ઉચ્ચતર માધ્યમિક શૃંખલા

શીખવા માટે પ્રયોગ આધારિત પુસ્તિકા

પ્રકાશ

આમોદ કારખાનીસ

एकलव्य
આર્ચ

ઉચ્ચત્તર માધ્યમિક વિજ્ઞાન શૃંખલા

પ્રકાશ

શીખવા - સમજવા માટે પ્રયોગ આધારિત પુસ્તિકા

આમોદ કારખાનીસ

एकलव्य

આર્ચ

પ્રકાશ

શીખવા - સમજવા માટે એક પ્રયોગ આધારિત પુસ્તિકા

PRAKASH

આમોદ કારખાનીસ

સહયોગ : પ્રમોદ મૈથિલ

સલાહકાર : ઊર્જિત યાજ્ઞિક , ભાષ બાપટ , રમા ચારી, વિજય વર્મા

ડિઝાઈનઃ આમોદ કારખાનીસ

Gujarati translation of the book Prakash

Published in Hindi and English by Eklavya

ગુજરાતી અનુવાદ અને શુદ્ધિકરણ : વિનાયક દવે, સ્વાતિ દેસાઇ

© એકલવ્ય / સપ્ટેમ્બર - ૨૦૧૭

આ પુસ્તકના કોઈ પણ ભાગનો બિન-વ્યવસાયિક શૈક્ષણિક હેતુસર આ જ પ્રકારના કોપીલેફ્ટ ચિહ્ન સાથે ઉપયોગ કરી શકાય છે. સ્રોતના સ્વરૂપમાં પુસ્તકનો ઉલ્લેખ જરૂર કરવો તથા એકલવ્ય તથા લેખકને સૂચિત કરવું. અન્ય કોઈ પણ પ્રકારની મંજૂરી માટે એકલવ્ય અને લેખકનો સંપર્ક કરવો.

પ્રવિણ મિલેનિયમ ટ્રસ્ટ-લંડનના સૌજન્ય અને સહકારથી

આવૃત્તિ : જાન્યુઆરી, 2022 / 500 પ્રત

સહયોગ રાશિ :૨૦૦/-

પેપરઃ 100 gsm મેપલિથો અને 300 gsm એફ.બી.બોર્ડ (કવર)

પ્રકાશક

આર્ચ-નગારીયા

ધરમપુર, વલસાડ-૩૯૬૦૫૦

E-mail : arch.dharampur@gmail.com

મૂળ પ્રકાશક : એકલવ્ય

જમનાલાલ બજાજ પરીસર,

ફોર્ચ્યુન કસ્તુરી પાસે, જાતખેડી,

ભોપાલ (મધ્યપ્રદેશ)-462 026 (India)

www.eklavya.in books@eklavya.in

મુદ્રક : ઋત્વા પંડ્યા, અમદાવાદ, મો. 9898331531

અનુક્રમણિકા

પૂર્વભૂમિકા ૫

પરિચય ૭

કેટલાક સવાલ ૭

પડછાયાની રમત ૮

શું દરેક વસ્તુનો પડછાયો પડે છે? ૧૦

વસ્તુઓનો પડછાયો બને છે કેવી રીતે? ૧૧

ટ્યુબલાઇટની રોશનીમાં તીવ્ર પડછાયો કેમ નથી બનતો? ૧૩

પ્રકાશ કેવી રીતે ગતિ કરે છે? ૧૪

પોતાનો પીનહોલ કેમેરા બનાવો ૧૫

પરાવર્તન ૧૯

કિરણ બનાવો ૧૯

પરાવર્તનના નિયમ જાણો ૨૦

પરાવર્તનનો બીજો નિયમ ૨૧

અરીસો ખોટું ન બોલે ૨૩

પ્રતિબિંબ અરીસાથી કેટલું પાછળ છે? ૨૪

તમારો પેરિસ્કોપ બનાવો. ૨૬

કેટલાય અરીસા કેટલાય પ્રતિબિંબ ૨૭

કેલિડોસ્કોપ બનાવો. ૨૮

ખરબચડી સપાટી પરથી સરસ પરાવર્તન કેમ નથી થતું? ૨૮

વક્ર અરીસા ૩૦

વક્ર અરીસા સાથે પ્રયોગ ૩૨

અવલોકનોને સમજાવવા માટેનું મોડેલ ૩૪

બહિર્ગોળ અરીસો ૩૭

વક્રીભવન ૩૯

કિરણ પુંજનું વળવું એટલેકે મૃગજળ કેવી રીતે બને છે? ૪૩

પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન ૪૪

પ્રકાશીય તંતુ (ઓપ્ટિકલ ફાયબર) ૪૭

પ્રિઝમ **૪૯**
લેન્સ **૫૧**
બહિર્ગોળ લેન્સથી પ્રતિબિંબ ૫૩
બહિર્ગોળ લેન્સથી કિરણ ચિત્ર ૫૪
કિરણ ચિત્ર બનાવો ૫૫
અંતર્ગોળ અરીસાના કિરણ ચિત્ર ૫૬
કેમેરા અને બહિર્ગોળ લેન્સ ૫૭
ફ્રેસનેલ લેન્સ ૫૯
વિવિધ કોયડાઓ ૬૦
પ્રકાશીય સાધનો ૬૧
સાયકલમાં લગાવેલું રિફ્લેક્ટર ૬૨
બાયનોક્યુલર્સ ૬૨
સૂક્ષ્મદર્શક ૬૩
દૂરબીન ૬૫

પ્રકાશની તીવ્રતાનું માપન **૬૭**
આપણો બલ્બ કેટલો પ્રકાશ આપે છે? **૬૯**

રંગ **૭૧**
ઈન્દ્રધનુષ ૭૨
રંગોનું મિશ્રણ ૭૫
ન્યૂટનની ચકરી ૭૬

પ્રકાશની વાર્તા **૭૭**

પરિશિષ્ટ
થોડી વ્યાખ્યાઓ થોડું ગણિત ૮૧
લેન્સનું સમીકરણ ૮૨

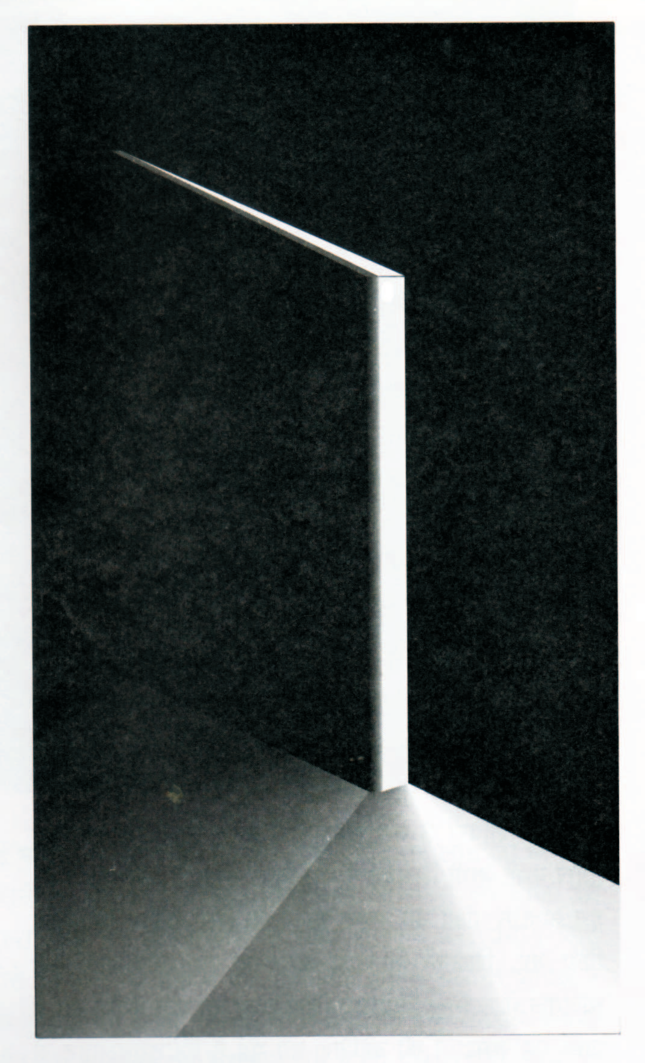
પ્રવૃતિઓની યાદી **૮૩**

અનુક્રમણિકા **૮૪**

પૂર્વભૂમિકા

ઘણાં અભ્યાસો બતાવે છે કે બાળકો પોતાને ઉપયોગી અને સુસંગત લાગતી હોય એવી સામગ્રીથી વધારે સારી રીતે શીખે/સમજે છે. વિજ્ઞાન શીખવા/શીખવવા માટે એનો એવો મતલબ કરવામાં આવ્યો કે બાળકોએ જુદા જુદા એવા પ્રયોગો કરવા જોઈએ કે જે તેઓને સંકલ્પના લાગુ કરીને જોવામાં મદદ કરે. આ સિવાય વર્ગમાં થતી પ્રવૃત્તિઓ-ઘટનાઓનો સંબંધ તેમના રોજબરોજના જીવન સાથે જોડાયેલો હોવો જોઈએ.

પ્રકાશ વિષયને પ્રાથમિક અને માધ્યમિક બંને કક્ષાએ ઘણોં વિસ્તારથી લેવામાં આવ્યો છે. આ વિષય, ઉપર કહેલી બંને બાબતો માટે ઘણી તક પૂરી પાડે છે. જુદી જુદી સ્થિતિમાં પ્રકાશનો વ્યવહાર ઘણી રસપ્રદ ઘટનાઓને જન્મ આપે છે. આ ઘટનાઓને સમજવા માટે કેટલાંક સરળ પ્રયોગો કરીએ, તો કેટલીક પાયાની સંકલ્પનાઓને ઊંડાણથી સમજવામાં મદદ મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે વક્રીભૂત કિરણનો માર્ગ શોધવા માટે કરવામાં આવતા પ્રયોગમાં એક તરફ ટાંકણીઓ ખોસીને તેની બીજી બાજુથી જોઈને તેની સિધાઈમાં ટાંકણીઓ ખોસી તેની જે રેખા બને તે વક્રીભૂત કિરણોનો માર્ગ બતાવે છે એમ માની લેવામાં આવે છે. પણ આ પ્રયોગ વક્રીભવન સમજવામાં મદદ નથી કરતો. જ્યારે આ મોડ્યૂલમાં આપવામાં આવેલ પ્રયોગ – જેમાં વક્રીભૂત કિરણ ખરેખર જોઈ શકાય છે – કરવાથી શરૂઆતમાં આશ્ચર્ય અને પછી તેને સમજવાનો આનંદ અનુભવાય છે. એવી જ રીતે પરાવર્તનના પરિચયની શરૂઆતથી જ પાઠ્યપુસ્તકો વાસ્તવિક અને આભાસી પ્રતિબિંબ વચ્ચેનો તફાવત બતાવી દે છે. આ તફાવતને ત્યારે પણ ધ્યાન પર લાવી શકાય કે જ્યારે લેન્સથી થતા વક્રીભવનથી બનેલ પ્રતિબિંબની વાત કરવાની થાય. પરંતુ એ ક્યારેય સ્પષ્ટ



થતું જ નથી કે વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ શું છે? આ મોડ્યુલમાં જે પ્રયોગ આપવામાં આવ્યા છે એમાં અંતર્ગોળ અરીસા કે બહિર્ગોળ લેન્સની મદદથી એક સળગતી મીણબત્તીથી જ્યોતનું પ્રતિબિંબ એક પડદા પર મેળવવામાં આવે છે. આ પ્રયોગ પછી વિદ્યાર્થીના વિચારમાં જે ફેર પડે છે તે જોઈ શકાય એવો હોય છે. પ્રકાશીકી એટલે ઓપ્ટિક્સમાં જે રીતે એપ્લીકેશન વિકાસ થયો છે તેને કારણે આ વિષયમાં નવા પરિમાણોનો સમાવેશ થયો છે. અમને લાગે છે કે ઓપ્ટિકલ ફાઈબર જેવી ટેક્નોલોજીની વાત વિદ્યાર્થીઓ સાથે કરવી જોઈએ.

આ મોડ્યુલમાં પ્રકાશ સંબંધિત એ બધા જ વિષયોનો સમાવેશ કરવામાં આવ્યો છે જે પ્રાથમિક અને માધ્યમિક શાળાના પાઠ્યપુસ્તકમાં આવે છે. આ મોડ્યુલ માટે વિષયોની પસંદગી અને રજૂઆત માટેના નિર્ણય, બે પ્રક્રિયાના આધારે કરવામાં આવ્યા છે.

એક સ્તર પર એકલવ્યએ ધોરણ 6 થી 10 સુધી સામાન્ય વિજ્ઞાનમાં કયા વિષય ભણાવવા જોઈએ તે બાબતે સંવાદ શરૂ કર્યો. આ સંવાદનો એક અગત્યનો મુદ્દો એ પણ છે કે ભણાવવું કેવી રીતે? શિક્ષકોના અનુભવ ઉપરાંત હવે એ બાબતે ઘણી શોધો થઈ છે કે બાળકો કેવી રીતે શીખે છે અને સંકલ્પનાઓને માત્ર ઉપર ઉપરથી સ્પર્શ કરવાને કારણે કેવી કેવી ખોટી સંકલ્પનાઓ પેદા થાય છે. જ્યારે તમામ અમુર્ત સંકલ્પનાઓને બાળકોના રોજબરોજના અનુભવ સાથે જોડવાની કોશિશ નથી થતી ત્યારે બાળકો એવા સૈદ્ધાંતિક વિચારો સાથે ટકરાય છે જેનો કોઈ અર્થ નથી હોતો અને જે ઘણી વખત તેમની સહજ-સમજણથી વિરુદ્ધ જાય છે. તેથી એવો નિર્ણય લીધો કે આ બાબતોને ધ્યાનમાં રાખવી અને વિજ્ઞાન શિક્ષણ અને શીખવાના સિદ્ધાંતોનો અભ્યાસ કરીને સામગ્રીમાં કંઈક સમતુલા લાવવાનો પ્રયાસ કરવો.

જે બીજી પ્રક્રિયાએ આ મોડ્યુલના વિકાસમાં ફાળો આપ્યો છે તે અમારા શિક્ષક પ્રશિક્ષણના સત્રો. એકલવ્ય ઘણાં વરસોથી હાઈસ્કૂલના સ્તરે વિજ્ઞાનના કેટલાંક પસંદગીના વિષયો માટે શિક્ષણ-પ્રશિક્ષણનું આયોજન કરતું રહ્યું છે. આ પ્રશિક્ષણ શિબિરોને કારણે વિદ્યાર્થીઓમાં (અને ક્યારેક શિક્ષકોમાં પણ) કેવા કેવા ભ્રમ હોય છે તે સમજવામાં મદદ મળી, એ સંકલ્પનાઓ સ્પષ્ટ કરવા માટે પ્રયોગો વિકસાવવામાં આવ્યા, શિક્ષકો સાથે અજમાવી જોયા અને પછી મોડ્યુલમાં મુકવામાં આવ્યા. આ પ્રકારનો એક પ્રયોગ એ છે કે જેમાં ટ્યુબલાઈટથી સ્પષ્ટ પડછાયો કેમ નથી મળતો તે સમજાવવાનો પ્રયત્ન કર્યો છે. એવી જ રીતે પ્રકાશના બે સ્રોતોની તીવ્રતા (intensity)ની તુલનાનો પ્રયોગ પણ ઉમેરાયો. હજુ એક વાત, અમે ઘણી જગ્યાએ સંશોધન પ્રોજેક્ટ્સ માટે વિચાર આપ્યો છે. એમાં એવા પ્રોજેક્ટનો સમાવેશ થયેલ છે કે કેટલીક સંકલ્પનાઓનો ઉપયોગ થાય એવી અપેક્ષા રાખી શકાય. અમે માનીએ છીએ કે વિજ્ઞાન નિરંતર ચાલતી પ્રક્રિયા છે એ વાત બાળકો સુધી પહોંચવી જોઈએ. વિજ્ઞાન, થોડાક બુદ્ધિમાન 'વૈજ્ઞાનિકોએ' બનાવેલ તૈયાર ઉત્પાદન છે એવા રૂપમાં નહિ ઉપસવું જોઈએ. એ દૃષ્ટિએ વિજ્ઞાનના કેટલાંક એવા નવા તથ્યોનો સમાવેશ કરવામાં આવ્યો છે કે જે કદાચ વિદ્યાર્થીના બોધનાત્મક સમજના સ્તરથી ઉપર હોય. હળવી શૈલીમાં આ સંકલ્પનાઓ એટલા માટે મુકી છે કે વિદ્યાર્થીને વિજ્ઞાન માટે રાજી કરી શકાય અને કેટલાંક વિદ્યાર્થી વિજ્ઞાનના અધ્યયન માટે પ્રેરણા મેળવે. અમે ઘણાં સાધનોનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. એવા કેટલાંક સાધનો માટે વિકાસનો ઇતિહાસ અને ટેકનિકનો સમાવેશ કર્યો છે જેથી બાળકો વિજ્ઞાનના માનવીય પાસાથી પરિચિત થાય. અમારી કલ્પના એવી છે કે આ મોડ્યુલનો ઉપયોગ શિક્ષકો એક સંસાધનના રૂપમાં કરે. વિચારો અને સિદ્ધાંતોની સ્પષ્ટતા માટે પણ તેઓ આની મદદ લઈ શકે છે. આ મોડ્યુલની સૌથી મહત્ત્વપૂર્ણ વાત એની વિષયવસ્તુ રજૂ કરવાની શૈલી છે કે જેનો શિક્ષક ઇચ્છે તો સીધેસીધો ઉપયોગ કરી શકે છે. એમાં આપવામાં આવેલી પ્રવૃત્તિઓ એ જ ક્રમમાં કરી શકે છે. મોડ્યુલ, જાણકારી આપવાની જાણીતી રીત કરતા જરા જુદી રીતે ચાલે છે. દરેક વાતને સવાલ રૂપે મૂકવામાં આવી છે અને સવાલની આસપાસ ગતિવિધિ અને અવલોકનો દ્વારા સંકલ્પના વિકસતી જાય છે. કોઈપણ વિષયને એક તૈયાર વાનગી રૂપે રજૂ નથી કર્યો.

મોડ્યુલમાં અવધારણાનો વિકાસ પગલે પગલે થયો છે અને ભાષા સરળ રાખવામાં આવી છે. એટલા માટે આ મોડ્યુલ બાળકો માટે વર્ગની બહાર પણ શોધખોળનું એક સાધન બની શકે એવું છે. આશા તો એવી છે કે કોઈ સીનિયર કે મોટાની થોડીક મદદથી કોઈપણ બાળક ગતિવિધિ કરી શકશે. બાળક પાઠ્યવસ્તુ વાંચે, સંબંધિત પ્રયોગ કરે, સવાલોના જવાબ આપે, તર્કને સમજીને આગળ વધે. આપણો હેતુ બાળકને વિચાર કરતો કરી તેના મનમાં ઉઠતાં સવાલને નિર્ભયતાથી પૂછી શકે તેવી સ્થિતિ ઊભી કરવાનો છે. આ મોડ્યુલ પ્રમાણે જ્યારે પ્રયોગ કરશો ત્યારે તમારા મનમાં ઘણાં સવાલ ઉઠશે. તેમાંથી કેટલાંક સવાલોના જવાબો મોડ્યુલમાં આપેલી પ્રવૃત્તિઓની મદદથી મળવાનો સંભવ છે. કેટલાંક સવાલ એવા પણ હશે જે તમે અમારી સાથે ચર્ચવા ઇચ્છશો. એવા સવાલ અને તમારા વિચાર તથા ટિપ્પણી અમને નીચે આપેલ સરનામે મોકલી શકો છો.

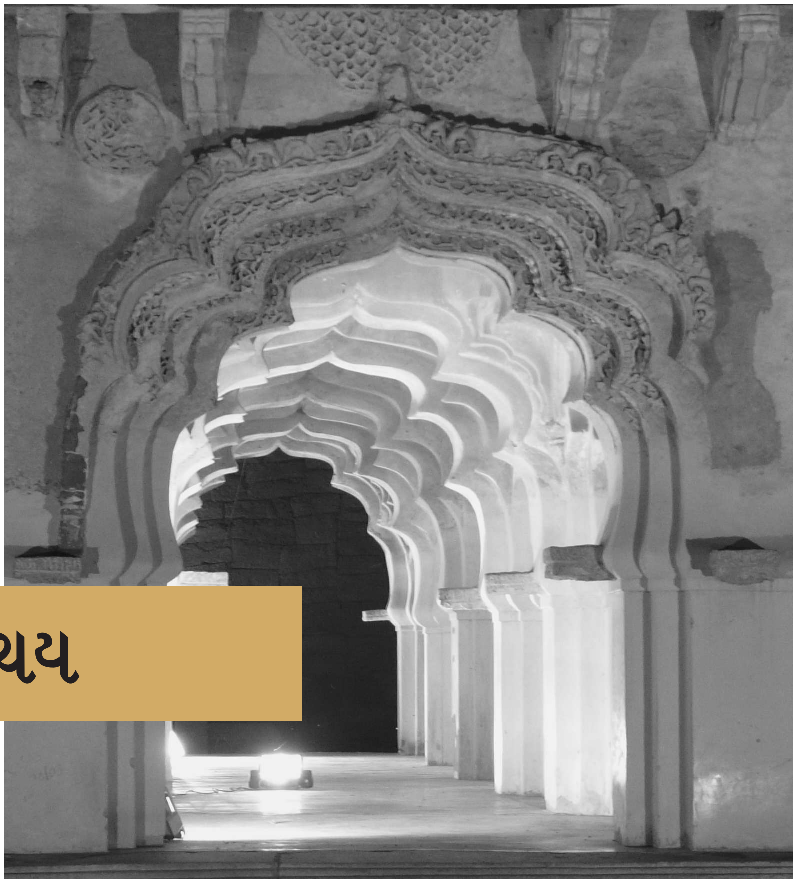
Savaliram

Eklavya

Jamnalal Bajaj Parisar,

Near Fortune Kasturi, Jatkhedi, Bhopal

Madhya Pradesh - 462 026



પરિચય

પ્રકાશ ઘણી રીતે મહત્ત્વપૂર્ણ છે. આપણામાંથી ઘણાં લોકો જે કંઈ જ્ઞાન પ્રાપ્ત કરે છે એનો એક મોટો ભાગ તો આસપાસની વસ્તુઓ જોઈને જ મેળવે છે. પ્રકાશ સાથેની રમતો અને પ્રયોગો ખૂબ જ મજા પડે એવા હોય છે. જોકે પ્રકાશની ખરેખરી પ્રકૃતિ ખૂબ જ જટિલ છે પણ એના કેટલાંક નિયમો એવા છે કે જે માત્ર સરળ જ નહિ પણ સમજવામાં મજા પડે એવા છે. આ મોડ્યુલની શરૂઆત આપણે પ્રકાશ અને પડછાયા વચ્ચેના સંબંધ સમજવાથી કરીશું અને પછી પરાવર્તન અને વક્રીભવનની વાત કરીશું અને એનાથી આગળ વધતા આપણે રંગોના વિભાજન (પ્રકીર્ણન)ની વાત કરીશું. અને આ બધી વાતો જટિલ કે સમજાય નહિ તેવા અઘરા અઘરા સિદ્ધાંતો રૂપે નહિ હોય. આપણે કેટલીયે ગતિવિધિઓ, પ્રયોગો, રમકડાં અને રમતોની મદદથી શીખીશું. તો ચાલો, શું તૈયાર છો ને, આ મઝાની સફર માટે...

કેટલાંક સવાલ

જો હું તમને પૂછું કે જોવા માટે શું જોઈએ, તો તમે વિચારશો કે સાવ નકામો સવાલ છે. બધાને ખબર છે કે આપણે આપણી આંખોથી જોઈએ છીએ. આપણને એ પણ ખબર છે કે જો પ્રકાશની હાજરી હોય તો જ આપણે જોઈ શકીએ છીએ. એટલે કે જોવા માટે બે વસ્તુ જરૂરી છે – આંખ અને પ્રકાશ.

હા આ....સરસ. જો હું ટેબલ પર પેન્સિલ મૂકું અને તેના પર તડકો પડતો હોય તો તમે ચોક્કસ પેન્સિલ જોઈ શકશો. પણ...પણ જો હું તે જ પેન્સિલ દીવાલ પાછળ રહેલા ટેબલ પર મૂકી દઉં તો પ્રકાશ હોય તો પણ તમે તે જોઈ શકશો નહિ, કેમ બરાબરને? દેખીતું છે કે વચમાં અડચણ આવી ગઈ. તો હવે કોઈ વસ્તુ (પેન્સિલ) જોવા માટે ત્રણ શરત થઈ – આંખ, પ્રકાશની હાજરી અને આંખ ને વસ્તુ વચ્ચે કોઈ અડચણ ન હોવી. તો શું હજી પણ બીજી કોઈ શરત હોઈ શકે ખરી? ચાલો વિચારીએ......... ના? પાક્કું?

ઉપરનું ચિત્ર જુઓ. શું તમે પાંદડાની વચ્ચે પતંગિયું જોઈ શકો છો? મને ખબર છે કે આ વાક્ય વાંચ્યા પછી તમારામાંથી ઘણાં લોકોએ ફરી એકવાર ચિત્ર જરૂર જોયું હશે. (અરે...ચિત્રમાં પતંગિયુ પણ છે, લાવ ફરી જોવા દે.) પતંગિયાના રંગમાં એવી કંઈક વાત હતી કે જેથી આપણે તે જોવાનું ચૂકી ગયા? એ વાત શું હતી?

આવા તો ઘણાં બધાં સવાલ છે. જેમકે શું તમે કાચની બારીમાંથી બહારના ઝાડને જોઈ શકો છો? આપણે દીવાલની આરપાર તો નથી જોઈ શકતા પણ કાચની આરપાર જોઈ શકીએ છીએ. એટલે કે કાચમાં કંઈક ખાસ વાત તો છે. તો તે શું હોઈ શકે તે જોઈએ.

જો તમે એક પેન્સિલ તડકામાં રાખો તો દીવાલ કે ભોંયતળિયા પર તેનો પડછાયો પડશે. પડછાયો પડવા માટે શું જરૂરી હોય છે? શું પડછાયો હંમેશા પડતો હોય છે? શું કાચનો પણ પડછાયો પડે છે ખરો? શું ટ્યુબલાઇટની નીચે પણ પડછાયો પડે છે? શું ટ્યુબલાઈટ અને બલ્બની નીચે બનતો પડછાયો એકસરખો હોય છે?

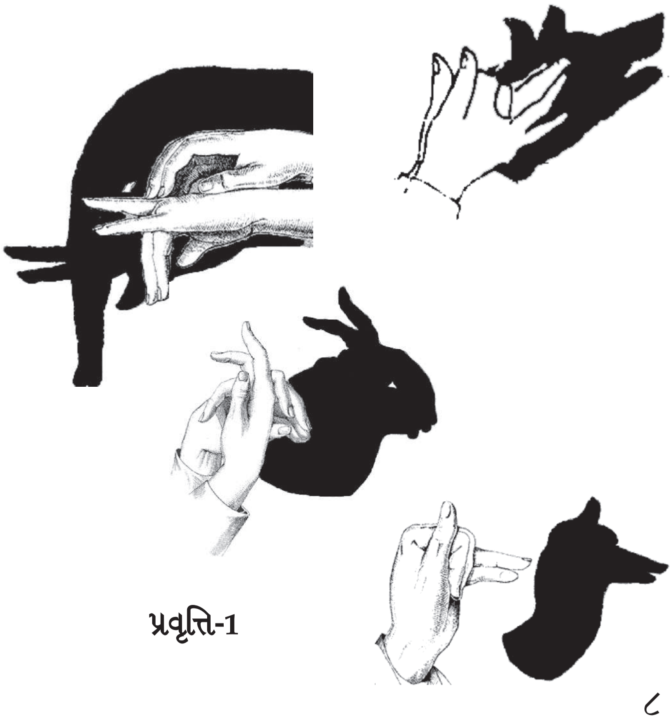
સૂર્યનો પ્રકાશ એટલે કે તડકો પૃથ્વી પર, આપણા પર, ઝાડ પર, સડક પર, ઘર ઉપર આવી બધી જ વસ્તુ ઉપર તડકો પડે છે અને આ કારણે જ આપણે વસ્તુઓ જોઈ શકીએ છીએ. શું આપણે પ્રકાશ કે તડકો પણ જોઈ શકીએ? કહેવાનો અર્થ એ છે કે જો તડકો કોઈ વસ્તુ પર પડે તો વસ્તુ આપણને ચમકતી દેખાય છે પણ જ્યાં સુધી તડકો વસ્તુ પર ન પડે ત્યાં સુધી આપણને તડકો દેખાતો નથી. પણ જો હવામાં ધૂળ ઊડતી હોય તો આપણને પ્રકાશનો રસ્તો દેખાય છે. જો ધૂળ ન હોય તો? શું ત્યારે પણ પ્રકાશનો રસ્તો દેખાશે ખરો !!

એવું લાગે છે કે પ્રકાશનો કિસ્સો એટલો સરળ નથી. તો ચાલો એનું અધ્યયન વધારે બારીકાઈથી કરીએ અને તેની શરૂઆત કરીશું પડછાયાથી.

પડછાયાની રમતો

તમે તમારા પડછાયાને તડકામાં જરૂરથી જોયો હશે. પડછાયો સદાય તમારો પીછો કરતો હોય એવું લાગે છે અને તમે જે કરો તેની નકલ કરતો દેખાય છે. ચાલો પડછાયા સાથે થોડી રમતો રમીએ.

એક ઓરડામાં અંધારું કરો. તમારા દોસ્તો અને પરિવારના બધા સભ્યોને ભેગા કરો. ઓરડામાં એક મીણબત્તી સળગાવો. તમારા હાથ એવી રીતે રાખો કે તેનો પડછાયો સામેની દીવાલ પર પડે. આ દીવાલ જ તમારો રંગમંચ છે. અહીં આપેલા ચિત્રો જૂઓ. તમારા બંને હાથની મદદ વડે ચિત્રોમાં દેખાતી વિવિધ આકૃતિઓ બનાવો અને પ્રયત્ન કરો કે દીવાલ પર વિવિધ પશુ/પંખીની આકૃતિઓ બને. શું તમારા પ્રેક્ષકો (મિત્રો અને કુટુંબીજનો) એ જાનવરોને ઓળખી શક્યા? પડછાયાની અસર વધારવી હોય તો સાથે અવાજ પણ કરી શકો.



પ્રવૃત્તિ-1

પડછાયાને વધારે સારી રીતે સમજવા માટે એક પ્રયોગ કરો.

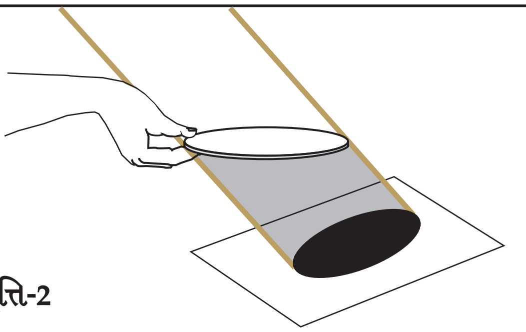
એના માટે તમને કાગળના ચોરસ અને વર્તુળાકાર ટુકડાની જરૂર પડશે. આ ઉપરાંત પડદા માટે એક મોટા સફેદ કાગળની જરૂર પડશે.

આ પ્રયોગ તડકામાં કરવો પડશે. સફેદ કાગળને તડકામાં જમીન પર પાથરી દો. હવે વર્તુળાકાર કાગળના ટુકડાને એવી રીતે પકડો કે તેનો પડછાયો સફેદ કાગળના પડદા પર પડે. કાગળના આ ટુકડાને આપણે 'વસ્તુ' કહીશું.

તમારા મિત્રને પેન્સિલની મદદથી પડછાયાની રૂપરેખા બનાવવા કહો. આ પડછાયો વર્તુળાકાર છે કે અંડાકાર? શું તમે એને વર્તુળાકાર બનાવી શકો છો? એના માટે શું કરવું પડશે?

વસ્તુને જે ખૂણા પરથી પકડી છે તે બદલવાથી કદાચ મદદ મળે, કરી જુઓ. પડછાયાની આકૃતિ બદલવા માટે બીજું શું શું કરી શકો છો?

આ જ પ્રયોગ ચોરસ ટુકડા વડે પણ કરી જુઓ અને પ્રયત્ન કરો કે પડછાયો ચોરસ પડે. વસ્તુની આકૃતિ જેવો જ બરાબર પડછાયો બનાવવા માટે પડદા અને વસ્તુના પરસ્પરના ખૂણા માટે તમે શું કહો છો?



પ્રવૃત્તિ-2

એવી જ રીતે પડદા અને વસ્તુ વચ્ચેનું અંતર બદલી બદલીને પણ જુઓ કે પડછાયાના કદમાં શું અસર થાય છે?

કાગળને કોઈ સપાટ જગ્યાએ રાખી પડદો બનાવવાને બદલે ચોરસ ટુકડાનો પડછાયો કોઈ દડા કે ટોપલી પર પડવા દો. હવે પડછાયાની આકૃતિ કેવી છે? આ જ પ્રયોગને સૂરજના પ્રકાશને બદલે બલ્બના પ્રકાશમાં પણ કરી જુઓ. એમાં પ્રકાશના સ્રોત (બલ્બ) અને વસ્તુ વચ્ચેનું અંતર અથવા વસ્તુ અને પડદા વચ્ચેનું અંતર બદલીને જુઓ. આ અંતર બદલવાથી શું પડછાયાના કદ ઉપર કોઈ અસર થાય છે ખરી?

આ પ્રયોગમાં તમે સફેદ કાગળનો ઉપયોગ પડદા તરીકે કર્યો. હવે કાળા કાગળ પર પ્રયોગ કરી જુઓ. શું કાળા કાગળ ઉપર પણ પડછાયો એટલો જ ધારદાર અને સ્પષ્ટ દેખાય છે જેટલો સફેદ કાગળ પર દેખાતો હતો?

પડછાયા સાથે રમતા રમતા તમે સમજી ગયા હશો કે પડછાયો બનાવવા માટે ત્રણ ચીજોની જરૂર પડે છે :

1. વસ્તુ
2. પ્રકાશનો સ્રોત અને
3. કોઈ સપાટી અથવા પડદો જેના પર પડછાયો પડી શકે.

ગોળાનો પડછાયો

દડા જેવી કોઈ ગોળ વસ્તુ લો. એનો પડછાયો પાડો અને એ જુઓ કે વસ્તુ, પ્રકાશનો સ્રોત અને પડદા વચ્ચેનો ખુણો બદલવાથી પડછાયાની આકૃતિ બદલાય છે.

દરેક વસ્તુનો પડછાયો પડે છે?

જો ઉપરના પ્રયોગમાં કાગળના ટુકડાને બદલે કાચના ટુકડાનો ઉપયોગ વસ્તુ તરીકે કરીએ તો તમને શું લાગે છે એવો જ પડછાયો પડશે?

એવું લાગે છે કે કેટલીક વસ્તુઓ એવી છે કે જેનો પડછાયો નથી પડતો. નીચે ટેબલમાં કેટલીક વસ્તુઓની યાદી આપી છે. તેનું વર્ગીકરણ એ આધારે કરો કે કઈ વસ્તુ એના પર પડતા પ્રકાશને રોકે છે અને કઈ વસ્તુઓ પ્રકાશને આરપાર જવા દે છે. આ વસ્તુઓની તુલના કરવા માટે તમારે ઉચિત રીત શોધી કાઢવી પડશે. (સંકેત-તુલના કરતી વખતે એક જ પ્રકાશસ્રોતનો ઉપયોગ કરો.) તમારી રીત સમજાવો અને એ પણ બતાવો કે તમને શું દેખાયું. ચાલો હવે થોડા શબ્દો વ્યાખ્યાયિત કરી લઈએ. જે વસ્તુઓ પ્રકાશને આરપાર નથી જવા દેતી એને અપારદર્શી કહે છે. જે વસ્તુઓ પ્રકાશને આરપાર જવા દે તેને પારદર્શી કહે છે.

