીસા દ્વારા રચાતાં પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ પરિમાણ

વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું પરિમાણ	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
અનંત અંતરે	મુખ્ય કેન્દ્ર F પર અરીસાની પાછળ	ખૂબ જ નાનું બિંદુવત્ત	આભાસી અને ચંચું
અનંત અંતરે તથા અરીસાના ધ્રુવ (P) વચ્ચે ગમે ત્યાં	અરીસાની પાછળ P અને Fની વચ્ચે	નાનું	આભાસી અને ચંચું

અત્યાર સુધી તમે સમતલ અરીસા, અંતર્ગોળ અરીસા તથા બહિગોળ અરીસા વડે બનતાં પ્રતિબિંબનો અભ્યાસ કર્યો. આ પૈકી ક્યો અરીસો કોઈ મોટી વસ્તુનું આખું પ્રતિબિંબ આપશે ? ચાલો ! એક પ્રવૃત્તિ દ્વારા તે સમજુઓ.

### પ્રવૃત્તિ 10.6

- સમતલ અરીસામાં કોઈ દૂર રહેલી વસ્તુ જેમકે કોઈ દૂર રહેલ વૃક્ષના પ્રતિબિંબનું અવલોકન કરો.
- શું તમને સંપૂર્ણ (Full length) પ્રતિબિંબ જોવા મળે છે ?

- જુદી-જુદી સાઈઝના સમતલ અરીસાનો ઉપયોગ કરી આ પ્રયોગનું પુનરાવર્તન કરો. શું તમે અરીસામાં વસ્તુનું સંપૂર્ણ પ્રતિબિંબ જોઈ શકો છો ?
- અંતર્ગોળ અરીસો લઈને આ પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરો. શું આ અરીસો વસ્તુનું સંપૂર્ણ પ્રતિબિંબ દર્શાવે છે ?
- હવે એક બહિર્ગોળ અરીસો લઈને પ્રયત્ન કરી જુઓ. શું તમને સફળતા મળે છે ? તમારાં અવલોકનો કારણો સહિત સમજાવો.

તમે એક નાના બહિર્ગોળ અરીસામાં કોઈ ઊંચી ઈમારત/વૃક્ષનું સંપૂર્ણ પ્રતિબિંબ જોઈ શકો છો. આગ્રાના કિલ્લાની એક દીવાલ પર આવો જ એક અરીસો રાખેલ છે. જો તમે આગ્રાના કિલ્લાની મુલાકાતે જાઓ તો દીવાલ પર રાખેલા આ અરીસાની મદદથી કોઈ દૂરની ઊંચી ઈમારત/મકબરાને જોવાનો પ્રયત્ન કરજો. મકબરાને સ્પષ્ટ રૂપે જોવા માટે તમારે દીવાલ સાથેની અગાશી (terrace) પર યોગ્ય સ્થાને ઊભા રહેવું પડશે.

#### બહિર્ગોળ અરીસાના ઉપયોગો (Uses of convex mirrors)

બહિર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ સામાન્ય રીતે વાહનોમાં પાછળાનાં દશ્યો જોવા માટેના અરીસા (wing) તરીકે કરવામાં આવે છે. આવા અરીસાઓ વાહનની સાઈડ પર લગાડવામાં આવે છે. જેમાં ડ્રાઇવર તેની / તેણીની પાછળ આવતાં ડ્રાફ્ટને જોઈ શકે છે, જેથી તે સુરક્ષિત રીતે પોતાનું વાહન ચલાવી શકે. બહિર્ગોળ અરીસાઓ એટલા માટે પસંદ કરવામાં આવે છે કારણ કે તેમના દ્વારા મળતાં પ્રતિબિંબો હંમેશાં નાના પરંતુ ચતું થાય છે. સાથે-સાથે તેમનાં દાઢિકેત્રો પણ વિશાળ મળે છે કારણ કે તેઓ બહારની તરફ વકાકાર હોય છે, તેથી સમતલ અરીસાની સરખામણીમાં બહિર્ગોળ અરીસા ડ્રાઇવરને તેની પાછળનો બહુ મોટો વિસ્તાર દર્શાવી શકે છે.

#### પ્રશ્નો

1. અંતર્ગોળ અરીસાનું મુખ્ય કેન્દ્ર વ્યાખ્યાયિત કરો.
2. એક ગોળીય અરીસાની વક્તાત્રિજ્યા  $20\text{ cm}$  છે. તેની કેન્દ્રલંબાઈ કેટલી હશે ?
3. એવા અરીસાનું નામ આપો જે વસ્તુનું ચતું તથા વિવર્ધિત પ્રતિબિંબ આપે.
4. આપણે વાહનોમાં પાછળાનું દશ્ય જોવા માટેના અરીસા તરીકે બહિર્ગોળ અરીસાને કેમ પસંદ કરીએ છીએ ?



#### 10.2.3 ગોળીય અરીસા વડે થતા પરાવર્તન માટે સંજ્ઞા-પદ્ધતિ

##### (Sign Convention for Reflection by Spherical Mirrors)

ગોળીય અરીસા વડે થતાં પ્રકાશના પરાવર્તનની ચર્ચા વખતે આપણે એક નિશ્ચિત સંજ્ઞા-પદ્ધતિનું પાલન કરીશું, જેને નવી કાર્ટેજિય યામપદ્ધતિ કહે છે. આ પદ્ધતિમાં અરીસાના ધ્રુવ (P) ને ઊગમણિદ્ધ તરીકે લેવામાં આવે છે. અરીસાની મુખ્ય અક્ષને યામપદ્ધતિની X-અક્ષ ( $X'X$ ) તરીકે લેવામાં આવે છે. આ સંજ્ઞાઓ નીચે પ્રમાણે છે –

- (i) વસ્તુ હંમેશાં અરીસાની ડાબી બાજુ રાખવામાં આવે છે. એનો અર્થ એ થયો કે વસ્તુ પરથી આવતો પ્રકાશ અરીસા પર ડાબી બાજુથી આપાત થાય છે.
- (ii) બધાં જ અંતરો અરીસાના ધ્રુવથી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર માપવામાં આવે છે.
- (iii) ઊગમણિદ્ધ (ધ્રુવ)થી જમણી બાજુ ( $+X$  દિશામાં) માપેલ બધાં જ અંતરો ધન અને ઊગમણિદ્ધથી ડાબી બાજુ ( $-X$  દિશામાં) માપેલ બધાં જ અંતરો ઋણ ગણવામાં આવે છે.
- (iv) મુખ્ય અક્ષને લંબરૂપે ઉપરની તરફ ( $+Y$  દિશામાં) માપેલ અંતર (ઉંચાઈ) ધન લેવામાં આવે છે.
- (v) મુખ્ય અક્ષને લંબરૂપે નીચેની તરફ ( $-Y$  દિશામાં) માપેલ અંતર (ઉંચાઈ) ઋણ લેવામાં આવે છે.

ઉપર વર્ણવેલ નવી કાર્તોઝિય સંજ્ઞાપદ્ધતિ તમારા સંદર્ભ માટે આકૃતિ 10.9માં દર્શાવેલ છે. અરીસાનું સૂત્ર મેળવવા તેમજ તેને સંબંધિત દાખલા (numerical problems) ના ઉકેલ માટે આ સંજ્ઞાપદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવેલ છે.

#### 10.2.4 અરીસાનું સૂત્ર અને મોટવણી (Mirror Formula and Magnification)

ગોળીય અરીસામાં તેના ધ્રુવથી વસ્તુનું અંતર વસ્તુઅંતર

(u) કહેવાય છે. અરીસાના ધ્રુવથી પ્રતિબિંબનું અંતર,

પ્રતિબિંબ અંતર (v) કહેવાય છે. તમને પહેલાથી જ

ખ્યાલ છે કે ધ્રુવથી મુખ્ય કેન્દ્ર સુધીનું અંતર કેન્દ્રલંબાઈ

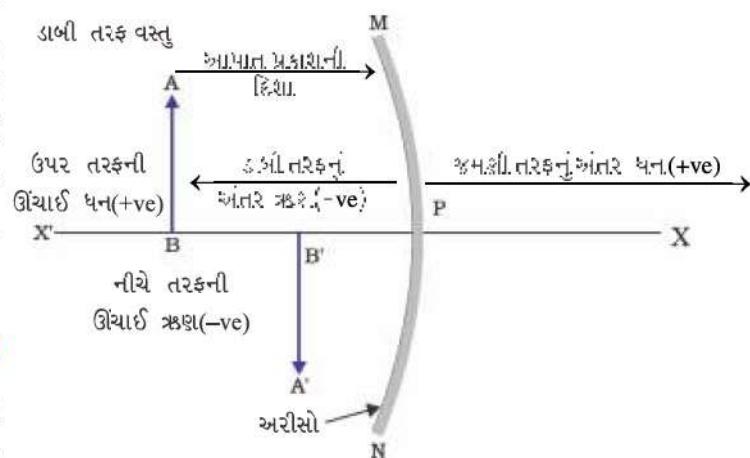
(f) કહેવાય છે. આ ત્રણોય રાશિઓ વચ્ચે એક સંબંધ

છે જેને અરીસાના સૂત્ર તરીકે ઓળખવામાં આવે છે.

આ સૂત્રને નીચે પ્રમાણે રજૂ કરવામાં આવે છે :

$$\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad (10.1)$$

આ સૂત્ર બધા જ પ્રકારના ગોળીય અરીસાઓ માટે તેમજ વસ્તુની દરેક સ્થિતિઓ માટે સાચા છે. પ્રશ્નોનો ઉકેલ મેળવતી વખતે જ્યારે તમે અરીસાના સૂત્રમાં u, v, f તથા R નાં મૂલ્યો મૂકો ત્યારે તમારે નવી કાર્તોઝિય સંજ્ઞા પદ્ધતિનો ઉપયોગ ફરજિયાત કરવો જોઈએ.



આકૃતિ 10.9

ગોળીય અરીસા માટે નવી કાર્તોઝિય સંજ્ઞાપદ્ધતિ

#### મોટવણી (Magnification)

ગોળીય અરીસા દ્વારા મળતી મોટવણી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ વસ્તુના માપની સાપેક્ષે કેટલું વિવર્ણિત છે તેનું સાપેક્ષ પ્રમાણ આપે છે. તેને પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ અને વસ્તુની ઊંચાઈના ગુણોત્તર રૂપે રજૂ કરી શકાય છે. તેને સામાન્ય રીતે મૂળાકાર m દ્વારા રજૂ કરાય છે.