કોષ્ટક

વસ્તુ	પ્રકાશને પાર જવા દે છે કે નથી જવા દેતી	વસ્તુ	પ્રકાશને પાર જવા દે છે કે નથી જવા દેતી
તલનું તેલ		કાચનો કપ	
નદીનું પાણી		બિકર	
દૂધ		નળનું પાણી	
પાણીવાળું દૂધ		કેરોસીન	
ધુમાડો		કોપરેલ	
પ્લાસ્ટિકની કોથળી		કાગળ	
બટર પેપર		એક્રિલિક શીટ	
પાંખડી		કાર્ડબોર્ડ	
કાચનું વાસણ		સ્ટીલનું વાસણ	
ચારણી		સફેદ કાગળ	

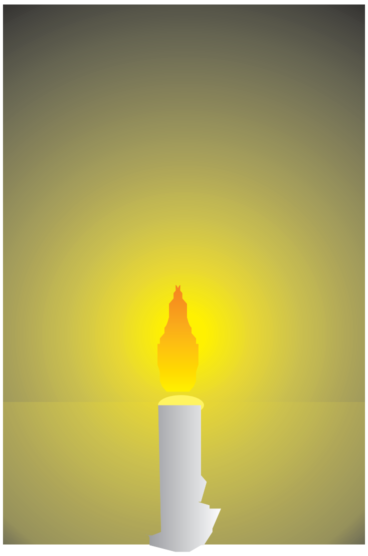
પ્રવૃત્તિ-3

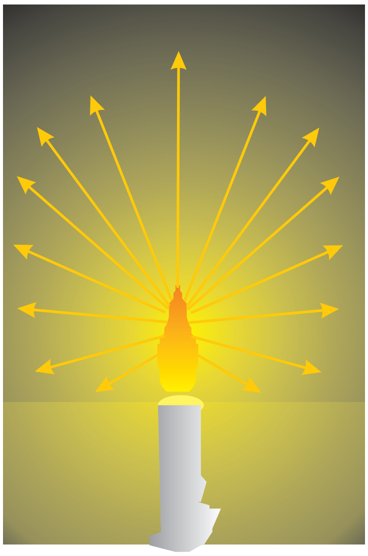
કેટલીક વસ્તુઓ માટે પારદર્શી કે અપારદર્શી તે નક્કી કરવું સહેલું પડ્યું હશે. પણ કેટલીક વસ્તુઓ માટે નક્કી કરવું અઘરું પડ્યું હશે. આ વસ્તુઓને આપણે પારભાષી કે અર્ધપારદર્શી કહીએ છીએ. શું પારદર્શિતાનો સંબંધ વસ્તુની જાડાઈ સાથે છે? વિચારો. આ તો થઈ એ વસ્તુની વાત કે જેનો પડછાયો આપણે પાડવા માગીએ છીએ. પડદા માટે શું વિચારો છો? શું એ પણ અપારદર્શી હોવો જોઈએ?

તમે જોયું હશે કે કાળા પડદાની સરખામણીએ સફેદ પડદા પર પડછાયો વધારે સ્પષ્ટ દેખાય છે. આવું કેમ થતું હશે? આ સવાલનો જવાબ મેળવવા માટે આપણે એ સમજવું પડશે કે પડછાયો કયા કારણે પડે છે.

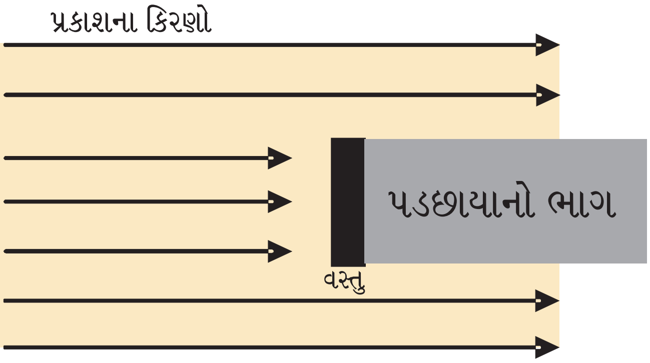
વસ્તુઓનો પડછાયો બને છે કેવી રીતે?

જૂના જમાનાના લોકો એવું માનતા હતા કે આપણી આંખમાંથી કંઈક નીકળીને વસ્તુ સુધી જાય છે તેથી આપણે વસ્તુને જોઈ શકીએ છીએ. પછી ધીરે ધીરે એ લોકોએ એવું તારણ કાઢ્યું કે આપણે કોઈપણ વસ્તુને ત્યારે જ જોઈ શકીએ કે જ્યારે એ વસ્તુમાંથી નીકળતો અથવા પરાવર્તિત થતો પ્રકાશ આપણી આંખ સુધી પહોંચે.





પ્રકાશનો કોઈ સ્રોત- મીણબત્તી કે બલ્બ કે સૂરજ- માંથી નીકળે છે અને બધી દિશાઓમાં ફેલાય છે. પ્રકાશને કિરણોથી બનેલું માનીએ તો પ્રકાશના ફેલાવાની વાતને સમજવું સરળ બની જાય છે.



અગાઉના પ્રયોગમાં આપણે જોયું કે કાગળના જે ભાગ પર પ્રકાશ પડે છે તે ભાગ ચમકતો દેખાય છે. પડછાયાવાળો ભાગ થોડો અંધારાવાળો હતો કેમકે વસ્તુએ સૂરજના પ્રકાશને અટકાવી રાખ્યો હતો, એટલે એ ભાગમાં પ્રકાશ ઓછો પહોંચે છે. આ જ વાતને જરા જુદા શબ્દોમાં કહીશું : જ્યારે કોઈ અપારદર્શી વસ્તુ પ્રકાશના કિરણોના માર્ગમાં આવી જાય છે તો આપણને પડછાયો દેખાય છે. વસ્તુને કારણે અમુક કિરણો રોકાઈ જાય છે (બાજુનું ચિત્ર જુઓ) જ્યારે બાકીના કિરણો પડદાના અન્ય ભાગ પર પડે છે અને તેને પ્રકાશિત કરે છે. પ્રકાશ-કિરણોથી પ્રકાશિત ભાગ તો ચમકતો દેખાય છે પણ બાકીના ભાગમાં અંધારું થઈ જાય છે અને તે કાળો દેખાય છે. આ અંધારા ભાગને આપણે **પડછાયો** કહીએ છીએ.

જ્યારે આપણે સફેદ કાગળની જગ્યાએ કાળો કાગળ લીધો હતો ત્યારે શું જોયું? આપણે જોયું કે કાળા કાગળને એ વાતનો કોઈ ફેર નથી પડતો કે તેના કોઈ ભાગ પર પ્રકાશ પહોંચે છે કે નહીં. બીજા શબ્દોમાં, પ્રકાશિત અપ્રકાશિત ભાગમાં કોઈ તફાવત આ કિસ્સામાં દેખાતો નથી. જેને આપણે 'કોન્ટ્રાસ્ટ' કહીએ છીએ. કોન્ટ્રાસ્ટ શબ્દનો ઉપયોગ આપણે રોજિંદા જીવનમાં પણ કરીએ છીએ. અહીં આપણે એટલું જ ધ્યાનમાં રાખીશું કે જ્યારે પડદો જેટલો વધુ હલકા કે આછા રંગનો હશે તેટલો જ પડછાયો વધુ સારો દેખાશે.

છોકરીનો પડછાયો ક્યાં પડશે તે દોરવાનો પ્રયત્ન કરો.

આપણે જોયું કે પડછાયાની આકૃતિ અને કદનો આધાર, પ્રકાશનો સ્રોત, વસ્તુ અને પડદાની સ્થિતિ પર આધાર રાખે છે. બાજુના ચિત્રમાં જુઓ અને બતાવો કે એમાં નીચે આપેલી સ્થિતિમાં પડછાયો કઈ દિશામાં અને કેટલો લાંબો પડશે?

(1) છોકરી જ્યારે પ્રકાશ આપતા થાંભલાની નજીક આવી રહી હોય ત્યારે
(2) પ્રકાશ આપતા થાંભલાની બરાબર નીચે ઊભી હોય.
(3) જ્યારે તે પ્રકાશ આપતા થાંભલાથી આગળ નીકળી ગઈ હોય.

સૂરજને ઊગતો અને આથમતો તો આપણે રોજ જોતાં હોઈએ છીએ.
તમે પણ જોયું હશે કે દિવસના જુદા જુદા સમયે વસ્તુના પડછાયાની લંબાઈ અલગ અલગ હોય છે. શું આપણે પડછાયાની લંબાઈ અને દિશા ઉપરથી સમય બતાવી શકીએ? જૂના જમાનામાં જ્યારે ઘડિયાળ નહોતી બની ત્યારે લોકો આ રીતથી સમયનો અંદાજ લગાવતા હતા. એ માટે એ લોકોએ મોટી મોટી સૂર્ય ઘડિયાળો બનાવેલી. એવી જ એક ઘડિયાળ જયપુરમાં પણ છે.

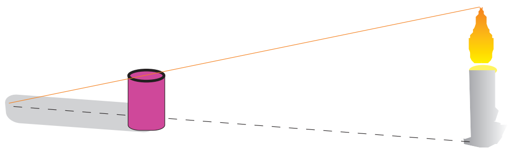
જંતર મંતર, જયપુર

આપણે કોઈ વસ્તુને કેટલી સારી રીતે જોઈ શકીશું તેનો આધાર પ્રકાશની માત્રા (light intensity) પર છે. જો વસ્તુ પરથી ખૂબ ઓછો પ્રકાશ આવતો હશે, તો આંખો તેને જોઈ નહીં શકે.
ઘુવડ અને બિલાડી જેવા કેટલાંક પ્રાણીઓ ખૂબ જ ઓછા પ્રકાશમાં પણ જોઈ શકે છે. એમની આંખો આપણા કરતા વધારે સંવેદનશીલ હોય છે. એટલે વસ્તુ પરથી બહુ જ ઓછો પ્રકાશ આવે તો પણ તે જોઈ શકે છે.

ખુલ્લા તડકામાં પડછાયાના જે પ્રયોગો કર્યા તેમાં આપણને ધારદાર અને સ્પષ્ટ પડછાયા મળ્યા હતા. વીજળીના બલ્બમાં અને મીણબત્તીના પ્રકાશમાં પણ સ્પષ્ટ પડછાયા મળે છે. શું ટ્યુબલાઈટ, સીએફએલ કે દૂધિયા બલ્બના પ્રકાશમાં પણ એટલો જ સ્પષ્ટ પડછાયો મળશે ખરો? એવા પ્રકાશમાં પ્રયોગ કરી જુઓ કે કેવો પડછાયો મળે છે.

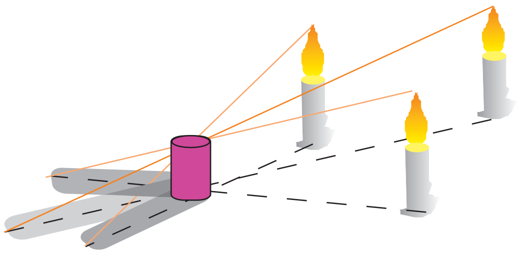
ટ્યુબલાઈટની રોશનીમાં પડછાયો કેમ નથી બનતો?

તમે વિચારી શકો છો કે આવું કેમ બને છે? આનું કારણ જાણવા એક સરળ પ્રયોગ કરીએ.



પ્રવૃત્તિ-4

એક અંધારા ઓરડામાં સળગતી મીણબત્તીને એક ટેબલ પર મુકો. એની નજીક ચોક ઊભો રાખી દો. ચોકના પડછાયાને જુઓ.



હવે ટેબલની બીજી ધાર ઉપર એવી જ રીતે ચોક અને મીણબત્તી ગોઠવો. જો જરૂર લાગે તો બંને ગોઠવણીની વચ્ચે કંઈક આડશ મૂકો. હવે બંને પડછાયાની તુલના કરી ખાતરી કરી લો કે બંને સરખા છે. ત્યારબાદ બીજા સેટના ચિત્ર મુજબ 1-2 બીજી સળગતી મીણબત્તી ગોઠવો અને જુઓ કે પડછાયામાં કેવો ફેરફાર થાય છે.

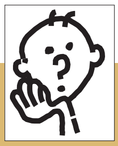
આપણે મીણબત્તીઓને એકબીજાથી દૂર રાખી હોવાથી પડછાયા જુદી જુદી દિશામાં બનતા હતા. મીણબત્તીઓને થોડી નજીક લાવો અને જુઓ કે પડછાયા પર શું અસર પડે છે.

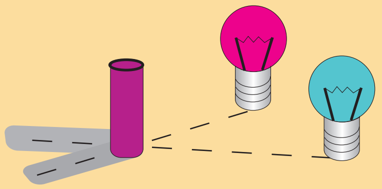
બંને સ્થિતિમાં પડછાયાની તુલના કરો. તે બરાબર ઘાટા (ઘેરા) રંગના છે? એક મીણબત્તી સળગાવી ત્યારે પડછાયાવાળા ભાગ સિવાય ટેબલનો બાકીનો ભાગ મીણબત્તીથી પ્રકાશિત થતો હતો. બીજા ઉદાહરણમાં એક મીણબત્તીને કારણે બનેલ પડછાયામાં બીજી મીણબત્તીનો પ્રકાશ પહોંચતો હતો. એટલે ટેબલનો એ ભાગ ઓછો ઘેરો બનતો હતો. જો આપણે ઘણી મીણબત્તીઓ સળગાવીએ તો પડછાયાનું શું થાય? વિચારો. શું બધા પડછાયા એટલા ઘેરા બનશે કે આપણે તે અલગ અલગ જોઈ શકીએ? કે એ બધા પડછાયા એકબીજામાં ભળી થઈ જશે?

ટ્યુબલાઇટ જેવા પ્રકાશના સ્રોતમાં આવું જ કંઈક થાય છે. મીણબત્તી કે સાધારણ બલ્બ જેવા પ્રકાશના સ્રોતને **બિંદુ સ્રોત** માની શકીએ. ટ્યુબલાઇટ જેવા પ્રકાશ સ્રોતને **વિસ્તારિત સ્રોત** કહીશું.

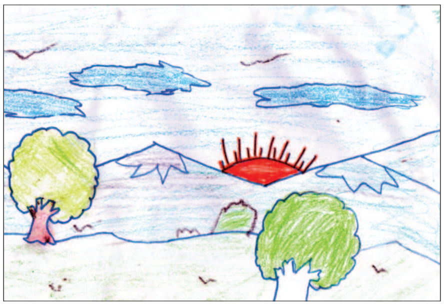
સ્ટુડીઓમાં ફોટો પાડતા ફોટોગ્રાફર એકથી વધારે પ્રકાશ સ્રોતનો ઉપયોગ કેમ કરતા હશે??

ખૂબ જ ઉપર ઉડતા વિમાન/પક્ષીઓનો પડછાયો કેમ નથી પડતો?





શું પડછાયો હંમેશા કાળો હોય છે?
અનુમાન કરીને કહો કે મીણબત્તીને બદલે બે અલગ અલગ રંગના બલ્બનો ઉપયોગ કરીએ (ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે) તો શું થશે? કરીને જુઓ અને તમારા જવાબ તપાસો.



પ્રકાશની ગતિ કેવી હોય છે?

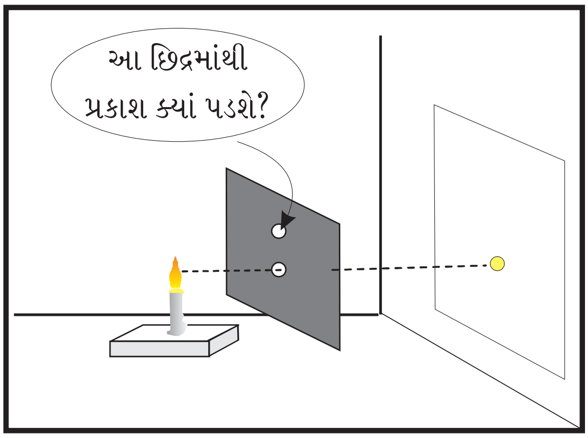
જ્યારે પણ સૂરજનું ચિત્ર બનાવવાનું કહેવામાં આવે છે ત્યારે આપણે આ મુજબ જ સૂરજના કિરણો બતાવીએ છીએ અને આ રીતે આપણે એવું બતાવીએ છીએ કે સૂરજ ચમકે છે. પણ આ ચિત્રમાં જે રેખાઓ બનાવેલી છે તે શું છે? ચિત્રકાર શું બતાવવાની કોશિશ કરે છે? એની થોડી તપાસ કરીએ.

તમારી પાસે એક મીણબત્તી અને પડદો છે. તેની વચ્ચે એક કાર્ડબોર્ડનો ટુકડો રાખો જેમાં કાણું હોય. આપણે જોઈએ છીએ કે કાણાંમાંથી થોડો પ્રકાશ પડદા પર પડે છે. જો આપણે નાના-નાના કાણાંવાળા ત્રણ કાર્ડબોર્ડ લઈ તેના કાણાં એક સીધી લીટીમાં આવે એવી રીતે ગોઠવીએ તો આપણે તેની આરપાર જોઈ શકીશું. હવે જો તેમાંના એક પણ કાર્ડને હલાવશું તો આપણે બીજી બાજુનું દૃશ્ય જોઈ નહીં શકીએ. એનો મતલબ એમ થાય કે કાર્ડબોર્ડની બીજી બાજુ રાખેલી વસ્તુમાંથી જે પ્રકાશ નીકળે છે તે સીધી લીટીમાં જ ગતિ કરે છે.

આપણે જ્યારે કહીએ છીએ કે પ્રકાશ સીધી લીટીમાં ગતિ કરે છે તો ક્યારેક એવું માની લેવામાં આવે છે કે પ્રકાશ સીધી સમક્ષિતિજ (આડી) રેખામાં ચાલે છે. પણ આપણે જોઈએ છીએ કે પ્રકાશ બધી દિશાઓમાં જાય છે. તો શું પ્રકાશ બધી દિશામાં સીધી રેખામાં ગતિ કરશે? નીચેનો પ્રયોગ કરીને જુઓ.

પ્રવૃત્તિ-5

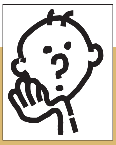
આ માટે તમને મીણબત્તી, કાળો કાગળ અને સફેદ કાગળની જરૂર પડશે.
અજવાળું ઓછું હોય એવા ઓરડામાં આ પ્રયોગ કરવાનું સારું પડશે.



કાળા કાગળના એક ટુકડામાં એક કાણું (લગભગ 3 મિમિ) પાડો. મીણબત્તી સળગાવો. કાણાંવાળા કાગળને મીણબત્તીથી થોડે દૂર પકડી રાખો. મીણબત્તીની જ્યોત અને કાગળનું કાણું સરખી ઊંચાઈએ હોય તેનું ધ્યાન રાખશો. કાળા કાગળની પાછળ સફેદ કાગળને પકડી રાખો. એ તમારો પડદો છે. તમને સફેદ કાગળના પડદા પર એક ચમકતું ધાબુ દેખાશે. સફેદ કાગળને આગળ-પાછળ સરકાવો (ઊંચાઈ ન બદલાય). શું પડદા પર પડતા ધાબાની સ્થિતિ બદલાય છે?

હવે કાળા કાગળને થોડો ઉપર ઉઠાવો. તમને શું લાગે છે, ચમકતું ધાબુ પડદા પર ક્યાં બનશે?

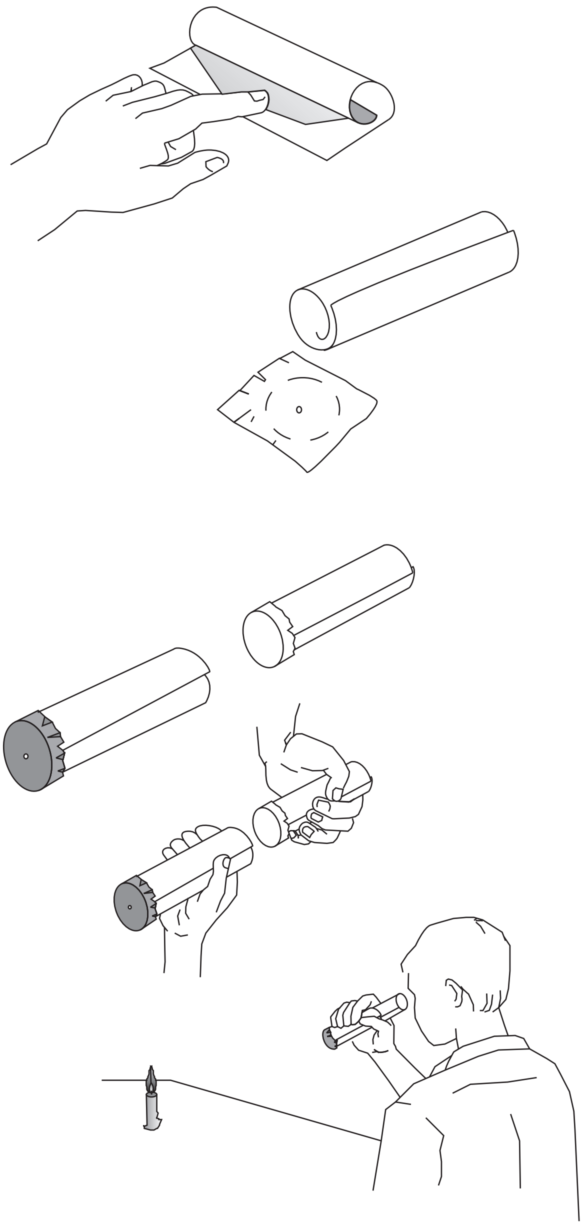
ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે કાળા કાગળમાં બીજું એક કાણું કરીએ તો ચમકતું ધાબુ પડદા પર ક્યાં બનશે? જો આપણે મીણબત્તીની જ્યોત, કાળા કાગળનું કાણું અને સફેદ પડદા પર બનેલું ધાબાને એક રેખામાં જોડીએ તો તે સીધી રેખા બનશે? આ રેખા શું હંમેશા ક્ષિતિજને સમાંતર (parallel) હશે?



કલ્પના કરો કે પ્રકાશ સીધી લીટીમાં ગતિ ન કરે તો પણ પડછાયો બનશે ખરો? તમારા મિત્રો જોડે ચર્ચા કરો.

પ્રકાશ અંગે આટલી જાણકારીને આધારે હવે આપણે એક રસપ્રદ સાધન બનાવશું – પિન હોલ કેમેરા.

પોતાનો પિન હોલ કેમેરા બનાવો



પ્રવૃત્તિ-6

જરૂરી સામગ્રી : જાડા કાગળ (કાર્ડશીટ)ના બે ટુકડા, કાર્બન પેપર, અર્ધપારદર્શી કાગળ (બટર પેપર ચાલશે), ગુંદર.

ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે કાર્ડશીટના ટુકડામાંથી બે નળીઓ બનાવી લો. નળીઓનો વ્યાસ લગભગ 30 મિ.મી. હોવો જોઈએ. એક નળીનો વ્યાસ બીજી નળી કરતા જરાક જ ઓછો હોવો જોઈએ જેથી એક નળીમાં બીજી નળી પરોવીએ ત્યારે વચ્ચે બહુ જગ્યા ન રહે.

મોટા વ્યાસવાળી નળીના એક છેડે કાર્બન પેપર લગાડી દો. આ કાળા કાગળની વચ્ચે પિન વડે એક ઝીણું કાણું કરી દો. પિનથી કરેલા આવા કાણાંને પિન હોલ કહે છે. બીજી નળી (ઓછા વ્યાસવાળી)ના એક છેડે બટર પેપર લગાડી દો. જો બટરપેપર ન હોય તો સફેદ કાગળ પણ ચાલશે. સફેદ કાગળ પર થોડું તેલ લગાવી દો. જેથી તે અર્ધપારદર્શી બની જશે. પાતળી નળીને મોટી નળીમાં એવી રીતે દાખલ કરો કે તેનો બટરપેપરવાળો ભાગ અંદર તરફ રહે.

તમારો પિન હોલ કેમેરા તૈયાર છે.

ટેબલ પર એક મીણબત્તી સળગાવીને મુકો. પિન હોલને મીણબત્તી તરફ કરીને કેમેરામાંથી જુઓ. તમને કેમેરામાંથી પડદા પર (એટલે કે બટર પેપર પર) મીણબત્તીની જ્યોતનું પ્રતિબિંબ દેખાશે.

જો તમે કેમેરાને મીણબત્તીથી નજીક લઈ જશો તો પ્રતિબિંબ વધારે ચમકદાર બનશે. પડદાવાળી નળીને આગળ-પાછળ સરકાવશો તો પ્રતિબિંબ નાનું-મોટું થશે? પડદાને પિન હોલની નજીક કે દૂર લઈ જવાથી શું થાય છે?

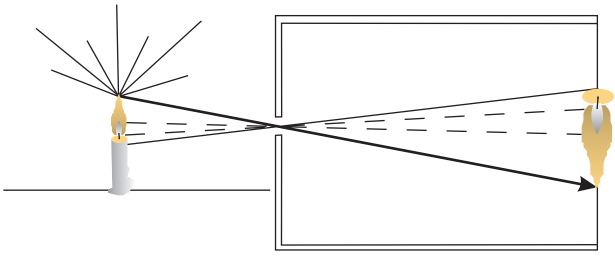
પિન હોલ કેમેરાથી બહાર તડકામાં રહેલી વસ્તુઓ જુઓ. ધ્યાન આપો કે પ્રતિબિંબ કેવું છે? પ્રતિબિંબ માટે તમારા અવલોકનો શું છે?

શું પ્રતિબિંબ ઉલ્ટું બને છે? પ્રતિબિંબ ચમકદાર અને સ્પષ્ટ છે? અમે કહ્યું હતું કે પિન હોલ કેમેરાનું કાણું ખૂબ નાનું હોવું જોઈએ, કેમ?

ચાલો સમજવાની કોશિશ કરીએ કે શું થઈ રહ્યું છે?

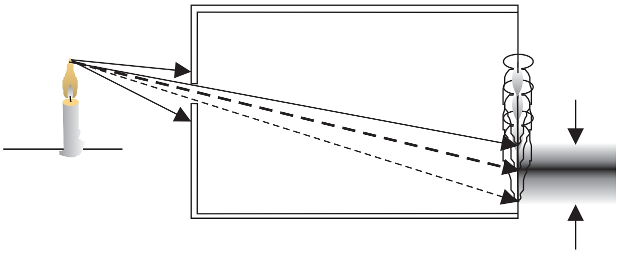
અહીં આપણે પ્રકાશના કિરણોની પૂર્વધારણાનો ઉપયોગ કરીશું. આપણે એવું કહ્યું હતું કે મીણબત્તી બધી દિશામાં પ્રકાશ કિરણો રેલાવે છે. આ કિરણો જ્યાં સુધી કોઈ અવરોધ ન આવે ત્યાં સુધી સીધી લીટીમાં આગળ વધે છે. પિન હોલ કેમેરાના પડદા પર પ્રતિબિંબ કેવી રીતે બને છે, તે સમજવા માટે આપણે વસ્તુથી (મીણબત્તીની જ્યોત) નીકળીને વિવિધ દિશામાં જતા કિરણો બનાવીએ. પણ પ્રતિબિંબ તો એ જ કિરણોને કારણે બને છે કે જે પિનહોલ કેમેરામાંથી થઈને પડદા પર પહોંચે છે.

એવા કિરણો ઓછા હશે તો પણ પૂરતા છે. પ્રતિબિંબ કેવી રીતે બને છે, તે સમજવા માટે નમૂનારૂપ બે કિરણો લઈશું. એક કિરણ જ્યોતના ઉપરના છેડેથી નીકળતું અને બીજું કિરણ જ્યોતના નીચેના ભાગમાંથી નીકળતું. ચાલો, પહેલા જ્યોતના ઉપરના છેડેથી નીકળતા કિરણને જોઈએ. નીચેના ચિત્ર-ક માં તે ઘાટી સળંગ લીટી દ્વારા દર્શાવેલ છે. જ્યાં એ બટરપેપર સાથે ટકરાશે એ બિંદુ પર આપણને જ્યોતના ઉપરના છેડાનું પ્રતિબિંબ દેખાશે. હવે એક કિરણ આપણે જ્યોતના નીચેના ભાગમાંથી નીકળતું લઈએ (પાતળી સળંગ લીટી) અને એ બટર પેપર પર કયા બિંદુ પર ટકરાશે તે જોવાનો પ્રયત્ન કરીએ. જો જરૂર પડશે તો આપણે જ્યોતના અલગ અલગ ભાગમાંથી નીકળતા કિરણો, બટર પેપર પર ક્યાં પહોંચશે તે જોઈશું. આ બધાં કિરણોની મદદથી આપણને એ ખબર પડશે કે પ્રતિબિંબ કેવું બનશે.



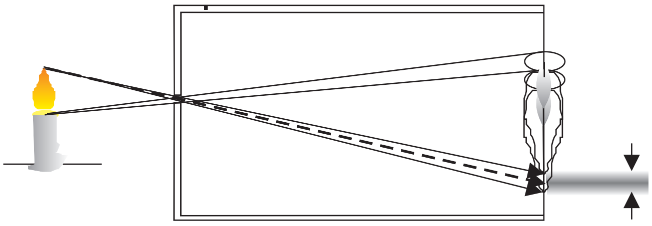
ચિત્ર-ક

કિરણો દોરીને બનાવેલું પ્રતિબિંબ સીધું છે કે ઊલ્ટું? તમારા અવલોકનો સાથે આ વાતનો મેળ ખાય છે? ખરેખર, જ્યોતના ઉપરના છેડેથી માત્ર એક નહિ પણ ઘણાં કિરણો પહોંચે છે.
ચિત્ર-ખ માં ઘણાં કિરણો બતાવ્યા છે. એમાંના દરેક કિરણ જ્યોતના ઉપરના છેડાનું પ્રતિબિંબ બનાવશે, પરંતુ આ કિરણો, બટર પેપરના એક જ બિંદુ પર નથી પહોંચતા પણ થોડા અલગ અલગ બિંદુઓ પર પહોંચે છે. એનો મતલબ એવો થાય કે ઉપરના છેડાનું પ્રતિબિંબ એક સ્પષ્ટ બિંદુના રૂપમાં નહીં બને પણ થોડું ફેલાયેલું બનશે. આ જ વાત અન્ય બિંદુઓને પણ લાગુ પડશે. સરવાળે પ્રતિબિંબ થોડું ધુંધળું બનશે.



ચિત્ર ખ

ચિત્ર ખ અને ગ ની તુલના કરો. એમાં ફેર એટલો જ છે કે ચિત્ર ગ માં પિન હોલની સાઈઝ નાની છે. આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે પ્રતિબિંબ બનાવનારા બિંદુઓનો ફેલાવો ઓછો થઈ ગયો છે. એટલે કે ધુંધળાપણું ઓછું થશે અને ચિત્ર વધારે સ્પષ્ટ દેખાશે.



ચિત્ર-ગ

આની મદદથી ખાતરી કરો કે તર્કના આધારે કાઢેલા ઉપરના તારણો તમારા અવલોકનો સાથે મેળ ખાય છે કે નહીં?

પ્રતિબિંબની ચમક અને સ્પષ્ટતા એ વાત ઉપર આધારીત છે કે પડદા ઉપર કેટલો પ્રકાશ પડે છે. સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ માટે આપણને એક મોટું કાણું જોઈશે. પરંતુ બીજી તરફ સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ માટે જોઈએ તો છેદ નાનામાં નાનો હોવો જોઈએ. એટલે કે ચમકદાર અને સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબની શરતો એકબીજાથી વિરોધી છે.

એક બીજો પિન હોલ કેમેરા બનાવો. એનો છેદ નાનો રાખો. એની મદદથી નક્કી કરો કે તર્કને આધારે તારવેલા ઉપરના બંને તારણો, તમારા અવલોકનો સાથે મેળ ખાય છે?

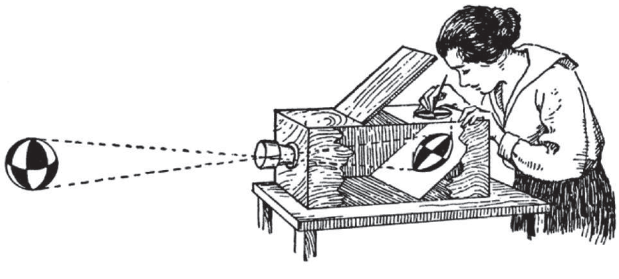
હવે એક પ્રશ્ન બાકી રહી જાય છે. આપણે બીજી કાર્ડબોર્ડ નળીનો ઉપયોગ કેમ કર્યો હતો?

સવાલનો જવાબ મેળવવાનો એક ઉપાય તો એ છે કે બીજી નળી વગર જ પ્રયોગ કરી જુઓ. એટલે કે એક જ નળી બનાવો અને તેના એક છેડે બટર પેપર અને બીજે છેડે કાણાવાળો કાળો કાગળ લગાવો અથવા તો પાતળી નળીને થોડી બહાર ખેંચી લો. જેથી બટર પેપર બહાર રહે. હવે પ્રતિબિંબ જુઓ. શું કંઈ તફાવત દેખાય છે? જો હા, તો શું?

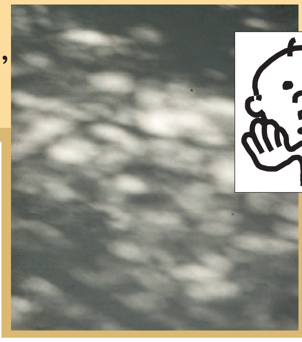
ખરેખર બીજી નળી (જાડી) એક આડશ તરીકે કામ કરે છે અને બહારના પ્રકાશને બટર પેપર પર પડતો રોકે છે. આ રીતે મેળવેલ પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ દેખાય છે. આ જ કારણે સિનેમા હોલમાં અંધારામાં ફિલ્મ બતાવવામાં આવે છે.

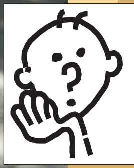
કેમેરા ઑબ્સક્યૂરા

કેમેરા ઑબ્સક્યૂરા ખરેખર તો એક મોટો પિન હોલ કેમેરા જ હોય છે. તમે જેવો બનાવ્યો હતો તેવો જ. અગાઉ તે કેમેરા ઑબ્સક્યુરા એક મોટા અંધારા ઓરડામાં બનાવતા હતા. આવો પહેલો કેમેરો અરબી વૈજ્ઞાનિક અબુ અલી અલહસને (965-1039) બનાવ્યો હતો. એનો ઉપયોગ આંશિક (ખંડગ્રાસ) ગ્રહણ અને બીજા અધ્યયનોમાં કરવામાં આવતો. એનો ઉપયોગ કલાકારો પણ કરતા હતા. ખાસ કરીને કોઈ વ્યક્તિનું ચિત્ર બનાવવામાં. ક્યારેક તેમાં એક અરીસો પણ લગાવવામાં આવતો હતો. પિનહોલની મદદથી જે પ્રતિબિંબ બને તેને આ અરીસો સામેના પડદા પર દર્શાવતો. પછી કલાકાર તે જોઈને વસ્તુનું ચિત્ર બનાવતો.

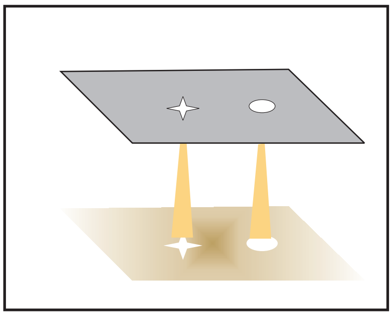


કોઈ મોટા ઝાડના છાયાની ઠંડકમાં ઊભા રહેવાનો આનંદ તો બધાએ લીધો જ હશે. પાંદડાની વચ્ચેથી તડકો પણ આવતો હોય છે. શું તમે કોઈ દિવસ આ તડકાને કારણે જમીન પર પડતા ધબ્બાઓની આકૃતિ પર ધ્યાન આપ્યું છે? બાજુમાં આપેલ ફોટોઆલેખ જુઓ. પ્રકાશના ધબ્બાનીઆકૃતિ હંમેશા ગોળ જ કેમ હોય છે? ત્રિકોણ, ચોરસ વગેરે કેમ નથી હોતી? તમને શું લાગે છે, આવું કેમ થયું હશે?





ઉપર બોક્સમાં પૂછેલા સવાલોના જવાબ મેળવવા માટે આપણે હજુ એક પ્રવૃત્તિ કરીશું. શક્ય છે કે આ પ્રવૃત્તિથી આપણને કંઈક સંકેત મળે.



પ્રવૃત્તિ-7

એક મોટો કાગળ લઈ તેમાં પંચિંગ મશીનથી કાણું પાડો. એ જ કાગળ પર થોડા થોડા અંતરે જુદી જુદી આકૃતિવાળા કાણાં પાડો. જેમકે ત્રિકોણ, ચોરસ વગેરે. આ કાણાં લગભગ સરખા કદના હોય એટલું ધ્યાનમાં રાખજો. આ કાગળને તડકામાં જમીનથી લગભગ 30 સેમી ઉપર આડો પકડો.

જમીન પર શું દેખાયું?

પોતાનો કેમેરા ઑબ્સક્યુરા બનાવો

કોઈ ઓરડાની બધી બારીઓ પર જાડા કપડાના પડદા લગાવી તે ઓરડામાં અંધારું કરી દો. હા, કોઈ એક બારીના પડદામાં એક નાનું કાણું રાખજો. હવે તમે સામેની દીવાલ ઉપર બહારનું દૃશ્ય જોઈ શકશો.

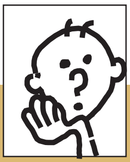
કાગળનો પડછાયો દેખાય છે?

એ પડછાયામાં નાના-નાના પ્રકાશના ધાબા દેખાય છે? આ ધાબાની આકૃતિને ધ્યાનથી જુઓ. તમે જેવી અપેક્ષા રાખી હતી એવી જ છે? હવે જો કાગળને જમીનથી દૂર લઈ જાવ, તો પ્રકાશના ધાબા મોટા થશે એવું તમને લાગે છે?

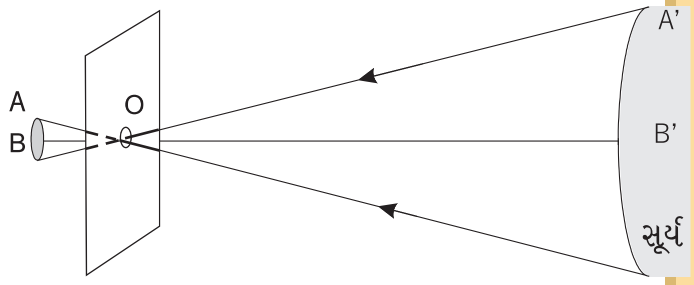
ધીરે ધીરે કાગળને જમીનથી દૂર લઈ જાવ. કાગળને તમારા માથા કરતાં પણ ઉપર સુધી લઈ જાવ.
શું દેખાય છે? જુદી જુદી આકૃતિના પડછાયા મોટા થતા જાય છે?

કાગળને એક ઊંચાઈ સુધી લઈ ગયા પછી પ્રતિબિંબોનો આકાર કેમ બદલાય છે? પિન હોલ કેમેરામાં મળતા પ્રતિબિંબની રીત સાથે આ વાતનો કોઈ સંબંધ તમે જોઈ શકો છો?

હજી વધારે મદદની જરૂર છે? આ રીતે વિચારવાની કોશિશ કરો – કાગળમાં કરેલો છેદ કોઈ પણ આકૃતિનો હોય, એ પિન હોલ તરીકે જ કામ કરશે. શરત એટલી જ કે પડદો (એટલે કે જમીન) ખૂબ દૂર હોય.



ખંડગ્રાસ સૂર્યગ્રહણ વખતે જ્યારે પ્રકાશ પાંદડામાંથી પસાર થાય અને જમીન પર પહોંચશે ત્યારે ત્યાં બનતા ચમકતા ધાબાની આકૃતિ કેવી બનશે?



પ્રોજેક્ટને માટે સૂચન

સૂરજને માપો
સૂરજનો વ્યાસ માપવો આમ તો મુશ્કેલ છે પણ એક સરળ પ્રયોગની મદદથી કરી શકો છો. સૂરજ બરાબર માથા પર હોય ત્યારે આ પ્રયોગ કરવો સૌથી સરળ પડશે.
એક સફેદ કાગળમાં એક નાનું કાણું (વ્યાસ 2-4 મિમિ) પાડો.

આ પ્રયોગમાં એક સફેદ કાગળને જમીન પર રાખી તેનો પડદો બનાવીશું. કાણાંવાળા કાગળને જમીનથી લગભગ 30 સેમી ઉપર આડો પકડી રાખો. જેથી પડદા પર પ્રકાશનું ગોળ પ્રતિબિંબ બની જાય. જમીન પર પડેલા ધાબા અને કાગળ પર કરેલા છેદ વચ્ચેનું અંતર ચોકસાઈથી માપી લો. પ્રતિબિંબનો વ્યાસ પણ માપી લો. કાણાંવાળા કાગળને અલગ-અલગ ઊંચાઈ (50 સેમી, 75 સેમી, 100 સેમી)એ રાખી પ્રયોગ ફરી કરો. દરેક વખતે પડદા અને કાગળ વચ્ચેનું અંતર ચોકસાઈપૂર્વક માપો. પ્રતિબિંબનો વ્યાસ પણ માપો. તમારા અવલોકનો નીચે આપેલા કોષ્ટકમાં લખો.

ક્રમ	અંતર	વ્યાસ	ગુણોત્તર*
1	50 સેમી		
2	30 સેમી		
3	75 સેમી		
4	100 સેમી		
5	... સેમી		

$$* \text{ ગુણોત્તર} = \frac{\text{છેદ અને પડદા વચ્ચેનું અંતર}}{\text{પ્રતિબિંબનો વ્યાસ}}$$

તમે ગુણોત્તર ઉપર ધ્યાન આપ્યું? આવું કેમ થાય છે?
સંકેત : ત્રિકોણ OAB તથા OA'B' સમરૂપ ત્રિકોણ છે. OB' સૂર્ય અને પૃથ્વી વચ્ચેનું અંતર છે જ્યારે A'B' સૂર્યની ત્રિજ્યા છે.
જો તમને પૃથ્વીથી સૂર્યનું અંતર ખબર હોય તો સૂર્યનો વ્યાસ કાઢી શકશો?
(સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર લગભગ 15 કરોડ કિ.મી. છે.)

પરાવર્તન

તમે ઘણીવાર પરાવર્તનને કારણે બનતું પ્રતિબિંબ જોયું હશે. તમે પાણીમાં પડતું આકાશનું પ્રતિબિંબ અને અરીસામાં તમારું પ્રતિબિંબ જોયું હશે. તમે ક્યારેય વિચાર્યું છે કે પરાવર્તન કેમ અને કેવી રીતે થતું હશે ? પ્રતિબિંબ ડાબે-જમણે કેમ ઉલટસુલટ થઈ જાય છે અને ક્યારેક વાંકુંચૂંકું થાય છે ?

આ પ્રકરણમાં આપણે આ જ વાતોનો અભ્યાસ કરીશું અને થોડા બીજા સવાલોના જવાબ મેળવવાની કોશિશ કરીશું.

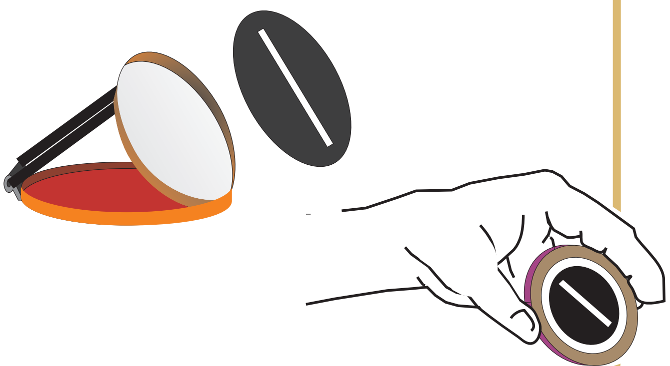
આ શોધયાત્રામાં આપણે પહેલાં અરીસા જેવી ચમકતી સપાટી પરથી પરાવર્તન કેવી રીતે થાય છે તે સમજવાનો પ્રયત્ન કરીશું. એક કિરણ ચળકતી સપાટી ઉપર અથડાય ને તેના તે જ માધ્યમમાં પાછું ફરવાની ઘટનાને **પરાવર્તન** કહે છે. એના આધારે આપણે પરાવર્તનના કેટલાંક નિયમો તારવશું.

બજારમાં લેસર લાઈટ પોઇન્ટર મળે છે. આ લેસર લાઇટને પણ કિરણ માની શકીએ છીએ. એનો ઉપયોગ કરતી વખતે ખૂબ સાવધાની રાખવી પડે છે ન તો તેની સામે જુઓ કે ન તો કોઈની સામે ચમકાવો. અમે તો એમ કહીએ છીએ કે એનો ઉપયોગ કોઈ મોટી વ્યક્તિની હાજરીમાં જ કરવો જોઈએ. એનો ઉપયોગ કરતી વખતે લેસર લાઈટને હંમેશા આંખથી નીચે જ રાખવી જોઈએ. એ સિવાય કિરણ લાઈટને ધારદાર બનાવવા માટે બિમ બ્લોકરનો ઉપયોગ કરવો જોઈએ. તમે એક જાડા કાગળના ટુકડાનો ઉપયોગ બીમ બ્લોકર તરીકે કરી શકો છો.

પરાવર્તનનો અભ્યાસ કરવા માટેનો સૌથી સરળ ઉપાય એ છે કે આપણી પાસે પ્રકાશનું એક જ કિરણ હોય અને એ જ્યારે કોઈ ચમકતી સપાટી પર પડે ત્યારે તેનું શું થાય છે તે આપણે જોઈ શકીએ. પણ મુશ્કેલી એ છે કે પ્રકાશનું એક જ કિરણ મેળવવું સંભવ નથી અને એવા એકલા કિરણનો અભ્યાસ કરવો પણ અસંભવ છે. આ સમસ્યાના ઉકેલ માટે એક ઉપાય છે. આપણે કિરણના એક સાવ નાના સમૂહને લઈ શકીએ અને એનું અવલોકન કરી શકીએ. કિરણના આવા સમુહને આપણે કિરણપૂંજ કહીશું. અહીં આપણે એમ ધારી લઈએ છીએ કે કિરણોનો સમૂહ કિરણની જેમ જ વર્તે છે. એવા કિરણ પૂંજને આપણે 'કિરણ' કહીશું. તો ચાલો, પ્રકાશનું કિરણ બનાવીએ.

'કિરણ' બનાવો

એક સમતલ અરીસો લો. મેકઅપ કિટમાં જે અરીસો મળે છે તે પણ ચાલશે.
એક જાડો કાગળ લો. ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે તેમાં એક પાતળી ખાંચ (લગભગ 1-2 મિમિ પહોળાઈ) બનાવો અને તેને અરીસાની સપાટી પર ચોંટાડી દો.
હવે આ ખાંચવાળા અરીસાને તડકામાં એવી રીતે પકડી રાખો કે તે પ્રકાશની એક પાતળી રેખા પરાવર્તિત કરે. આ જ તમારું પ્રકાશનું 'કિરણ' છે. એને આપણે પ્રકાશ કિરણ કહીશું પણ ધ્યાનમાં રાખજો કે તે પ્રકાશનું એક જ કિરણ નથી પણ પ્રકાશની પાતળી રેખા છે.



અહીં આપેલા મોટાભાગના પ્રયોગો ઉપર બતાવેલી રીત મુજબ બનાવેલા પ્રકાશ કિરણની મદદ વડે થઈ શકે છે. અમારું સૂચન છે કે લેસરના બદલે આ જ પ્રકાશ કિરણનો ઉપયોગ કરશો તો બાળકો વધારે સલામતીપૂર્વક પ્રયોગ કરી શકશે.

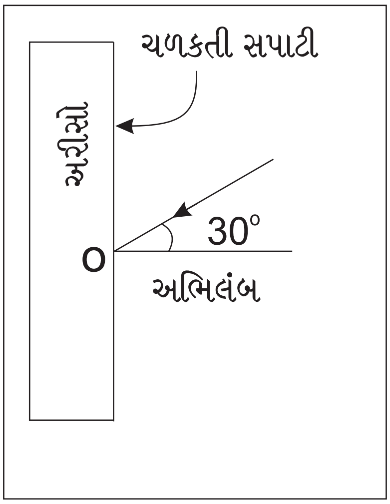
પરાવર્તનના નિયમો જાણો

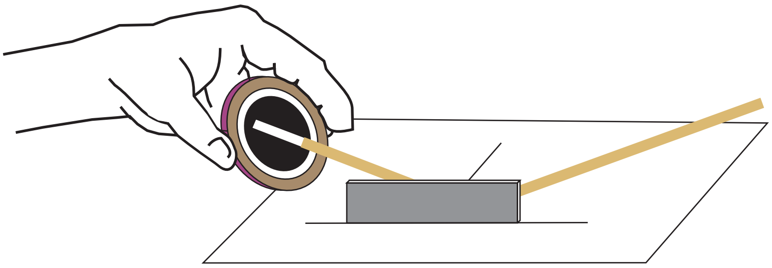
પ્રવૃત્તિ-8

આ પ્રયોગનો હેતુ એ જાણવાનો છે કે જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ, કોઈ સમતલ અરીસા પર અલગ અલગ ખુણા પરથી પડે ત્યારે તેનું શું થાય છે.

તમને એક સમતલ અરીસો, ઉપર બનાવેલો ખાંચવાળો અરીસો, એક સાદો કાગળ, પેન્સિલ અને માપપટ્ટીની જરૂર પડશે.

હવે પ્રયોગ શરૂ કરીએ. સફેદ કાગળ પર સીધી રેખા દોરો. આપણે સમતલ અરીસાને આ રેખા પર કાગળને લંબ રહે એમ ઊભો રાખીશું. આ રેખાની મધ્યમાં એક બિંદુ O બનાવો અને એ બિંદુથી કાગળ ઉપર એક લંબરેખા દોરો. આ આપણો સપાટી પર દોરેલો લંબ એટલે કે અભિલંબ છે. આ અભિલંબથી 30 ડિગ્રી ખૂણો બનાવે એવી એક બીજી રેખા દોરો. આ રેખા આપણો આપાત કિરણનો ખુણો દર્શાવવા માટે છે. અભિલંબ અને આપાત કિરણની વચ્ચેના ખુણાને **આપાતકોણ** કહે છે.



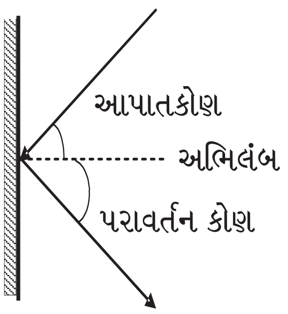


ખાંચવાળા અરીસાને તડકામાં એવી રીતે પકડો કે પરાવર્તિત પ્રકાશની એક ચમકતી રેખા બની જાય. આ પ્રકાશકિરણના માર્ગમાં એક સફેદ કાગળ જમીન પર મૂકી દો. હવે એક સમતલ અરીસાને કાગળ પર એવી રીતે ઊભો રાખો કે પ્રકાશ કિરણ તેના પર પડે. આ કિરણ આપાત થાય છે માટે તેને આપણે **આપાતકિરણ** કહીશું. તમે જોશો કે આ કિરણ અરીસાની ચળકતી સપાટી ઉપરથી પાછું ફેંકાઈને બીજી જ દિશામાં જાય છે. જેને આપણે **પરાવર્તિત કિરણ** કહીશું.

આપાતકિરણ જે બિંદુ પર અરીસા પર પડે છે, ત્યાં જો આપણે અરીસાને **લંબ** (Perpendicular) એક રેખા દોરીએ તો તેને **અભિલંબ** (Normal) કહે છે.

હવે ખાંચાવાળા અરીસાને ફેરવીને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેમાંથી નીકળતું કિરણ આપણે કાગળ ઉપર ગોઠવેલા લંબ અરીસા ઉપર કાગળ ઉપરના લંબ સાથે અભિલંબ સાથે 30 ડિગ્રી ખૂણો બનાવતી રેખા ઉપરથી બિંદુ O ઉપર આપાત થાય. પરાવર્તિત કિરણ ક્યાં જાય છે તે જુઓ અને કિરણના એ માર્ગ ઉપર અણીદાર પેન્સિલથી કાગળ પર બે-ત્રણ નિશાની લગાવી દો. આ બિંદુઓને જોડીને રેખા બનાવો અને તે રેખાને બિંદુ O સુધી લંબાવો. આ રેખા અભિલંબથી કયો ખૂણો બનાવે છે તે માપો. તેને **પરાવર્તન કોણ** કહે છે. આ પ્રયોગને જુદા જુદા આપાતકોણ સાથે કરી જુઓ અને તમારાં અવલોકનો કોષ્ટકમાં લખો.

અરીસા ઉપર આપાત થતું કિરણ અને સપાટી પર દોરેલા લંબ (અભિલંબ) વચ્ચે બનતા ખૂણાને **આપાતકોણ** કહે છે. જ્યારે આ અરીસા ઉપરથી પરાવર્તન પામતું કિરણ એટલે કે પરાવર્તિત કિરણ અને અભિલંબ વચ્ચે બનતા ખૂણાને **પરાવર્તન કોણ** કહે છે.



કોષ્ટકની માહિતી જોઈને તમે આપાતકોણ અને પરાવર્તન કોણના સંબંધ અંગે શું તારણ કાઢી શકો છો?

કોષ્ટક

ક્રમ	આપાતકોણ	પરાવર્તનકોણ
1	30	
2	40	
3	50	
4	60	
5	70	
6	20	
7	10	
8	0	
9		

આ પ્રયોગ કરતી વખતે ખૂબ સાવધાની રાખવી પડશે. અવલોકનમાં ઘણી ખામીઓ રહેવાની સંભાવના છે. બરાબર અવલોકનો લેવા માટે નીચે લખેલી વાતોનું ધ્યાન રાખશો.

(1) અરીસો કાગળને બરાબર લંબવત હોય.

(2) કિરણ જેટલું પાતળું બને તેટલું વધુ સારું. જો કિરણ જાડું બનશે તો કાગળ પર તેની બરાબર સ્થિતિ બનાવવી મુશ્કેલ પડશે અને ખુણો માપવામાં પણ મુશ્કેલી થશે. બધી રેખાઓ દોરવા અણીદાર પેન્સિલનો ઉપયોગ કરજો.

(3) આપાતકિરણ, અરીસા પર બરાબર O બિંદુ પર જ પડે તેની કાળજી રાખજો.

(4) જ્યાં કિરણ, અરીસા પર પડે તે બિંદુ પર નિશાની લગાવવામાં મુશ્કેલી પડે એવું બની શકે છે.

(5) ખૂણો માપતી વખતે પણ ભૂલ થઈ શકે છે.

ઉપર જણાવેલી વાતોનું ધ્યાન રાખી અવલોકન કરી તારણ કાઢો. પ્રયોગમાં એ વાતનું ધ્યાન રાખજો કે ખાંચવાળો અરીસો તડકામાં મૂક્યો છે પરંતુ કાગળ અને તેની ઉપર લંબ રાખેલો અરીસો છાંયડામાં હોય કે જેથી આપાતકિરણ અને પરાવર્તિતકિરણ સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકાય.

આ પ્રયોગને થોડો આગળ લઈ જઈ શકાય છે. આ વખતે આપણે ખાંચાવાળા અરીસામાંથી આપાતકિરણ એ રેખા પર પાડીશું કે જેને આપણે પરાવર્તિતકિરણ કહ્યું હતું. શું તમે બતાવી શકો છો કે આવું કરવાથી પરાવર્તિતકિરણ ક્યાં જશે. કરીને જુઓ અને તમારા અનુમાનની તપાસ કરો.

પરાવર્તનનો પહેલો નિયમ

આપાતકોણ અને પરાવર્તનકોણ સરખા હોય છે.

પરાવર્તનનો બીજો નિયમ

પરાવર્તનનો બીજો નિયમ

અભિલંબ, આપાતકિરણ અને પરાવર્તિતકિરણ, ત્રણેય એક જ સમતલમાં હોય છે.

આ નિયમનો અર્થ શું છે?

પ્રવૃત્તિ 8માં આપણે સમતલ અરીસાને જમીનથી લંબવત રાખેલ. આપાતબિંદુ કાગળ પર બનાવેલું.

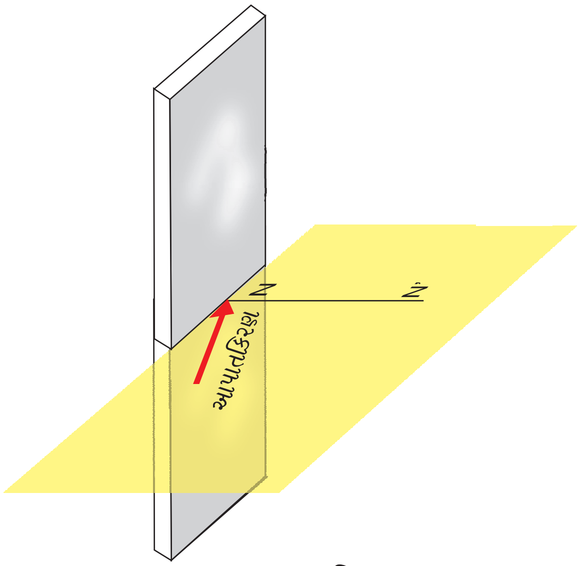
એ ધ્યાનમાં રાખવું કે અભિલંબ એ જ બિંદુ પરથી દોરાવું જોઈએ કે જ્યાં આપાતકિરણ અરીસા ઉપર પડે છે. આપાતકિરણ પણ એ જ સમતલમાં છે. આપણા આ પ્રયોગમાં એ સમતલ કાગળ જ હશે કેમકે આપાતકિરણને તો આપણે જાણી જોઈને કાગળ પર જ પાડ્યું હતું. આપણે જોયું પણ હતું કે આપાતકિરણ કાગળ પર દેખાતું હતું. એટલે કે એ કાગળના સમતલમાં જ છે. તો અભિલંબ પણ કાગળના સમતલમાં જ હશે.

તમે એક બીજું પણ કામ કરી શકો છો. પરાવર્તિતકિરણ જે રેખા પર પડે છે, આ રેખા પર જ આપાતકિરણને પાડો અને જુઓ કે શું આ વખતે પણ પરાવર્તિતકિરણ આપાતકિરણની રેખા ઉપર પડે છે. જો એવું થાય છે તો આપણે કહી શકીએ કે પરાવર્તિતકિરણ અને આપાતકિરણની ફેરબદલી કરવાથી કોઈ ફરક નથી પડતો.

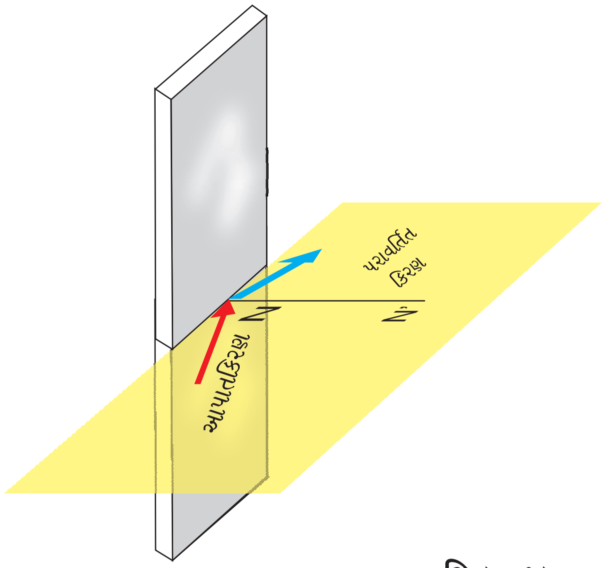
હવે છેલ્લો સવાલ – શું પરાવર્તિતકિરણ પણ એ જ સમતલમાં છે, જેમાં આપાતકિરણ અને અભિલંબ છે?

આપણે જોયું હતું કે પરાવર્તિતકિરણ કાગળ પર દેખાતું હતું. એટલે કે તે પણ કાગળના સમતલમાં જ હતું. એટલે અભિલંબ, આપાતકિરણ અને પરાવર્તિતકિરણ ત્રણેય એક જ સમતલ (કાગળના સમતલ)માં છે.

નીચે ચિત્ર 1-ક જુઓ. અરીસો જમીનને લંબવત છે. રેખા NN’ અભિલંબ છે. ચિત્ર 1-ક માં આપાતકિરણ લાલ રંગમાં દર્શાવેલ છે અને અભિલંબ કાળી રેખા છે. આપાતકિરણ અને અભિલંબથી બનેલ સમતલ પીળા રંગમાં બતાવ્યો છે. પરાવર્તિતકિરણ એ જ સમતલમાં રહેશે (બીજો નિયમ) અને અભિલંબ સાથે એટલા જ માપનો ખૂણો બનાવશે જેટલા માપનો ખૂણો આપાતકિરણ અભિલંબ સાથે બનાવતું હતું. (પહેલો નિયમ) ચિત્ર 1-ખ.

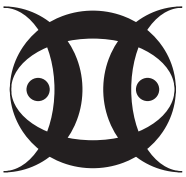


ચિત્ર 1-ક

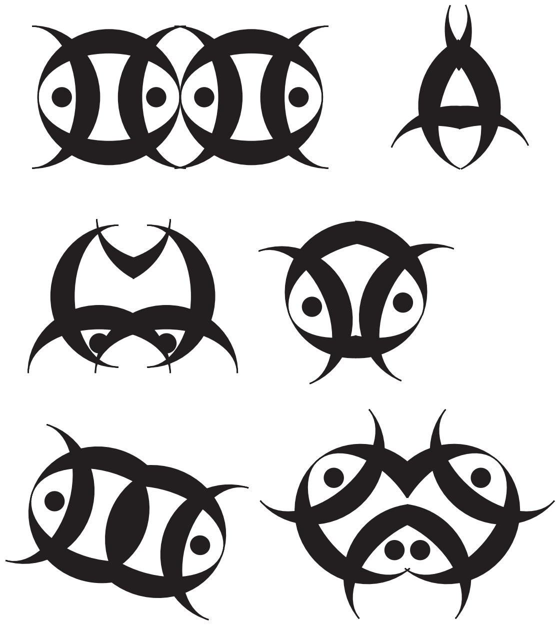


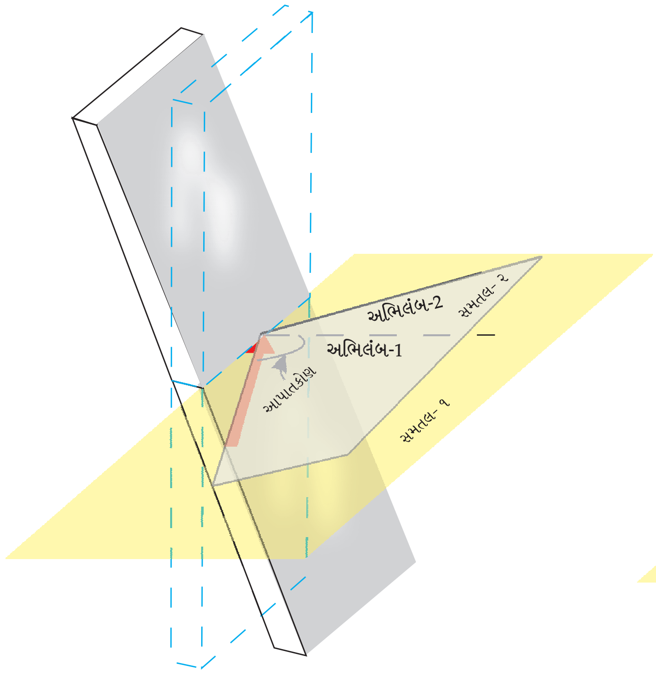
ચિત્ર 1-ખ

કેટલાંક રસપ્રદ અભ્યાસ કરી જુઓ.

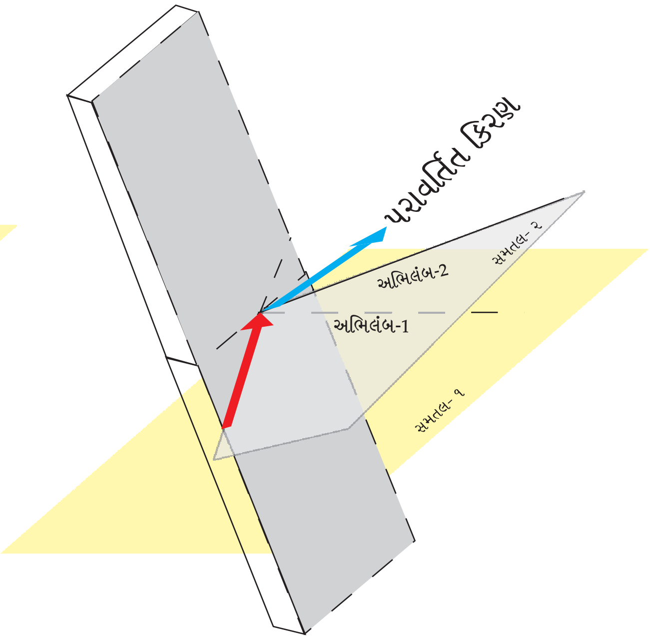


ઉપર આપેલ ચિત્રને એક કાગળ ઉપર દોરી લો. ઇચ્છો તો મોટું કરીને પણ દોરી શકો છો. સમતલ અરીસાની એક પટ્ટી લો. આ પટ્ટીને ચિત્ર પર એવી રીતે રાખવાની છે કે ચિત્રને પ્રતિબિંબ સાથે મળી જે ચિત્ર બને તે બાજુમાં આપેલા ચિત્રો જેવા દેખાય. એમાંથી થોડા તો સાવ સરળ દેખાય છે. પ્રયત્ન કરી જુઓ. કદાચ થોડું માથું ખંજવાળવું પડે. તમે અત્યાર સુધી જે શીખ્યા છો તેનો ઉપયોગ કરવાથી શું આ સરળ બનશે?





ચિત્ર 2-ક



ચિત્ર 2-ખ

જો આપણે અરીસાને થોડો નમાવીએ તો અભિલંબનું શું થાય? આ સમજવા માટે એક સરળ રીત એ છે કે અરીસા પર એક માચીસની સળી લંબવત ચોંટાડી દઈએ. આ સળી અરીસાના તે બિંદુ પર અભિલંબ દર્શાવે છે. હવે અરીસાને અલગ-અલગ ખૂણા પર નમાવીને જુઓ કે સળીનું (એટલે અભિલંબ)નું શું થાય છે? આવી એક સ્થિતિ ચિત્ર 2 કમાં દર્શાવી છે. અભિલંબ-2 નવો અભિલંબ છે. આપાતકિરણ તો એ જ જૂનું છે. હવે અભિલંબ 2 અને આપાતકિરણ એક નવા સમતલમાં હશે – સમતલ-2. આ ચિત્ર 2-ખમાં દર્શાવ્યું છે. પરાવર્તનના બીજા નિયમ મુજબ પરાવર્તિત કિરણ પણ આ જ સમતલ-2માં હોવું જોઈએ. તેને ચિત્ર 2-ખમાં દર્શાવ્યું છે.

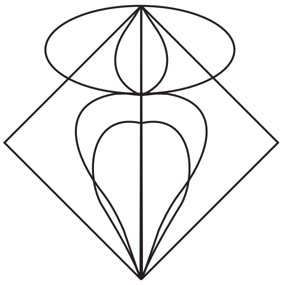
અરીસો ખોટું ના બોલે

તમને લાગે છે કે તમને લખતા આવડે છે?
તો પ્રયત્ન તો કરી જુઓ:
એક કાગળ લો અને તપાસ કરો કે અહીં આપેલી કવિતા એના પર લખી શકો છો.

વાર્તા રે વાર્તા, ભાભા ઢોર ચારતા,
એક છોકરો રીસાયો, કોઠી પાછળ સંતાયો,
કોઠી પડી આડી, છોકરાએ બૂમ પાડી,
અરરર માડી

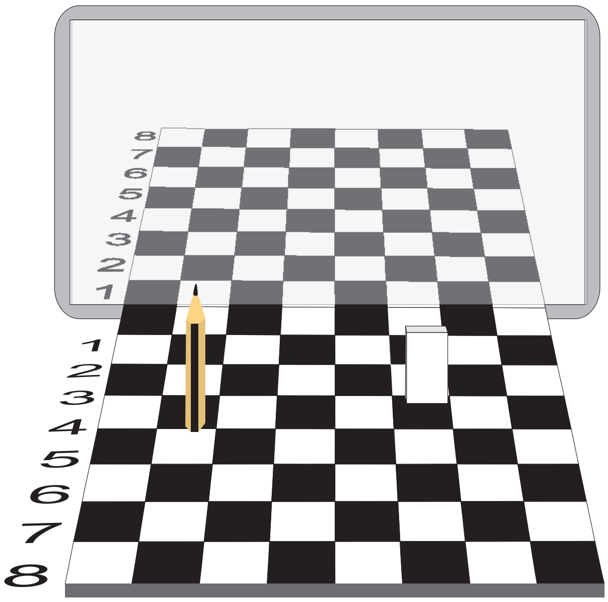
ડાબા હાથનો ખેલ છે ને પણ એક શરત સાંભળીને પછી કંઈક કહેજો. તમારે કાગળ સામે સીધું જોવાનું નથી. લખતી વખતે કાગળની સામે મૂકેલા દપર્ણમાં જોવાનું છે.

પ્રવૃત્તિ-9



કલાકારીમાં રસ ધરાવનારા માટે એક પડકાર છે. એક બટર પેપર અથવા ટ્રેસિંગ પેપર લો અને તેને અહીં આપેલ ચિત્ર પર રાખો. તમારે એ ચિત્ર ટ્રેસ કરવાનું છે પણ શરત એ છે કે કાગળને જોવાનો નથી. આ કામ તમારે અરીસામાં પ્રતિબિંબ જોઈને કરવાનું છે.

કિરણ ચિત્ર બનાવતી વખતે ઘણીવાર એ સ્પષ્ટ નથી હોતું કે અરીસાની પરાવર્તક સપાટી કઈ છે. એટલા માટે આપણે એક પ્રણાલી બનાવશું. અપરાવર્તી સપાટી પર આપણે ત્રાંસી લીટીઓ બનાવશું જેથી ખબર પડે કે બીજી સપાટી પરથી પરાવર્તન થઈ રહ્યું છે.

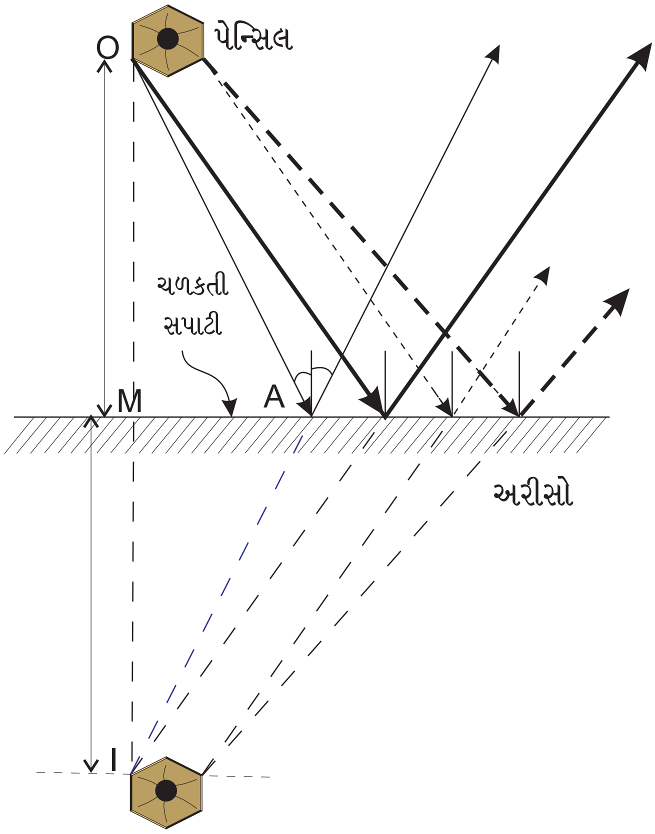


અરીસા અને ચેસ બોર્ડનો ઉપયોગ કરી પ્રતિબિંબ બનાવો

પ્રતિબિંબ અરીસાથી કેટલું દૂર છે?

ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે ચેસ બોર્ડને અરીસા સામે રાખો. આ બોર્ડના અલગ અલગ ખાનામાં કંઈક વસ્તુઓ મુકો જેવી કે પેન્સિલ, રબર વગેરે. માની લો કે તમે અરીસાથી ત્રીજી લાઈનમાં રબર રાખ્યું છે. તો એનું પ્રતિબિંબ ક્યાં દેખાય છે? શું પ્રતિબિંબ ચેસ બોર્ડની ત્રીજી લાઈનમાં છે? ચેસ બોર્ડ પર રાખેલી અન્ય વસ્તુઓ જોઈને કહો કે આવી જ ભાત (પેટર્ન) દેખાય છે? આના આધારે એમ કહી શકાય કે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ અરીસાથી એટલું જ દૂર દેખાય છે કે જેટલા અંતરે વસ્તુ અરીસાની સામે છે?