જો વસ્તુની ઊંચાઈ h હોય તથા પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ h' હોય તો ગોળીય અરીસા દ્વારા મળતી મોટવણી (m) નીચે પ્રમાણે દર્શાવી શકાય છે :

$$m = \frac{\text{પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ (}h')}{\text{વસ્તુની ઊંચાઈ (}h)}$$

$$m = \frac{h'}{h} \quad (10.2)$$

મોટવણી m ને વસ્તુઅંતર (u) તથા પ્રતિબિંબ અંતર (v) સાથે પણ સાંકળી શકાય. તેને નીચે પ્રમાણે રજૂ કરી શકાય છે :

$$\text{મોટવણી (}m) = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u} \quad (10.3)$$

અહીં નોંધો કે વસ્તુની ઊંચાઈ ધન લેવામાં આવે છે કારણ કે મોટે ભાગે વસ્તુ મુખ્ય અક્ષની ઉપર રાખવામાં આવે છે. આભાસી પ્રતિબિંબો માટે પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ ધન લેવી પડે. જ્યારે વાસ્તવિક પ્રતિબિંબો માટે તેને ઋણ લેવામાં આવે છે. મોટવણીના મૂલ્યમાં રહેલા ઋણ ચિહ્નથી પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક છે તેમ જાણી શકાય છે. મોટવણીના મૂલ્યમાં ધન ચિહ્ન દર્શાવે છે કે પ્રતિબિંબ આભાસી છે.

### ઉદાહરણ 10.1

કોઈ વાહનમાં પાછળનાં દરશ્યો જોવા માટે ઉપયોગમાં લેવાયેલ બહિર્ગોળ અરીસાની વક્તાન્ત્રિજ્યા 3.00 m છે. જો એક બસ અરીસાથી 5.00 m અંતરે આવેલ હોય, તો આ અરીસા વડે મળતાં પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર તથા પરિમાણ નક્કી કરો.

#### ઉકેલ

$$\text{વક્તાન્ત્રિજ્યા} \quad R = + 3.00 \text{ m}$$

$$\text{વસ્તુ અંતર} \quad u = - 5.00 \text{ m}$$

$$\text{પ્રતિબિંબ અંતર} \quad v = ?$$

$$\text{પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ} \quad h' = ?$$

$$\text{કન્દળંબાઈ } f = R/2 = + \frac{3.00 \text{ m}}{2} = + 1.50 \text{ m} \text{ (કારણ કે બહિર્ગોળ અરીસાનું મુખ્ય કેન્દ્ર અરીસાની પાછળ છે.)$$

$$\text{હવે, } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\begin{aligned} \text{અથવા} \quad \frac{1}{v} &= \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = + \frac{1}{1.50} - \frac{1}{(-5.00)} = \frac{1}{1.50} + \frac{1}{5.00} \\ &= \frac{5.00 + 1.50}{7.50} \end{aligned}$$

$$v = \frac{+7.50}{6.50} = + 1.15 \text{ m}$$

આમ, પ્રતિબિંબ અરીસાની પાછળ 1.15 m અંતરે મળે છે.

$$\begin{aligned} \text{મોટવણી} \quad m &= \frac{h'}{h} = - \frac{v}{u} = - \frac{1.15 \text{ m}}{-5.00 \text{ m}} \\ &= + 0.23 \end{aligned}$$

પ્રતિબિંબ આભાસી, ચતુર અને પરિમાણમાં વસ્તુથી 0.23 ગણું નાનું છે.

### ઉદાહરણ 10.2

4.0 cm ઊંચાઈની વસ્તુ કોઈ 15.0 cm કન્દળંબાઈ ધરાવતા અંતર્ગોળ અરીસાથી 25.0 cm અંતરે રાખેલ છે. અરીસાથી કેટલા અંતરે પડદાને રાખવો જોઈએ કે જેથી તેના પર સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ પ્રાપ્ત થાય? પ્રતિબિંબનો પ્રકાર તથા તેની ઊંચાઈ શોધો.

#### ઉકેલ

$$\text{વસ્તુઊંચાઈ} \quad h = + 4.0 \text{ cm}$$

$$\text{વસ્તુઅંતર} \quad u = - 25.0 \text{ cm}$$

$$\text{કન્દળંબાઈ} \quad f = -15.0 \text{ cm}$$

$$\text{પ્રતિબિંબ અંતર} \quad v = ?$$

$$\text{પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ} \quad h' = ?$$

$$\text{સમીકરણ (10.1) પરથી, } \frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{અથવા} \quad \frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = \frac{1}{-15.0} - \frac{1}{-25.0} = - \frac{1}{15.0} + \frac{1}{25.0}$$

$$\text{અથવા } \frac{1}{v} = \frac{-5.0 + 3.0}{75.0} = \frac{-2.0}{75.0} \quad \text{અથવા } v = -37.5 \text{ cm}$$

આમ, પડદો 37.5 cm અંતરે રાખવો જોઈએ. પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક છે, તથા મોટવજી  $m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u}$ .

$$\text{અથવા } h' = -\frac{vh}{u} = -\frac{(-37.5 \text{ cm})(+4.0 \text{ cm})}{(-25.0 \text{ cm})}$$

પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ  $h' = -6.0 \text{ cm}$

પ્રતિબિંબ ઊલટું અને વિવર્ધિત છે.

### પ્રશ્નો

- 32 cm વક્તાવ્રિજ્યા ધરાવતાં બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ શોધો.
- એક અંતર્ગોળ અરીસો તેની સામે 10 cm અંતરે રાખેલ વસ્તુનું ત્રણગણું મોટું (વિવર્ધિત) વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ આપે છે. પ્રતિબિંબનું સ્થાન ક્યાં હશે ?



## 10.3 પ્રકાશનું વકીભવન (Refraction of Light)

પારદર્શક માધ્યમમાં પ્રકાશ સુરેખ પથ પર ગતિ કરતો જોવા મળે છે. જ્યારે પ્રકાશ એક પારદર્શક માધ્યમમાંથી બીજા પારદર્શક માધ્યમમાં પ્રવેશે છે ત્યારે શું થાય છે ? શું તે હજુ પણ સુરેખ પથ પર ગતિ કરે છે કે પોતાની દિશા બદલે છે ? આપણે આપણા રોજબરોજના કેટલાક અનુભવો યાદ કરીશું.



તમે જોયું હશે કે પાણી ભરેલ ટૈન્ક અથવા તળાવની સપાટી ઉપર તરફ ખસેલી (ઉંચાકાયેલી) દેખાય છે. તે જ રીતે એક કાચના લંબઘનને મુદ્રિત સાહિત્ય પર રાખી લંબઘનની ઉપરથી જોતાં અક્ષર ઉપર તરફ ખસેલા જોવા મળે છે. આવું કેમ થાય છે ? તમે પાણી ભરેલ ગ્લાસમાં અંશત: ડુબાડેલ પેન્સિલ જોઈ છે ? તે હવા તથા પાણીના આંતરપૃષ્ઠ (એટલે કે પાણીની ઉપરની સપાટી) પાસે વાંકી વળેલી જણાય છે. તમે એ પણ જોયું હશે કે, કાચના ગ્લાસમાં રાખેલ લીંબુ તેના વાસ્તવિક માપ કરતાં મોટું દેખાય છે. આ અનુભવો (અવલોકનો)ની સમજૂતી તમે કેવી રીતે આપશો ?

ચાલો આપણે પાણીમાં અંશત: ડૂબેલી પેન્સિલ વાંકી દેખાવાના ડિસ્સા પર વિચાર કરીએ. પેન્સિલના પાણીમાં ડૂબેલા ભાગ પરથી તમારા સુધી પહોંચતા પ્રકાશનાં ડિરણો, પેન્સિલના પાણીથી બહાર રહેલા ભાગની સરખામહીમાં અલગ દિશામાંથી આવતાં જણાય છે. તેના કારણે પેન્સિલ વાંકી વળેલી જણાય છે. આ જ કારણસર અક્ષરોની ઉપર કાચનું ચોસલું રાખીને જોતાં તે ઉપર તરફ ખસેલા જણાય છે.

જો પાણીને બદલે કેરોસીન કે ટર્પન્ટાઇન જોવા અન્ય કોઈ પ્રવાહીનો ઉપયોગ કરીએ તો પણ પેન્સિલ આટલી જ વાંકી જણાશે ? જો આપણે કાચના લંબઘનને બદલે પારદર્શક પ્લાસ્ટિકના લંબઘનનો ઉપયોગ કરીએ તો ત્યારે પણ અક્ષરો આટલા જ ઉપર ખસેલા જણાશે ? તમે અનુભવશો કે માધ્યમોની અલગ-અલગ જોડ માટે આ અસરની માત્રા અલગ-અલગ છે. આ અવલોકનો દર્શાવે છે કે પ્રકાશ બધાં માધ્યમોમાં એક જ દિશામાં ગતિ કરતો નથી. એવું જોવા મળે છે કે એક માધ્યમમાંથી બીજા પ્રકાશ-પરાવર્તન અને વકીભવન

માધ્યમમાં ત્રાંસી રીતે પ્રવેશતાં પ્રકાશનાં ત્રાંસા કિરણના પ્રસરણની દિશા બીજા માધ્યમમાં બદલાઈ જાય છે. આ ઘટનાને પ્રકાશનું વકીભવન કહે છે. આ ઘટનાને વિસ્તારપૂર્વક સમજવા માટે આપણે કેટલીક પ્રવૃત્તિઓ કરીએ :

### પ્રવૃત્તિ 10.7

- પાણીથી ભરેલ ડોલના તળિયે એક સિક્કો મૂકો.
- તમારી આંખોને પાણીની સપાઠી ઉપર એક બાજુ રાખીને સિક્કાને એક જ પ્રયત્નમાં ઉઠાવવાનો પ્રયત્ન કરો? શું તમે સિક્કો ઉઠાવવામાં સફળ થાઓ છો?
- આ પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરો. તમે એક જ પ્રયત્નમાં આ કરવામાં સફળ કેમ ન થયા?
- તમારા મિત્રોને આ પ્રવૃત્તિ કરવાનું કહો. તેમની સાથે તમારા અનુભવની સરખામણી કરો.

### પ્રવૃત્તિ 10.8

- એક મોટા છીછા કટોરાને ટેબલ પર રાખી તેમાં એક સિક્કો મૂકો.
- કટોરાથી ધીરે-ધીરે દૂર જાઓ. જ્યારે સિક્કો દેખાવાનો બંધ થાય કે તરત જ ત્યાં અટકી જાઓ.
- તમારા મિત્રને સિક્કાને ખલેલ પહોંચાડ્યા સિવાય ધીરે-ધીરે કટોરામાં પાણી ઉમેરવાનું કહો.
- તમારા સ્થાનેથી સિક્કાને જોતા રહો. શું સિક્કો આજ સ્થાનેથી ફરીથી દેખાવા લાગશે? આ કેવી રીતે શક્ય બને છે?

કટોરામાં પાણી ભરતાં સિક્કો ફરીથી દેખાવા લાગે છે. પ્રકાશના વકીભવનને કારણો સિક્કો પોતાની વાસ્તવિક સ્થિતિથી થોડો ઉપર ખસેલો જોવા મળે છે.

### પ્રવૃત્તિ 10.9

- ટેબલ પર રાખેલ એક સંકેદ કાગળના પાના પર શાહી (ink)ની જાડી સીધી રેખા ઢોરો.
- આ રેખા પર એક કાચના ચોસલાને એવી રીતે મૂકો કે તેની કોઈ એક ધાર આ રેખા સાથે કોઈ ખૂણો બનાવે.
- ચોસલાની નીચે આવેલ રેખાના ભાગને બાજુઓ પરથી જુઓ. તમને શું દેખાય છે? શું કાચના ચોસલાની નીચેની રેખા ધારો [(કિનારીઓ edges)] પાસે વાંકી વળેલી દેખાય છે?
- હવે કાચના ચોસલાને એવી રીતે રાખો કે જેથી તે રેખાને લંબ હોય. હવે તમે શું જુઓ છો? શું કાચના ચોસલાની નીચે રેખાનો ભાગ વાંકો વળેલો દેખાય છે?
- રેખાને કાચના ચોસલાની ઉપરથી જુઓ. શું ચોસલાની નીચે રહેલ રેખાનો ભાગ ઉપર ખસેલો જણાય છે? આવું કેમ થાય છે?

#### 10.3.1 કાચના લંબધન ચોસલામાંથી પ્રકાશનું વકીભવન

(Refraction through a Rectangular Glass Slab)

કાચના લંબધન ચોસલામાંથી થતા પ્રકાશના વકીભવનને સમજવા માટે ચાલો આપણે એક પ્રવૃત્તિ કરીએ :

### પ્રવૃત્તિ 10.10

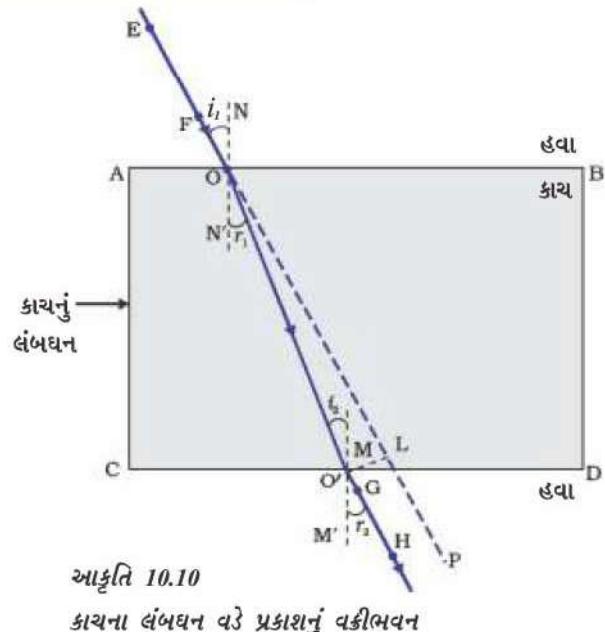
- ડ્રોઈંગ બોર્ડ પર ડ્રોઈંગ પિનોની મદદથી એક સફેદ કાગળનું પાનું લગાડો.
- પાના પર માધ્યમાં એક લંબધનને મૂકો.
- પેન્સિલથી લંબધનની સીમાઓ દોરો. તેને ABCD નામ આપીએ.
- ચાર એક્સમાન ટાંકણીઓ લો.
- બે ટાંકણીઓ ધારો કે E તથા F ઊર્ધ્વ સમતલમાં એવી રીતે લગાડો કે જેથી તેમને જોડતી રેખા AB ધાર સાથે કોઈ ખૂણો બનાવે.
- ટાંકણીઓ E તથા F નાં પ્રતિબિંભોને વિરુદ્ધ સપાટી પરથી જુઓ. બીજી બે ટાંકણીઓ ધારો કે G તથા H ને એવી રીતે લગાડો કે જેથી આ ટાંકણીઓ તથા E અને F નાં પ્રતિબિંભ એક સીધી રેખા પર આવેલાં હોય.
- ટાંકણીઓ તથા લંબધનને દૂર કરો.
- ટાંકણીઓ E તથા F ની અણીઓ (tip)ના સ્થાનને જોડો તથા આ રેખાને AB સુધી લંબાવો. ધારો કે EF, ABને બિંદુ O પાસે મળે છે. આ જ રીતે ટાંકણીઓ G તથા H ની અણીઓના સ્થાનને જોડો તથા મળતી રેખાને CD ધાર સુધી લંબાવો. ધારો કે HG, CD ને O' પાસે મળે છે.
- O તથા O' ને જોડો. EF ને પણ P સુધી લંબાવો, જે આકૃતિ 10.10માં તૂટક રેખા વડે દર્શાવેલ છે.

આ પ્રવૃત્તિમાં તમે નોંધો કે પ્રકાશનું કિરણબિંદુ O તથા O' પાસે પોતાની દિશા બદલે છે. નોંધો કે બંને બિંદુ O તથા O' બે પારદર્શી માધ્યમોને છૂટા પાડતી સપાટીઓ પર આવેલા છે. O પાસે ABને લંબ NN' દોરો તથા O' બિંદુએ CDને લંબ MM' દોરો. બિંદુ O પાસે પ્રકાશનું કિરણ પાતળા માધ્યમમાંથી ઘડું માધ્યમાં એટલે કે હવામાંથી કાચમાં પ્રવેશ છે. અહીં નોંધો કે પ્રકાશનું કિરણ લંબ તરફ વાંકું વળે છે. બિંદુ O' પાસે પ્રકાશનું કિરણ કાચમાંથી હવામાં એટલે કે ઘડું માધ્યમમાંથી પાતળા માધ્યમમાં પ્રવેશ છે. અહીં પ્રકાશનું કિરણ લંબથી દૂર જાય છે. બંને વકીભવક સપાટીઓ AB અને CD પાસે આપાતકોણ તથા વકીભવનકોણાં મૂલ્યોની સરખામણી કરો.

આકૃતિ 10.10માં EO કિરણ સપાટી AB પર ત્રાંસું આપાત થાય છે. તેને આપાતકિરણ કહે છે. OO' વકીભૂતકિરણ છે તથા O'H નિર્ગમનકિરણ છે. તમે જોઈ શકો છો કે નિર્ગમનકિરણ, આપાતકિરણની દિશાને સમાંતર છે. આવું કેમ થાય છે? કાચના લંબધન ચોસલાની સામસામેની સપાટીઓ AB (હવા-કાચ આંતરપૃષ્ઠ) તથા CD (કાચ-હવા આંતરપૃષ્ઠ) પર પ્રકાશના કિરણના વાંકા વળવાનું પ્રમાણ સમાન અને વિરુદ્ધ હોય છે. આ જ કારણસર નિર્ગમનકિરણ, આપાતકિરણને સમાંતર હોય છે. જોકે પ્રકાશનું કિરણ થોડું બાજુ પર ખસે છે. જો પ્રકાશનું કિરણ ને માધ્યમોની આંતર સપાટીને લંબરૂપે આપાત થાય તો શું થશે? જાતે કરો અને શોધો.

હવે તમે પ્રકાશના વકીભવનથી પરિચિત છો. પ્રકાશના એક પારદર્શક માધ્યમમાંથી બીજામાં પ્રવેશ કરતી વખતે તેના વેગમાં થતાં ફેરફારને કારણે વકીભવનની ઘટના બને છે. પ્રયોગો દર્શાવે છે કે પ્રકાશનું વકીભવન નિયમોને આધીન થાય છે.

પ્રકાશ-પરાવર્તન અને વકીભવન



આકૃતિ 10.10

કાચના લંબધન વડે પ્રકાશનું વકીભવન

પ્રકાશના વકીભવનના નિયમો નીચે પ્રમાણે છે :

- (i) આપાતકિરણ, વકીભૂતકિરણ અને બે માધ્યમોની આંતર સપાટીને આપાતબિંદુએ દોરેલો લંબ એક જ સમતલમાં હોય છે.
- (ii) પ્રકાશના આપેલ રંગ તથા માધ્યમોની આપેલ જોડ માટે આપાતકોણના સાઈન અને વકીભૂતકોણના સાઈનનો ગુણોત્તર અચળ રહે છે. આ નિયમ સ્નેલના નિયમ તરીકે ઓળખાય છે. જો આપાતકોણ  $i$  અને વકીભૂતકોણ  $r$  હોય તો,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{અચળ} \quad (10.4)$$

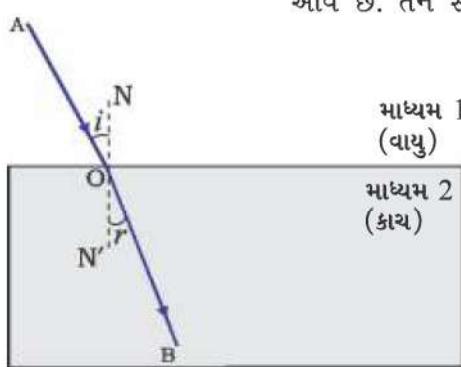
આ અચળ મૂલ્યને પ્રથમ માધ્યમની સાપેક્ષ બીજા માધ્યમનો વકીભવનાંક (refractive index) કહે છે. ચાલો વકીભવનાંક વિશે થોડું વિસ્તારપૂર્વક અધ્યયન કરીએ.

### 10.3.2 વકીભવનાંક (The Refractive Index)

તમે અગાઉ અભ્યાસ કરી ચૂક્યાં છો કે જ્યારે પ્રકાશનું ત્રાંસુનું કિરણ એક પારદર્શક માધ્યમમાંથી બીજા પારદર્શક માધ્યમમાં પ્રવેશ કરે છે ત્યારે બીજા માધ્યમમાં તે પોતાની દિશા બદલે છે. આપેલ કોઈ બે માધ્યમોની જોડ માટે થતા દિશાના પરિવર્તનની માત્રા (પ્રમાણ)ને વકીભવનાંકના પદમાં રજૂ કરવામાં આવે છે, જે સમીક્ષણ 10.4માં જમણી બાજુ આવતો ‘અચળ’ છે.

જુદાં-જુદાં માધ્યમોમાં પ્રકાશના પ્રસરણની સાપેક્ષ ઝડપ તરીકે ઓળખાતી મહત્વપૂર્ણ ભौતિકરાશિ સાથે વકીભવનાંકને સાંકળી શકાય છે. તેવું જોવા મળે છે કે જુદાં-જુદાં માધ્યમોમાં પ્રકાશ જુદી-જુદી ઝડપે પ્રસરણ પામે છે. પ્રકાશ શૂન્યાવકાશમાં સૌથી વધુ  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  ની ઝડપે ગતિ કરે છે. હવામાં પ્રકાશની ઝડપ શૂન્યાવકાશની સાપેક્ષ સહેજ જ ઓછી હોય છે. જ્યારે કાચ કે પાણીમાં તે નોંધપાત્ર પ્રમાણમાં ઘટે છે. બે માધ્યમોની જોડ માટે વકીભવનાંકનું મૂલ્ય નીચે દર્શાવ્યા મુજબ બંને માધ્યમોમાં પ્રકાશની ઝડપ પર આધારિત છે.