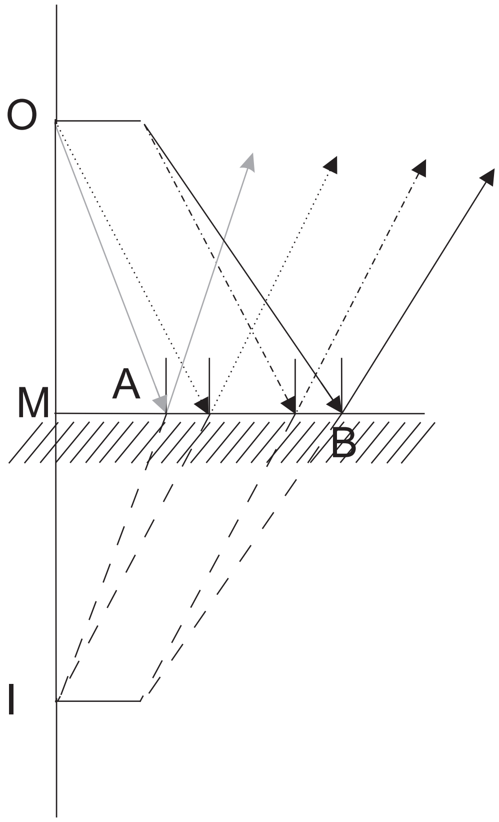
ચાલો પરાવર્તનના નિયમોનો ઉપયોગ કરીને એ જોવાનો પ્રયત્ન કરીએ કે આ થઈ શું રહ્યું છે? આના માટે આપણે એક કિરણ ચિત્ર બનાવશું. નીચેના ચિત્રમાં વસ્તુ (પેન્સિલ)ના બે બિંદુમાંથી નીકળતા કિરણો બતાવ્યા છે. એ અરીસાની ચમકતી સપાટી પરથી પરાવર્તિત થાય છે. પરાવર્તિત કિરણ ક્યાં મળશે તે જાણવા માટે પહેલા દરેક આપાત બિંદુ પર અભિલંબ દોરી લઈએ. પછી આપાતકોણ જેટલા જ માપનો પરાવર્તનકોણ લઈને પરાવર્તિત કિરણ દોરી લઈશું.

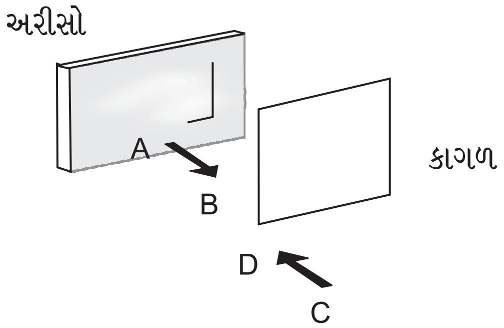


પરાવર્તિત કિરણોને અરીસાની પાછળની તરફ લંબાવીએ તો તે કોઈ એક બિંદુ પર મળતા દેખાશે. આપણને લાગશે કે કિરણો આ જ બિંદુ પરથી આવી રહ્યા છે. આ જ એ બિંદુ છે જ્યાં આપણને લાગે છે કે અરીસામાં એ વસ્તુનું પ્રતિબિંબ છે. નીચે આપેલા ચિત્રમાં OA વસ્તુના કોઈ બિંદુમાંથી નીકળનારું કિરણ AI એ પરાવર્તિત કિરણને પાછળ લંબાવવાથી મળતી રેખા છે. એ તો સરળતાથી જોઈ શકાય એવું છે કે ત્રિકોણ OAM અને IAM એકરૂપ ત્રિકોણ છે. એટલે કે લંબાઈ OM અને લંબાઈ MI બરાબર છે. એનો અર્થ એવો થાય કે આપણને પ્રતિબિંબ અરીસા પાછળ એટલા જ અંતરે મળે છે જેટલા અંતરે વસ્તુ અરીસાની સામે છે એવો આભાસ થશે.

અરીસામાં બનેલ આ પ્રતિબિંબને આપણે આભાસી પ્રતિબિંબ કહીએ છીએ. એને આભાસી એટલા માટે કહીએ છીએ કેમકે ખરેખર પ્રતિબિંબ નથી બનતું, આપણને માત્ર આભાસ થાય છે કે પ્રતિબિંબ બન્યું છે. આગળ જતા એ વાત વધારે સ્પષ્ટ થશે જ્યારે આપણે વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ જોઈશું.

ચાલો, એટલું તો પાકુ થઈ ગયું કે પ્રતિબિંબ અરીસાની પાછળ એટલા જ અંતરે પડે છે કે જેટલા અંતરે વસ્તુ અરીસાની સામે હોય છે. હવે એ વાત સમજવાની છે કે અરીસામાં ડાબે જમણે કેમ બદલાઈ જાય છે. એટલે કે જમણું ડાબુ અને ડાબુ જમણું કેમ થઈ જાય છે. (બાજુઓ ઊલટસુલટ થાય છે.)





ઉલટ સુલટ પરિવર્તન કેમ?

જ્યારે આપણે અરીસા સામે ઊભા રહી આપણો જમણો હાથ ઊંચો કરીએ તો આપણું પ્રતિબિંબ ડાબો હાથ ઊંચો કરતો હોય એવું લાગે છે. વાસ્તવમાં પ્રતિબિંબ પણ જમણો હાથ (આપણો જમણો હાથ) ઉપર કરે છે. પરંતુ આપણે ઉલ્ટી તરફથી જોઈએ છીએ એટલે ભ્રમિત થઈએ છીએ. આપણે એમ માનીએ છીએ કે પ્રતિબિંબ નથી પણ આપણે જ અરીસાની પાછળ જઈને ઊભા રહી ગયા છે અને મોઢું આપણી તરફ કરેલું છે.

વાસ્તવમાં બાજુ પરિવર્તન જેવી કોઈ ચીજ નથી હોતી. આ તો માત્ર આપણો જોવાનો દૃષ્ટિકોણ છે. ઉદાહરણ તરીકે જો કોઈ L ને એક પારદર્શી વસ્તુ (પ્લાસ્ટિક) પર લખી અને તેને અરીસા સામે એવી રીતે રાખે કે જેથી તે આપણી અને અરીસાની વચ્ચે રહે અને આપણે અરીસાની સામે જોઈને તેને સીધા વાંચી શકીએ, તો અરીસામાં પણ તે સીધું જ દેખાશે.

ખરેખર આપણે કાગળને ફેરવીને લખેલો ભાગ અરીસાની સામે કરીએ છીએ. એમ ને એમ પણ આપણે તે વાંચી શકવાના નથી તે વાત પર આપણું ધ્યાન જતું નથી. એમ વાંચવા માટે આપણે અરીસાની પાછળથી જોવું પડશે. એટલે કે આપણે પહેલા કાગળને ફેરવીએ છીએ અને પછી આપણી જાતને ફેરવીએ છીએ. આ ભ્રમ આપણે જ પેદા કર્યો છે. જો આપણે ડાબા-જમણાને બદલે પૂર્વ-પશ્ચિમની ભાષામાં વાત કરીશું તો વાત સાવ સરળ થઈ જશે. જ્યારે આપણે પૂર્વવાળો હાથ ઉઠાવીશું ત્યારે પ્રતિબિંબ પણ પૂર્વ તરફનો હાથ ઉઠાવશે. જો તમે પશ્ચિમ તરફનો હાથ ઉઠાવશો તો તે પણ પશ્ચિમ તરફનો હાથ ઉઠાવશે.

પણ આપણે માનીએ છીએ કે અરીસામાં પ્રતિબિંબ નથી પણ આપણે પોતે જ ફરીને ઊભા રહી ગયા છીએ. એટલે કે આપણા વિચારમાં તે એક બીજી વ્યક્તિ છે. આપણે આશા રાખીએ છીએ કે આપણે જમણો હાથ લાંબો કરીએ તો એણે પણ જમણો હાથ લાંબો કરીને આપણી સાથે હાથ મેળવવો જોઈએ. આપણે ભૂલી જઈએ છીએ કે તે વ્યક્તિ નહીં પણ પ્રતિબિંબ છે. એટલે બાજુનો ભ્રમ થાય છે.

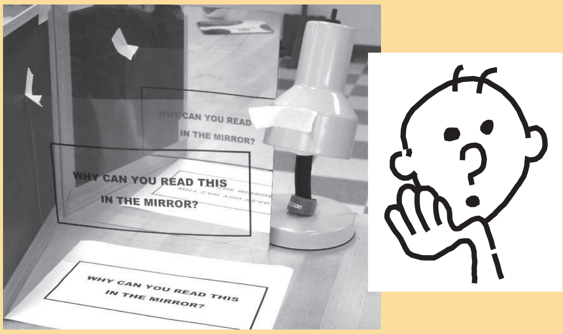
ચાલો, પોતાનો પેરિસ્કોપ જાતે બનાવીએ

પ્રવૃત્તિ 10

સામગ્રી : કાર્ડબોર્ડનું લાંબું ખોખું (અગરબત્તીના પેકેટ જેવો), 2 સમતલ અરીસા પટ્ટી, બ્લેડ, માપપટ્ટી, ગુંદર કે એવો જ કોઈ ચોંટાડવા માટેનો પદાર્થ, કાગળની પટ્ટીઓ.

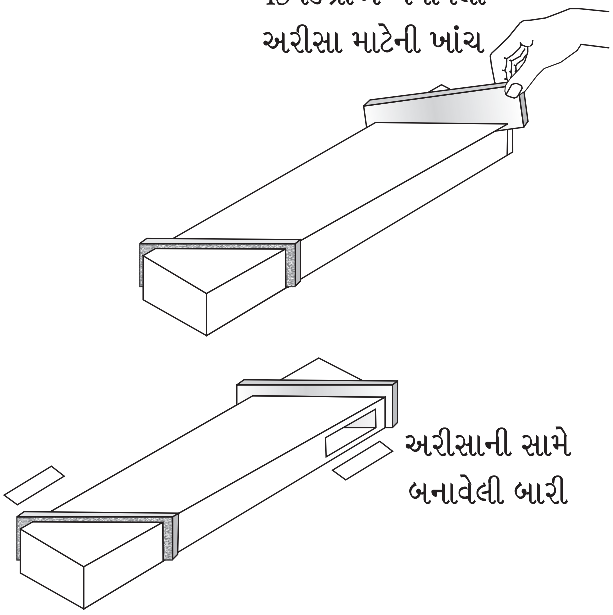
ખોખાના બંને છેડા ચોંટાડીને બંધ કરો. ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે ખોખાના પહોળા ભાગ પર 45 ડિગ્રીના ખૂણે ઉપર અને નીચે બે ખાંચ બનાવો. ખાંચા એટલા મોટા હોવા જોઈએ કે અરીસા પટ્ટીઓ એમાં ફીટ થઈ જાય. અરીસા પટ્ટીઓને ખાંચામાં એવી રીતે ફસાવી દો કે તેમની ચળકતી સપાટી એકબીજાની સામે રહે. અરીસાપટ્ટીઓ એકબીજાને સમાંતર રહે એ ધ્યાન રાખજો. ગુંદરની મદદથી અને કાગળની પટ્ટીઓ વડે અરીસાપટ્ટીને ખોખા સાથે ચોંટાડી દો.

હવે ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે ખોખામાં બે બારી બનાવો. આ બારીઓ ખોખાના સાંકડા ભાગમાં, અરીસાની બરાબર સામે જ કાપવી પડશે. તમારું પેરિસ્કોપ તૈયાર છે. જો તમે તેની એક બારીમાંથી જોશો તો તમને બીજી બારીની સામેનું દૃશ્ય દેખાશે.

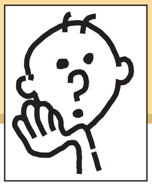


આ કરીને જુઓ. એક કાગળ પર થોડા શબ્દો લખી એને અરીસાની સામે રાખો. તમને બધા અક્ષરોનું અરીસા પ્રતિબિંબ દેખાશે અને તેને વાંચવું મુશ્કેલ પડશે.

ઉપરના ચિત્રને જુઓ. અમે થોડા અક્ષરો એક પારદર્શી સપાટી (પ્લાસ્ટિક શીટ) પર લખી નાખ્યા અને તેને અરીસા સામે મૂક્યા. આવું કરવાથી એવું લાગે છે કે અરીસો ડાબુ-જમણુ ઉલટાવવાનું ભૂલી ગયો છે.
આવું કેમ થયું ?



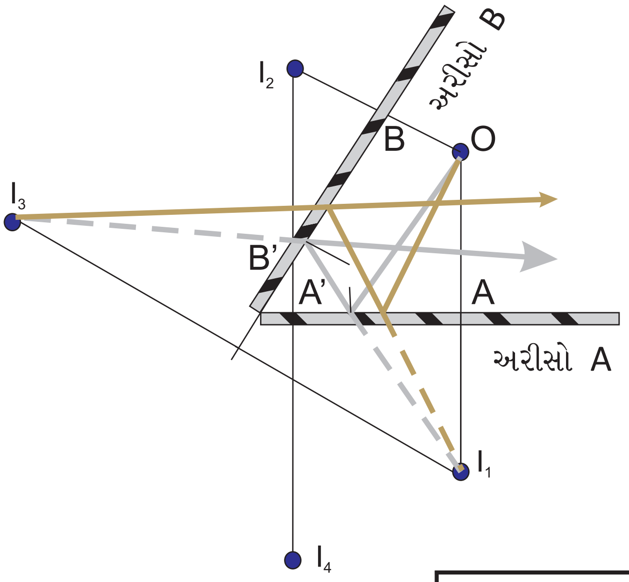
અરીસાને ખોખાથી 45 ડિગ્રીના ખૂણે કેમ લગાડ્યા છે? અહીં આપેલા ચિત્રની મદદથી સમજાવો.



વધારે અરીસા, વધારે પ્રતિબિંબો

આપણે જોયું કે અરીસામાં પ્રતિબિંબ કેવી રીતે બને છે. હવે એ જોઈએ કે એકથી વધારે અરીસા હોય તો શું થાય. પરાવર્તનના નિયમોની જાણકારીને આધારે પહેલાં અનુમાન કરીશું અને પછી અનુમાનની તપાસ પ્રયોગ કરીને કરીશું.

નીચેનું ચિત્ર જુઓ. એમાં બે અરીસાને એકબીજાથી 60 ડિગ્રીના ખૂણે રાખ્યા છે. એક વસ્તુ આ બે અરીસાની વચ્ચે રાખી છે. વસ્તુને O દ્વારા બતાવી છે. સગવડ માટે આ વ્યવસ્થાનું રેખાચિત્ર બનાવશું – રેખાચિત્ર એ રીતે બનાવીશું કે જેવું તે ઉપરથી જોવાથી દેખાશે? એનાથી રેખાચિત્ર સરળ થઈ જશે અને સમજવામાં મદદ મળશે.



આપણે ઉપર જોયું હતું કે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ અરીસા, Aની પાછળ એટલા જ અંતરે પડે છે જેટલી દૂર વસ્તુને અરીસાની સામે રાખી હોય. રેખાચિત્રમાં અરીસા Aના કારણે વસ્તુ Oનું I_1 પ્રતિબિંબ બનશે. પ્રતિબિંબ અરીસા Aની પાછળ OA અંતરે બનશે. એવી જ રીતે અરીસા Bને લીધે પ્રતિબિંબ I_2તે અરીસાની પાછળ OB અંતરે બનશે.

હવે મજા પડે એવી વાત એ છે કે Bમાં બનેલું પ્રતિબિંબ I_2 અરીસા A માટે એક વસ્તુ છે. એનું પ્રતિબિંબ I_4 અરીસાની પાછળ I_2A' અંતરે બનશે જેવું ચિત્રમાં બતાવ્યું છે. એવી જ રીતે અરીસા B માટે I_1 એક વસ્તુ તરીકે કામ કરશે. તે Bથી I_1B' અંતરે છે અને તેનું પ્રતિબિંબ I_3 બનશે.

હવે અરીસા વચ્ચેના ખૂણાનું માપ બદલતા જઈને આ પ્રક્રિયા ત્યાં સુધી ચાલુ રહેશે જ્યાં સુધી એક અરીસાથી બનેલું પ્રતિબિંબ બીજા અરીસાની પહોંચ બહાર ન થઈ જાય.

આ પ્રયોગ કરો અને તમારા અવલોકનો નીચે આપેલ કોષ્ટકમાં નોંધના ખાનામાં નોંધો.

(1) શું પ્રતિબિંબની સંખ્યા એ વાત પર આધાર રાખશે કે તમે વસ્તુને ક્યાં રાખી છે ?

(2) શું પ્રતિબિંબની સંખ્યા એ વાત પર આધાર રાખશે કે તમે પ્રતિબિંબને ક્યાંથી જુઓ છો ?

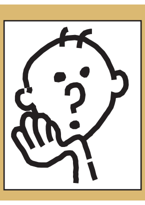
એક બાજુએ જરા હટીને જુઓ કે કોઈ વધારાનું પ્રતિબિંબ દેખાય છે?

અરીસાના વચ્ચેના ખૂણા બદલવાથી પ્રતિબિંબની સંખ્યામાં પણ ફેર પડે છે?

કોષ્ટક

અરીસા વચ્ચેનો ખુણો	**પ્રતિબિંબની સંખ્યા**	**નોંધ**
30°		
60°		
90°		
સમાંતર (એકબીજાની સામસામે)		

પોતાનું આખું પ્રતિબિંબ જોવા માટે કેટલો મોટો અરીસો જોઈએ? એક મોટા અરીસા સામે ઊભા રહો અને જુઓ કે તમે તમારું આખું પ્રતિબિંબ જોઈ શકો છો? અરીસાની નજીક કે દૂર જવાથી કઈ ફેર પડે છે?

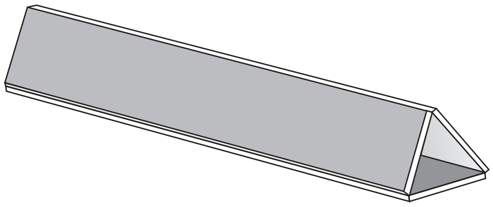


કેલિડોસ્કોપ બનાવો

પ્રવૃત્તિ-11

તમને ત્રણ લાંબી અરીસા પટ્ટી, થોડા અર્ધપારદર્શી કાગળો, પારદર્શી પ્લાસ્ટિક શીટ, સાદા કાગળ, રબરબેન્ડ, ગુંદર અને તૂટેલી બંગડીના રંગીન ટુકડાઓની જરૂર પડશે.

ત્રણ લાંબી અરીસાપટ્ટી લો. એને રબરબેંડથી જોડીને ચિત્રમાં બતાવેલું છે તે મુજબ ત્રિકોણાકાર નળી બનાવી લો. થોડી સાવધાની રાખજો કેમકે અરીસાપટ્ટીની કિનારી ક્યારેક ધારદાર હોય છે અને વાગી જાય તેવી હોય છે. અરીસા પટ્ટીઓને જોડાયેલી રાખવા તમે કાગળને તેના પર ચોંટાડીને ઉપયોગ કરી શકો છો. આ કદાચ વધારે સુરક્ષિત છે.



નળીના એક છેડા ઉપર અર્ધપારદર્શી કાગળ ચોંટાડી દો. હવે આ નળીમાં રંગબેરંગી બંગડીના ટુકડા નાખી બીજા છેડાને પારદર્શી પ્લાસ્ટિક શીટથી બંધ કરી દો. આ નળીને એવી રીતે પકડો કે અર્ધપારદર્શી કાગળથી બંધ છેડો પ્રકાશ તરફ રહે. હવે પારદર્શી પ્લાસ્ટિક લગાવેલા છેડા તરફથી નળીમાં અંદર જુઓ. નળીને થોડી ફેરવવાથી તમને જાતજાતની ડિઝાઈન દેખાશે. શું તમે કહી શકો છો કે આવી ભાત (પેટર્ન) કેમ દેખાય છે?

પ્રોજેક્ટ માટે વિચાર

પ્રવૃત્તિ-11માં તમે જે કેલિડોસ્કોપ બનાવ્યો તેને સૌથી પહેલા ડેવિડ બ્રુસ્ટરે (1781-1868) 1816માં બનાવ્યો હતો. એમણે કેલિડોસ્કોપ પર એક ગ્રંથ લખ્યો હતો. તેમાં બહુ વિસ્તારથી વર્ણન કર્યું હતું. એમાં માત્ર ત્રણ નહીં પણ ઘણાં અરીસાને એકસરખા ખુણા પર જોડીને બનેલા કેલિડોસ્કોપની વાત કરેલી.

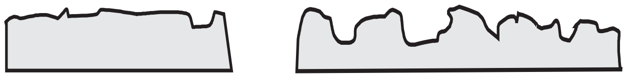
તમે જો ઇચ્છો તો ત્રણથી વધારે અરીસા લઈ કેલિડોસ્કોપ બનાવી જોઈ શકો કે કેવી રીતની પેટર્ન બને છે, એના સિવાય તમે અરીસાઓને સરખા ખુણે ન રાખતા જુદા જુદા ખુણાએ રાખીને પણ પ્રયત્ન કરી શકો છો. જેમ કે ત્રણ અરીસામાંથી બેને સમકોણથી જોડીને કાટકોણ ત્રિકોણ કે ગુરુકોણ ત્રિકોણ બનશે.

ખરબચડી સપાટી પરથી સરસ પરાવર્તન કેમ નથી થતું?

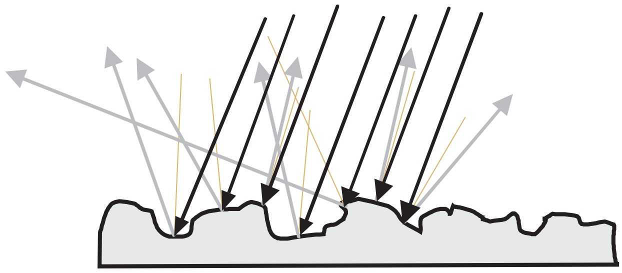
હવે આપણે પરાવર્તનના નિયમોને સારી રીતે સમજીએ છીએ. તો હવે આપણે એ વિચાર કરી શકીએ કે કેમ કેટલીક સપાટી ચમકે છે અને કેટલીક સપાટીઓ ઝાંખી દેખાય છે અને કેટલીક સપાટી પરથી પરાવર્તન જરા પણ થતું નથી. ઉદાહરણ તરીકે જ્યારે આપણે સ્ટેનલેસ સ્ટીલના નવા વાસણો લઈએ છીએ ત્યારે ખૂબ ચમકતા હોય છે. આપણે તેમાં આપણો ચહેરો જોઈ શકીએ છીએ. પણ વારંવારના ઉપયોગ પછી એની ચમક ઝાંખી થઈ જાય છે. પછી આપણે તેને ગમે એટલું ઘસીએ તો પણ નવા જેવી ચમક આવતી નથી.

તમારા વિચાર પ્રમાણે આવું કેમ થતું હશે? આપણે એવું શું કર્યું કે તેની ચમક ઝાંખી થઈ ગઈ. જે નવા વાસણનો ઉપયોગ નથી કર્યો તે તો આજે પણ એવા જ ચમકે છે. એટલે કે ચમક ઝાંખી પડવાને સમય સાથે કંઈ લેવાદેવા નથી. એનો સંબંધ સતત ઉપયોગ કરતા રહેવા સાથે છે.

આપણે શું કરીએ છીએ? આમ જોઈએ તો આપણે ખાસ કંઈ કરતા નથી. થાળીઓમાં ખાવાનું પીરસીએ છીએ અને સાફ કરીને પાછી મુકી દઈએ છીએ. સામાન્ય રીતે વાસણોને સાબુ પાણીથી (પાવડરથી) સાફ કરીએ છીએ. આ પાવડરમાં ઝીણા કણો હોય છે જે વાસણોને ઘસવાનું કામ કરે છે. એની હાજરીને કારણે વાસણો પર લાગેલા ભોજનના કણો દૂર કરવાનું સરળ બને છે. પણ તે વાસણની સપાટી પર ઘસરકા પણ કરે છે. સપાટીની સુંવાળપ ધીમે ધીમે નાશ પામે છે અને તેની ચમક પણ ઓછી થતી જાય છે. પણ સવાલ તો એ છે કે આવી ખરબચડી સપાટી, લીસી સપાટીની જેમ પ્રકાશને પરાવર્તિત કેમ નથી કરતી? આ સવાલના જવાબ માટે આપણે ખરબચડી અને લીસી સપાટીને મોટી કરીને જોવી પડશે.



ઉપરના ચિત્રમાં બે સપાટીને ખૂબ મોટી કરીને બતાવી છે. એક લીસી સપાટી છે અને બીજી ખરબચડી અને નીચે બતાવ્યું છે કે પ્રકાશનો કોઈ સમાંતર પૂંજ ખરબચડી સપાટી સાથે અથડાય ત્યારે શું થાય છે?



પરાવર્તિત કિરણ ક્યાં જાય છે તે મેળવવા માટે આપણે દરેક આપાત બિંદુ પર એક અભિલંબ દોરવો પડશે. (અભિલંબને પીળી રેખાથી દર્શાવેલ છે.) શું આ ચિત્રને જોઈને તમે અંદાજ લગાવી શકો છો કે ખરબચડી સપાટી પરથી આપણને સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ કેમ નથી મળતું?

ખરબચડી સપાટી દરેક બિંદુ પરથી પ્રકાશને અલગ અલગ દિશામાં પરાવર્તિત કરશે. કોઈ વસ્તુ પરથી આવતા કિરણો પરાવર્તન પછી સમાંતર નહિ રહી શકે. એટલા માટે આપણને પ્રતિબિંબ દેખાતું નથી કે સ્પષ્ટ દેખાતું નથી.

બીજી બાજુ, લીસી સપાટી પરથી પ્રકાશનું પરાવર્તન નિયમિત રૂપથી થાય છે. એટલે કે જો આપાત કિરણો સમાંતર હોય તો પરાવર્તિત કિરણો પણ સમાંતર હોય. આવું પરાવર્તન હોય તો આપણને સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ દેખાય છે. આવા પરાવર્તનને નિયમિત (specular) પરાવર્તન કહે છે.

કોઈપણ પૉલિશ (લીસી) કરેલી સપાટી પ્રકાશને પરાવર્તિત કરી શકે અને એક અરીસા તરીકે કામ કરી શકે છે.

પણ જો તમે કોઈ પોલીશ કરેલી લાદીવાળું ભોંયતળીયું જુઓ કે જેના પર કાળી અને સફેદ લાદી લાગી હોય તો તમે જોશો કે કાળી લાદી વધારે સારું પરાવર્તન કરશે. આવું કેમ થાય છે?

કોઈપણ સપાટી કાળી ત્યારે જ દેખાય કે જ્યારે તે તેના પર પડતા મોટાભાગના પ્રકાશને પરાવર્તિત કરવાને બદલે શોષી લે. જ્યારે કોઈ સપાટી તેના પર પડતા મોટાભાગના પ્રકાશને પરાવર્તિત કરી દે ત્યારે તે સફેદ દેખાય છે.

એ વાત સાચી છે કે સફેદ લાદી લીસી હોય છે પણ તે કોઈ પૉલિશ કરેલા અરીસા જેટલી લીસી નથી હોતી. એટલા માટે તેના પર પડનારો પ્રકાશ વિવિધ દિશાઓમાં પરાવર્તિત થશે. થોડુંક પરાવર્તન નિયમિત થાય છે પણ તેની સરખામણીમાં અનિયમિત પરાવર્તન ખૂબ જ થાય છે. જ્યારે આપણે સફેદ લાદીને જોઈએ છીએ ત્યારે થોડોક પ્રકાશ તો નિયમિત પરાવર્તનને આધારે પ્રતિબિંબ બનાવે છે. પણ તેનાથી પણ વધારે પ્રકાશ અનિયમિત રૂપે પરાવર્તન પામી આમતેમ ફેલાઈ જાય છે. આ વિખરાયેલા પ્રકાશને કારણે પ્રતિબિંબ ધુંધળું બની જાય છે.

લગભગ એટલી જ લીસી કાળી સપાટી પરથી પણ એટલું જ નિયમિત પરાવર્તન થશે જેટલું કોઈપણ લીસી સપાટી પરથી થાય છે. પણ વિખરાયેલું પરાવર્તન ઓછું થશે કેમકે કાળી સપાટી મોટાભાગના પ્રકાશને તો શોષી લે છે. જે કિરણો આપણી આંખો સુધી પહોંચે છે તે સારું પ્રતિબિંબ બતાવે છે. જે સફેદ લાદી કરતા વધુ સ્પષ્ટ હોય છે.

તમારી નોટબુકને અરીસો બનાવો

પ્રવૃત્તિ-12

તમને વિશ્વાસ નહીં થાય કે તમારી નોટબુક અરીસાનું કામ કરી શકે છે. કરીને જુઓ.

તમારી નોટબુકના એક કાગળને બારીની સામે આડો પકડી રાખો. હવે તમારી આંખોને કાગળના સમતલથી થોડે ઉપર રાખીને જુઓ. તમને કાગળમાં ચમકતી વસ્તુઓના પ્રતિબિંબ દેખાશે. આને અલગ અલગ ખરબચડા કાગળો સાથે કરી જુઓ.

વક્ર અરીસા

આપણે જોયું કે સમતલ સપાટી પરથી પ્રકાશનું પરાવર્તન કેવી રીતે થાય છે. એમાં આપણે જે કાંઈ શીખ્યા છીએ તે વાતોને વક્ર સપાટી પર ચકાસી જોઈશું. શરૂ કરતા પહેલા આપણે એ વાતોને ફરીથી જોઈ લઈએ.

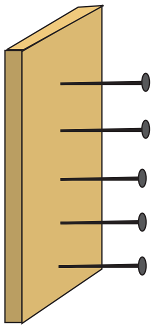
પરાવર્તનનો પહેલો નિયમ જણાવે છે કે, અભિલંબથી એક ખૂણા પર આવનારું આપાતકિરણ, પરાવર્તન બાદ અભિલંબની બીજી બાજુએ એટલા જ ખુણાએ પાછું જાય છે.

આ નિયમ બધી સપાટી માટે સાચો છે. પછી તે સપાટી ચમકતી હોય કે ખરબચડી હોય કે ગોળાઈવાળી સપાટી હોય. અહીં નીચે લખેલા શબ્દો અગત્યના છે. આપાતબિંદુ પર અભિલંબથી બનેલો કોણ. જો આપણને કોઈ સપાટીના કોઈ બિંદુએ અભિલંબની ખબર હોય અને આપાતકોણ જાણી લઈએ તો પરાવર્તિત કિરણનો રસ્તો શોધી શકાય છે. સમતલ સપાટી પર તો કોઈ બિંદુ પરનો અભિલંબ મેળવવો તો સરળ હતો. કોઈ ખરબચડી સપાટીની જેમ જ ગોળાઈવાળી સપાટી પર પણ અભિલંબ મેળવવો સરળ નથી હોતો.

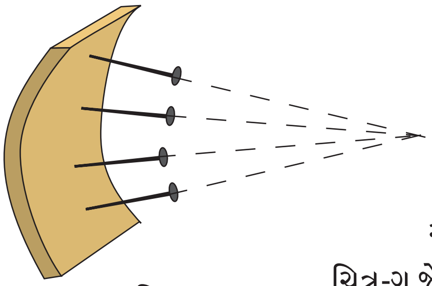
પણ કોઈ ગોળાઈવાળી સપાટી પર કોઈ બિંદુએ અભિલંબ મેળવવા માટે એક સરળ રીત વાપરી શકીએ છીએ. નરમ ફૉમ કે રબ્બરની ચપ્પલનું પાતળું તળિયું લો. ચિત્રમાં બતાવ્યા મુજબ આ ફૉમ કે તળિયામાં એક સીધી રેખામાં થોડી પિનો ખોસી દો. આ બધી પિનો ફૉમ કે તળિયાને લંબવત હોવી જોઈએ.

જો આ ફૉમના ટુકડાને અરીસો માનીએ તો આ બધી પિનો પોતપોતાની જગ્યાએ અભિલંબ છે. આ બિંદુ પર કોઈ કિરણ આપાત થશે તો આ અભિલંબથી એટલો જ કોણ બનાવી પરાવર્તિત થઈ જશે. ચિત્ર-ક

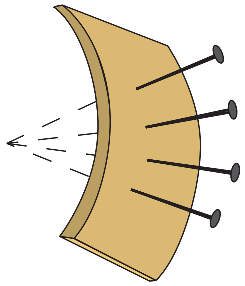
હવે માની લો કે ફૉમના ટુકડાને આપણે અંદરની તરફ ચિત્ર-ખ માં બતાવ્યા મુજબ ગોળ વાળીએ છીએ. આવું કરવાથી પીનોનું શું થશે? આ પિનો હજી પણ વિભિન્ન બિંદુએ અભિલંબને દર્શાવે છે પણ તમે જોઈ શકો છો કે તે બધી એક બિંદુ પર મળી રહી છે. એટલે કે અંતર્ગોળ અરીસામાં બધા અભિલંબ એક બિંદુએ મળશે. આ બિંદુને અરીસાનું વક્રતાકેન્દ્ર કહે છે. માત્ર એક ફેર છે. અંતર્ગોળ અરીસાઓ એ પોલા ગોળાનો ભાગ હોય છે, જ્યારે આકૃતિમાં ફૉમની એક સપાટીને વાળી છે એટલે કે તે નળાકારનો ભાગ છે.



ચિત્ર-ક



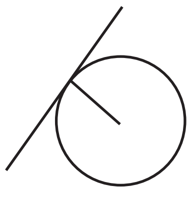
ચિત્ર-ખ



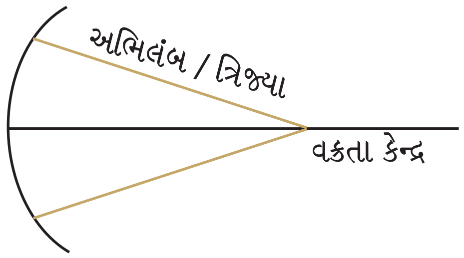
ચિત્ર-ગ

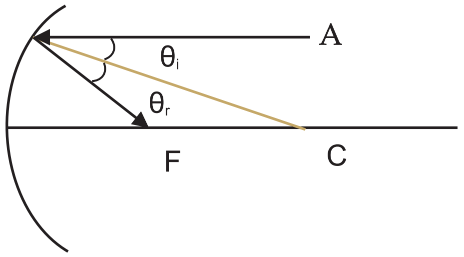
એવી જ રીતે કોઈ બહીર્ગોળ અરીસા માટે સ્થિતિ ચિત્ર-ગ જેવી હશે.

અહીં આપણે તળિયાને બહારની તરફ ગોળાઈમાં વાળ્યો છે અને બધી પિનો એકબીજાથી દૂર જતી લાગે છે. ચિત્રમાં જુઓ કે જો પિનોથી બનેલી લાઈનને પાછળની તરફ લંબાવીએ તો તે અરીસાની પાછળ એક બિંદુ પર મળે છે.



તમારી ભૂમિતિને થોડી યાદ કરો. તમને યાદ હશે કે કોઈપણ વર્તુળના કેન્દ્રને પરીઘ સાથે જોડતી ત્રિજ્યા પરિઘના એ બિંદુ ઉપર આવેલી સ્પર્શ રેખા (સ્પર્શક)ને લંબ હોય છે.





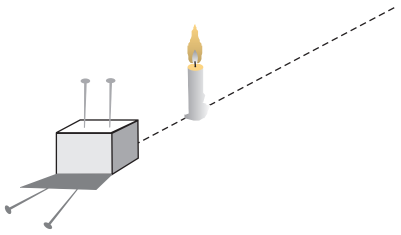
અંતર્ગોળ અરીસાને એક મોટા ગોળાનો ભાગ માની શકાય છે. એનાથી આપણને એ સુરાગ (clue) મળે છે કે કોઈ ગોલિય અરીસાના કોઈ બિંદુ પર અભિલંબ કેવી રીતે મેળવવો. આપણે ફક્ત એટલું જ કરવાનું છે કે અરીસાના એ બિંદુએથી ગોળાના કેન્દ્ર તરફ એક રેખા દોરવી એટલે કે અરીસાનું વક્રતાકેન્દ્ર શોધવા માટે આપણે એ વિચારવું પડશે કે એ અરીસો કયા ગોળાનો ભાગ છે. આ વાતની કલ્પના બે ભાગમાં કરવાથી કામ સહેલું બને છે. એટલા માટે આપણે જે ચિત્ર બનાવીશું તે કોઈ ગોળાના કોઈ એક કાપેલા ભાગનું ચિત્ર હશે. આવા ચિત્રમાં ગોલિય અરીસો એ વર્તુળની ચાપ જેવો દેખાય છે. (બાજુનું ચિત્ર જુઓ.)