આકૃતિ 10.11 માં દર્શાવ્યા અનુસાર પ્રકાશના એક કિરણનો વિચાર કરો જે માધ્યમ-1 થી માધ્યમ-2 માં ગતિ કરી રહ્યું છે. ધારો કે માધ્યમ-1માં પ્રકાશની ઝડપ ચાં તથા માધ્યમ-2માં ઝડપ  $n_2$  છે. માધ્યમ-2 નો માધ્યમ-1 ની સાપેક્ષ વકીભવનાંક, માધ્યમ-1માં પ્રકાશની ઝડપ તથા માધ્યમ-2માં પ્રકાશની ઝડપના ગુણોત્તર દ્વારા રજૂ કરવામાં આવે છે. જેને  $n_{21}$  સંશા વડે રજૂ કરવામાં આવે છે. તેને સમીક્ષણના સ્વરૂપે નીચે પ્રમાણે રજૂ કરી શકાય :



માધ્યમ 1  
(વાયુ)

માધ્યમ 2  
(કાચ)

$$n_{21} = \frac{\text{માધ્યમ} 1 \text{માં પ્રકાશની ઝડપ}}{\text{માધ્યમ} 2 \text{માં પ્રકાશની ઝડપ}} = \frac{n_1}{n_2} \quad (10.5)$$

આ જ દલીલ મુજબ માધ્યમ-1નો માધ્યમ-2ની સાપેક્ષ વકીભવનાંક  $n_{12}$  વડે દર્શાવાય છે. તે નીચે પ્રમાણે આપી શકાય :

$$n_{12} = \frac{\text{માધ્યમ} 2 \text{માં પ્રકાશની ઝડપ}}{\text{માધ્યમ} 1 \text{માં પ્રકાશની ઝડપ}} = \frac{n_2}{n_1} \quad (10.6)$$

આકૃતિ 10.11

જો માધ્યમ-1 શૂન્યાવકાશ કે હવા હોય તો માધ્યમ-2નો વકીભવનાંક શૂન્યાવકાશની સાપેક્ષ ગણાય છે. તેને માધ્યમનો નિરપેક્ષ વકીભવનાંક કહે

છ. તેને ફક્ત  $n_2$  વડે દર્શાવાય છે. જો હવામાં પ્રકાશની ઝડપ c હોય અને માધ્યમમાં ઝડપ v હોય, તો માધ્યમનો વકીભવનાંક  $n_m$  નીચે પ્રમાણે અપાય છે :

$$n_m = \frac{\text{હવામાં પ્રકાશની ઝડપ}}{\text{માધ્યમમાં પ્રકાશની ઝડપ}} = \frac{c}{v} \quad (10.7)$$

માધ્યમના નિરપેક્ષ વકીભવનાંકને ફક્ત વકીભવનાંક કહે છે. કોઈક 10.3 માં કેટલાંક માધ્યમોના વકીભવનાંકો દર્શાવેલ છે. કોઈક પરથી તમે જાણી શકો છો કે, પાણીનો વકીભવનાંક  $n_w = 1.33$  છે. તેનો અર્થ એ થયો કે હવામાં પ્રકાશની ઝડપ તથા પાણીમાં પ્રકાશની ઝડપનો ગુણોત્તર 1.33 છે. તે જ રીતે કાઉન કાચનો વકીભવનાંક  $n_g = 1.52$  છે. આ પ્રકારની માહિતી ઘણી જગ્યાઓ ઉપયોગી થાય છે. જોકે તમારે આ માહિતી યાદ રાખવાની જરૂર નથી.

**કોઈક 10.3 કેટલાંક દ્વય માધ્યમોના નિરપેક્ષ વકીભવનાંક**

દ્વય માધ્યમ (Material medium)	વકીભવનાંક	દ્વય માધ્યમ (Material medium)	વકીભવનાંક
વાયુ	1.0003	કેનેડા બાલસમ	1.53
બરફ	1.31	ખનિજ મીઠું	1.54
પાણી	1.33	કાર્బન ડાઇસલ્ફાઇડ	1.63
આલ્કોહોલ	1.36	સંધળ (dense) ફિલંન્ટ કાચ	1.65
કેરોસીન	1.44	રૂબી (મણિક્ય)	1.71
ફ્લૂઝ્ડ ક્ર્વાર્ટ્ઝ	1.46	નીલમ	1.77
ટર્પન્ટાઇન તેલ	1.47	હીરો	2.42
બોન્ડિન	1.50		
કાઉન કાચ	1.52		

કોઈક 10.3 પરથી નોંધો કે પ્રકાશીય દર્શિએ વધુ ઘડુ માધ્યમ, વધુ દળ ઘનતા ધરાવતું હોવું જરૂરી નથી. ઉદાહરણ તરીકે કેરોસીનનો વકીભવનાંક પાણી કરતાં વધારે હોવાથી તે પ્રકાશીય દર્શિએ પાણી કરતાં વધુ ઘડુ છે છતાં તેની દળ ઘનતા પાણી કરતાં ઓછી છે.

કોઈ માધ્યમ દ્વારા પ્રકાશને વકીભૂત કરવાની ક્ષમતાને તેની પ્રકાશીય ઘનતા દ્વારા પણ રજૂ કરી શકાય છે. પ્રકાશીય ઘનતાને ચોક્કસ સૂચિતાર્થ છે. તે દળ ઘનતા જેવું જ નથી. આ પ્રકારણમાં આપણે ‘પાતળું માધ્યમ’ તથા ‘ઘડુ માધ્યમ’ શબ્દોનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. વાસ્તવમાં તેનો અર્થ અનુકૂમે ‘પ્રકાશીય પાતળું માધ્યમ’ તથા ‘પ્રકાશીય ઘડુ માધ્યમ’ છે. આપણે કયારે એમ કહી શકીએ કે, કોઈ માધ્યમ બીજા માધ્યમની સાપેક્ષે પ્રકાશીય ઘડુ છે ? બે માધ્યમોની સરખામણી કરતી વખતે વધારે વકીભવનાંક ધરાવતું માધ્યમ બીજા માધ્યમની સાપેક્ષે પ્રકાશીય ઘડુ છે. જ્યારે બીજું ઓછો વકીભવનાંક ધરાવતું માધ્યમ પ્રકાશીય પાતળું માધ્યમ છે. પાતળા માધ્યમમાં પ્રકાશની ઝડપ ઘડુ માધ્યમની સાપેક્ષે વધારે હોય છે. આમ પાતળા માધ્યમમાંથી ઘડુ માધ્યમમાં જતી વખતે પ્રકાશનું કિરણ ધીમું પડે છે તથા લંબ તરફ વાંકું વળે છે. જ્યારે તે ઘડુ માધ્યમમાંથી પાતળા માધ્યમમાં જાય છે ત્યારે તેની ઝડપ વધી જાય છે તથા તે લંબથી દૂર જાય છે.

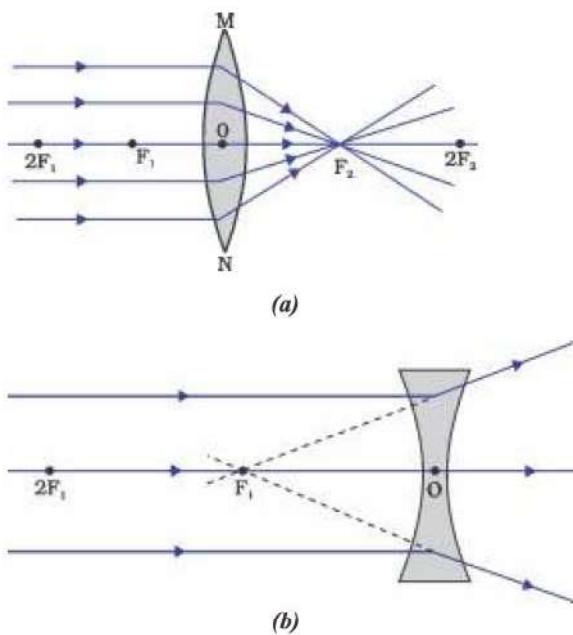
## પ્રશ્નો

- હવામાં ગતિ કરતું પ્રકાશનું ડિરણ પાણીમાં ત્રાંસું પ્રવેશે છે. શું પ્રકાશનું ડિરણ લંબ તરફ વાંકું વળશે કે લંબથી દૂર જશે ? કેમ ?
- પ્રકાશ હવામાંથી  $1.50$  વકીભવનાંક ધરાવતી કાચની ખેટમાં પ્રવેશે છે. કાચમાં પ્રકાશની ઝડપ કેટલી હજો ? શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ  $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$  છે.
- કોષ્ટક  $10.3$  માંથી સૌથી વધુ પ્રકાશીય ઘનતા ધરાવતું માધ્યમ શોધો. લઘુત્તમ પ્રકાશીય ઘનતા ધરાવતું માધ્યમ પણ શોધો.
- તમને કેરોસીન, ટર્પોનાઇન તથા પાણી આપેલ છે. આ પૈકી શેમાં પ્રકાશ સૌથી વધુ ઝડપથી ગતિ કરશે ? કોષ્ટક  $10.3$  માં આપેલ માહિતીનો ઉપયોગ કરો.
- હીરાનો વકીભવનાંક  $2.42$  છે. આ વિધાનનો શું અર્થ થાય ?



### 10.3.3 ગોળીય લેન્સ દ્વારા થતું વકીભવન (Refraction by Spherical Lenses)

ઘડિયાળીને અત્યંત સૂક્ષ્મ ભાગોને જોવા માટે મેઝિનફાઈંગ જ્લાસ (બિલોરી કાચ)નો ઉપયોગ કરતો તમે જોયો હજો. શું તમે આવા મેઝિનફાઈંગ જ્લાસની સપાટીને તમારા હથ વડે સ્પર્શ કર્યો છે ખરો ? તે સમતલ સપાટી છે કે વક ? શું એ મધ્યમાં જડો છે કે ધાર પાસે ? ચશ્માંમાં વપરાતા કાચ અને ઘડિયાળી જે કાચ ઉપયોગમાં લે છે તે લેન્સનાં ઉદાહરણો છે. લેન્સ શું છે ? તે પ્રકાશનાં ડિરણોને કેવી રીતે વાંકાં વાળે છે ? આપણે આ વિભાગમાં આ અંગેની ચર્ચા કરીશું.



આકૃતિ 10.12

(a) બહિગોળ લેન્સનું અભિસરણ કાર્ય (b) અંતગોળ લેન્સનું અપસરણ કાર્ય

જેની એક અથવા બંને સપાટીઓ વક હોય, તેવું પારદર્શક દ્વારા લેન્સની રચના કરે છે. આનો અર્થ એ થયો કે લેન્સ ઓછામાં ઓછી એક વકસપાટી વડે ઘેરાયેલો છે. આવા લેન્સની બીજી સપાટી સમતલ હોય છે. લેન્સની બંને સપાટીઓ બહારની તરફ ઉપસેલી હોય તો તેને દ્વિ-બહિગોળ લેન્સ કહે છે. તેને સામાન્ય રીતે બહિગોળ લેન્સ કહે છે. આ લેન્સ ડિનારીની સાપેક્ષે મધ્યમાંથી જડો હોય છે. બહિગોળ લેન્સ પ્રકાશનાં ડિરણોનું આકૃતિ 10.12 (a)માં દર્શાવ્યા અનુસાર અભિસરણ કરે છે. તેથી બહિગોળ લેન્સને અભિસારી લેન્સ પણ કહે છે. આ જ પ્રમાણે દ્વિ-અંતગોળ લેન્સની બંને સપાટીઓ અંદર તરફ વળેલી હોય છે. તે મધ્ય કરતાં છેડાઓ પાસેથી જડો હોય છે. આવા લેન્સ પ્રકાશનાં ડિરણોનું આકૃતિ 10.12 (b)માં દર્શાવ્યા અનુસાર અપસરણ કરે છે. આવા લેન્સને અપસારી લેન્સ પણ કહે છે. દ્વિ-અંતગોળ લેન્સને સામાન્ય રીતે અંતગોળ લેન્સ કહે છે.