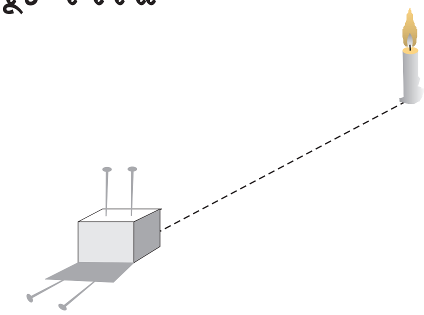
આપાત કિરણ A માટે આપાતકોણ એ છે કે જે આ કિરણ ત્રિજ્યા અભિલંબ સાથે બનાવે છે. ચિત્રમાં એને θi ના રૂપે દર્શાવ્યો છે. પરાવર્તન કોણ θr ના રૂપે બતાવ્યો છે. પરાવર્તનના પહેલા નિયમને આધારે આપણે જાણીએ છીએ કે $\theta i = \theta r$ આપાતબિંદુથી અભિલંબ સુધીની θr કોણ બનાવતી રેખા પરાવર્તિત કિરણ છે.

એક વાત પર ધ્યાન આપો. અરીસાની સપાટીના કેન્દ્રથી અરીસાના મધ્યબિંદુને જોડતી ત્રિજ્યાને અરીસાનો મુખ્ય અક્ષ કહે છે. ઉપર આપણે જે આપાત કિરણ A લીધું હતું, તે મુખ્ય અક્ષને સમાંતર હતું.

આ રીતે મુખ્ય અક્ષને સમાંતર આવતા વિભિન્ન આપાત કિરણો માટે પરાવર્તિત કિરણો બનાવો. તમારું તારણ શું છે? શું આ તારણની ખાતરી માટે પ્રયોગ કરી શકીએ? એના માટે આપણે થોડો જુગાડ કરવો પડશે જેથી સમાંતર કિરણોનો એક પૂંજ મળી શકે.

પ્રકાશનો એક સમાંતર પૂંજ મેળવવો





ઉપરના ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે એક થર્મોકોલના ટુકડામાં બે પિન એકબીજાને સમાંતર રહે એમ ખોસવી પડશે. ચિત્રમાં દેખાય છે તે મુજબ જ્યારે પ્રકાશનો સ્રોત (મીણબત્તી) નજદીક હશે તો પિનોના પડછાયા એકબીજાથી દૂર જાય છે. જેમ જેમ પ્રકાશના સ્રોતને દૂર લઈ જઈએ તેમ તેમ બંને પિનોના પડછાયા વચ્ચેનો કોણ ઓછો થતો જાય છે. જો આપણે પ્રકાશના સ્રોતને ખૂબ દૂર કરી દઈએ તો પડછાયા એકબીજાને સમાંતર થઈ જશે. પણ જેમ જેમ મીણબત્તી દૂર લઈ જઈએ તેમ પ્રકાશની તીવ્રતા ઓછી થતી જાય છે.

આનો મતલબ એમ થાય કે, આપણને શક્તિશાળી પ્રકાશ સ્રોતની જરૂર છે જે ખૂબ દૂર હોય જેથી આપણને સમાંતર કિરણો મળી શકે. આવો સ્રોત ક્યાં મળે? હા, એવો એક સ્રોત ઉપલબ્ધ છે અને તમે અંદાજ લગાવી જ લીધો હશે કે એ સ્રોત સૂરજ છે.

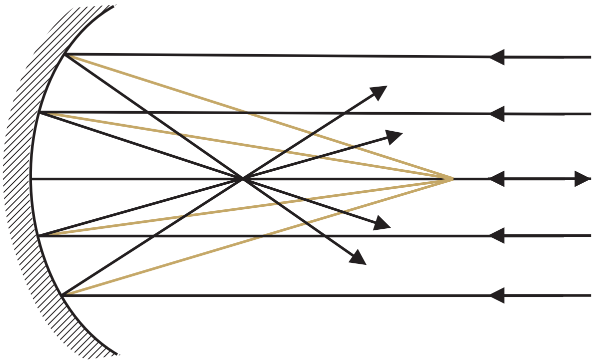
વક્ર અરીસાઓ સાથે પ્રયોગ

હવે આપણે કરેલી ભવિષ્યવાણીની તપાસ કરવા માટે તૈયાર છીએ કે પ્રકાશનો એક સમાંતર પૂંજ (જે અરીસાના મુખ્ય અક્ષને સમાંતર હોય) અંતર્ગોળ અરીસામાંથી પરાવર્તિત થઈ એક બિંદુ પર કેન્દ્રિત થશે.

પ્રવૃત્તિ 13

આના માટે તમારે એક અંતર્ગોળ અરીસો, કાગળ, માપપટ્ટીની જરૂર પડશે.

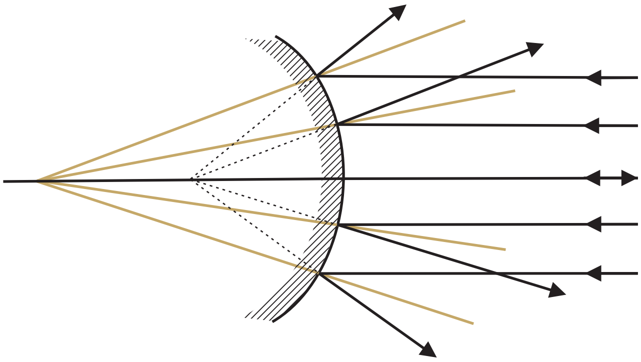
તમારા અંતર્ગોળ અરીસાને સૂરજના કિરણોની સામે લંબવત પકડો. એક કાગળનો ટુકડો લઈ તેને અરીસાની સામે લાવો. એને આગળ-પાછળ કરીને જ્યાં સૂરજનું સૌથી નાનું અને સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ મળતું હોય ત્યાં સ્થિર કરો. ધ્યાન રાખજો કે કાગળનો ટુકડો નાનો હોય જેથી તે સૂર્ય પ્રકાશને અરીસા સુધી પહોંચતા ન રોકે. જરૂર પડે તો અરીસાને થોડો નમાવી દો.



બધા અભિલંબોને પીળા રંગથી બતાવ્યા છે.

સાવધાની : અરીસામાંથી સીધું સૂરજ સામે જોશો નહીં. એનાથી તમારી આંખોને નુકસાન થઈ શકે છે.

બધા અભિલંબોને પીળા રંગથી બતાવ્યા છે.



સૂરજના પ્રતિબિંબથી અરીસા સુધીનું અંતર માપો.
જ્યાં સૂરજનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ બને છે તેને અરીસાનું **ફોકસ** અથવા **કેન્દ્રબિંદુ (Focal point) (F)** કહે છે. અરીસાનું **વક્રતાકેન્દ્ર** (C) એનાથી બે ગણા અંતરે હશે.

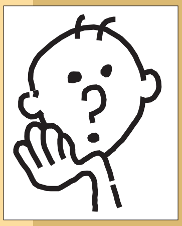
અરીસાનું મધ્યબિંદુ, તેનું કેન્દ્રબિંદુ અને વક્રતાકેન્દ્રને જોડતી કાલ્પનિક રેખાને અરીસાનો મુખ્ય અક્ષ કહે છે. અરીસાના કેન્દ્રબિંદુથી વક્રતા કેન્દ્રના અંતરને **વક્રતા ત્રિજ્યા** કહે છે.

આ પ્રયોગમાં આપણે પ્રકાશના સ્રોત તરીકે સૂરજનો ઉપયોગ કર્યો. હવે આપણે એવી વસ્તુનો ઉપયોગ કરીશું કે જે બહુ દૂર ન હોય અને માપી શકાય એટલે અંતરે હોય. અને જોઈશું કે પ્રતિબિંબ કેવું બને છે.

બહિર્ગોળ અરીસાનું કેન્દ્રબિંદુ

એક ચિત્ર બનાવીને જુઓ કે જ્યારે સમાંતર કિરણ પૂંજ એક બહિર્ગોળ અરીસા પર પડે ત્યારે શું થાય. ચિત્ર બનાવ્યા બાદ તમારા જવાબની ખાતરી પ્રયોગ કરીને કરો. ઉપર બનેલા ચિત્રથી મદદ મળી શકે છે.

આના આધારે શું તારણ કાઢો છો? કેન્દ્ર બિંદુ ક્યાં છે? જો તમે આ કેન્દ્ર બિંદુ પર પડદો મૂકો તો તમને એક બિંદુના રૂપમાં પ્રતિબિંબ મળશે?

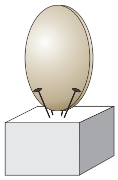


પ્રવૃત્તિ 14

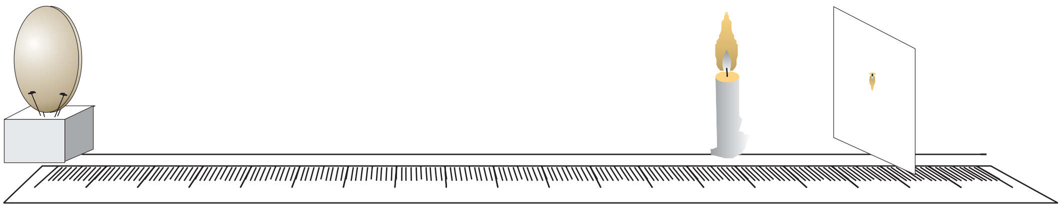
આના માટે તમારે એક મીણબત્તી, કાગળ, અંતર્ગોળ અરીસો, થર્મોકોલના ટુકડા, પિન, માપવા માટે પટ્ટી અથવા સ્કેલની જરૂર પડશે.

અરીસાને સ્ટેન્ડ પર લગાવી દો (બાજુનું બોક્સ જુઓ). નીચે ચિત્રમાં બતાવ્યા મુજબ એક મીણબત્તી અને મીટર સ્કેલ ગોઠવો. મીણબત્તીની જ્યોત એટલી જ ઊંચાઈએ હોવી જોઈએ જેટલી ઊંચાઈએ અરીસો ગોઠવેલો છે. મીણબત્તીને અરીસાથી 40 સેમી અંતરે રાખો અને કાગળને મુખ્ય અક્ષની ઊંચાઈએ રાખી અરીસાની દૂર કે નજીક લઈ જાઓ. આ કાગળ આપણો પડદો છે. એ બિંદુ મેળવો કે જ્યાંથી મીણબત્તીની જ્યોતનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ મળે. મીણબત્તીને અલગ અલગ અંતરે રાખી આ પ્રયોગ ફરી કરો અને તમારા અવલોકનો કોષ્ટકમાં નોંધો.

અરીસા માટે સ્ટેન્ડ



રબર અથવા થર્મોકોલનો ટુકડો લો. અરીસાને પકડી રાખી ચિત્રમાં બતાવ્યા મુજબ તેને ગુટકા પર ચાર પીનોની મદદથી લગાવી દો. એ ધ્યાન રાખજો કે અરીસો એકદમ સીધો ઊભો રહે અને પિનોની વચ્ચે બરાબર ફસાયેલો રહે.



કોષ્ટક

ક્રમાંક	અરીસાથી મીણબત્તીનું અંતર	અરીસાથી પડદાનું અંતર	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર	
			જ્યોતથી નાનું કે મોટું	સીધું કે ઊલટું
1	40 સેમી			
2	50 સેમી			
3	60 સેમી			
4	30 સેમી			
5	20 સેમી			
6	10 સેમી			
7	>60 સેમી			

પ્રતિબિંબના આધારે તમારા અવલોકનોની નોંધ બનાવો : જેમકે પ્રતિબિંબ જ્યોતથી નાનું કે મોટું સીધું છે કે ઊલટું વગેરે. મીણબત્તી કે અરીસાથી દૂર લઈ જવાની સ્થિતિમાં શું ફેરફાર થાય છે? શું એવું શક્ય છે કે કોઈ જગ્યાએ મીણબત્તી રાખવાથી પ્રતિબિંબ ન મળે? આ વાત પણ નોંધો કેમકે આપણને આ અરીસાના કેન્દ્રનું અંતર અને વક્રતાત્રિજ્યા ખબર છે, તેથી આપણે અવલોકનોનું વર્ગીકરણ એક બીજી રીતે પણ કરી શકીએ. એ રીત આગળના પાના પર બતાવેલ કોષ્ટકમાં આપી છે. શું તમને એમાં કોઈ ક્રમ નજરે ચડે છે?

અહીં અમારું સૂચન એવું છે કે તમે એક વધુ અવલોકન કરો. તમે પ્રયત્ન કરતા હતા કે વસ્તુને અલગ અલગ અંતરે રાખી તેનું પ્રતિબિંબ પડદા પર પ્રાપ્ત કરો. એની સાથે જ અરીસામાં જુઓ અને નક્કી કરો કે મીણબત્તીનું પ્રતિબિંબ સીધું છે કે ઊલટું. પ્રતિબિંબ નાનું છે કે મોટું?

કોષ્ટક

મીણબત્તીની સ્થિતિ	અરીસાથી મીણબત્તીનું અંતર	અરીસાથી પડદાનુંઅંતર	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર	
			જ્યોતથી નાનું કે મોટું	સીધું કે ઉલ્ટુ
અરીસા અને F વચ્ચે				
કેન્દ્ર બિંદુ પર				
F અને Cની વચ્ચે				
વક્રતા કેન્દ્ર પર				
વક્રતા કેન્દ્રથી દૂર				

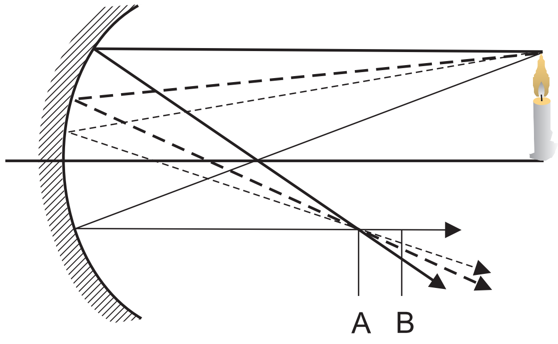
અવલોકનોને સમજાવવા માટેનું મોડલ

કિરણ પથ રેખાચિત્રનો ઉપયોગ કરીને આપણે એ વાતની સાચી આગાહી કરી શક્યા હતા કે અંતર્ગોળ અરીસામાં આપણને સૂર્યનું એકદમ નાનું પ્રતિબિંબ કેન્દ્ર બિંદુ પર મળશે. હવે આપણે એવી યુક્તિ વિકસાવવાનો પ્રયત્ન કરીશું કે જેનાથી અરીસાના અક્ષ પર ક્યાંય પણ રાખેલી વસ્તુ માટે કિરણ પથ રેખાચિત્ર બનાવી શકીએ અને ઉપરના અવલોકનોને એક આધાર આપી શકીએ.

જેવું આપણે સમતલ અરીસા માટે કર્યું હતું, આપણે કોઈ એક વસ્તુના એક જ બિંદુથી નીકળનારા પણ અલગ અલગ દિશામાં જનારા બે કિરણો લઈશું અને જોઈશું કે અરીસા પરથી પરાવર્તિત થઈને ક્યાં જાય છે. આ કિરણોને જોઈને પ્રતિબિંબ ક્યાં બનશે તે જાણવાનો પ્રયત્ન કરીશું. આપણે વસ્તુના ત્રણ અલગ અલગ બિંદુએથી નીકળનારા બે-બે કિરણો લઈ રેખાચિત્ર બનાવીશું.

એક ઉદાહરણ લઈએ.

નીચેના ચિત્રમાં બતાવ્યા મુજબ અંતર્ગોળ અરીસાની થોડે દૂર એક મીણબત્તી મુકવામાં આવી છે.



ચિત્રમાં જ્યોત (વસ્તુ)ના ઉપલા છેડેથી શરૂ થતા થોડા કિરણો બતાવ્યા છે. આપણે પરાવર્તનના જે નિયમો શીખ્યા છીએ તેને આધારે આ કિરણો માટે પરાવર્તિત કિરણ બનાવશું અને તેને ત્યાં સુધી લંબાવીશું જ્યાં સુધી એકબીજાને છેદે નહીં. છેદ બિંદુ A પર આપણને જ્યોતના ઉપલા છેડાનું ચોખ્ખું પ્રતિબિંબ મળશે.

બિંદુ A પર જ કેમ?

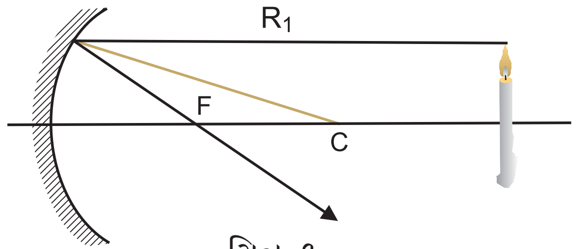
જો આપણે કાગળને બિંદુ Aથી દૂર રાખીએ (માની લો બિંદુ B પર રાખીએ) તો આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે અલગ અલગ પરાવર્તિત કિરણો કાગળ પર અલગ અલગ બિંદુ પર પહોંચે છે. એટલે કે આ અલગ અલગ કિરણોને કારણે જ્યોતના ઉપલા છેડાનું પ્રતિબિંબ કાગળના અલગ અલગ બિંદુઓ પર બનશે. જો આપણે છેડાથી નીકળતા બીજા કિરણોને જોઈશું તો દેખાશે કે તે બિંદુ A પર મળે છે. બિંદુ B પર નહીં. એટલા માટે જ્યોતના છેડાનું પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ ત્યારે જ બનશે કે જ્યારે આપણે કાગળને બિંદુ A પર રાખીશું. કાગળને બીજે ક્યાંય રાખવાથી પ્રતિબિંબ ધુંધળું બનશે.

શું આ જ વાત તમે પ્રયોગમાં નહોતી જોઈ? પરંતુ બધા આપાત કિરણો માટે પરાવર્તિત કિરણો મેળવવા સહેલા નથી. દરેક વખતે અભિલંબ મેળવવો પડે, આપાતકોણ માપવો પડે અને પછી બરાબર કોણ બનાવીને પરાવર્તિત કોણ દોરવો પડે. આ કામ મુશ્કેલ છે, તો શું આ કામ કરવાનો કોઈ સરળ રસ્તો છે?

હા, કેટલાક રસ્તા છે. અત્યાર સુધીની ચર્ચાને આધારે આપણે કેટલાંક કિરણો ઓળખી શકીએ છીએ જેની મદદથી આપણે Aનું સ્થાન મેળવી શકીએ.

પહેલું કિરણ : મુખ્ય અક્ષને સમાંતર આપાત કિરણ

આપણે જોયું કે અક્ષને સમાંતર આવનારા બધાં કિરણો પરાવર્તિત થઈને અરીસાના કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થાય છે. એટલે કે કિરણ રેખાચિત્રમાં સૌથી સરળ કિરણ એ દોરી શકાય કે જે વસ્તુમાંથી નીકળી અરીસાના મુખ્ય અક્ષને સમાંતર ગતિ કરે અને અરીસા ઉપરથી પરાવર્તિત થઈને કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થાય. વધુ સરળતા માટે આપણે વસ્તુની ટોચ ઉપરથી નીકળતું કિરણ જ આ માટે પસંદ કરીશું. ચિત્ર-1માં કિરણ R1 જુઓ.

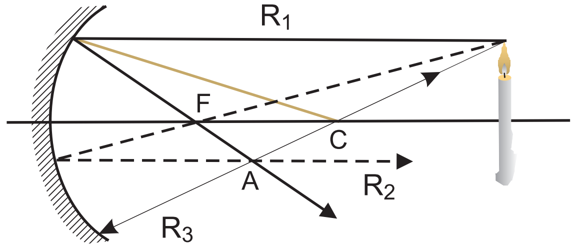


ચિત્ર-૧

બીજું કિરણ : કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થનાર આપાત કિરણ

આપણે એ પણ જાણીએ છીએ કે આનો ઉલ્ટો નિયમ પણ સાચો છે. એટલે કે વસ્તુમાંથી નીકળતું કિરણ કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થઈને પરાવર્તન પામીને મુખ્ય અક્ષને સમાંતર જશે.

આ મુજબ વસ્તુની ટોચ ઉપરથી નીકળેલું કિરણ કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થઈ અરીસા ઉપરથી પરાવર્તન પામીને મુખ્ય અક્ષને સમાંતર થઈ જશે. (નીચે ચિત્ર-2 તૂટક રેખાથી બનેલ કિરણ R2ને જુઓ.)



ચિત્ર-૨

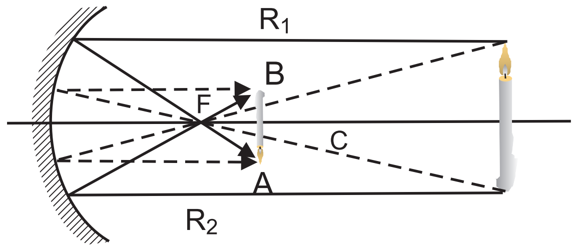
આ બે કિરણોની મદદથી આપણને ખબર પડે છે કે જ્યોતના છેડાનું પ્રતિબિંબ ક્યાં બનશે. આપણે જોવું એ પડશે કે આ બે કિરણો કયા બિંદુએ એકબીજાને છેદશે. આપણા ચિત્રમાં આ કિરણો બિંદુ A પર એકબીજાને છેદે છે.

ત્રીજું કિરણ : અરીસાના વક્રતા કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું કિરણ

આપણે જોયું હતું કે જે કિરણ અરીસા પર લંબવત પડે છે, તે પરાવર્તન બાદ એ જ રેખા પર પાછું ફરે છે. કોઈ વક્ર અરીસા માટે આવું કિરણ કયું હશે?

આપણે જાણીએ છીએ કે અરીસાના વક્રતા કેન્દ્રમાંથી પસાર થતી કોઈપણ રેખા અરીસાના જે બિંદુએ પડે છે તે એ બિંદુ પર દોરેલી સ્પર્શ રેખાને લંબવત હોય છે. એટલે કે જો આપણે વસ્તુના છેડા પરથી નીકળતું કોઈ કિરણ દોરીએ કે જે અરીસાના વક્રતા કેન્દ્ર પરથી પસાર થતું હોય તો તે એ જ રેખા પર પાછું ફરશે. ચિત્ર-2માં એને R3 તરીકે બતાવ્યું છે.

જો આપણે વસ્તુને ચિત્ર 3માં બતાવ્યું છે તે પ્રમાણે મુખ્ય અક્ષને સમક્ષિતિજ રાખીએ, તો આપણે ઉપર બતાવેલા નિયમો પ્રમાણે એ જ પ્રક્રિયા મીણબત્તીના આધારે પણ કરી શકીએ અને બિંદુ B જાણી શકીએ. આપણને ખબર પડે કે બિંદુ B અરીસાથી એટલા જ અંતરે છે જેટલા અંતરે બિંદુ A છે. એટલે પ્રતિબિંબ મુખ્ય અક્ષને સમક્ષિતિજ હશે.



ચિત્ર-૩

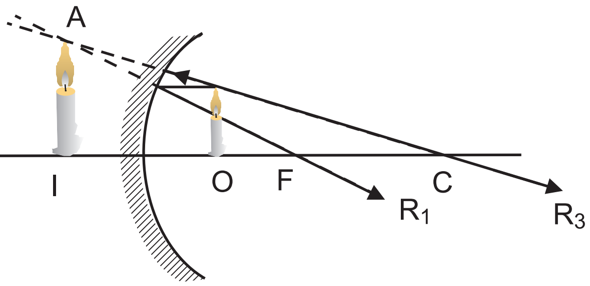
વાતને સહેલી બનાવવા માટે આપણે એવું નક્કી કરી શકીએ કે વસ્તુને હંમેશા અરીસાના મુખ્ય અક્ષ પર રાખીશું કેમકે અક્ષના કોઈ બિંદુ પરથી નીકળી, અક્ષ પર ચાલનારું કિરણ અક્ષના રસ્તે જ પાછું વળશે, એટલા માટે વસ્તુ આધારીત પ્રતિબિંબ અક્ષ પર જ બનશે. ઊભી રાખેલી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ ઊભું જ પડશે. એટલે આપણે તો ફક્ત એટલું જ કરવું પડશે કે બિંદુ Aથી મુખ્ય અક્ષ પર એક લંબ રેખા દોરીશું. જ્યાં આ રેખા મુખ્ય અક્ષને કાપશે એ બિંદુ પર મીણબત્તીનું પ્રતિબિંબ બનશે.

તો ચિત્ર-2માં બતાવેલા ઉદાહરણોમાં જ્યાં વસ્તુને વક્રતાકેન્દ્રથી દૂર રાખી છે, પ્રતિબિંબ ઉલ્ટું બનશે અને વસ્તુથી નાનું બનશે. શું આ તારણ તમારા અવલોકન સાથે મેળ ખાય છે? આ પ્રતિબિંબ અરીસાની બહાર પડદા ઉપર ઝીલી શકાય છે. આવા પ્રતિબિંબને **વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ** કહે છે.

જુદા જુદા સ્થળે વસ્તુઓ મૂકી કિરણ રેખાચિત્ર બનાવો અને જુઓ કે તે તમારા અવલોકનો સાથે મેળ ખાય છે?

પ્રયોગ દરમ્યાન તમને એવી કોઈ જગ્યા મળી કે જ્યાં વસ્તુ રાખવાથી પડદા પર પ્રતિબિંબ નથી બનતું?

નીચે ચિત્ર-4માં બતાવેલી સ્થિતિ પર વિચાર કરો. એમાં મીણબત્તી (O)ને અરીસાના કેન્દ્રબિંદુથી ઓછા અંતરે રાખી છે.



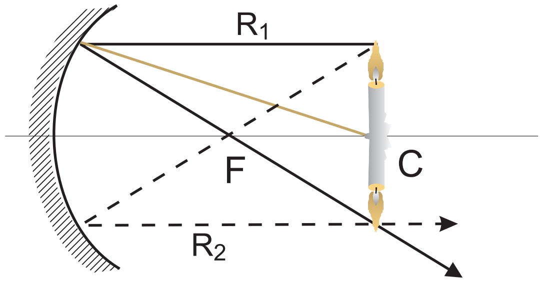
ચિત્ર-4

આ રેખાચિત્ર બનાવતી વખતે આપણે ઉપર જણાવેલ પહેલા અને ત્રીજા કિરણનો ઉપયોગ કર્યો છે. બીજું કિરણ (ઉપલા છેડેથી શરૂ થઈ કેન્દ્ર બિંદુથી પસાર થનારું કિરણ) તો અરીસા સાથે ટકરાતું જ નથી અને R3 બનાવવામાં અમે થોડું પરિવર્તન કર્યું છે. આ તે કિરણ છે જે જ્યોતના છેડેથી નીકળે છે અને અરીસા તરફ જાય છે. પણ જો આપણે એને પાછળ તરફ લંબાવીએ તો તે વક્રતા કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું લાગશે. આ કિરણ અરીસાની સપાટીને લંબવત આવશે અને ટકરાઈને એ જ રસ્તે પાછું વળશે. આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે આ બે પરાવર્તિત કિરણો એકબીજાથી દૂર થતા જાય છે અને મળતા નથી.

પ્રયોગ કરતી વખતે આપણે જોયું હતું કે આ વખતે એવું કોઈ સ્થાન નહોતું મળ્યું કે જ્યાં પડદા પર એક સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ મળતું હોય. આ રેખાચિત્ર બતાવે છે કે આ કિરણો એકબીજાથી દૂર જઈ રહ્યા છે. એટલે આપણે ક્યાંય પણ એક વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ નહીં શોધી શકીએ. પણ જો આપણે અરીસામાં જોઈએ તો આ સ્થિતિમાં પણ પ્રતિબિંબ તો દેખાય છે. શું આ પ્રતિબિંબની વ્યાખ્યા કિરણચિત્રની મદદથી કરી શકીએ છીએ? જરૂર કરી શકીએ. યાદ કરો, આપણે સમતલ અરીસામાં પ્રતિબિંબ મેળવવા શું કર્યું હતું? આપણે પરાવર્તિત કિરણોને પાછળ લંબાવ્યા હતા અને જોયું હતું કે ક્યાં મળે છે. પ્રતિબિંબની પણ એ જ સ્થિતિ હતી. અહીં પણ એવું જ કરીશું. જ્યારે આપણે અરીસામાં જોઈએ છીએ, એકબીજાથી દૂર જતા આ પરાવર્તિત કિરણો કોઈ એક બિંદુથી આવતા હોય એમ લાગે છે. કિરણોને પાછળ તરફ લંબાવીને આપણે આ બિંદુ જાણી શકીએ છીએ. જેવું ચિત્રમાં દેખાય છે એ પ્રમાણે, આ પ્રતિબિંબ સીધું અને મોટું છે. શું આ વાત તમારા અવલોકનો સાથે મેળ ખાય છે?

પરાવર્તિત કિરણોને પાછળ તરફ લંબાવીને જે પ્રતિબિંબ મળે છે તેને **આભાસી પ્રતિબિંબ** કહે છે. એને પડદા ઉપર ઝીલી શકાતું નથી.

જો વસ્તુને વક્રતા કેન્દ્ર પર રાખીએ, તો હજુ એક રસપ્રદ સ્થિતિ ઊભી થાય છે. તમારા પ્રાયોગિક અવલોકનોને સત્ય સાબિત કરવા માટે કિરણચિત્ર બનાવો.



ચિત્ર-5

આપણને પ્રતિબિંબ બરાબર એટલા જ અંતરે કેમ મળે છે જેટલા અંતરે વસ્તુ રાખેલી હોય છે? જો તમે મીણબત્તીને એક ટુકડા પર રાખો, તો જોશો કે પ્રતિબિંબ ટુકડા પર જ બન્યું છે. જો આપણે ટુકડો હટાવીને અરીસામાં જોઈએ તો પ્રતિબિંબ દેખાશે. જો આપણે ખાતરી કરવી હોય કે પ્રતિબિંબ બરાબર વસ્તુ જેટલા જ અંતરે છે તો આપણે પૈરેલેક્સ (વિસ્થાપનાભાસ) સમાપ્ત કરવાની વિધિનો ઉપયોગ કરવો પડશે. આ માટે એવું કરવું પડે કે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબને એકસાથે જુઓ. હવે આપણા માથાને આજુબાજુ ફેરવો ત્યાર પછી વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ એકબીજાની સાથે જ ચાલતા નજરે પડે, તો કહી શકાય કે પ્રતિબિંબ બરાબર વસ્તુની ઉપર જ છે. આવી સ્થિતિમાં કહી શકાય કે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબની વચ્ચે કોઈ સ્થાનભેદ નથી.

ઉપરોક્ત ચર્ચાથી તમને અંતર્ગોળ અરીસાની અવનવી લાક્ષણિકતાનો પરિચય થયો હશે. જો વસ્તુને અરીસાથી સાવ નજીક (ફોકસ અંતરથી ઓછા અંતરે) રાખવામાં આવે, તો અંતર્ગોળ અરીસો તેને આવર્ધિત કરે છે એટલેકે પ્રતિબિંબ વસ્તુ કરતા મોટું બને છે.

આ સ્થિતિમાં પ્રતિબિંબ સીધું પણ હોય છે. આ ઉપયોગ ઘણી જગ્યાએ કરવામાં આવે છે. એક ઉદાહરણ દાઢી બનાવતી વખતે વપરાતા અરીસાનું છે.

અંતર્ગોળ અરીસાનો એક ગુણ એ પણ છે કે તે કિરણોને કેન્દ્ર બિંદુ પર સંકેન્દ્રિત કરી શકે છે. આ ગુણનો ઉપયોગ પણ ઘણી જગ્યાએ થાય છે. તમારી આસપાસ જુઓ કે વક્ર અરીસા કયા કયાં લાગેલા છે. રોજબરોજના જીવનમાં પણ આપણે ઘણી ગોળાઈવાળી સપાટીઓ જોઈએ છીએ. આવી સપાટીઓ બહુ જ રોચક પ્રતિબિંબ બનાવે છે. પણ આવી બધી સપાટી અંતર્ગોળ નથી હોતી. વાસ્તવમાં, એમાંની ઘણી તો બહિર્ગોળ હોય છે. નીચે ચિત્ર જુઓ. હવે જોઈએ કે બહિર્ગોળ સપાટીઓ માટે કિરણ ચિત્ર કેવી રીતે બને છે.

બહિર્ગોળ અરીસો

બહિર્ગોળ અરીસા માટે કિરણચિત્ર બનાવવા માટે આપણે તે જ 'આસાન' કિરણોનો ઉપયોગ કરી શકીએ છીએ. બસ થોડો ફેરફાર કરવો પડશે. આ કિરણો માટે ત્રણ નિયમ છે. ચિત્ર બનાવવાની પ્રક્રિયા તો તે જ છે એટલે તેની વાત આપણે પાછી નહિ કરીએ.

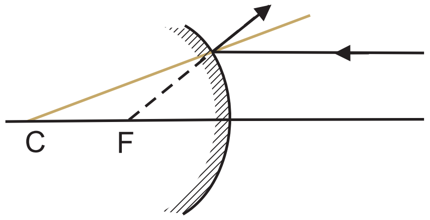
નિયમ-1 : મુખ્ય અક્ષને સમાંતર આવતું કિરણ બહિર્ગોળ અરીસા સાથે ટકરાય ને એવી રીતે વળે છે કે એવું લાગે કે તે અરીસાના કેન્દ્રબિંદુમાંથી આવી રહ્યું છે. (ચિત્ર-ક)

નિયમ-2 : આ નિયમ-1થી ઊલટો છે. કેન્દ્રબિંદુ તરફ જઈ રહેલ કિરણ પરાવર્તન પછી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર થઈ જાય છે. ચિત્ર-ખ

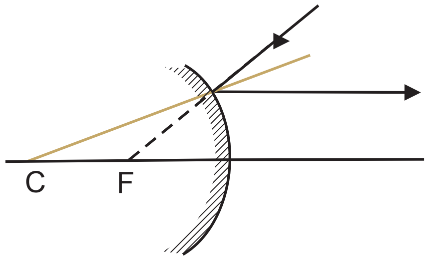
નિયમ-3 : આ બે નિયમોની મદદથી આપણે બધા ચિત્રો બનાવી શકીએ છીએ. એમ તો હજુ એક નિયમ બનાવી શકાય છે. આ નિયમ ચિત્ર-ગ માં દર્શાવ્યો છે. આ નિયમને શબ્દોમાં મુકવાનું કામ તમારી ઉપર છોડ્યું છે.

આ નિયમોનો ઉપયોગ કરી જુદા જુદા સ્થાનો પર વસ્તુ રાખીને કિરણ ચિત્ર બનાવી બતાવો કે પ્રતિબિંબ ક્યાં અને કેવું બનશે. તમારા તારણોનું સમર્થન પ્રયોગથી કરો.

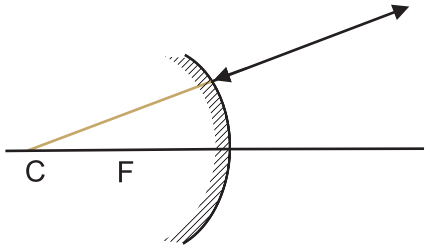
અત્યાર સુધી આપણે અરીસાઓથી પ્રતિબિંબ બનાવીને જોયા અને તેને સમજવા માટે પ્રકાશ કિરણોના મોડેલ પણ બનાવ્યા. આ મોડેલને થોડું ગાણિતીક રૂપ આપીએ તો આપણે એ પણ સમજી શકીએ કે પ્રતિબિંબ વસ્તુથી કેટલું નાનું કે મોટું બનશે. પરંતુ તેના માટે થોડી વ્યાખ્યાઓ અને સમીકરણોની જરૂર પડશે. તે પરિશિષ્ટ-1માં બતાવેલી છે.



ચિત્ર-ક



ચિત્ર-ખ



ચિત્ર-ગ

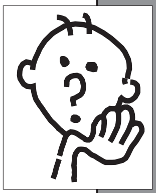
લોટા અને વાસણો રોચક વક્ર અરીસા તરીકે વર્તે છે

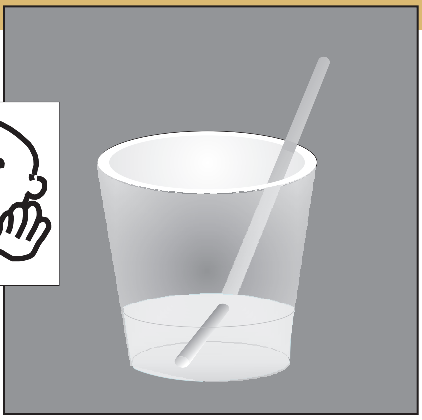
અરેબિયાના અલ ખિંદી (801-873) એ પ્રકાશના ક્ષેત્રમાં ખૂબ મહત્ત્વનું યોગદાન આપ્યું છે. એમણે કોઈ વસ્તુમાંથી નીકળતા પ્રકાશના કિરણના દરેક બિંદુનું વિશ્લેષણ કરવાનો વિચાર આપ્યો હતો. અલ હસને (965-1040) પહેલી વાર આ વિચારોને ટોલેમી અને યુક્લિડની ભૂમિતિ સાથે જોડ્યા હતા અને તે જ આજના કિરણ ચિત્રોનો આધાર છે. એમનો સિદ્ધાંત અધુરો હતો કેમકે એ સમયે કોઈને ખબર નહોતી કે જ્યારે પ્રકાશના કિરણો આંખમાં પ્રવેશ કરે છે, તો આંખ કેવી રીતે તેને વાળે છે. સંભવ છે કે અલ હસનને આંખની આંતરિક રચનાની ખબર હોત તો તે ઘણાં આગળ વધ્યા હોત. બદનસીબે ધાર્મિક નિયંત્રણોને કારણે તે આંખનું વિચ્છેદન કરી તેની રચના અંગે વધારે સમજી શક્યા નહીં. એમને જુની ખોટી જાણકારી પર જ આધાર રાખવો પડ્યો.