બહિગોળ અથવા અંતગોળ લેન્સને બે વકસપાટીઓ હોય છે. આ દરેક વકસપાટી ગોળાનો જ એક ભાગ હોય છે. આ ગોળાઓનાં કેન્દ્રોને લેન્સનાં વકતાકેન્દ્રો કહે છે. સામાન્ય રીતે લેન્સના વકતાકેન્દ્રને મૂળાક્ષર C વડે દર્શાવવામાં આવે છે. લેન્સને બે વકતાકેન્દ્રો હોવાથી આપણે તેમને

$C_1$  અને  $C_2$  વડે દર્શાવીએ છીએ. લેન્સના બંને વક્તાન્દોમાંથી પસાર થતી કાલ્પનિક રેખાને તેની મુખ્ય અક્ષ કહે છે. લેન્સના કેન્દ્રભિંદુને તેનું પ્રકાશીય કેન્દ્ર કહે છે. તેને સામાન્ય રીતે મૂળાક્ષર O વડે દર્શાવાય છે. લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્રમાંથી પસાર થતાં પ્રકાશનું ડિરણ કોઈ પણ પ્રકારનું વિચલન અનુભવ્યા સિવાય પસાર થાય છે. ગોળીય લેન્સની વર્તુળાકાર કિનારીના અસરકારક વ્યાસને લેન્સનું મુખ (aperture) કહે છે. આપણે આ પ્રકારણમાં આપણી ર્ચા એવા જ લેન્સ પૂરતી ર્ચાદિત રાખીશું કે જેનું મુખ (aperture) તેની વક્તાનિજ્યા કરતાં ધ્યાન નાનું હોય. આવા લેન્સને નાના મુખવાળા પાતળા લેન્સ કહે છે. જ્યારે લેન્સ પર પ્રકાશનાં સમાંતર ડિરણો આપાત કરવામાં આવે છે ત્યારે શું થાય છે ? આ સમજવા માટે ચાલો એક પ્રવૃત્તિ કરીએ.

### પ્રવૃત્તિ 10.11

**ચેતવણી :** આ પ્રવૃત્તિ કરતી વખતે સૂર્યને સીધો નરી આંખે કે લેન્સમાંથી જોવો નહિ. એમ કરવાથી તમારી આંખને નુકસાન થઈ શકે છે.

- લેન્સને સૂર્ય તરફ રાખીને હાથ વડે પકડી રાખો.
- એક કાગળ પર સૂર્યમાંથી આવતાં ડિરણોને કેન્દ્રિત કરો. સૂર્યનું તીક્ષ્ણ અને પ્રકાશિત પ્રતિબિંબ મેળવો.
- આ સ્થિતિમાં કાગળ અને લેન્સને થોડો સમય પકડી રાખો. કાગળનું નિરીક્ષણ કરતાં રહો. શું થાય છે ? કેમ ? પ્રવૃત્તિ 10.2 માં તમારા અનુભવને યાદ કરો.

કાગળ ધૂમાડો ઉત્પન્ન કરી સણગવાનું શરૂ કરે છે. થોડા સમય પછી તેમાં આગ પણ લાગી શકે છે. આવું શાથી થયું ? સૂર્યમાંથી આવતો પ્રકાશ સમાંતર ડિરણો રહે છે. આ ડિરણો લેન્સ દ્વારા કાગળ પરના એક તીવ્ર પ્રકાશિત ટપકા પર કેન્દ્રિત થયેલાં છે. ખરેખર તમને કાગળ પર મળતું પ્રકાશિત ટપકું, સૂર્યનું વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ છે. સૂર્યપ્રકાશના આ બિંદુ પાસે થતા કેન્દ્રીકરણે ઉઝ્ઝા ઉત્પન્ન કરી. તેના કારણે કાગળ સણગી ઉઠે છે.

હવે આપણે લેન્સના મુખ્ય અક્ષને સમાંતર ડિરણો ધ્યાનમાં લઈશું. આવાં ડિરણોને તમે લેન્સમાંથી પસાર કરશો તો શું થશો ? આ બહિર્ગોળ લેન્સ માટે આકૃતિ 10.12 (a) તથા અંતર્ગોળ લેન્સ માટે આકૃતિ 10.12 (b)માં દર્શાવેલ છે.

આકૃતિ 10.12 (a)ને ધ્યાનપૂર્વક જુઓ. મુખ્ય અક્ષને સમાંતર એવાં અનેક ડિરણો લેન્સ પર આપાત થાય છે. આ ડિરણો લેન્સમાંથી વક્તિભવન પામ્યા બાદ મુખ્ય અક્ષ પર એક બિંદુ પાસે કેન્દ્રિત થાય છે. મુખ્ય અક્ષ પરના આ બિંદુને લેન્સનું મુખ્ય કેન્દ્ર કહે છે. ચાલો, હવે અંતર્ગોળ લેન્સ માટેની ડિયા જોઈએ.

આકૃતિ 10.12 (b) ને ધ્યાનપૂર્વક જુઓ. મુખ્ય અક્ષને સમાંતર એવાં અનેક ડિરણો અંતર્ગોળ લેન્સ પર આપાત થાય છે. આ ડિરણો લેન્સમાંથી વક્તિભવન પામી મુખ્ય અક્ષ પરના કોઈ એક બિંદુમાંથી અપસરણ પામતા હોય તેમ જણાય છે. મુખ્ય અક્ષ પરના આ બિંદુને અંતર્ગોળ લેન્સનું મુખ્ય કેન્દ્ર કહે છે.

જો તમે લેન્સની બીજી બાજુએથી સમાંતર ડિરણો પસાર કરો તો તમને વિરુદ્ધ બાજુ લેન્સનું બીજું મુખ્ય કેન્દ્ર મળશે. લેન્સનાં મુખ્ય કેન્દ્રને દર્શાવવા માટે સામાન્ય રીતે મૂળાક્ષર Fનો ઉપયોગ થાય છે. જોકે લેન્સને બે મુખ્ય કેન્દ્રો હોય છે. તેમને  $F_1$  અને  $F_2$  વડે દર્શાવાય છે. પ્રકાશીય કેન્દ્રથી મુખ્ય કેન્દ્ર સુધીના અંતરને લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કહે છે. કેન્દ્રલંબાઈને દર્શાવવા માટે મૂળાક્ષર f નો ઉપયોગ થાય છે. તમે બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કેવી રીતે શોધશો ? પ્રવૃત્તિ 10.11 ને પુનઃ યાદ કરો. આ પ્રવૃત્તિમાં લેન્સના સ્થાન અને સૂર્યના પ્રતિબિંબના સ્થાન વચ્ચેનું અંતર લેન્સની આશરે કેન્દ્રલંબાઈ આપે છે.

પ્રકાશ-પરાવર્તન અને વક્તિભવન

#### 10.3.4 લેન્સ દ્વારા પ્રતિબિંબની રચના (Image Formation by Lenses)

લેન્સ પ્રકાશનું વક્ષીભવન કરીને પ્રતિબિંબ રચે છે. લેન્સ પ્રતિબિંબ કેવી રીતે રચે છે ? તેનો પ્રકાર કેવો છે ? ચાલો, પહેલાં બહિર્ગોળ લેન્સ માટે આનો અભ્યાસ કરીએ.

#### પ્રવૃત્તિ 10.12

- એક બહિર્ગોળ લેન્સ લો. પ્રવૃત્તિ 10.11 માં વર્ણિત પ્રમાણો તેની આશરે કેન્દ્રલંબાઈ શોધો.
- એક લાંબા ટેબલ પર ચોક વડે પાંચ સમાંતર રેખાઓ એવી રીતે દોરો કે કંબિક રેખાઓ વચ્ચેનું અંતર લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ જેટલું હોય.
- લેન્સને લેન્સ-સ્ટેન્ડમાં મૂકો. સ્ટેન્ડને મધ્યમાં આવેલી રેખા પર એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી લેન્સનું પ્રકાશશીય કેન્દ્ર બરોબર રેખા પર આવે.
- લેન્સની બંને બાજુઓ આવેલી રેખાઓ અનુકૂળ લેન્સના F અને 2F ને અનુરૂપ છે. આ રેખાઓને અનુકૂળ 2F<sub>1</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> અને 2F<sub>2</sub> વડે દર્શાવો.
- એક સણગતી મીણબતીને ડાબી બાજુ 2F<sub>1</sub> થી ઘણા દૂર અંતરે ગોઠવો. લેન્સની બીજી તરફ તેનું સ્પષ્ટ અને તીક્ષ્ણ પ્રતિબિંબ પડદા પર મેળવો.
- પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ માપ (પરિમાણ) નોંધો.
- વસ્તુને 2F<sub>1</sub> થી થોડી જ દૂર, F<sub>1</sub> અને 2F<sub>1</sub> ની વચ્ચે, F<sub>1</sub> પર તથા F<sub>1</sub> અને O ની વચ્ચે રાખી આ પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરો. તમારાં અવલોકનોને કોષ્ટકમાં નોંધો.

બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા વસ્તુના જુદાં-જુદાં સ્થાનો માટે મળતા પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ માપ (સાપેક્ષ પરિમાણ) કોષ્ટક 10.4 માં દર્શાવ્યા છે.

**કોષ્ટક 10.4** બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા વસ્તુના જુદાં-જુદાં સ્થાનો માટે મળતાં પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ માપ

વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સાપેક્ષ પરિમાણ	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
અનંત અંતરે	મુખ્ય કેન્દ્ર F <sub>2</sub> પર	અત્યંત નાનું બિંદુવત્ત	વાસ્તવિક અને ઉલટું
2F <sub>1</sub> થી દૂર	F <sub>2</sub> અને 2F <sub>2</sub> ની વચ્ચે	નાનું	વાસ્તવિક અને ઉલટું
2F <sub>1</sub> પર	2F <sub>2</sub> પર	તે જ માપનું	વાસ્તવિક અને ઉલટું
F <sub>1</sub> અને 2F <sub>1</sub> ની વચ્ચે	2F <sub>2</sub> થી દૂર	મોટું	વાસ્તવિક અને ઉલટું
મુખ્ય કેન્દ્ર F <sub>1</sub> અને પ્રકાશશીય કેન્દ્ર Oની વચ્ચે	અનંત અંતરે	અત્યંત મોટું અથવા ખૂબ વિવર્ધિત	વાસ્તવિક અને ઉલટું
મુખ્ય કેન્દ્ર F <sub>1</sub> અને પ્રકાશશીય કેન્દ્ર Oની વચ્ચે	વસ્તુ લેન્સની જે તરફ હોય તે જ બાજુ તરફ	વિવર્ધિત	આભાસી અને ચતું

ચાલો, હવે અંતર્ગોળ લેન્સ માટે પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ માપનો અભ્યાસ કરવા માટેની પ્રવૃત્તિ કરીએ.

### પ્રવૃત્તિ 10.13

- એક અંતર્ગોળ લેન્સ લો. તેને લેન્સ-સ્ટેન્ડ પર મૂકો.
- સળગતી મીણબતીને લેન્સની કોઈ એક તરફ મૂકો.
- લેન્સની બીજી તરફથી લેન્સ મારફતે પ્રતિબિંબનું અવલોકન કરો. પ્રતિબિંબને જો શક્ય હોય તો કોઈ પડદા પર મેળવવાનો પ્રયત્ન કરો. જો શક્ય ન હોય, તો પ્રતિબિંબને સીધું લેન્સમાંથી જુઓ.
- પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ માપ નોંધો.
- મીણબતીને લેન્સથી દૂર ખસેડો. પ્રતિબિંબના કદમાં થતો ફેરફાર નોંધો. જ્યારે મીણબતીને લેન્સથી ઘણી દૂર મૂકવામાં આવે ત્યારે પ્રતિબિંબનું કદ કેવું બને છે ?

આ પ્રવૃત્તિનો સારાંશ નીચેના કોષ્ટક 10.5 માં આપેલ છે :

**કોષ્ટક 10.5** અંતર્ગોળ લેન્સ દ્વારા વસ્તુના જુદાં-જુદાં સ્થાનો માટે મળતાં પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ માપ

વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સાપેક્ષ માપ	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
અનંત અંતરે	મુખ્ય કેન્દ્ર $F_1$ પર	અત્યંત સૂક્ષ્મ, બિંદુવત્ત	આભાસી અને ચતું
અનંત અંતર અને લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્ર O ની વચ્ચે	મુખ્ય કેન્દ્ર $F_1$ અને પ્રકાશીય કેન્દ્ર Oની વચ્ચે	નાનું	આભાસી અને ચતું

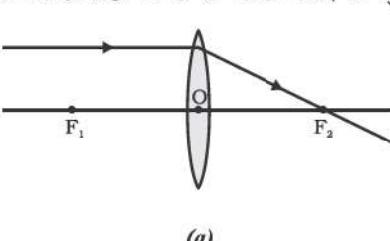
આ પ્રવૃત્તિ પરથી તમે શું નિર્જર્ખ તારબ્યો ? વસ્તુનું સ્થાન ગમે ત્યાં હોય તો પણ અંતર્ગોળ લેન્સ હંમેશાં આભાસી, ચતું અને નાનું પ્રતિબિંબ આપે છે.

#### 10.3.5 કિરણાકૃતિના ઉપયોગ દ્વારા લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબનું નિરૂપણ

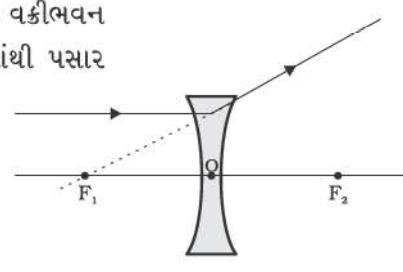
(Image Formation in Lenses Using Ray Diagrams)

આપણે લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબને કિરણાકૃતિ દ્વારા પણ દર્શાવી શકીએ. કિરણાકૃતિ આપણાને લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ માપ જાણવામાં હંમેશાં મદદરૂપ થાય છે. લેન્સ માટે કિરણાકૃતિ દોરવા માટે આપણે વક્ત અરીસાની જેમ જ નીચેના પૈકી કોઈ પણ બે કિરણોને ઘણામાં લઈશું -

- વસ્તુ પરથી આવતું મુખ્ય અક્ષને સમાંતર પ્રકાશનું કિરણ બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા વક્તીભવન પામી આકૃતિ 10.13 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લેન્સની બીજી તરફના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે. અંતર્ગોળ લેન્સના કિરણાકૃતિ 10.13 (b) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે કિરણ લેન્સની તે જ બાજુ પરના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી અપસરણ પામતું હોય તેવો ભાસ થાય છે.

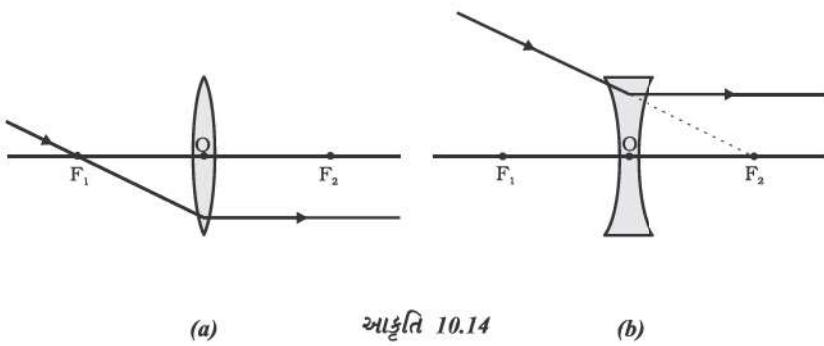


(a)



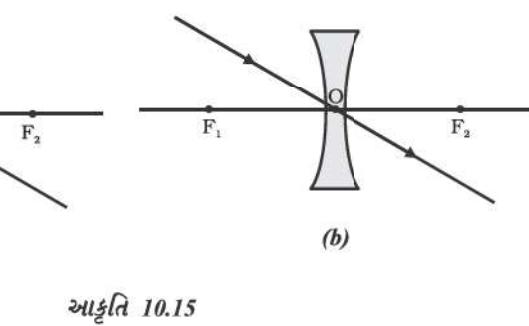
(b)

આકૃતિ 10.13



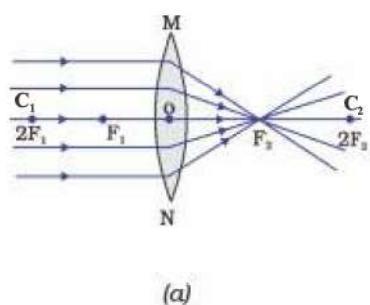
(ii) બહિગોળ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું કિરણ લેન્સમાંથી વકીભવન પામી આકૃતિ 10.14 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મુખ્ય અક્ષને સમાંતર નિર્ગમન પામે છે. અંતગોળ લેન્સના કિરણામાં આકૃતિ 10.14 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર તરફ જતું લાગે તેવું આપાતકિરણ લેન્સમાંથી વકીભવન પામી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર નિર્ગમન પામે છે.

(iii) લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું કિરણ વિચલન પામ્યા સિવાય નિર્ગમન પામે છે. જે આકૃતિ 10.15 (a) તથા 10.15 (b)માં દર્શાવ્યું છે.

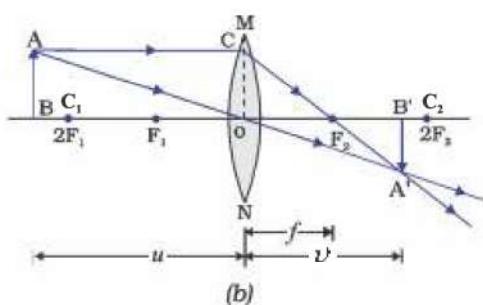


આકૃતિ 10.15

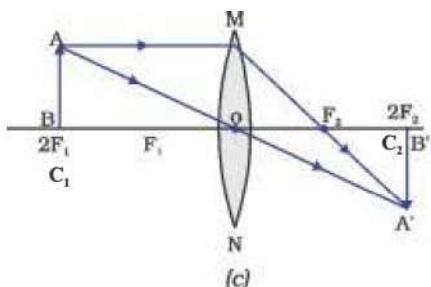
બહિગોળ લેન્સ દ્વારા કેટલાંક જુદાં-જુદાં વસ્તુસ્�ાન માટે પ્રતિબિંબની રચના દર્શાવતી કિરણ-કૃતિઓ આકૃતિ 10.16 માં દર્શાવી છે. અંતગોળ લેન્સ દ્વારા કેટલાંક જુદાં-જુદાં વસ્તુસ્થાન માટે પ્રતિબિંબની રચના દર્શાવતી કિરણકૃતિઓ આકૃતિ 10.17 માં દર્શાવેલ છે.



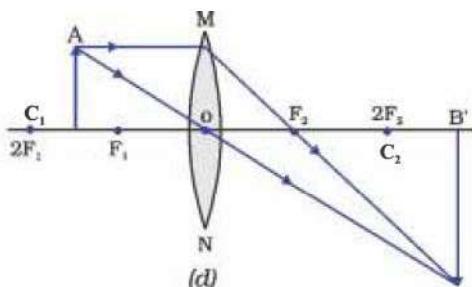
(a)



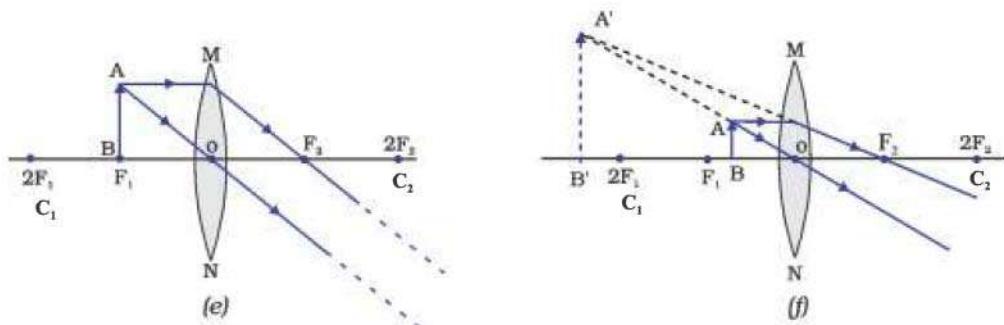
(b)



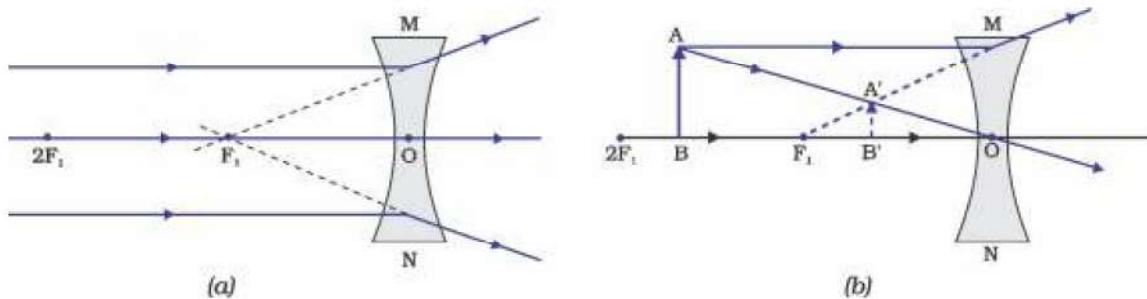
(c)



(d)



આકૃતિ 10.16 બહિગોળ લેન્સ દ્વારા વસ્તુનાં જુદી-જુદી સ્થાન માટે મળતાં પ્રતિબિંબનાં સ્થાન, પરિમાણ અને પ્રકાર



આકૃતિ 10.17 અંતગોળ લેન્સ દ્વારા મળતાં પ્રતિબિંબનાં સ્થાન, પરિમાણ અને પ્રકાર

### 10.3.6 ગોળીય લેન્સ માટે સંશા-પ્રણાલી

(Sign Convention for Spherical Lenses)

લેન્સ માટે આપણે ગોળીય અરીસા માટે ઉપયોગમાં લીધેલ સંશા-પ્રણાલીને જ અનુસરીશું. આ સંશા-પ્રણાલીના નિયમો લાગુ પાડીશું સિવાય કે તમામ અંતરોને લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્રથી માપવામાં આવે છે. સંશા-પ્રણાલી પ્રમાણે બહિગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ ધન અને અંતગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ ઋણ છે. તમારે  $u$ ,  $v$ ,  $f$ , વસ્તુઓંચાઈ  $h$  અને પ્રતિબિંબ-ઉંચાઈ  $h'$  માટે યોગ્ય ચિહ્નો વાપરવા માટેની કાળજી રાખવી પડશે.