આપણને રોજ કેટલીય ચમકતી વક્ર સપાટી જોવા મળે છે. ઉદાહરણ તરીકે કારની બહારની સપાટી ખૂબ ચમકદાર હોય છે અને તેમાં બારીના કાચ પણ ગોળાઈ ધરાવતા હોય છે. કાર પર સડકના જે પ્રતિબિંબ બને છે તે ખૂબ જ રોચક અને ક્યારેક મજેદાર પણ હોય છે.

આ ચિત્રોને જોઈને તમે બતાવી શકો છો કે અરીસો અંતર્ગોળ છે કે બહિર્ગોળ અને બાળકો કેન્દ્ર બિંદુથી કેટલા દૂર ઊભા છે?

વક્રીભવન





એ તો તમે જોયું જ હશે કે પાણીમાં પડેલ ચમચી કે સ્ટ્રો ઉપરથી જોતા વળેલા દેખાય છે. આવું કેમ થાય છે?

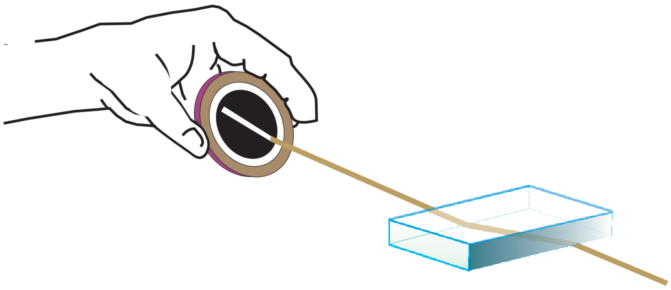
આ સવાલનો જવાબ મેળવવા માટે આપણે એ જોવું પડશે કે જ્યારે પ્રકાશ કિરણો કાચ કે પાણી જેવા પારદર્શી માધ્યમમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે શું થાય છે. એક પ્રયોગથી શરૂ કરીએ.

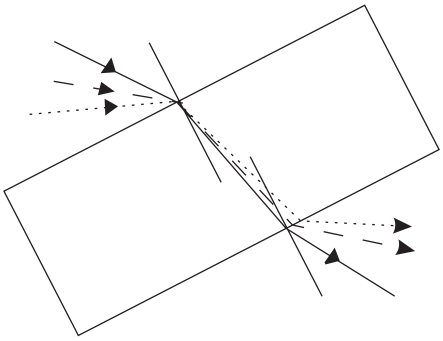
પ્રવૃત્તિ-15

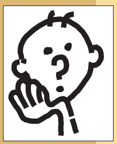
આના માટે તમને એક કાળો કાગળ, પ્રકાશના કિરણ બનાવવા માટે સમતલ અરીસો, કાચના લંબઘનની જરૂર પડશે. કાચનો લંબઘન ન મળે તો પ્લાસ્ટિક કે એક્રિલીકના પારદર્શી ડબ્બામાં પાણી ભરી તેમાં ડેટોલના બે-ત્રણ ટીપાં નાખી દૂધિયું બનાવો કે જેથી પ્રકાશના કિરણની દિશા સ્પષ્ટપણે જોઈ શકાય. જેને લંબઘન માની શકીએ છીએ. એમાં પ્લાસ્ટિકના ડબ્બાની દીવાલને નગણ્ય માની શકાય છે.

કાચના લંબઘનને ચિત્રમાં બતાવ્યા મુજબ અરીસાથી બનેલ પ્રકાશ કિરણના રસ્તામાં રાખો. આ પ્રકાશ કિરણ આપણું આપાત કિરણ છે. જ્યાં આ કિરણ કાચના લંબઘન સાથે ટકરાય છે, ત્યાં તમને શું દેખાય છે? એના પછી આ પ્રકાશ કિરણ કાચના લંબઘનમાંથી થઈને લંબઘનની બીજી સપાટી પર પહોંચે છે અને લંબઘનની બહાર નીકળે છે, ત્યારે શું થાય છે? આમ તો જ્યાં કિરણ લંબઘન સાથે ટકરાય છે ત્યાં થોડું પરાવર્તિત થાય છે અને તમને એક જરાક અમથુ પરાવર્તિત કિરણ દેખાશે. એવી જ રીતે જ્યાં પ્રકાશ કિરણ કાચની બીજી સપાટી સાથે ટકરાય છે ત્યાં પણ એક પરાવર્તિત કિરણ દેખાશે. પરંતુ આપણે એ કિરણ પર ધ્યાન આપવાનું છે કે જે કાચના લંબઘનની બીજી બાજુથી બહાર નીકળે છે. કાચના લંબઘન, આપાત કિરણ અને બહાર નીકળતું કિરણની સ્થિતિ રેખાઓથી બતાવો.

- આપણે જોયું કે કાચની સપાટી પરથી થોડું પરાવર્તન થાય છે. દરેક વસ્તુ પ્રકાશને પરાવર્તિત કરે છે. કોઈ વસ્તુ થોડું તો કોઈ વસ્તુ વધારે. કાચ મોટાભાગના પ્રકાશને આરપાર નીકળી જવા દે છે. થોડોક જ પ્રકાશ સપાટીથી પરાવર્તિત થાય છે.
- આપણે જોઈએ છીએ કે આપાત કિરણ અને લંબઘનમાંથી નીકળતું કિરણ સીધી રેખામાં નથી. એવું લાગે છે કે પ્રકાશનું કિરણ જ્યારે હવામાંથી કાચના માધ્યમમાં પ્રવેશે છે ત્યારે તે થોડું વળી જાય છે.

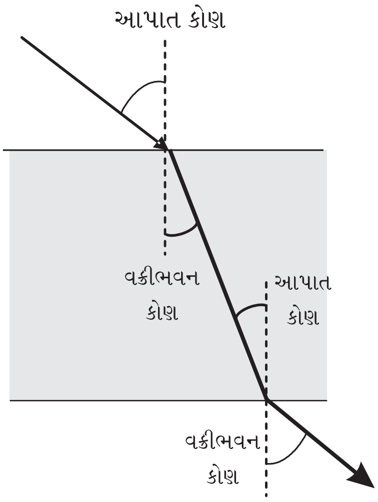






કોઈ મોટરસાઇકલના રીયરવ્યૂ અરીસાનું કેન્દ્રબિંદુ જાણવાનો પ્રયત્ન કરો. આ અરીસો અંતર્ગોળ છે કે બહિર્ગોળ? આવા અરીસાનો ઉપયોગ શા માટે કર્યો છે?

પ્રકાશનું કિરણ જ્યારે એક પ્રકાશિય પાતળા માધ્યમથી બીજા પ્રકાશિય ઘટ્ટ માધ્યમમાં પ્રવેશે છે ત્યારે લંબ તરફ વાંકું વળે છે. તેનાથી ઊલટું પ્રકાશિય ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી પ્રકાશિય પાતળા માધ્યમમાં પ્રવેશે ત્યારે લંબથી દૂર જાય છે. આ ઘટનાને પ્રકાશનું **વક્રીભવન** કહે છે.



બાજુમાં આપેલી આકૃતિ ઉપરથી તમે જોઈ શકો છો કે કાચના લંબઘન ઉપર આપાત થતું કિરણ લંબઘનમાં થોડું વક્રીભવન પામે છે. આ જ કિરણ જ્યારે લંબઘનની બીજી સપાટી ઉપર અથડાય છે ત્યારે તે આપાતકિરણ બને છે અને કાચમાંથી હવામાં બહાર નીકળે છે ત્યારે તે ફરી વક્રીભવન પામે છે. તમે આકૃતિમાં બંને સપાટી માટે આપાતકોણ અને વક્રીભવનકોણ જોઈ શકો છો.

બીજીવાર વક્રીભવન ત્યારે થાય છે જ્યારે કિરણ કાચના લંબઘનમાંથી બહાર હવામાં નીકળે છે. અહીં આપણે કાચના લંબઘનની અંદરના કિરણને આપાત કિરણ માની શકીએ છીએ. આપાતકોણ એ છે કે જે આ કિરણ કાચની સપાટીની અંદર આપાત બિંદુ પર ખેંચેલા અભિલંબ સાથે બનાવે છે. આ બીજા વક્રીભવનમાં વક્રીભૂત કિરણ તે છે કે જે કાચના લંબઘનમાંથી હવામાં નીકળે છે. આ મામલામાં વક્રીભવન કોણ એ કોણ છે જે આ વક્રીભૂત કિરણ કાચના લંબઘનને એ બિંદુ પર ખેંચેલા અભિલંબ સાથે બનાવે છે.

કોષ્ટક

ક્રમાંક	**પહેલી સપાટી** **હવા-કાચ**		**બીજી સપાટી** **કાચ-હવા**	
	આપાતકોણ	**વક્રીભવન કોણ**	**આપાતકોણ**	**વક્રીભવન કોણ**
1	30°			
2	40°			
3	50°			
4	60°			
5	70°			
6	20°			
7	10°			
8	0°			

આ પ્રયોગને અલગ અલગ આપાતકોણ લઈને કરો. તમે પહેલેથી કાગળ પર માપી માપીને આપાતકોણની રેખાઓ બનાવી લો અને પ્રકાશ કિરણને વારાફરતી એ રેખાઓ પર પાડો અને બીજી બાજુ દરેક આપાત કિરણ માટે નીકળનારા કિરણનું અવલોકન નોંધો એ વધારે સારું રહેશે. શરૂઆત એવા આપાત કિરણથી કરો (જેમ કે 30 ડિગ્રી) જેમાં બહાર નીકળનારું કિરણ (નિર્ગમન કિરણ) જોવું આસાન હોય. એના પછી આપાતકોણ વધારતા જાઓ અને નિર્ગમન કિરણ જોતા જાઓ. છેવટે નાના આપાતકોણ (20 ડિગ્રી, 10 ડિગ્રી, 0 ડિગ્રી વગેરે) અજમાવો. તમારા અવલોકનો ઉપર આપેલ અવલોકન કોષ્ટકમાં નોંધો.

તમે એ પણ જોઈ શકો કે શું પ્રકાશના કિરણનો માર્ગ ઉલટાવી પણ શકાય છે – એટલે કે કાચના લંબઘન અને કાગળને એવી રીતે રાખીએ કે આપાત કિરણ પહેલાવાળા નિર્ગમન કિરણ પર પડે તો શું હવે નિર્ગમન કિરણ આપાત કિરણની રેખા પર આવે છે?

શું વક્રીભવનનો કોણ હંમેશા આપાતકોણથી વધારે હતો? કયા ઉદાહરણમાં વધારે હતો અને કયામાં ઓછો હતો?

પ્રોજેક્ટ માટે વિચાર

આ પ્રયોગ હવા અને જુદા જુદા તરલ પદાર્થો સાથે કરો. જેમકે કેરોસિન, કોપરેલ, જુદા જુદા ખાદ્ય તેલ, મીઠાનું દ્રાવણ, ખાંડનું દ્રાવણ, કોપર સલ્ફેટનું દ્રાવણ વગેરે. તમારી રીતનું વર્ણન લખો અને પરિણામ કોષ્ટકમાં લખો.

કાચ હવાની સરખામણીએ પ્રકાશ માટે વધારે ઘટ્ટ માધ્યમ છે. જ્યારે પ્રકાશ હવામાંથી કાચમાં પ્રવેશ કરે છે ત્યારે તે પ્રકાશીય પાતળા માધ્યમમાંથી પ્રકાશીય વધારે ઘટ્ટ માધ્યમમાં જાય છે.
તમારા અવલોકનોને આધારે તમે એક માધ્યમથી બીજા માધ્યમ (પાતળાથી ઘટ્ટ અને ઘટ્ટથી પાતળા)માં વક્રીભવન અંગે શું કહી શકો છો?
આ પ્રયોગ ખૂબ સુધારેલા સાધનોથી કરીને જોયું કે :

1. જ્યારે પ્રકાશ ઘટ્ટ માધ્યમમાં પ્રવેશ કરે છે ત્યારે તે અભિલંબ તરફ વળે છે.
2. જ્યારે પ્રકાશ પાતળા માધ્યમમાં પ્રવેશે છે ત્યારે તે અભિલંબથી દૂર જાય છે.

તમારા પરિણામોને આધારે હવે તમારે આપાતકોણ અને વક્રીભૂત કોણ વચ્ચેનો સંબંધ શોધી બતાવવાનો છે. એના માટે બધા ખૂણા ખૂબ જ સાવધાનીથી માપવાની જરૂર પડશે. અલગ અલગ પદાર્થની જોડ સાથે પ્રયોગ કર્યા છે. (જેમકે કાચ અને હવા, હવા અને પાણી) અને જોયું છે કે દરેક જોડ માટે આપાતકોણ અને વક્રીભવનકોણ વચ્ચે ચોક્કસ સંબંધ હોય છે. યુનાની દાર્શનિક ટોલેમીએ પોતાના અવલોકનોને આધારે ઈ.સ. 100-150માં આ પ્રકારના સંબંધો દર્શાવ્યા હતા. એમણે જોયું હતું કે આપાતકોણ વધવાની સાથે વક્રીભવન કોણ વધે છે તે વાત સાચી પણ આ વધારો એકરૂપ નથી હોતો. હવા અને પાણીની સંપર્ક સપાટી પર કરેલા પ્રયોગોના પરિણામ આપ્યા છે. તમે પ્રયોગ કરીને જે માપદંડ શોધ્યા છે તેની તુલના આ માપદંડો સાથે કરો.

આપાતકોણ	વક્રીભવન કોણ
10	8°
20	15°30'
30	22°30'
40	29°
50	35°
60	40°30'
70	45°30'
80	50°

ટોલેમીના પરિણામ એક હદ સુધી જ સાચા છે કેમકે તે કોણના માપન એકદમ સાચા નહોતા કરી શક્યા. હકીકતમાં 1621માં ડચ ગણિતશાસ્ત્રી ડબલ્યુ સ્નેલે આપાતકોણ અને વક્રીભવન કોણના સંબંધ માટેનું સૂત્ર આપેલું. સ્નેલે બતાવ્યું હતું કે આપાતકોણ અને વક્રીભવન કોણના સાઈન (જ્યા)નો ગુણોત્તર માધ્યમોની કોઈ જોડ માટે અચળ રહે છે. આગળ જતા એ સ્પષ્ટ થયું કે આ અચળાંક બે માધ્યમોમાં પ્રકાશના વેગોનો ગુણોત્તર છે. આ અચળાંકને વક્રીભવનાંક કહે છે અને તેને μ થી દર્શાવવામાં આવે છે.

સૂત્ર નીચે પ્રમાણે છે.

$$\mu = \sin \theta_i / \sin \theta r$$

એમાં θi આપાતકોણ અને θr વક્રીભવન કોણ છે.

વક્રીભવનાંક જાણવા માટે એક સાધન. ખૂણાઓને ચોકસાઈથી માપવા માટે તેમાં વર્નિયર માપપટ્ટીની વ્યવસ્થા કરવામાં આવી છે.

તમારા અવલોકનોને આધારે હવા અને કાચ વચ્ચે વક્રીભવનાંક ગણવાનો પ્રયત્ન કરો.
પ્રવૃત્તિ-15માં આપણે કાચમાંથી નીકળતું વક્રીભુત કિરણ જોઈ શક્યા હતા. એને જોઈને આપણે એવું તારણ કાઢ્યું હતું કે પ્રકાશનું કિરણ કાચમાં પ્રવેશતી વખતે અને કાચમાંથી ફરી હવામાં જતી વખતે વળે છે. પણ આપણે એ નહોતા જોઈ શક્યા કે કાચની અંદર કિરણનું શું થાય છે. ચાલો જોઈએ કે પ્રકાશના પથને જોવા યોગ્ય બનાવી શકાય છે? એના માટે આપણે કાચની જગ્યાએ પાણીનો ઉપયોગ કરીને વક્રીભૂત કિરણને જોવાનો પ્રયત્ન કરીશું.

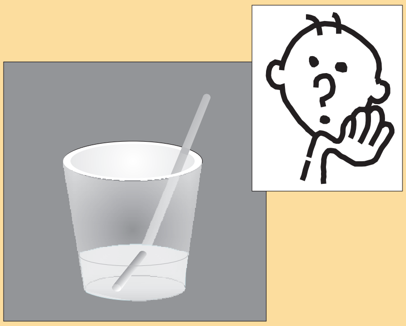
પ્રવૃત્તિ-16

આના માટે તમારે એક પારદર્શી એક્રીલીક કે કાચનું બોક્ષ, પાણી, દૂધના કે ડેટોલના થોડા ટીપાં અને લેસર પોઇન્ટરની જરૂર પડશે.

પારદર્શી ખોખામાં પાણી ભરો અને એ પાણીમાં 4-5 ટીપાં દૂધ કે ડેટોલના નાખો. એનાથી પાણી દૂધિયુ થઈ જશે અને એમાં પ્રકાશનું કિરણ (લેસર પૂંજ) જોઈ શકાશે. હવે આ ખોખાની એક સપાટી પર કોઈ ખૂણો બનાવી પ્રકાશનું એક કિરણ પાડો. શું આ કિરણ પાણીમાં પ્રવેશ કરતી વખતે પોતાના રસ્તેથી થોડું વળે છે?

શું પ્રકાશનું કિરણ પાણીમાંથી બહાર નીકળીને હવામાં પ્રવેશ કરે ત્યારે પણ વળે છે?

અહીં આપણે એમ કહીશું કે પ્રકાશ એક માધ્યમ (હવા)માંથી બીજા માધ્યમ (પાણી)માં જાય છે. એક માધ્યમમાંથી બીજા માધ્યમમાં જતી વખતે પ્રકાશના કિરણનું આ રીતે વાંકા વળવું, તેને પ્રકાશનું વક્રીભવન કહે છે.



આપણને ખબર છે કે જ્યારે માધ્યમ બદલાય ત્યારે પ્રકાશનું વક્રીભવન થાય છે. તો આપણે શરૂઆતના સવાલ પર વિચાર કરી શકીએ – પાણીમાં ઊભેલી ચમચી કેમ વળેલી દેખાય છે? માત્ર એ વાત પર ધ્યાન આપો કે પાણી અને હવાની સપાટીએ માધ્યમ બદલાય છે તમે જે નિયમ શીખ્યા છો તેને લાગુ કરીને જુઓ કે ઉપર બનેલું રેખાચિત્ર સાચું છે. ઇચ્છો તો પ્રયોગ કરી તપાસી શકો છો. તમારા જવાબનું કારણ પણ આપવું પડશે.

વક્રીભવનના નિયમ

1. આપાતકોણ અને વક્રીભવનકોણની જ્યા (સાઇન)નો ગુણોત્તર માધ્યમોની કોઈપણ જોડ માટે અચળ હોય છે. (સ્નેલનો નિયમ)
2. આપાતબિંદુ ઉપર આપાતકિરણ અને વક્રીભુત કિરણ અભિલંબની સામસામેની બાજુએ હોય છે.
3. આપાત કિરણ, અભિલંબ અને વક્રીભુત કિરણ એક જ સમતલમાં હોય છે.

તમે ભુરા રંગનું પક્ષી જોયું છે જે ઘણીવાર જળાશયની નજીક ઝાડ પર કે તાર ઉપર બેઠેલું હોય છે. હવે ક્યારેક જાવ તો તેને જરૂર શોધજો. એનું નામ કિંગફિશર કે કલકલિયો છે. એનું મુખ્ય ભોજન નાની નાની માછલીઓ છે. માછલી પકડવા માટે તે થોડી ઊંચાઈએથી પાણીમાં ખૂબ જ ઝડપથી ડૂબકી લગાવે છે. તે કોઈ ડાળીએ બેસી પાણીને જોઈ રહેતું હોય છે. જેવી તેને કોઈ માછલી નજરે પડે કે તરત જ ઊડે છે અને પાણીમાં ડૂબકી મારીને ચાંચમાં માછલી પકડી બહાર નીકળે છે. એના માટે એ ખૂબ જ જરૂરી હોય છે કે એકદમ ચોક્કસ નિશાન લગાવે અને સાચા સમયે ડૂબકી મારે. સેકન્ડના થોડા ભાગની ચૂક પણ તેને શિકારથી વંચિત કરી શકે છે. સવાલ એ છે કે કિંગફિશર માછલી પર સાચું નિશાન કઈ રીતે લગાવે છે? આ સવાલના જવાબ માટે તમારે તેની ડુબકી મારવાની ટેકનિક પર ધ્યાન આપવું પડશે. આ વાતમાં પ્રકાશના કયા નિયમનો ઉપયોગ થયો હશે?

કિરણ પૂંજનું વળવું અથવા મૃગજળ કેવી રીતે બને છે?

ઉનાળાના બળબળતા બપોરે કોઈ સડક પર ચાલતા ચાલતા આગળ પાણી હોવાનો ભ્રમ તમને ક્યારેક થયો હશે. તમને આશ્ચર્ય થયું હશે કે આટલી ગરમીમાં સડક પર પાણી ક્યાંથી આવ્યું? તમારા ધ્યાનમાં એ પણ આવ્યું હશે કે ત્યાં પહોંચ્યા પછી ત્યાં પાણી-બાણી કાંઈ નથી હોતું.

આવું એટલા માટે કે ખરેખર ત્યાં પાણી હોતું જ નથી. તે પાણી એક દૃષ્ટિભ્રમ હતો. આને મૃગજળ (મરીચિકા) કહે છે.

તો મૃગજળ કેમ દેખાય છે? એ સમજવા માટે, પહેલા મૃગજળ વિષે થોડા તથ્યો લખી લઈએ.

1. મૃગજળ ગરમીના દિવસોમાં દેખાય છે, ઠંડા દિવસોમાં નહીં.

2. મૃગજળ સપાટ સપાટી પર દેખાય છે - સામાન્ય રીતે ડામરની સડકો પર, ખુલ્લી ચટ્ટાનો પર કે રેતી પર. મૃગજળ પાણી કે લીલીછમ જગ્યાએ નથી દેખાતા.

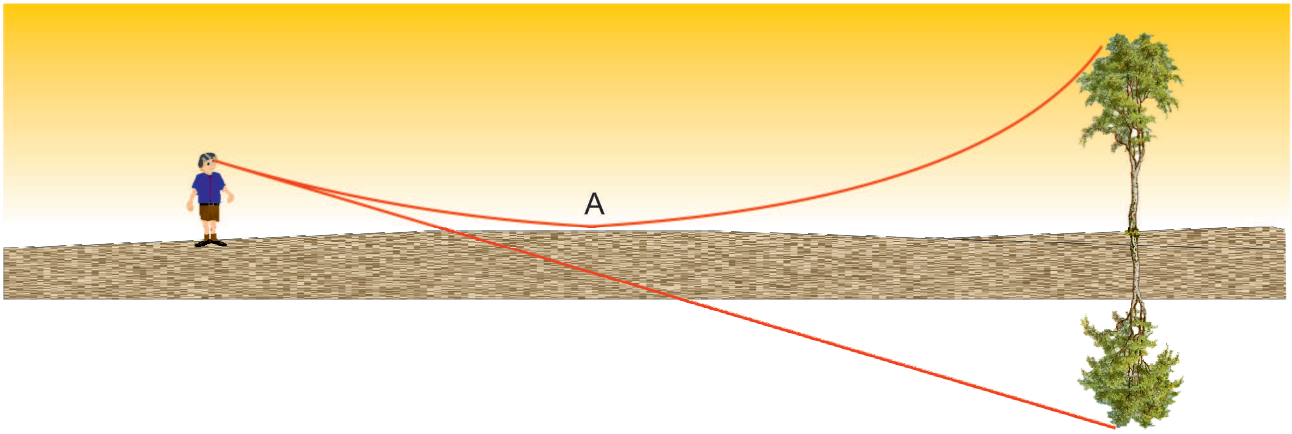
આ વાતોને ધ્યાનમાં રાખીએ તો લાગે છે કે મૃગજળનો સંબંધ ગરમ સપાટી સાથે છે.

ચાલો, હજુ એક અવલોકન કરીએ. ગેસ કે સ્ટવ સળગાવો અને જ્યોતની પાછળની અને ઉપરની વસ્તુઓ જોવાનો પ્રયત્ન કરો. તમે જોશો કે આ વસ્તુઓ લહેરાતી હોય તેવી દેખાય છે. આવું કેમ થાય છે?

જ્યોતની આસપાસની હવા ગરમ થઈ જાય છે અને ગરમ હવા હલકી હોવાને કારણે ઉપર તરફ જાય છે. આ હવા ઓછી ઘટ્ટ (પાતળી) હોય છે અને એનો વક્રીભવનાંક આસપાસની હવા કરતા ઓછો હોય છે. જ્યારે આપણે આ ગતિમાન હવામાંથી વસ્તુને જોઈએ છીએ ત્યારે તે આપણને વાંકી-ચૂંકી અને હાલતી-ડોલતી દેખાય છે. એક કારણ એ પણ છે કે જ્યોતને કારણે એના ઉપરની હવાનું ઘનત્વ સતત બદલાતું રહે છે. આ કારણે પ્રકાશનું અનિયમિત વક્રીભવન થાય છે.

શું મૃગજળની વાતમાં પણ આવું જ કંઈ થાય છે? જ્યારે ડામરની સડક કે ચટ્ટાન ગરમ થઈ જાય છે તો તેના સીધા સંપર્કમાં આવતી હવા પણ ગરમ થઈ જાય છે. પણ એની ઉપરની હવા એટલી ગરમ નથી હોતી. એટલે કે સડકથી વધતા અંતરને કારણે હવાનું ઘનત્વ બદલાતું જાય છે. બીજા શબ્દોમાં, સડકની સપાટીથી લઈને થોડી ઊંચાઈ સુધી ઘનત્વ ક્રમશઃ વધારે થતું જાય છે.

એક પ્રયોગ કરીને આપણે જોઈ શકીએ કે ક્રમિક રૂપથી બદલતા ઘનત્વવાળા માધ્યમમાં પ્રકાશનું વક્રીભવન કેવી રીતે થાય છે. એનાથી આપણને સમજાશે કે મૃગજળ કેવી રીતે બને છે.



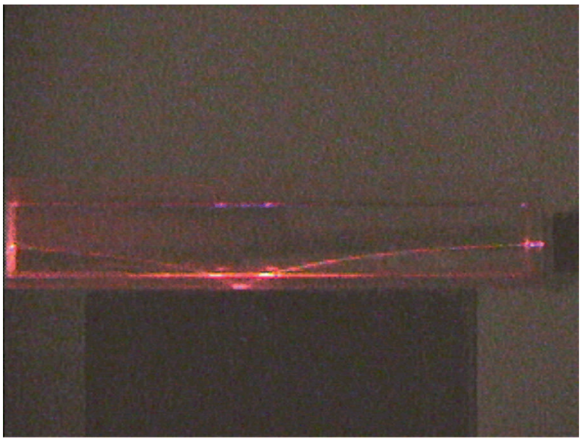
પ્રવૃત્તિ-17

આ પ્રયોગ એક નાની ફિશ ટેંકમાં સારી રીતે થાય. આમ તો જોકે 250 મિલીના જારમાં પણ થઈ શકે, પણ વાસણ મોટું હોય તો પરિણામ સારા મળે છે. ફિશ ટેંકમાં પાણી ભરો. એમાં એક-બે ટીપા દૂધ નાખી દો. આ દ્રાવણમાં લેસર પૂંજ ચમકાવો. પાણીમાં આ પૂંજ ચોખ્ખો દેખાવો જોઈએ. જો આ પૂંજ ચોખ્ખો ન દેખાતો હોય તો દૂધની માત્રા વધી ગઈ છે. એને બરાબર કરી લો. હવે આ દૂધિયા પાણીને એક વાસણમાં કાઢી લો.

ફિશ ટેંકમાં 10-15 ચમચી ખાંડ નાખો જેથી તળિયામાં ખાંડનું એક પડ બની જાય. ખાંડનું પ્રમાણ વાસણના આકાર મુજબ નક્કી કરવું પડશે.

હવે ખૂબ સાવધાનીથી ધીરે ધીરે દૂધિયા પાણીને ફિશ ટેંકમાં નાખો. પાણી એવી રીતે નાખો કે જેથી ખાંડનું પડ ન બગડે. એને એમ જ રહેવા દો. હલાવીને ખાંડને ઓગાળવાની કોશિશ ન કરતા.

એવી જ રીતે હલાવ્યા વગર એક-બે દિવસ રાખી મૂકો જેથી ખાંડની ક્રમશઃ ઘટતી સાંદ્રતાનું પડ બને. હવે લેસર પૂંજને બાજુ પરથી નાખો. પૂંજને થોડું નમાવીને નાખવું પડશે. અમે જોયું છે કે ટેંકની દીવાલથી 70-80 ડિગ્રીના ખૂણેથી પૂંજ નાખવાથી પરિણામ સારું આવે છે. તમારે પણ યોગ્ય કોણ નક્કી કરવા માટે પ્રયત્ન કરવો પડશે.



લેસર પૂંજના પથનું વિવરણ આપો. શું તમે કહી શકો છો કે પ્રકાશ આવી રીતે કેમ વળતો હશે?

સંકેત-દ્રાવણનો વક્રીભવનાંક ખાંડની સાંદ્રતા મુજબ બદલાય છે.

ગરમ સડક ઉપર પણ હવાનું ઘનત્વ આવી જ રીતે ક્રમિક રૂપે બદલાય છે. ફેર માત્ર એટલો જ છે કે ખાંડના દ્રાવણની સાંદ્રતા ઊંચાઈ સાથે ઓછી થતી જાય છે. જ્યારે હવાનું ઘનત્વ સડકથી ઉપર જતા વધતું જાય છે. આગળની આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે કે આવી રીતે ઘનત્વના ફેરફારને કારણે કોઈ ઊંચી વસ્તુ પરથી આવતા પ્રકાશ કિરણો પર શું પ્રભાવ પડે છે. આનાથી એ તો ખબર પડે છે કે ઝાડ પરથી આવનાર કિરણ બિંદુ A સુધી પહોંચતા વળે છે કેમ. હજુ પણ એ પ્રશ્નનો જવાબ તો બાકી જ રહે છે કે આપણને એવું પ્રતિબિંબ કેમ દેખાય છે કે જાણે પાણીના પરાવર્તનને કારણે બન્યું હોય. એનો જવાબ મેળવવા માટે વિષયને થોડો બદલીને એક બીજી વાતનો અભ્યાસ કરવો પડશે.

પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન

પ્રવૃત્તિ-18

સપાટ દિવાલવાળી એક શીશી લો. (ઉપરનું ચિત્ર જુઓ) એમાં લગભગ અડધું પાણી ભરો અને તેમાં એક-બે ટીપા દૂધ નાખી બરાબર હલાવી લો. એક બાજુથી લેસર પૂંજ ચમકાવો. જો પૂંજ ધારદાર ન દેખાય તો દૂધિયા પાણીને થોડું પાતળું કરી લો. તમને પાણીમાં એક વક્રીભૂત કિરણ દેખાશે. ધીરે ધીરે આપાતકોણ વધારો, તમે જોશો કે વક્રીભુત કિરણનો કોણ પણ બદલાય છે. આપાતકોણ વધારતા જાઓ જેથી વક્રીભવનકોણ પણ વધતો જાય. આ વક્રીભુત કિરણ પાણીની સપાટી સાથે ટકરાશે. ત્યાં તેને આપાત કિરણ માની શકાય છે. આ રીતે પાણી અને હવાની સપાટી પર આપાતકિરણનો કોણ પણ વધતો જશે. તમારા અવલોકનો નોંધો અને તેને વ્યાખ્યાયિત કરવાનો પ્રયત્ન કરો.

આ પ્રયોગ સારી રીતે જોવા માટે http://www.arvindguptatoys.com/films.html ઉપર જઈને Toysમાં પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન (total internal reflection) જુઓ અથવા યુ-ટ્યુબ પર http://www.youtube.com/watch?v=axwDKA9prgl

એક સૈદ્ધાંતિક ભવિષ્યવાણી

સ્નેલના નિયમ પ્રમાણે આપાતકોણ અને વક્રીભવનના કોણોની જ્યાનો અનુપાત સ્થિર રહે છે અને તેને વક્રીભવનાંક કહે છે. હવા-પાણીની સપાટી માટે તેનો આંક 1.33 છે. પાણી-હવા માટેનો આંક 1/1.33 હોય છે.

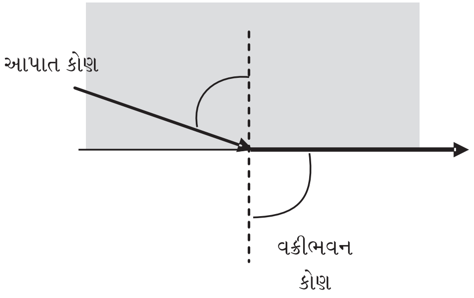
આપણે જોઈએ છીએ કે કાચ-હવા અને પાણી-હવાની સંપર્ક સપાટી માટે વક્રીભવન કોણ આપાતકોણથી વધારે હોય છે અને જ્યારે આપણે આપાતકોણ વધારીએ છીએ ત્યારે વક્રીભવન કોણ પણ વધે છે. જો આપણે આપાતકોણ વધારતા જઈએ, તો શું એવી સ્થિતિ આવશે કે વક્રીભવન કોણ 90 ડિગ્રી થઈ જાય?

જો $\mu = 1.33$ છે (હવા-પાણીની સંપર્ક સપાટી માટે) તો આપણે ગણતરી કરી શકીએ છીએ કે આ સ્થિતિ આપાતકોણ 49 ડિગ્રી એ આવશે. (બોક્સ જુઓ)

આનો મતલબ એ છે કે જો આપાતકોણ 49 ડિગ્રી હોય, તો વક્રીભૂત કિરણ અભિલંબ સાથે 90 ડિગ્રીનો કોણ બનાવશે. એટલે કે આ કિરણ બીજા માધ્યમમાં પ્રવેશ જ નહીં કરે પણ બે માધ્યમોને છૂટી પાડતી સપાટીને સમાંતર બને છે અને વક્રીભવનકોણ 90°નો બને છે.

આપાતકોણના જે મુલ્ય માટે વક્રીભવનકોણ 90°નો બને છે તેને તે ઘટ્ટ માધ્યમની સાપેક્ષે તે પાતળા માધ્યમ માટેનો **ક્રાંતિકોણ** (critical angle) કહે છે.

હવે જો આપાતકોણનું મૂલ્ય ક્રાંતિકોણ કરતાં સહેજ વધારવામાં આવે (અહીં 49° કરતાં વધુ) તો આપાતકિરણનું ઘટ્ટ માધ્યમમાં સંપૂર્ણપણે પરિવર્તન થાય છે. આ ઘટનાને પ્રકાશનું **પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન** (Total internal reflection) કહે છે. આવા આપાતકિરણ માટે પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થતું હોવાથી બંને માધ્યમને છૂટી પાડતી સપાટી એક આદર્શ અરીસાની જેમ વર્તે છે.



હવા-પાણીની સંપર્ક સપાટી માટ $\mu = 1.33$

તો પાણી-હવાની સંપર્ક સપાટી માટે

$\mu = 1/\mu_{(\text{પાણી-હવાનું})} = 1/1.33$

હવા-પાણી $\mu = \sin(\theta_i)/\sin(\theta_r)$

$1/1.33 = \sin(\theta_i)/\sin(\theta_r)$

$1/1.33 = \sin(\theta_i)/\sin(90^{0})$

પણ $\sin 90^{0} = 1$ થાય.

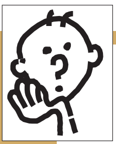
એટલા માટે $1/1.33 = \sin(\theta_i)/1$

$\Rightarrow \theta_i = \sin^{-1}(1/1.33)$

$= \sin^{-1}(0.7518)$

$\sin(49^{0}) = 0.7518$ થાય.