### 10.3.7 લેન્સ-સૂત્ર અને મોટવણી

(Lens Formula and Magnification)

ગોળીય અરીસાની જેમ ગોળીય લેન્સ માટે પણ આપણને સૂત્ર મળો છે. આ સૂત્ર વસ્તુઅંતર ( $u$ ), પ્રતિબિંબ અંતર ( $v$ ) અને કેન્દ્રલંબાઈ ( $f$ ) વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવે છે. લેન્સ-સૂત્ર નીચે મુજબ દર્શાવવામાં આવે છે :

$$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \quad (10.8)$$

ઉપર દર્શાવેલ લેન્સ-સૂત્ર વ્યાપક અને કોઈ પણ ગોળીય લેન્સની કોઈ પણ સ્થિતિ માટે સાચું છે. લેન્સ સંબંધિત દાખલાઓ ગણતી વખતે જુદી-જુદી રાશિઓનાં મૂલ્ય મૂકીતી વખતે સંશા બાબતે યોગ્ય કાળજી રાખવી જરૂરી છે.

પ્રકાશ-પરાવર્તન અને વકીલબવન

### મોટવણી (Magnification)

લેન્સ દ્વારા મળતી મોટવણી ગોળીય અરીસાથી મળતી મોટવણીની જેમ જ પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ અને વસ્તુની ઊંચાઈના ગુણોત્તર વડે વ્યાખ્યાપિત કરવામાં આવે છે. તેને મૂળાક્ષર  $m$  વડે દર્શાવવામાં આવે છે. જો વસ્તુની ઊંચાઈ  $h$  અને લેન્સ વડે મળતાં પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ  $h'$  હોય, તો લેન્સ દ્વારા મળતી મોટવણી,

$$m = \frac{\text{પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ}}{\text{વસ્તુની ઊંચાઈ}} = \frac{h'}{h} \quad (10.9)$$

પરથી મળે છે.

લેન્સની મોટવણી વસ્તુઅંતર ( $u$ ) અને પ્રતિબિંબ-અંતર ( $v$ ) સાથે પણ સંબંધિત છે. આ સંબંધ નીચે મુજબ આપવામાં આવે છે :

$$\text{મોટવણી } (m) = h' / h = v/u \quad (10.10)$$

### ઉદાહરણ 10.3

એક અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ 15 cm છે. વસ્તુને લેન્સથી કેટલા અંતરે રાખવી જોઈએ કે જેથી તેનું પ્રતિબિંબ લેન્સથી 10 cm દૂર મળે ? લેન્સ દ્વારા મળતી મોટવણી પણ શોધો.

#### ઉકેલ

અંતર્ગોળ લેન્સ દ્વારા મળતું પ્રતિબિંબ હંમેશાં આભાસી, ચંતું અને લેન્સથી વસ્તુ તરફની બાજુએ જ મળે છે.

$$\text{પ્રતિબિંબ અંતર } v = -10 \text{ cm}$$

$$\text{કેન્દ્રલંબાઈ } f = -15 \text{ cm}$$

$$\text{વસ્તુઅંતર } u = (?)$$

$$\text{હવે, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{અથવા, } \frac{1}{u} = \frac{1}{v} - \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{u} = \frac{1}{-10} - \frac{1}{(-15)} = -\frac{1}{10} + \frac{1}{15}$$

$$\frac{1}{u} = \frac{-3 + 2}{30} = \frac{1}{-30}$$

$$\text{અથવા } u = -30 \text{ cm}$$

આમ, વસ્તુઅંતર 30 cm મળે છે.

$$\text{મોટવણી } m = \frac{v}{u}$$

$$m = \frac{-10 \text{ cm}}{-30 \text{ cm}} = \frac{1}{3} \approx + 0.33$$

ધન સંજ્ઞા દર્શાવે છે કે પ્રતિબિંબ આભાસી અને ચંતું છે તથા પ્રતિબિંબનું માપ વસ્તુના માપ કરતાં નીજા ભાગનું છે.

### ઉદાહરણ 10.4

2 cm ઊંચાઈની એક વસ્તુને 10 cm કેન્દ્રલંબાઈના બહિગોળ લેન્સની મુખ્ય અક્ષ પર અક્ષને લંબ રહે તે રીતે મૂકેલી છે. લેન્સથી વસ્તુનું અંતર 15 cm છે. પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને પરિમાણ શોધો. તેની મોટવણી પણ શોધો.

### ઉક્ત

$$\text{વસ્તુની ઉંચાઈ } h = + 2.0 \text{ cm}$$

$$\text{કેન્દ્રલંબાઈ } f = + 10 \text{ cm}$$

$$\text{વસ્તુઅંતર } u = -15 \text{ cm}$$

$$\text{પ્રતિબિંબઅંતર } v = ?$$

$$\text{પ્રતિબિંબની ઉંચાઈ } h' = ?$$

$$\text{હવે, } \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

$$\text{અથવા, } \frac{1}{v} = \frac{1}{u} + \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{1}{v} = \frac{1}{(-15)} + \frac{1}{10} = -\frac{1}{15} + \frac{1}{10}$$

$$\frac{1}{v} = \frac{-2 + 3}{30} = \frac{1}{30}$$

$$v = + 30 \text{ cm}$$

$u$  ની ધન સંખ્યા દર્શાવે છે કે પ્રતિબિંબ પ્રકાશીય કેન્દ્રની બીજી તરફ 30 cm જેટલા અંતરે રચાશે.

પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક અને ઊલટું છે.

$$\text{મોટવણી } m = \frac{h'}{h} = \frac{v}{u} \quad \text{અથવા } h' = h \left( \frac{v}{u} \right)$$

$$\text{પ્રતિબિંબની ઉંચાઈ } h' = 2 \left( \frac{30 \text{ cm}}{-15 \text{ cm}} \right) = -4.0 \text{ cm}$$

$$\text{મોટવણી } m = \frac{v}{u}$$

$$\text{અથવા } m = \frac{+30 \text{ cm}}{-15 \text{ cm}} = -2$$

$m$  અને  $h'$  નાં જીણા ચિહ્નો, દર્શાવે છે કે પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક અને ઊલટું છે. તે મુજબ અક્ષની નીચે તરફ રચાય છે. આમ, 4 cm ઉંચાઈનું વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ લેન્સની બીજી તરફ 30 cm અંતરે રચાય છે. પ્રતિબિંબ બે ગણું મોટું છે.

#### 10.3.8 લેન્સનો પાવર (Power of a Lens)

તમે શીખી ગયાં છો કે પ્રકાશકિરણોનું અભિસરણ કરવાની લેન્સની ક્ષમતાનો આધાર તેની કેન્દ્રલંબાઈ પર છે. દા.ત., ટૂંકી કેન્દ્રલંબાઈનો બહિગોળ લેન્સ, પ્રકાશનાં કિરણોને મોટા કોણો વાંકાં વાળે છે અને તેમને પ્રકાશીય કેન્દ્રની નજીક કેન્દ્રિત કરે છે. આ જ પ્રમાણે ટૂંકી કેન્દ્રલંબાઈનો અંતગોળ લેન્સ, મોટી કેન્દ્રલંબાઈના લેન્સ કરતાં વધારે અપસરણ કરે છે. પ્રકાશનાં કિરણોના અભિસરણ કે અપસરણનું પ્રમાણ લેન્સના પાવરના પદમાં દર્શાવવામાં આવે છે. લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈના વ્યસ્તને લેન્સના પાવર તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. તેને મૂળાક્ષર  $P$  વડે દર્શાવવામાં આવે છે.  $f$  કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા લેન્સનો પાવર  $P$ ,

$$P = \frac{1}{f} \tag{10.11}$$

લેન્સના પાવરનો SI એકમ 'ડાયોપ્ટર' (diopter) છે. તેને મૂળાક્ષર D વડે દર્શાવવામાં આવે છે. જો  $f$  ને મીટરમાં દર્શાવવામાં આવે તો પાવરને ડાયોપ્ટરમાં દર્શાવાય છે. આમ, 1 ડાયોપ્ટર એ એવા લેન્સનો પાવર છે કે જેની કેન્દ્રલબાઈ 1 મીટર હોય.  $1 \text{ D} = 1 \text{ m}^{-1}$ . તમે એ નોંધું હશે કે, બહિર્ગોળ લેન્સનો પાવર ધન અને અંતર્ગોળ લેન્સનો પાવર ઋણ છે.

ઓપ્ટિશિયન શુદ્ધિકારક લેન્સને પાવર વડે દર્શાવે છે. ધારો કે સૂચવેલ લેન્સનો પાવર + 2.0 D છે. એનો અર્થ એમ થાય કે સૂચવેલ લેન્સ બહિર્ગોળ લેન્સ છે. આ લેન્સની કેન્દ્રલબાઈ + 0.5 m છે. આ જ પ્રમાણે - 2.5 D ના લેન્સની કેન્દ્રલબાઈ - 0.40 m છે. આ લેન્સ અંતર્ગોળ છે.

ઘણાં પ્રકાશીય ઉપકરણોમાં એક કરતાં વધારે લેન્સ હોય છે. પ્રતિબિંબની મોટવણી તથા તીક્ષ્ણતા વધારવા માટે લેન્સનું સંયોજન કરવામાં આવે છે. સંયોજનમાં રાખેલા લેન્સનો કુલ પાવર દરેક લેન્સના વ્યક્તિગત પાવર  $P_1, P_2, P_3, \dots$  ના બૈચ્ક સરવાળા જેટલો હોય છે.

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

આંખના ડોક્ટરો માટે કેન્દ્રલબાઈની જગ્યાએ લેન્સના પાવરનો ઉપયોગ ઘણો અનુકૂળ રહે છે. આંખની તપાસ કરતી વખતે ડોક્ટર ટેસ્ટિંગ માટેની ચશ્માંની ફેમમાં જાહીતા પાવરના જુદાં-જુદાં શુદ્ધિકારક લેન્સ સંપર્કમાં મૂકે છે. ડોક્ટર જરૂરી લેન્સના પાવરની ગણતરી સાદો બૈચ્ક સરવાળો કરીને કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે + 2.0 D અને + 0.25 Dના બે લેન્સોનું સંયોજન + 2.25 D ના એક જ લેન્સને સમતુલ્ય છે. એક લેન્સ દ્વારા ઉદ્ભવતી પ્રતિબિંબની કેટલીક ક્ષતિઓને ઘટાડવા માટે લેન્સના પાવરના સાદા સરવાળાના ગુણર્થમનો ઉપયોગ લેન્સતંત્રની રચનામાં કરી શકાય છે. એક કરતાં વધારે લેન્સ સંપર્કમાં હોય તેવું લેન્સતંત્ર કેમેરાના લેન્સની ઊઝાઈનમાં તથા માઈક્રોસ્કોપ અને ટેલિસ્કોપના વસ્તુકાયમાં ઉપયોગી છે.

### પ્રશ્નો

1. લેન્સના 1 ડાયોપ્ટર પાવરની વ્યાખ્યા આપો.
2. એક બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા એક સોયનું વાસ્તવિક અને ઉલટું પ્રતિબિંબ લેન્સથી 50 cm દૂર મળે છે. જો પ્રતિબિંબનું પરિમાણ વસ્તુના પરિમાણ જેટલું જ મેળવવું હોય, તો સોયને બહિર્ગોળ લેન્સથી કેટલી દૂર રાખવી જોઈએ ? લેન્સનો પાવર પણ ગણો.
3. 2 m કેન્દ્રલબાઈ ધરાવતાં અંતર્ગોળ લેન્સનો પાવર શોધો.



### તમે શીખ્યાં કે

- પ્રકાશ સીધી લીટીમાં ગતિ કરતો જાણાય છે.
- અરીસા અને લેન્સ વસ્તુઓનાં પ્રતિબિંબો રહે છે. વસ્તુનાં સ્થાન પર આધારિત, પ્રતિબિંબો કાં તો વાસ્તવિક અથવા આલાસી હોય છે.
- દરેક પ્રકારની પરાવર્તક સપાટીઓ પરાવર્તનના નિયમોને અનુસરે છે. વકીલવનકારક સપાટીઓ વકીલવનના નિયમોને અનુસરે છે.
- ગોળીય અરીસા અને લેન્સ માટે નવી કાર્ટન્ઝિય સંજ્ઞાપદ્ધતિને અનુસરવામાં આવે છે.

- અરીસાનું સૂત્ર  $\frac{1}{v} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  ગોળીય અરીસા માટે વસ્તુઅંતર (u), પ્રતિબિંબ અંતર (v) અને કેન્દ્રલંબાઈ (f) વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવે છે.
  - ગોળીય અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ તેની વક્તાત્રિજ્યા કરતાં અડધી હોય છે.
  - ગોળીય અરીસા વડે મળતા પ્રતિબિંબની મોટવણી પ્રતિબિંબ ઊંચાઈ અને વસ્તુ-ઊંચાઈના ગુણોત્તર જેટલી હોય છે.
  - પ્રકાશનું ત્રાંસું કિરણ ઘણું માધ્યમમાંથી પાતળા માધ્યમમાં પ્રવેશે છે ત્યારે લંબથી દૂર તરફ વાંકું વળે છે. પ્રકાશનું ત્રાંસું કિરણ પાતળા માધ્યમમાંથી ઘણું માધ્યમમાં પ્રવેશે છે ત્યારે લંબ તરફ વાંકું વળે છે.
  - પ્રકાશ શૂન્યાવકાશમાં  $3 \times 10^8 \text{ ms}^{-1}$  જેટલી પ્રચંડ ઝડપથી ગતિ કરે છે. જુદા-જુદા માધ્યમમાં પ્રકાશનો વેગ જુદો-જુદો હોય છે.
  - પારદર્શક માધ્યમનો વક્તીભવનાંક, શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશની ઝડપ અને તે પારદર્શક માધ્યમમાં પ્રકાશની ઝડપના ગુણોત્તર જેટલો હોય છે.
  - કાચના લંબધન ચોસલાના ડિસ્સામાં, હવા-કાચ આંતરપૃષ્ઠ અને કાચ-હવા આંતરપૃષ્ઠ એમ બંને સપાટી પાસે વક્તીભવન થાય છે. નિર્ગમન કિરણ આપાતકિરણને સમાંતર દિશામાં હોય છે.
  - લેન્સ સૂત્ર  $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$  ગોળીય લેન્સ માટે વસ્તુઅંતર (u), પ્રતિબિંબ અંતર (v) અને કેન્દ્રલંબાઈ (f) વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવે છે.
  - લેન્સનો પાવર તેની કેન્દ્રલંબાઈના વયસ્ત જેટલો હોય છે. લેન્સના પાવરનો SI એકમ ડાયોપ્ટર છે.

स्वाध्याय



1. નીચેનાં દ્રવ્યો પૈકી લેન્સ બનાવવા માટે ક્યા દ્રવ્યનો ઉપયોગ થઈ શકે નહિ ?  
(a) પાણી (b) કાચ (c) પ્લાસ્ટિક (d) માટી (clay)

2. એક અંતર્ગોળ અરીસા વડે મળતું પ્રતિબિંબ આભાસી, ચતું અને વસ્તુ કરતાં મોટું દેખાય છે. વસ્તુનું સ્થાન ક્યાં હશે ?  
(a) મુખ્ય કેન્દ્ર અને વક્તાકેન્દ્રની વચ્ચે (b) વક્તાકેન્દ્ર પર  
(c) વક્તાકેન્દ્રની પાછળ (d) અરીસાના ધૂષ અને મુખ્ય કેન્દ્રની વચ્ચે

3. બહિગોળ લેન્સની સામે વસ્તુને ક્યાં રાખતાં તેનું સાચું અને વસ્તુના પરિમાણ જેટલું જ પ્રતિબિંબ મળે ?  
(a) લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર પર (b) કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં બમજાં અંતરે  
(c) અનંત અંતરે (d) લેન્સના પ્રકશીય કેન્દ્ર અને મુખ્ય કેન્દ્રની વચ્ચે

4. એક ગોળીય અરીસા અને એક પાતળા ગોળીય લેન્સ દરેકની કેન્દ્રલંબાઈ - 15 cm છે. અરીસો અને લેન્સ  
(a) બંને અંતર્ગોળ (b) બંને બહિગોળ  
(c) અરીસો અંતર્ગોળ અને લેન્સ બહિગોળ (d) અરીસો બહિગોળ અને લેન્સ અંતર્ગોળ ..... હશે.

5. અરીસાની સામે તમે ગમે ત્યાં ઊભા રહો છતાં તમારું પ્રતિબિંબ ચંતું મળે છે, તો આ અરીસો
  - (a) માત્ર સમતલ
  - (b) માત્ર અંતર્ગોળ
  - (c) માત્ર બહિગોળ
  - (d) સમતલ અથવા બહિગોળ ..... હશે.
6. શબ્દકોશમાં જોવા મળતાં નાના અક્ષરોને વાંચવા માટે તમે નીચેના પૈકી ક્યો લેન્સ પસંદ કરશો ?
 

(a) 50 cm કેન્દ્રલંબાઈનો બહિગોળ લેન્સ	(b) 50 cm કેન્દ્રલંબાઈનો અંતર્ગોળ લેન્સ
(c) 5 cm કેન્દ્રલંબાઈનો બહિગોળ લેન્સ	(d) 5 cm કેન્દ્રલંબાઈનો અંતર્ગોળ લેન્સ
7. આપણો 15 cm કેન્દ્રલંબાઈના અંતર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ કરી એક વસ્તુનું ચંતું પ્રતિબિંબ મેળવવા માંગીએ છીએ. અરીસાથી વસ્તુઅંતરનો વિસ્તાર (Range) કેટલો હોવો જોઈએ ? પ્રતિબિંબનો પ્રકાર કેવો હશે ? પ્રતિબિંબ વસ્તુ કરતાં મોટું હશે કે નાનું ? આ કિરણામાં પ્રતિબિંબ-નિર્માણ દર્શાવતી કિરણાકૃતિ દોરો.
8. નીચેની પરિસ્થિતિઓમાં ક્યા અરીસા વપરાય છે તે જણાવો :
  - (a) કારની ડેડલાઈટ
  - (b) વાહનની પાછળનું દશ્ય જોવા માટેનો અરીસો
  - (c) સોલાર બટી

તમારો જવાબ કારણ સહિત જણાવો.
9. બહિગોળ લેન્સના અડધા ભાગને કાળા પેપર વડે ઢાંકી દેવામાં આવ્યો છે. શું આ લેન્સ વસ્તુનું સંપૂર્ણ પ્રતિબિંબ આપશે ? તમારું પરિણામ પ્રાયોગિક રીતે પણ ચકાસો. તમારું અવલોકન સમજાવો.
10. 5 cm લંબાઈની એક વસ્તુને 10 cm કેન્દ્રલંબાઈના અભિસારી લેન્સથી 25 cm દૂર રાખી છે. કિરણાકૃતિ દોરો અને પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પરિમાણ અને પ્રકાર જણાવો.
11. 15 cm કેન્દ્રલંબાઈનો અંતર્ગોળ લેન્સ 10 cm દૂર પ્રતિબિંબ રચે છે. વસ્તુને લેન્સથી કેટલી દૂર રાખી હશે ? કિરણાકૃતિ દોરો.
12. 15 cm કેન્દ્રલંબાઈના બહિગોળ અરીસાથી 10 cm દૂર વસ્તુને મૂકી છે. પ્રતિબિંબનું સ્થાન અને પ્રકાર જણાવો.
13. સમતલ અરીસાથી મળતી મોટવણી +1 છે. આનો શું અર્થ થાય ?
14. 30 cm વક્તાત્રિજ્યા ધરાવતાં બહિગોળ અરીસાની સામે 20 cm દૂર 5 cm લંબાઈની એક વસ્તુ મૂકેલી છે. પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ શોધો.
15. 18 cm કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતાં અંતર્ગોળ અરીસાની સામે 27 cm દૂર 7 cm લંબાઈની એક વસ્તુને મૂકી છે. પડાને અરીસાથી કેટલા અંતરે રાખતાં તેના પર તીક્ષ્ણ પ્રતિબિંબ કેન્દ્રિત થશે ? પ્રતિબિંબનો પ્રકાર અને પરિમાણ શોધો.
16. - 2.0 D પાવર ધરાવતાં લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. આ લેન્સ ક્યા પ્રકારનો હશે ?
17. એક ડોક્ટર + 1.5 D પાવર ધરાવતાં શુદ્ધીકારક લેન્સની સૂચના આપે છે. લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. સૂચિત કરેલો લેન્સ અભિસારી છે કે અપસારી ?