એટલા માટે $\theta_i = 49^{0}$



હવા-કાચની સંપર્ક સપાટીનો સાપેક્ષ વક્રીભવનાંક 1.477 છે. ગણતરી કરો કે કાચ-હવાની સપાટી પર ક્યારે પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થશે.

શું જ્યારે પ્રકાશ હવામાંથી કાચમાં પ્રવેશ કરશે (એટલે કે પાતળા માધ્યમમાંથી ઘટ્ટ માધ્યમમાં પ્રવેશ કરશે) ત્યારે પણ પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થશે? કેમ અથવા કેમ નહીં?

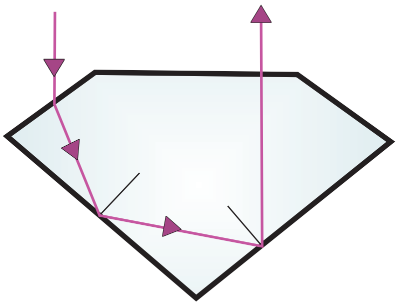
મૃગજળ (વાત આગળ વધારીએ):

પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન અંગે જાણકારી લીધા પછી મૃગજળની વાત પર ફરીવાર ધ્યાન આપીએ.

પાના નં. 43 પર મૃગજળનું ચિત્ર ફરીવાર ધ્યાન આપો. જો હવામાં તેના ઘનત્વની શ્રેણી (ગ્રેડિએંટ) હોય તો કોઈ ઊંચી વસ્તુપરથી નીકળતા કિરણો ક્રમશઃ વળતા જાય છે. વળતા વળતા તે એક એવા કોણથી વળે છે કે પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થવા માંડે છે. એના કારણે આપણને એવો ભાસ થાય છે કે પાણીની સપાટીથી પરાવર્તન થઈ રહ્યું છે અને તેથી વસ્તુનું આભાસી અને ઊલટું પ્રતિબિંબ દેખાય છે.

લૂમિંગ (ક્ષિતિજની ઉપર દેખાતું મૃગજળ) આ એવી જાતનું મૃગજળ છે કે જેમાં દૂરની વસ્તુનું આભાસી અને ચત્તું પ્રતિબિંબ વાતાવરણમાં અધવચ્ચે લટકતું હોય તેમ દેખાય છે.

હીરાની ચમક પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તનને કારણે જ થાય છે. ઘસેલ ન હોય તેવા હીરા ચમકતા નથી. ઘસવાનો કોણ ખૂબ મહત્ત્વપૂર્ણ હોય છે. કેમકે એનાથી જ ક્રાંતિકોણ બને છે, જે પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન શક્ય બનાવે છે.



હિરાનો વક્રીભવનાંક 2.4 હોય છે અને ક્રાંતિ કોણ 25 ડિગ્રી હોય છે.

પ્રવૃત્તિ-19

આ પ્રવૃત્તિ માટે તમને કાચનું એક લાંબુ નળાકાર વાસણ, પાણી અને એક લેસરની જરૂર પડશે.

કાચનું એક લાંબુ નળાકાર પાત્ર લો (500 મિલી કે 1 લિટરનો નળાકાર). તેમાં પાણી ભરો. એક લેસર પૂંજ તેના પર નાખો. (ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે) તમે જોશો કે લેસર પૂંજ નળાકારની સપાટીએથી સરકતું ચોંટીને નીચે જાય છે. આવું કેમ થાય છે?

આ પ્રયોગને જુદા જુદા કદના બિકર અને ગ્લાસ લઈને ફરી કરો. આ જ પ્રયોગ એક્રેલિકના સળિયા સાથે પણ કરો. તમે જોશો કે જો તમે સળિયાને નમાવશો તો લેસર કિરણ પણ સાથે સાથે નમશે. આ નમવાને એક બીજા પ્રયોગની મદદથી પણ સમજી શકાય છે.

પાણી અને પ્રકાશનો ફુવારો

તમને પ્લાસ્ટિકની ખાલી બોટલ, લેસર પોઇન્ટર, પાણીની જરૂર પડશે.

આ પ્રયોગ એક અંધારા ઓરડામાં કરો. એ પણ ધ્યાન રાખશો કે પાણી આમતેમ ઊડશે. આ પ્રયોગ કોઈ બેસિન કે બાથરૂમમાં કરવો વધારે સારું થશે.

બોટલનું તળિયું કાપીને અલગ કરી હવે તેના ઢાંકણામાં એક નાનું કાણું (1-2 મિમી વ્યાસ) કરી દો. ધ્યાન રાખજો કે કાણું એકદમ ગોળ થાય નહીં તો પાણી સરખી રીતે નહીં નીકળે. આ કાણાને એક ટેપથી બંધ કરી દો. બોટલને ઊંધી કરી પાણી ભરો.

સામેના પાના 47 પર આપેલ ચિત્ર મુજબ લેસર પૂંજને પાણીમાં ચમકાવો. બોટલને કોઈ સિંક કે બાલટીની ઉપર પકડી રાખો. ટેપ કાઢી નાખો અને પાણી વહેવા દો. તમે જોશો કે પ્રકાશનો પૂંજ પાણીની ધારને અનુસરે છે...

"આ પ્રયોગનું એક સરસ પ્રદર્શન http://www.arvindguptatoys.com/films.html પર જોઈ શકાય છે. એમાં Toys from Trashવાળો ખંડ જુઓ અને ફાઈબર ઓપ્ટિકલ (fiber optical)ની તપાસ કરો. એના સિવાય યુ-ટ્યુબ પર પણ જોઈ શકાય-http:/www.youtube.com/watch?v=a65hsrx3cbA

થોડું બદલીને : જો તમારી પાસે સારી લેસર પૂંજ ન હોય, તો આ જ પ્રયોગને ટોર્ચની મદદથી પણ કરી શકો છો. એક નાની અપારદર્શી પ્લાસ્ટિક બોટલ લો. ધાતુનો ડબ્બો પણ ચાલશે. એના માટે એક કાણાવાળું ઢાંકણું બનાવો. જેમાં ટોર્ચ સારી રીતે ફીટ થઈ જાય. બોટલની દીવાલ પર બે છેદ કરો. એક ઉપર અને એક નીચે. બે છેદ એટલા માટે કે એક છેદમાંથી જ્યાં સુધી હવા નહીં જાય ત્યાં સુધી બીજા છેદમાંથી પાણી નહીં નીકળે. એ ધ્યાન રાખવું પડશે કે કાણાંની કિનારીઓ એકદમ લીસી હોય જેથી પાણીની સરસ ધાર બની શકે. નીચેના કાણાંને ટેપથી બંધ કરી દો અને બોટલમાં પાણી ભરો. ઢાંકણું લગાવીને ટોર્ચ ફીટ કરી લો. ઓરડામાં અંધારું કરી ટોર્ચ ચાલુ કરી દો. બોટલને સિંક કે બાલટી પર પકડો અને નીચેવાળા કાણાં પર લાગેલી ટેપ દુર કરી દો જેથી પાણી વહેવા લાગે. જો તમને પ્રકાશની ધાર જોવામાં મુશ્કેલી પડતી હોય તો બોટલને થોડી નીચી કરો કે જેથી પાણીની ધાર નાની થશે અને પછી ધીરે ધીરે ઉપર કરતા જાવ. અથવા પાણીની ધાર પર તમારી હથેળી લઈ જાવ અને ધીરે ધીરે હથેળી નીચે લઈ જાવ. પ્રકાશનું બિંદુ તમારી હથેળી પર દેખાશે.

આ પ્રયોગનો કોઈ ઉપયોગ તમે વિચારી શકો છો?

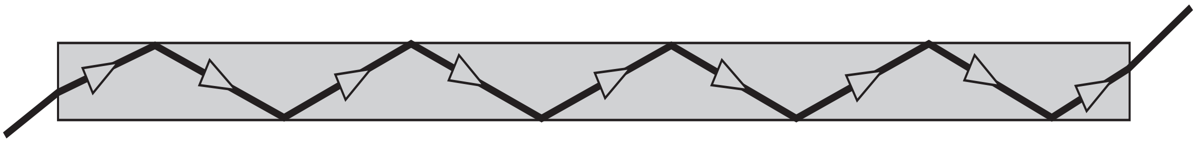
પ્રકાશીય તંતુ (Optical Fibres)

પ્રકાશીય તંતુ એવા પદાર્થમાંથી બનાવવામાં આવે છે કે જેનો વક્રીભવનાંક એવો હોય કે ખૂબ જ ઓછા આપાતકોણ માટે પણ તેમાં પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થાય છે. તંતુને વાળ્યા પછી પણ આપાતકોણ ક્રાંતિ કોણથી વધારે રહે છે. જ્યારે એક લેસર પૂંજને તંતુમાંથી પ્રવેશ કરાવવામાં આવે છે ત્યારે તે તંતુની સપાટી અને હવાની સંપર્ક સપાટી પર પહોંચે ત્યારે તેનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થઈ જાય છે અને તે તંતુની અંદર જ રહે છે. પ્રકાશીય તંતુ એવા પદાર્થોમાંથી બનાવવામાં આવે છે કે જેમાં

પ્રકાશનો ફેલાવો/વિસ્તરણ ઓછામાં ઓછો થાય છે જેથી પ્રકાશ લાંબા અંતર સુધી કોઈ નુકસાન વગર પહોંચે. એટલે કે પ્રકાશીય સંકેત લાંબા અંતર સુધી પહોંચાડી શકાય છે.

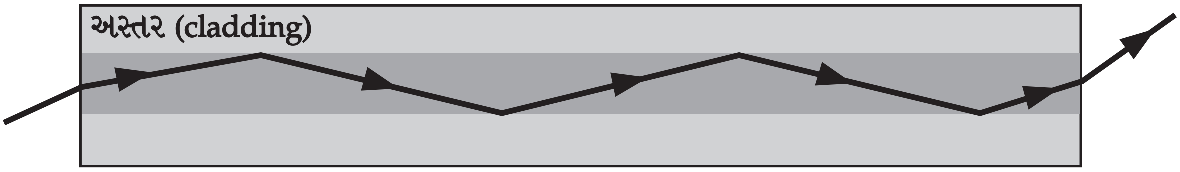
જીનીવા વિશ્વવિદ્યાલયમાં ભૌતિકશાસ્ત્રના પ્રોફેસર ડેનિયલ કોલાડેનએ આ સિદ્ધાંત સૌથી પહેલા 1841માં પ્રદર્શિત કર્યો હતો. એના પછી 1899માં ફ્રાંસના એન્જીનિયર જી બેકમૈને આ સિદ્ધાંતને આધારે પ્રકાશીય ફુવારા બનાવ્યા હતા. એ એટલા શાનદાર હતા કે એ ટેકનિક પ્રખ્યાત થઈ ગઈ. તેમાંના કેટલાંક ફુવારા આજે પણ યુએસના શિકાગોના સંગ્રહાલયમાં જોઈ શકાય છે.

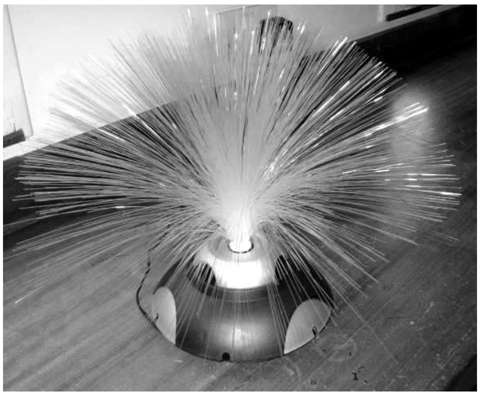
દિશા-નિર્દેશિત પ્રકાશનો વિચાર ઘણાં સમય સુધી તો માત્ર કુતૂહલનો જ વિષય રહ્યો. એનો વ્યવહારિક ઉપયોગ તો ઘણાં સમય બાદ શોધાયો. 1930માં પ્રકાશ તંતુની મદદથી પહેલી તસ્વીર એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ મોકલવાનું શ્રેય હાઇનરિશ લેમને ફાળે જાય છે. આ તસવીર ખૂબ જ ધુંધળી હતી અને કશાય કામની નહોતી પણ એનાથી એટલું તો થયું જ કે આ સિદ્ધાંતનો વ્યવહારિક ઉપયોગ થઈ શકે છે. વીસમી સદીના ઉત્તરાર્ધ સુધીમાં તંતુ-પ્રકાશ (ફાયબર-ઓપ્ટિક્સ) ટેકનિકનો જબરદસ્ત વિકાસ થયો.



ફાયબરસ્કોપ તસ્વીરો મોકલવાનું એક સાધન છે. પૂર્ણતઃ કાચના બનેલા રેસાનો આ પહેલો વ્યાવહારિક ઉપયોગ છે. એને બે વ્યક્તિઓએ લગભગ એક જ સમયે બનાવેલ. અમેરિકન ઓપ્ટિકલ કંપનીના બ્રાયન ઓબ્રિએન તથા લંડનની ઇમ્પીરિયલ કોલેજ ઓફ સાઇન્સ એન્ડ ટેક્નોલોજીના નરિન્દર કાપની અને તેના સાથીઓએ; ઑપ્ટિકલ ફાઈબર નામ સૌથી પહેલા (1956) નરિન્દર કાપનીએ જ આપેલું.

શરૂ શરૂમાં જે કાચના તંતુ બનેલા તેમાં પ્રકાશનો વ્યય ખૂબ જ થતો હતો. એને કારણે પ્રકાશ સંકેતોને થોડે દૂર સુધી જ મોકલી શકાતા હતા. આજે તો પ્રકાશ તંતુ બહુ જ સરસ બને છે એનો ઉપયોગ કેટલીય જગ્યાઓએ થાય છે. જેમ કે ચિકિત્સાના ક્ષેત્રે એન્ડોસ્કોપ જેવા ઉપકરણો બનાવવામાં અને મનોરંજનમાં. એ સિવાય દૂર સંચારમાં તો તેનો ઉપયોગ થઈ જ રહ્યો છે. સંચારમાં જે પ્રકાશીય તંતુઓનો ઉપયોગ થાય છે તે ખરેખર તો બહુ જ પાતળા રેસા હોય છે. એને પ્રકાશ-નલિકા પણ કહે છે. બધા રેસા નક્કર કાચના બનેલા હોય છે. રેસાનો વ્યાસ 0.01 મિમીથી 0.002 મિમી સુધી હોય શકે છે. એને એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે છે કે રેસાના બંને છેડા સમાંતર રહે જેથી સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ બને. આધુનિક પ્રકાશીય તંતુઓમાં કાચનું બીજું એક પડ ચડેલું હોય છે. આ કાચનો વક્રીભવનાંક અંદરવાળા કાચથી થોડો ઓછો હોય છે. કાચના આ બાહ્ય આવરણને, (cladding) આવરણ ચઢાવવું કહે છે. (નીચે આપેલું ચિત્ર જુઓ)





પ્રકાશીય તંતુઓનો ઉપયોગ

1. પ્રકાશિત કરવાની જગ્યા જો પ્રકાશના સ્રોતની સીધી રેખામાં ન આવતી હોય તો તેને પ્રકાશિત કરવા.
2. ચિકિત્સા વિજ્ઞાનમાં એન્ડોસ્કોપનો ઉપયોગ શરીરના અંદરના અવયવો જોવા માટે.
3. સંચારમાં પ્રકાશપૂંજની મદદથી સૂચનાઓ મોકલવા. ટેલીફોન, ટેલીવિઝન, રેડિયો, કમ્પ્યૂટર નેટવર્ક, સ્ટીરિયો લિંક, હવાઈ જહાજોમાં નિયંત્રણ વગેરેમાં ઉપયોગી છે.
4. ફાઈબર-ઓપ્ટિક લેમ્પ

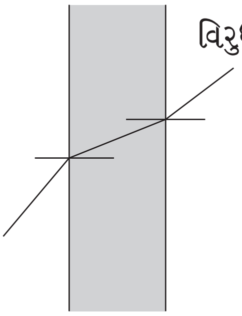
પ્રોજેક્ટ માટે વિચાર

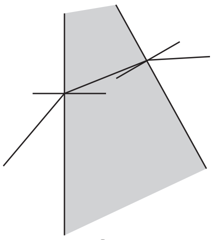
મેળાઓ અને પ્રદર્શનોમાં પ્રકાશીય તંતુઓથી બનેલા લેમ્પ મળતા હોય છે. આવા લેમ્પને ખોલી તેની બનાવટનો અભ્યાસ કરો. તમે પ્રકાશ સ્રોતની સામે એક સ્લાઈડ રાખી તસવીર દૂર પડદા પર મોકલી શકો છો કે કેમ તે જુઓ.

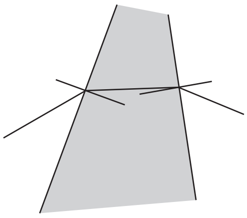
પ્રિઝમ

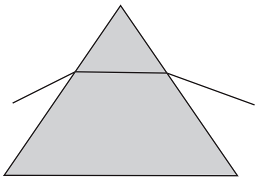
કાચના લંબઘનના પ્રયોગ વખતે આપણે જોયું હતું કે લંબઘનની બીજી બાજુએ નીકળતા પ્રકાશ કિરણની દિશા નથી બદલાતી. તે તો ફક્ત એક બાજુ થોડું ખસીને એ જ દિશામાં ગતિ કરે છે. તે પોતાની મૂળ દિશાથી કેટલું સરકશે તેનો આધાર લંબઘનની જાડાઈ પર રહે છે.

લંબઘનના બે કિનારાના છેડા સમાંતર હોવાથી, પહેલી સપાટી પર વક્રીભૂત કિરણ બીજી સપાટી પર વિરુધ્ધ દિશામાં એટલું જ વક્રીભૂત થાય છે. પણ જો આ બે સપાટી સમાંતર ન હોય તો શું થાય?


ચિત્ર-1


ચિત્ર-2


ચિત્ર-3


ચિત્ર-4

ચિત્ર 2 જુઓ. એમાં બીજી સપાટી પહેલી સપાટીની તુલનાએ 30 ડિગ્રી ઝુકેલી છે. ધ્યાન આપો કે પહેલી સપાટીએથી વક્રીભૂત થઈ જે કિરણ બીજી સપાટીએ પહોંચે છે તે બીજી સપાટી માટે આપાત કિરણ હોય છે. હવે જો બંને સપાટી સમાંતર હોત તો બંને અભિલંબ પણ સમાંતર હોત. એ સ્થિતિમાં બીજી સપાટી પર આપાતકોણ પહેલી સપાટીના વક્રીભવન કોણની બરાબર હોત. એટલે નિર્ગમિત કિરણ અભિલંબ સાથે એટલો જ કોણ બનાવત જેટલો પહેલું આપાત કિરણ અભિલંબ સાથે બનાવે છે. એટલે કે આપાત કિરણ અને નિર્ગમિત કિરણ સમાંતર થાત.

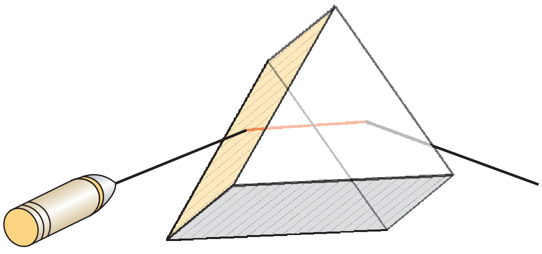
પરંતુ બીજી સપાટી ઝુકેલી હોવાને કારણે અભિલંબ પણ ઝુકેલો છે. આ સ્થિતિમાં બીજી સપાટી પર આપાતકોણ પહેલી સ્થિતિની (જ્યારે સપાટીઓ સમાંતર હતી) સરખામણીએ નાનો હશે. એટલા માટે કાચના લંબઘનથી બહાર નીકળનારું કિરણ (નિર્ગમિત કિરણ) પહેલા આપાત કિરણને સમાંતર નથી રહેતું. ચિત્રમાં બતાવ્યા મુજબ આ કિરણ લંબઘનના પાયા તરફ વળી જાય છે.

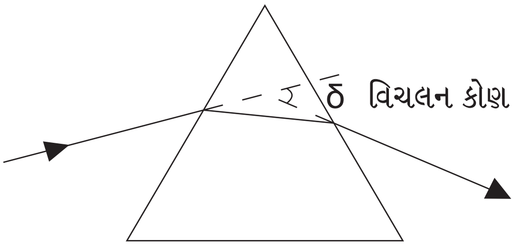
ચિત્ર-3 આમ તો ચિત્ર-2 જેવું જ છે પણ તેનો પાયો થોડો ફેરવી દીધો છે જો આપણે પ્રિઝમનો ઉપયોગ કરીએ. તો આપણને આવી રીતનું વક્રીભવન જોવા મળવું જોઈએ. (ચિત્ર 4) ચાલો તેનો ઊંડાણથી અભ્યાસ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ-21

આના માટે તમને એક સમબાજુ પ્રિઝમ, એક સફેદ કાગળ અને એક લેસર પોઇન્ટરની જરૂર પડશે.

પ્રિઝમના ત્રણે ખુણા 60-60 ડિગ્રીના હોય છે. એવો એક પ્રિઝમ લઈ તેને સફેદ કાગળ પર રાખો. ધ્યાન રાખજો કે પ્રિઝમનો ત્રિકોણવાળો ભાગ કાગળ પર હોય. એક પેન્સિલથી કાગળ પર પ્રિઝમની આકૃતિ દોરો. લેસર પૂંજને, પ્રિઝમ પર કોઈ એક બાજુની સપાટી પર 30 ડિગ્રી કોણ બનાવી આપાત કરો. (બાજુનું ચિત્ર જુઓ) ઉપરથી જુઓ. તમને બીજી સપાટી પરથી નીકળતું એક કિરણ દેખાશે. આપાત કિરણ અને નિર્ગમિત કિરણનો માર્ગ પેન્સિલથી અંકિત કરો. એના માટે કિરણના માર્ગ પર થોડા બિંદુ બનાવી દો. પછીથી આ બિંદુઓને જોડવાથી કિરણનો માર્ગ બની જશે. બાજુમાં આપેલા ચિત્ર જેવો તે દેખાશે.





જો તમે આપાત કિરણની લાઈનને થોડી આગળ અને નિર્ગમિત કિરણની લાઈનને થોડી પાછળ લંબાવશો તો તમને **વિચલન કોણ (δ) (ડેલ્ટા)** મળશે આ કોણથી ખબર પડે છે કે આપાત કિરણ કેટલું વળેલું (વિચલિત) છે. આ પ્રયોગ અલગ-અલગ આપાતકોણ લઈને કરો અને તમારા અવલોકનો નીચે આપેલ કોષ્ટકમાં નોંધો.

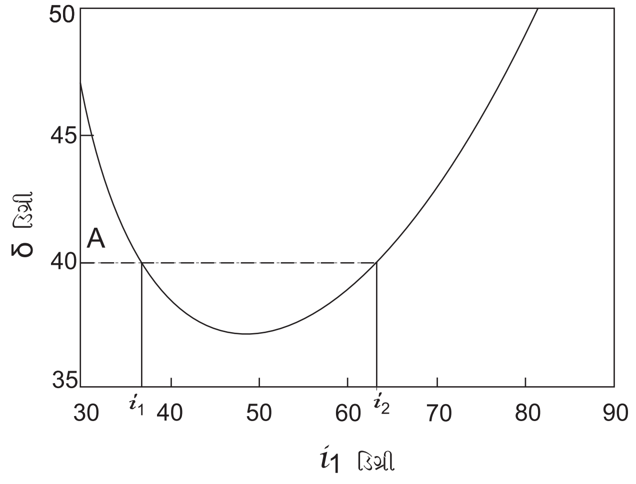
કોષ્ટક

આપાતકોણ	નિર્ગમનકોણ	વિચલનકોણ (δ)

આપાતકોણ અને વિચલનકોણનો એક આલેખ પણ બનાવો. એમાં આપાતકોણને X અક્ષ પર અને વિચલનકોણને Y અક્ષ પર દર્શાવો.

નીચે ચિત્રમાં 60 ડિગ્રીવાળા પ્રિઝમ (વક્રીભવનાંક 1.55) માટે બનાવેલો આલેખ આપ્યો છે.

તમારા આલેખની સરખામણી આ આલેખ સાથે કરો.

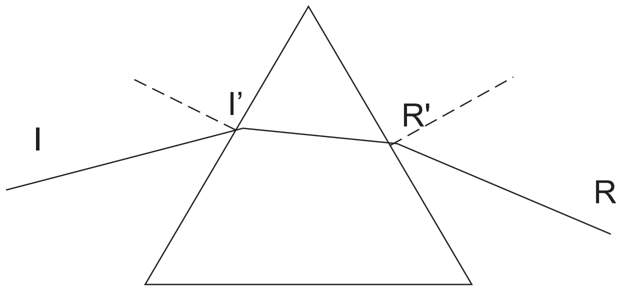


તમે બે ચીજ જોઈ શકશો.

1. આલેખમાં એક ન્યૂનતમ બિંદુ છે. એટલે કે જેમ જેમ આપાતકોણ વધતો જાય છે, વિચલન કોણ ઘટતા ઘટતા એક ન્યુનતમ આંક સુધી પહોંચે છે અને પછી વધવા લાગે છે.

2. Y-અક્ષ પર બિંદુ A જુઓ. આ વિચલન કોણ માટે આપાતકોણ કેટલો હશે. આલેખમાં આ સ્થિતિ માટે આપાતકોણના બે આંક છે. આલેખમાં જોઈ શકાય છે કે દરેક વિચલન કોણ માટે આપાતકોણના બે આંક સંભવ છે. પણ એક વિચલન કોણ એવો છે કે જેના માટે એક જ આપાતકોણ સંભવ છે. આ વિચલન કોણ (min) લઘુતમ કહેવાય છે.

શું તમે વિચારી શકો છો કે આનો અર્થ શું હશે?



ઉપરના ચિત્રને જુઓ. જો આપણે લેસર પૂંજને II' પર આપાત ન કરીએ અને RR' પર એટલે કે વિરુદ્ધ દિશામાંથી આપાત કરીએ તો શું થાય? શું પ્રકાશ પૂંજ એ જ માર્ગ લેશે કે બીજો માર્ગ અપનાવશે? કેમ?

તમે પ્રયોગ કરીને તમારા અનુમાન તપાસી શકો છો.

આપણે જોઈએ છીએ કે પ્રકાશ એ જ માર્ગ લે છે ભલેને ગમે તે દિશામાં આપાત કરવામાં આવે. બંને કિસ્સામાં (આપાત કિરણ II' હોય કે RR' હોય) વિચલન કોણ એટલો જ રહેવાનો.

તમને શું લાગે છે ભૂમિતિનો કયો સિદ્ધાંત આ પરિણામ સમજવામાં મદદ કરશે?

જો તમને આલેખ બનાવવામાં કે સમજવામાં મુશ્કેલી લાગતી હોય, તો બાલ વૈજ્ઞાનિક ધોરણ 7 (પ્રકાશક-એકલવ્ય)માં આલેખના પ્રકરણને જોઈ શકો છો.

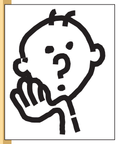
લેન્સ

પ્રકાશ સાથે પ્રયોગ

કાચની એક પાતળી પટ્ટી (સ્લાઇડ) લો. એમ તો પાણી ન શોષતી હોય એવી કોઈ પણ પારદર્શક ચીજ ચાલશે. તેની નીચે છાપું રાખો અને ઉપરથી જુઓ. છાપું જેવું હતું તેવું જ દેખાશે. હવે આ પટ્ટી પર પાણીનું એક ટીપું મૂકો અને ટીપામાંથી છાપું જુઓ. હવે છાપાના અક્ષર કેવા દેખાય છે?

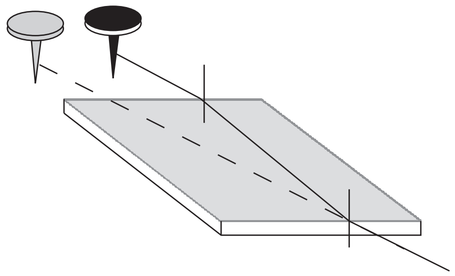
પાણીના ટીપાના કારણે અક્ષરો ઉપરથી આવતા પ્રકાશમાં કંઈક ફેરફાર થયો. બરાબરને! પરંતુ આપણે એ તો જાણીએ જ છીએ કે માધ્યમ બદલવાથી પ્રકાશનું વક્રીભવન થાય છે.

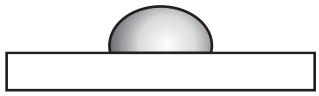
શું આપણે વક્રીભવન અંગેની આપણી જાણકારીનો ઉપયોગ આ અવલોકનને સમજવા માટે કરી શકીએ?



આપણે જોઈ ગયા છીએ કે કાચના કોઈ લંબઘન પર થોડું ત્રાંસુ આવતું પ્રકાશ કિરણ લંબઘનની બીજી બાજુ નીકળતી વખતે થોડું ખસી જાય છે. જો આપણે કોઈ વસ્તુ કાચના લંબઘનમાંથી જોઈશું તો તે થોડી ખસેલી દેખાશે. પણ તેનો આકાર બદલાયેલો દેખાશે? આ વાતની ચકાસણી આ પ્રયોગને બીજી વાર કરીને જોઈ લેવી જોઈએ.

ઉપરના ઉદાહરણમાં માત્ર માધ્યમ પરિવર્તન નથી થતું, બીજું પણ કંઈક થાય છે.

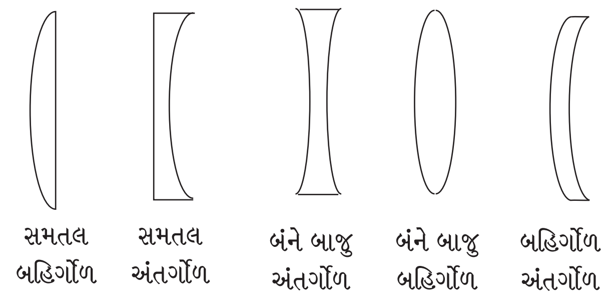




કાચની સપાટી ઉપર પાણીનું ટીપું

લેન્સ શું છે. નીચેના ત્રણ પ્રકારમાંથી કોઈ પણ બે સપાટીઓ ભેગી કરીને તમે જુદા જુદા પ્રકારના લેન્સ બનાવી શકો છો : સમતલ, અંતર્ગોળ, બહિર્ગોળ. આ રીતે ઘણાં પ્રકારના લેન્સ બની શકે છે. સમતલ-બહિર્ગોળ, સમતલ-અંતર્ગોળ, બંને બાજુ અંતર્ગોળ, બંને બાજુ બહિર્ગોળ અને બહિર્ગોળ-અંતર્ગોળ.

જરા વધારે ઝીણવટથી જોઈએ. પાણીના ટીપાંનો આકાર કેવો છે? પાણીનું ટીપું કાચના લંબઘન જેવું છે? આપણે જોઈએ છીએ કે પાણીનું ટીપું સમતલ નથી પણ ગોળાઈ ધરાવતું છે. પેપરના અક્ષરોમાં જે ફેરફાર થયો છે તે તો વક્રીભવનને કારણે પણ આ વક્રીભવન કોઈ સમતલ સપાટી પરથી નહીં પણ એક ગોળાઈવાળી સપાટી પરથી છે.

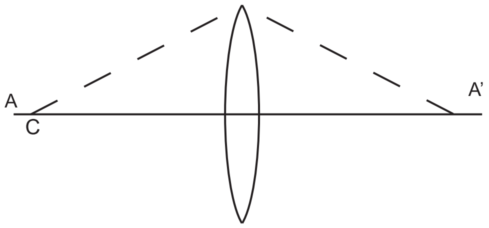


પાણીનું ટીપું એક ગોળ સપાટી બનાવે છે અને લેન્સ જેવું કામ કરે છે.

આપણે બધાં જ બહિર્ગોળ લેન્સથી પરિચિત છીએ. આ જ લેન્સનો ઉપયોગ બિલોરી કાચના રૂપમાં થાય છે. આ જ એ લેન્સ છે કે જે તમારા દાદા-દાદી, નાના-નાની ચશ્માામાં ઉપયોગ કરે છે. આને બિલોરી કાચ કે દાહક કાચ પણ કહે છે.

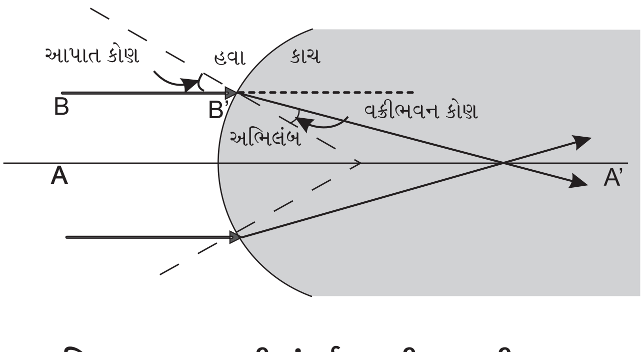
નીચે એક બહિર્ગોળ લેન્સનું રેખાચિત્ર આપ્યું છે. રેખા AA' લેન્સને લંબવત છે અને એના કેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે. આને લેન્સની અક્ષ કહે છે. દરેક ગોલિય સપાટી કોઈ ગોળાનો ભાગ છે. ઓછામાં ઓછું આપણે જે ઉદાહરણની વાત કરવાના છીએ એટલા પૂરતું આમ માનવું સાચું છે.

ચિત્ર-1



એ ગોળાનું કેન્દ્રબિંદુ વક્રતાકેન્દ્ર (C) કહેવાય છે. બંને તરફની સપાટી માટે બે અલગ અલગ વક્રતાકેન્દ્ર (C) હોય છે. પાણીના લેન્સની આવર્ધન (આકારને મોટો કરી દેખાડવાની) ક્રિયા સમજવા માટે સૌથી પહેલા આપણે એ જોવું પડશે કે ગોલિય સપાટી પર પ્રકાશનું વક્રીભવન કેવી રીતે થાય છે. એના માટે આપણે વક્રીભવનના નિયમો લાગુ કરવા પડશે.

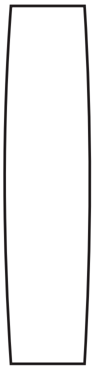
જ્યારે આપણે વક્ર અરીસાનો અભ્યાસ શરૂ કરેલો ત્યારે સૌ પ્રથમ આપણે એ જોયેલું કે વક્ર સપાટી અક્ષને સમાંતર આવતા પ્રકાશ કિરણોને કેવી રીતે પ્રભાવિત કરે છે. એ જ કામ આપણે અહીં પણ કરીશું. એના માટે પહેલા તો આપણે આપાત બિંદુ પર અભિલંબનું સ્થાન શોધવું પડશે. અહીં પણ આપણે વક્ર અરીસામાં વાપરેલા નિયમો જ વાપરીશું.



ચિત્ર-2 હવા-કાચની સંપર્ક સપાટી પર વક્રીભવન

કોઈપણ ગોલિય સપાટી પર અભિલંબ તે બિંદુ પર ત્રિજ્યા હશે. નીચે ચિત્ર-2માં હવા-કાચ સપાટી પર તૂટક રેખાઓ દ્વારા અભિલંબ દર્શાવ્યા છે. ધ્યાન રાખજો કે આ ચિત્ર ખૂબ જ મોટું કરીને બતાવેલ છે. આપણે રોજબરોજ કે પ્રયોગશાળામાં જે લેન્સ વાપરીએ છીએ તે ખૂબ પાતળા હોય છે. તેની વક્રતા ત્રિજ્યા તેની જાડાઈની સરખામણીએ ખૂબ વધારે હોય છે. અક્ષને સમાંતર આવનારું કોઈ આપાત કિરણ લેન્સ પર વધારેસાં વધારે 2 ડિગ્રીનો કોણ બનાવે છે. ચિત્ર 3માં પ્રયોગશાળામાં વપરાતા લેન્સને વધારે સાચા ગુણોત્તરમાં દર્શાવેલ છે. સૈદ્ધાંતિકરૂપે તો એ સંભવ છે કે વક્રીભૂત કિરણ કયા કોણ પર આગળ વધશે તેની ગણતરી આપણે કરી લઈએ. એના માટે પાના નં. 45 પર આપેલા સૂત્રની મદદ લેવી પડશે.

ચિત્ર-3 પ્રયોગશાળામાં વપરાતા લેન્સનો સાચો આકાર



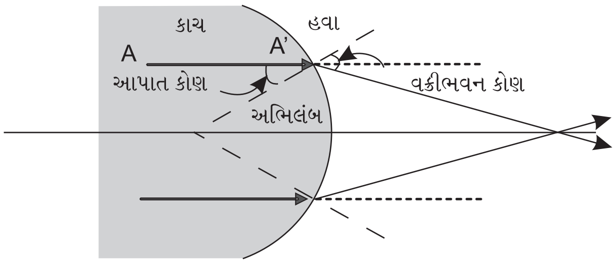
$$\mu = \sin(\theta_i)/\sin(\theta_r)$$

જ્યાં (θ_i) આપાતકોણ અને (θ_r) વક્રીભવન કોણ છે.
અહીં વક્રીભૂત કિરણ અને તે બિંદુ ઉપરના અભિલંબ (ત્રિજ્યા) વચ્ચેના ખૂણાને **વક્રીભવનકોણ** કહેવાય છે.

પાના નં. 41માં આપણે જેમ જોયું હતું કે, જ્યારે પ્રકાશ કિરણ પાતળા માધ્યમમાંથી ઘટ્ટ માધ્યમમાં પ્રવેશ કરે છે ત્યારે તે અભિલંબ તરફ વળી જાય છે. એનો અર્થ છે કે ચિત્ર 2મા કિરણ BB' અક્ષ તરફ વળશે કેમકે તે હવા (પાતળા)માંથી કાચ (ઘટ્ટ) માધ્યમમાં પ્રવેશ કરે છે.

એનાથી ઊલ્ટું જ્યારે કિરણ લેન્સમાંથી બહાર નીકળશે ત્યારે તે કાચ (ઘટ્ટ) માધ્યમમાંથી હવા (પાતળા) માધ્યમમાં પ્રવેશ કરશે અને અભિલંબથી દૂર અક્ષ તરફ વળશે.

આમ, બહિર્ગોળ લેન્સ માટે તમે જોઈ શકો છો કે, બહિર્ગોળ લેન્સ ઉપર મુખ્ય અક્ષને સમાંતર આપાત થતાં કિરણો વક્રીભવન પામીને કોઈ એક બિંદુ ઉપર ભેગા થાય છે. આ બિંદુને તે બહિર્ગોળ લેન્સનું કેન્દ્રબિંદુ f (focal point) કહે છે.
લેન્સના મધ્યબિંદુથી આ કેન્દ્રબિંદુ સુધીના અંતરને કેન્દ્રલંબાઈ F કહે છે.

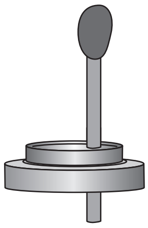


બહિર્ગોળ લેન્સથી પ્રતિબિંબ

ઉપરોક્ત ચર્ચાથી એ સમજાય છે કે બહિર્ગોળ લેન્સ સમાંતર કિરણોના એક પૂંજને પોતાના કેન્દ્રબિંદુ પર કેન્દ્રિત કરી દેશે. સમાંતર કિરણોનો સૌથી સરળતાથી મળતો પૂંજ સૂર્યનો પ્રકાશ છે. આ વાતની ખાતરી માટે એક 'જ્વલંત' પ્રયોગ કરો.

પ્રવૃત્તિ 22

આના માટે તમને એક ઇંજેક્શનની શીશી (રબરના બુચ સહીત), માચિસની સળી અને બિલોરી કાચની જરૂર પડશે.

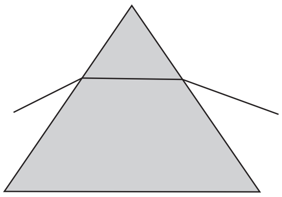


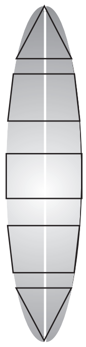
ચિત્રમાં બતાવ્યા અનુસાર માચિસની સળીને બુચમાં લગાવી દો. સળીને ફસાવવા માટે પહેલા કદાચ ખીલીથી બુચમાં કાણું કરવું પડશે. જ્યારે સળી બરાબર ફીટ થઈ જાય ત્યારે બુચ શીશી પર લગાવી દો.

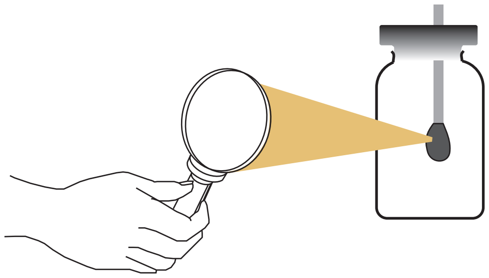
આ સળીવાળી શીશીને બહાર ખૂબ તડકાવાળી જગ્યાએ રાખો. એક બિલોરી કાચની મદદથી તડકાને માચીસની સળીના ટોચકા (ગંધકવાળા છેડા) ઉપર કેન્દ્રિત કરો. થોડીવાર એમ જ પકડી રાખો. શું થયું? કેમ?

સાવધાની : આ એક વિસ્ફોટક પ્રયોગ છે. કરતી વખતે કોઈ વડીલની હાજરી જરૂરી છે.

લેન્સને આપણે એક બીજી રીતે પણ જોઈ શકીએ છીએ. બહિર્ગોળ લેન્સને આપણે ઘણાં નાના નાના પ્રિઝમોથી બનેલો માની શકીએ છીએ. આપણે જાણીએ છીએ કે પ્રિઝમમાંથી પસાર થનારા કિરણો એના પાયા તરફ વળે છે (પાના નં. 49નું ચિત્ર જુઓ). આ માહિતીને આધારે આપણે અનુમાન કરી શકીએ છીએ કે બહિર્ગોળ લેન્સ કિરણોને ભેગા કરવાનો પ્રયત્ન કરશે.



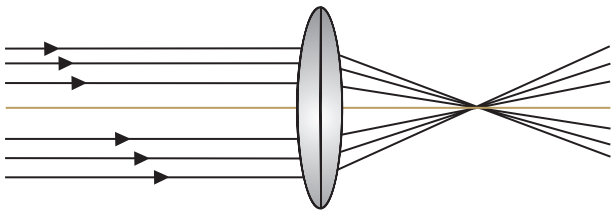




લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ તમે તેને તડકામાં પકડીને પણ જાણી શકો છો. સૂરજનું સૌથી નાનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ લેન્સથી ઓછામાં ઓછા કેટલા અંતરે પડે છે તે જુઓ. આ અંતર લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ છે.

બહિર્ગોળ લેન્સના કિરણ ચિત્ર

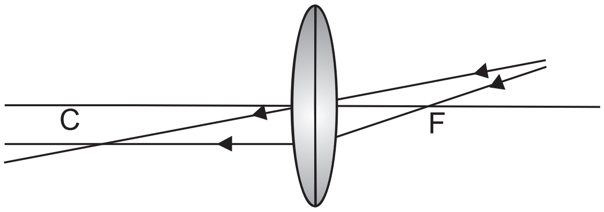
હવે આપણે કેટલાંક કિરણ ચિત્રો બનાવીશું અને પ્રયોગની મદદથી તેની ખાતરી કરીશું. જેવું અંતર્ગોળ અરીસામાં આપણે કરેલું, કેટલાંક એવા કિરણોની શોધ કરીશું કે જેના આપાત કિરણ અને વક્રીભુત કિરણો બનાવવા ‘સરળ’ હોય.



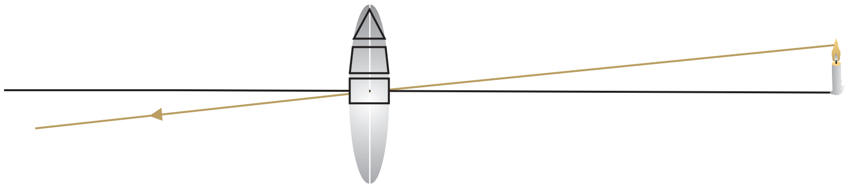
નીચે આવા ત્રણ ‘સરળ’ સંભવિત કિરણો બનાવવા માટેના નિયમો આપ્યા છે.

1. આપણે પહેલાં જ જોયું છે કે લેન્સના અક્ષને સમાંતર આવતું કિરણ વક્રીભવન પામીને કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થશે.

2. એનાથી વિરુધ્ધ પણ સાચુ છે કે લેન્સના કેન્દ્રબિંદુ ઉપરથી આવનાર કિરણ વક્રીભવન પામ્યા બાદ અક્ષને સમાંતર થઈને જશે.



3. ત્રીજું કિરણ એ હોઈ શકે છે કે જે વસ્તુમાંથી નીકળીને લેન્સના કેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે. આ કિરણ વળ્યા વગર લેન્સની આરપાર નીકળી જશે.



અત્યાર સુધી આપણે જે કિરણો પર વિચાર કર્યો છે તે બધાં જ લેન્સની બે સપાટીઓ પર અલગ અલગ કોણ બનાવે છે, પણ લેન્સ સમમિત છે, તેથી લેન્સના કેન્દ્રની આસપાસ બંને સપાટી લગભગ સમાંતર હોય છે એટલે આ કિરણ માટે લેન્સ કાચના લંબઘન જેવો જ વ્યવહાર કરે છે.

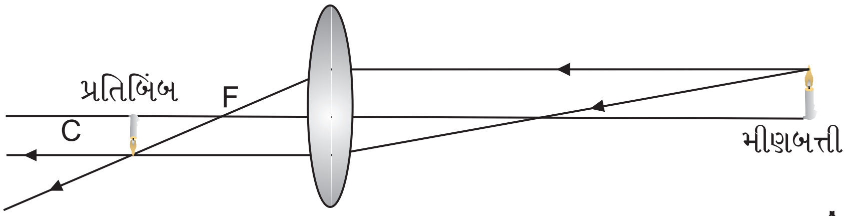
આપણે જોયું છે કે, કાચના લંબઘન પર આપાત થયેલું કિરણ બે સપાટીઓ પર વક્રીભવન પામે છે (જોકે પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તનની સ્થિતિ હોય, તો વાત અલગ છે). પરંતુ બે વખત વળ્યા પછી પણ થોડું ખસીને તે કિરણ એ જ દિશામાં આગળ વધે છે. લેન્સની જાડાઈ ખૂબ ઓછી હોવાને કારણે, આપણે આ જરાક સરકવાને અવગણીને એવું માની શકીએ છીએ કે આ કિરણ લેન્સમાંથી વક્રીભવન પામ્યા વગર નીકળી જાય છે.

કિરણચિત્ર બનાવતી વખતે આપણે પહેલા પણ કર્યું હતું તેમ, આપણે એમ માનીને ચાલશું કે વસ્તુ લેન્સના મુખ્ય અક્ષ પર મુકેલી છે. હવે કેમકે અક્ષ પર આવતું કિરણ વળતું નથી, એટલા માટે આપણે કોઈપણ વસ્તુના ઉપલા છેડેથી આવનાર બે વક્રીભુત કિરણોના છેદબિંદુ જાણીશું અને વસ્તુનું પ્રતિબિંબ આ છેદબિંદુ અને અક્ષની વચ્ચે બનાવશું.

કિરણ ચિત્ર બનાવતી વખતે રીત એ છે કે કિરણોને લેન્સની મધ્યમાં દોરેલી એક રેખાથી વળતા બતાવાય. (બંને સપાટીઓથી અલગ અલગ નહીં.)

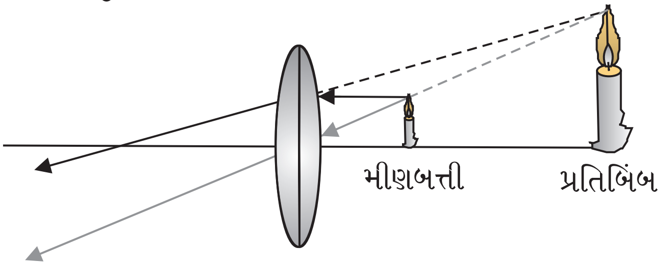
કિરણ ચિત્ર બનાવો

ઉદાહરણ 1 : મીણબત્તીને લેન્સના અક્ષ પર વક્રતા કેન્દ્રથી દૂર મૂકવામાં આવી છે.



ઉપરનું ચિત્ર જુઓ. આપણે અગાઉ બતાવેલા પહેલા બે નિયમો મુજબ કોઈ બે કિરણો પર વિચાર કરીશું. એની મદદથી મીણબત્તીનું પ્રતિબિંબ એ બિંદુએ બનાવશું જ્યાં બે વક્રીભુત કિરણો મળે છે. પ્રતિબિંબ F અને Cની વચ્ચે બને છે.

ઉદાહરણ-2 : મીણબત્તીને અક્ષ પર લેન્સ અને કેન્દ્ર બિંદુની વચ્ચે ક્યાંક રાખેલ છે.



પ્રવૃત્તિ 23

આ ઉદાહરણમાં આપણે એક કિરણ તો પહેલા નિયમને આધારે બનાવી શકીએ છીએ. તો આપણે પહેલું કિરણ અક્ષને સમાંતર દોર્યું છે. તે વક્રીભુત થઈ બીજી બાજુ કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થશે. અહીં આપણે બીજો નિયમ લાગુ નહીં કરી શકીએ કેમ કે મીણબત્તી લેન્સ અને કેન્દ્ર બિંદુની વચ્ચે રાખી છે જે કિરણ મીણબત્તીના ઉપલા છેડેથી નીકળશે અને કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થશે, તે લેન્સ સુધી નહીં પહોંચે. એટલા માટે આપણે ત્રીજો વિકલ્પ પસંદ કરીશું. આપણે બીજું કિરણ એ લઈશું કે જે મીણબત્તીના ઉપલા છેડેથી નીકળે છે અને લેન્સના કેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે. આ કિરણ દિશામાં ફેરફાર વગર બીજી બાજુ નીકળશે.

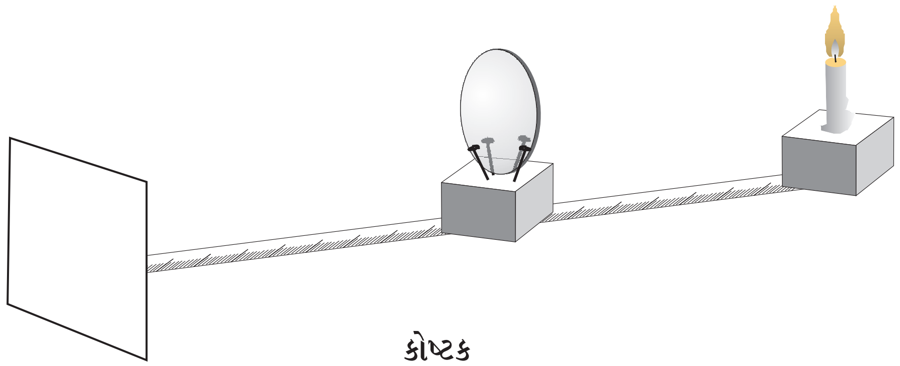
પણ આ બે વક્રીભૂત કિરણો એકબીજાને મળતા નથી પણ એકબીજાથી દૂર જાય છે. તો પ્રતિબિંબ મેળવવા માટે શું કરવું? બંને વક્રીભુત કિરણોને ત્યાં સુધી બીજી તરફ લંબાવીએ જ્યાં સુધી એકબીજાને મળે નહીં. આ સ્થિતિમાં પ્રતિબિંબ વસ્તુથી મોટું અને સીધું બને છે. આ પ્રતિબિંબને 'આભાસી' પ્રતિબિંબ કહે છે કેમકે વાસ્તવિક પ્રતિબિંબની જેમ તે પડદા પર ઝીલી શકાતું નથી. શું તમને યાદ છે કે વક્ર અરીસાના પ્રયોગ વખતે પણ આપણને ક્યારેક આભાસી પ્રતિબિંબ મળતા હતા? કિરણ ચિત્રોથી મળેલા પરિણામોના સમર્થન માટે આપણે નીચે આપેલો પ્રયોગ કરી શકીએ.

આના માટે તમારે એક બહિર્ગોળ લેન્સ, થર્મોકોલના ટુકડા, પિન, મીણબત્તી, મીટર સ્કેલ અથવા પટ્ટી, કાગળ અને માચીસની જરૂર પડશે.

આગલા પાના પર આપેલ ચિત્ર મુજબ વ્યવસ્થા ગોઠવો. મીણબત્તીની જ્યોત લેન્સની મધ્ય સુધી પહોંચે તેટલી જોઈએ. મીણબત્તીને લેન્સથી જુદા જુદા અંતરે રાખો અને જુઓ કે પ્રતિબિંબ ક્યાં બને છે. આના માટે તમારે પડદાને આગળ પાછળ ખસેડીને જોવું પડશે કે સૌથી સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ ક્યાં મળે છે. આ અંતરને નોંધી લો. તમારા અવલોકનો એક કોષ્ટક બનાવી લખો.

તમારા અવલોકનો લખતી વખતે એ પણ લખજો કે પ્રતિબિંબ વસ્તુની સરખામણીએ નાનુ હતું કે મોટું.

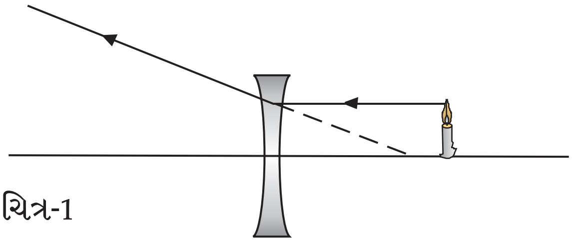
તમારા અવલોકનો પરથી તમે જોઈ શકશો કે જેમ જેમ મીણબત્તીને લેન્સની નજીક લાવો છો તેમ તેમ પ્રતિબિંબ લેન્સથી દૂર ખસતું જાય છે. આના આધારે આપણે એવું તારણ કાઢી શકીએ કે એવું કોઈ બિંદુ હશે કે જ્યાં આ બે અંતરો (એટલે કે લેન્સથી મીણબત્તીનું અંતર અને લેન્સથી પ્રતિબિંબનું અંતર) બરાબર થશે. આ બિંદુ લેન્સનું વક્રતાકેન્દ્ર છે. લેન્સના કેન્દ્રબિંદુથી વક્રતાકેન્દ્રના અંતરને વક્રતાત્રિજ્યા કહે છે. આપણે સામાન્ય રીતે જે લેન્સ વાપરીએ છીએ તે સમમિત હોય છે એટલે કે તેની બંને સપાટીની ગોળાઈ એકસરખી હોય છે. એટલે બંને તરફની વક્રતા ત્રિજ્યા બરાબર હોય છે. જોકે એવા લેન્સ પણ બનાવી શકાય છે કે બંને તરફની ત્રિજ્યા અલગ અલગ હોય.



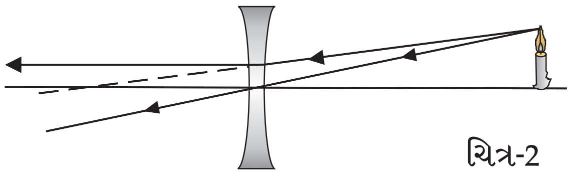
કોષ્ટક

ક્રમાંક	લેન્સથી મીણબત્તીનું અંતર	લેન્સથી પ્રતિબિંબનું અંતર	પડદા પર પ્રતિબિંબનો પ્રકાર		પ્રતિબિંબનો પ્રકાર (વાસ્તવિક કે આભાસી)
			સીધુ/ઉલ્ટુ	મોટું/નાનું	
1	50 સેમી				
2	60 સેમી				
3	70 સેમી				
4	80 સેમી				
5	40 સેમી				
6	30 સેમી				
7	20 સેમી				
8	10 સેમી				

અરીસાની જેમ જ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ વક્રતાત્રિજ્યા કરતા અડધી હોય છે. એકવાર મીણબત્તીને કેન્દ્રબિંદુ પર રાખી અવલોકન કરો. જ્યારે મીણબત્તીને લેન્સ અને કેન્દ્ર બિંદુની વચ્ચે રાખેલી, ત્યારે તમે શું જોયેલું? એ સ્થિતિમાં તમને કાગળ પર પ્રતિબિંબ મળેલું? પણ તમે જ્યારે લેન્સમાં જોયું હતું, ત્યારે જરૂર તમને આવર્ધિત (વસ્તુથી મોટું) પ્રતિબિંબ દેખાયું હશે. આ જ એ આભાસી પ્રતિબિંબ છે જેની ભવિષ્યવાણી ઉદાહરણ-2માં કરેલી હતી.



ચિત્ર-1



ચિત્ર-2

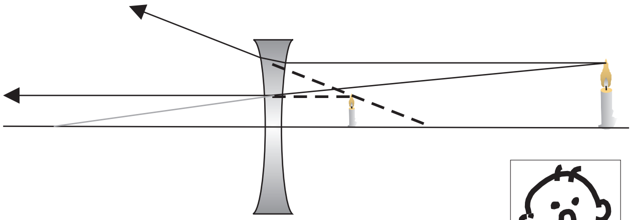
અંતર્ગોળ લેન્સના કિરણ ચિત્ર

નિયમ-1 : અક્ષને સમાંતર આવતું કિરણ લેન્સમાંથી પસાર થઈને વળશે. આ કિરણને પાછળની તરફ લંબાવતા તે લેન્સના કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થશે. (ચિત્ર-1)

નિયમ-2 : આનાથી વિરુધ્ધ કેન્દ્રબિંદુની દિશામાંથી આવતું કિરણ વક્રીભવન પામીને અક્ષને સમાંતર થઈ જશે. (ચિત્ર-2)

નિયમ-3 : લેન્સના કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું કિરણ વક્રીભવન પામ્યા વગર સીધું જ લેન્સમાંથી પસાર થશે. (ચિત્ર-2) આ કિરણ અંગે જે તર્ક બહિર્ગોળ લેન્સ માટે આપેલો તે જ અંતર્ગોળ લેન્સને પણ લાગુ પડે છે.

આ નિયમો જાણી લઈને આપણે અંતર્ગોળ લેન્સના મુખ્ય અક્ષ પર વક્રતાકેન્દ્રથી દૂર રાખેલી કોઈ વસ્તુ (મીણબત્તી) માટે કિરણ ચિત્ર બનાવીશું. જો તમે અંતર્ગોળ લેન્સમાંથી જુઓ તો શું દેખાશે?



પ્રકાશ સાથે પ્રયોગ

હવે સમય આવી ગયો છે કે આપણે પાણીના ટીપાના કોયડા પર વિચાર કરીએ જ્યાંથી આખી વાત શરૂ થઈ હતી. પાણીનું ટીપું એક સમતલ-બહિર્ગોળ લેન્સની જેમ કામ કરે છે. સમતલ-બહિર્ગોળ લેન્સ બરાબર બહિર્ગોળ લેન્સની જેમ જ કામ કરે છે જેની સાથે આપણે પ્રયોગ કર્યા છે.

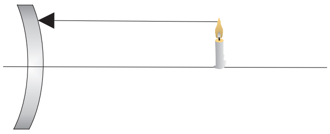
આના આધારે તમે કહી શકશો કે જ્યારે આપણે પાણીના ટીપામાંથી અક્ષરો વાંચવાની કોશિશ કરેલી ત્યારે શું થયું હશે અને કેમ?

કેમેરા અને બહિર્ગોળ લેન્સ

આપણે એક પિન હોલ કેમેરા બનાવ્યો હતો. તમને યાદ હશે કે એમાં મુશ્કેલી એ હતી કે મીણબત્તીનું પ્રતિબિંબ તો બનતું હતું પણ તે વધારે સ્પષ્ટ નહોતું થતું. એ સિવાય એમાં આપણે માત્ર ચમકતી વસ્તુઓનું જ પ્રતિબિંબ મેળવી શકતા હતા. હવે આપણે જે શીખ્યા છીએ તેની મદદથી આપણા પિનહોલ કેમેરાને વધારે સારો બનાવવા માટે વિચાર કરી શકીએ છીએ.

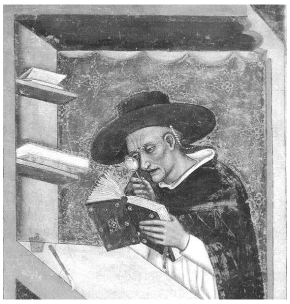
જો આપણે ઓછી ચમકતી વસ્તુઓનું પ્રતિબિંબ બનાવવા માગતા હોઈએ તો જરૂર એ વાતની છે કે વસ્તુમાંથી નીકળતો પ્રકાશ વધારે પ્રમાણમાં પિનહોલ કેમેરામાં પ્રવેશ કરે. એના માટે આપણે કેમેરાનું કાણું મોટું કરવું પડશે. પણ આપણે જોઈ ચૂક્યા છીએ કે કાણું મોટું હોય તો પ્રતિબિંબ ધુંધળું થઈ જાય છે. તો આપણને કોઈ એવી ચીજની જરૂર છે કે જેની મદદથી કાણું મોટું રાખવા છતાં પણ પડદા પર પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ બને.

આનું સમાધાન એ છે કે પિન હોલ કેમેરાના કાણા પર બહિર્ગોળ લેન્સ લગાવી દઈએ. તમને લાગે છે કે આનાથી કઈ ફાયદો થાય?



આપણે જાણીએ છીએ કે જો વસ્તુ કેન્દ્રલંબાઈથી ઓછા અંતરે રાખેલી હોય, તો બહિર્ગોળ લેન્સ વસ્તુથી મોટું પ્રતિબિંબ બનાવશે. ઉપરના ચિત્રમાં બતાવેલા લેન્સ માટે તમને શું લાગે છે?

ઇતિહાસ



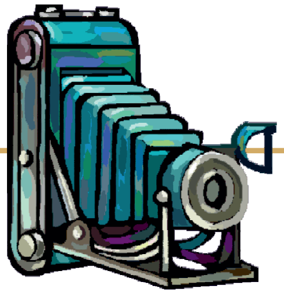
1352માં ટોમાસી ધ મેડોનાનું બનાવેલું પેઇન્ટિંગ જેમાં વાંચવાના ચશ્માંનું પ્રારંભિક ચિત્રણ કરાયું હતું.

લેન્સનો ઇતિહાસ બહુ જૂનો નથી. 1260ની આસપાસ બેકને પોતાના પુસ્તક ઓપસ મેઇયસમાં બહિર્ગોળ લેન્સની મદદથી વસ્તુઓના મોટા પ્રતિબિંબના અધ્યયન વિશે લખ્યું હતું. એમણે એ પણ સૂઝાડ્યું હતું કે લેન્સનો ઉપયોગ નજર (દૃષ્ટિ)ની ખામી દૂર કરવામાં થઈ શકે છે. શરૂઆતી ચશ્મામાં બહિર્ગોળ લેન્સ આવતા હતા જે લઘુ દૃષ્ટિની ખામી દૂર કરી શકતા હતા. આ ખામી ઉંમરની સાથે આવે છે. એવું માનવામાં આવે છે કે કુસાના નિકોલસે એવી શોધ કરી હતી કે ગુરુદૃષ્ટિની ખામીમાં અંતર્ગોળ લેન્સના ઉપયોગથી ફાયદો થાય છે. પરંતુ લેન્સ દ્વારા આ દૃષ્ટિની ખામીને કેવી રીતે દૂર કરી શકાય તેની વ્યાખ્યા તો 1604માં થઈ જ્યારે કેપલરે પ્રકાશીકી અને ખગોળશાસ્ત્ર પર પોતાનો ગ્રંથ પ્રકાશિત કર્યો.

સંકેત : આપણે વ્યક્તિઓ કે પ્રકૃતિના સુંદર દૃશ્યોના ચિત્રો લેવા માટે કેમેરાનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. આ બધી વસ્તુઓ લેન્સના વક્રતા કેન્દ્રથી તો દૂર જ હોય છે. આ સ્થિતિ એવી જ છે જેવી મીણબત્તીને વક્રતાકેન્દ્રથી દૂર રાખવાથી બની હતી. એ સ્થિતિમાં આપણને પ્રતિબિંબ કેવું મળ્યું હતું અને ક્યાં મળ્યું હતું?

તો આપણે પડદો ક્યાં રાખવો પડશે. તમે ચાહો તો કિરણ ચિત્ર બનાવીને જાણી શકો છો.

શું તમે સમજી શકો છો કે જૂના કેમેરામાં ફોલ્ડિંગ દીવાલોનો ઉપયોગ કેમ કરવામાં આવતો હતો અથવા કોઈ વસ્તુને ફોકસ કરવા માટે આપણે લેન્સને આગળ-પાછળ કેમ કરવો પડે છે?

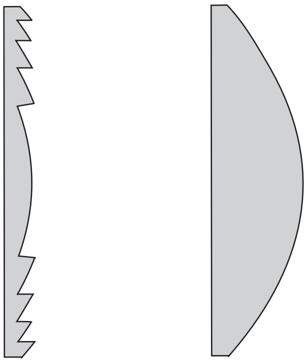


કેમેરાના લેન્સ પ્રકાશીય લેન્સથી વિકસિત થયા છે, પણ પ્રકાશીય લેન્સનું નિર્માણ કોઈ બીજા હેતુથી થયેલું. 1568માં વેનિસના એક સામંત ડેનિયલ બારબેરોએ કેમેરાના બોક્સના કાણાં પર એક લેન્સ રાખ્યો. એ પછી એણે પ્રતિબિંબની સ્પષ્ટતાનો અભ્યાસ કર્યો અને એ સમજવાની કોશિશ કરી કે એને ફોકસ કેવી રીતે કરી શકાય. એણે જે પહેલો લેન્સ વાપર્યો તે કોઈ ઘરડા માણસના ચશ્માનો લેન્સ હતો, ખગોળશાસ્ત્રી જોહાનાસ કેપલરે 1611માં બારબેરોના પ્રયોગને આગળ વધાર્યો અને પાતળા અને સંયુક્ત લેન્સના વર્ણન આપ્યા. એમણે ઉલટા પ્રતિબિંબ બનવાની વાતને પણ સમજાવી અને બતાવ્યું કે બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ લેન્સના સંયુક્ત ઉપયોગથી પ્રતિબિંબને મોટા કરી શકાય. 1800ના દશકમાં જે પહેલા બૉક્સ કેમેરા બન્યા એમાં બોક્સમાં બનેલા એક કાણામાં લેન્સ લગાવેલો રહેતો હતો. આ લેન્સ પ્રતિબિંબને બોક્સની પાછળ લાગેલી એક પ્રકાશ સંવેદી પ્લેટ પર ફોકસ કરતો હતો. આ કેમેરામાં કોઈ શટર નહોતું. એને બદલે લેન્સ પર એક શટર લાગેલું રહેતું હતું જેને ખસેડીને પ્રકાશને અંદર જવા દેવાતો. શટરને ઘણીવાર થોડી સેકંડો માટે ખસેડી લેવાતું હતું. એ જમાનાથી માંડી આજકાલના ડીજીટલ કેમેરાની યાત્રા ઘણી લાંબી છે પણ મૂળ સિદ્ધાંત એ જ રહ્યો છે.

કરીને જુઓ :
પહેલાની જેમ એક પિન હોલ કેમેરા બનાવો. આ કેમેરાથી થોડી વસ્તુઓ જુઓ અને ધ્યાન આપો કે પ્રતિબિંબ કેટલું ચમકદાર અને સ્પષ્ટ દેખાય છે. હવે એકને બદલે ઘણાં નાના નાના કાણાં કરો અને એ જ વસ્તુઓને જુઓ. શું દેખાયું? પ્રતિબિંબ વધારે ચમકદાર અને સ્પષ્ટ છે કે ધુંધળું થઈ ગયું?
આના પરથી તમે શું તારણ કાઢી શકો છો?

જ્યારે વસ્તુ અને લેન્સ વચ્ચેનું અંતર લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં ઓછું હોય, તો બહિર્ગોળ લેન્સથી આપણને સીધું, મોટું અને આભાસી પ્રતિબિંબ મળશે. આ ગુણને કારણે આ લેન્સ કોઈ વસ્તુને મોટી કરીને જોવાનું સરસ સાધન છે. તમારા દાદા-દાદી, નાના-નાની વાંચવા માટે જે કાચનો ઉપયોગ કરે છે તે બહિર્ગોળ લેન્સ જ હોય છે. એવી જ રીતે સામાન્ય હેંડ લેન્સ પણ બહિર્ગોળ લેન્સ જ છે. એને સામાન્ય રીતે બીલોરી કાચ કહે છે.
સામાન્ય બોલચાલની ભાષામાં વપરાતા શબ્દોથી એવું લાગે છે કે લેન્સ પ્રતિબિંબને મોટું કરે છે. એ સાચુ છે કે આપણને મોટું પ્રતિબિંબ દેખાય છે પણ પ્રતિબિંબની તીવ્રતા ઓછી થઈ જાય છે. લેન્સ પોતાના તરફથી કોઈ પ્રકાશ જોડતો નથી. આવર્ધન (આકારમાં વધારો) થાય છે પણ ચમકના ભોગે.

ફ્રેસનેલ લેન્સ



ચિત્ર-1

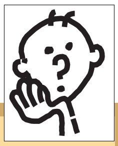
ફ્રેસનેલ લેન્સ   સામાન્ય બહિર્ગોળ લેન્સ

સમુદ્ર કિનારે ચટ્ટાનોની હારમાળા સામાન્ય રીતે દેખાતી હોય છે અને કિનારા પર ચટ્ટાનોના ઉખડેલા ભાગ પણ જોવા મળે છે. આ ચટ્ટાનો ભરતીના સમયે ડૂબી જાય છે અને રાત્રે તો દેખાતી પણ નથી. ત્યાંથી પસાર થનારા વહાણો માટે એ ખૂબ જોખમકારક બની શકે છે. આવી ચટ્ટાનોને કારણે વહાણોના ડૂબવાની ઘણી ઘટનાઓ સાંભળવા મળે છે. કેટલીયે જગ્યાઓએ લોકોએ દીવાદાંડી કે લાઈટ હાઉસ બનાવ્યા છે. જેથી ખલાસીઓને ચેતવણી મળી શકે. નામથી જ ખબર પડે છે કે દીવાદાંડી કે લાઈટ હાઉસમાં પ્રકાશનો સ્રોત હોય છે જેને ખલાસીઓ દૂરથી જોઈ શકે છે. જો પ્રકાશ સ્રોતથી નીકળનારા વિખરાયેલા કિરણોને સમાંતર પૂંજરૂપે ગોઠવી શકાય તો વહાણોમાંથી આ પ્રકાશ વધારે આસાનીથી જોઈ શકાય. એના માટે ઘણું કરીને બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ થતો હતો. પણ પ્રકાશ એટલો તીવ્ર હોવો જોઈએ કે ખલાસી તેને માઈલો દૂરથી જોઈ શકે. પ્રકાશનો આટલો શક્તિશાળી પૂંજ બનાવવા માટે ખૂબ જ મોટા લેન્સની જરૂર પડતી હતી. કાચના મોટા મોટા લેન્સ બનાવવા મુશ્કેલ છે અને તે બહુ જ ભારે પણ હોય છે.

ફ્રાંસના એન્જીનિયર ઑગસ્ટિન જ્યાં ફ્રેસનેલે આ સમસ્યાને હલ કરવા માટે 1822માં એક સરળ ડિઝાઇન બનાવી. ચિત્ર 1 માં ફ્રેસનેલે લેન્સનો મૂળ સિદ્ધાંત બતાવ્યો છે. વિચાર ખૂબ સરળ હતો. કેમકે પ્રકાશનું વક્રીભવન માત્ર સપાટી પર જ થાય છે એટલે લેન્સની અંદર ભરેલા કાચની જરૂર નથી. એટલે એમણે યોગ્ય ગોળાઈવાળી એવી રીંગો બનાવી જે એકની અંદર એક ફીટ થઈ જતી હતી. (ચિત્ર 1)

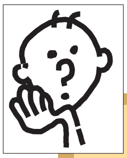
ફ્રેસનેલ લેન્સ એટલું સરસ કામ કરે છે કે દીવાદાંડીના પ્રકાશને 50 કિમી દૂરથી પણ જોઈ શકાય છે. ફ્રેસનેલની આ શોધ પહેલા દીવાદાંડીમાં પ્રકાશને પરાવર્તિત કરવા માટે અરીસાઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવતો હતો. એના પ્રકાશને ખૂબ જ ઓછા અંતરેથી જોઈ શકાતો હતો અને ધુમ્મસ કે તોફાન હોય તો તો બિલકુલ દેખાતો ન હતો. ફ્રેસનેલ લેન્સથી સુસજ્જ દીવાદાંડીએ કેટલાંયે વહાણોને ચટ્ટાનો સાથે ટકરાતા બચાવ્યા છે. રેલ્વે સિગ્નલ અને ટ્રાફિક લાઈટોમાં પણ ફ્રેસનેલ લેન્સનો ઉપયોગ થાય છે.

લેન્સથી પ્રતિબિંબ કેવી રીતે રચાય છે તે સમજવા માટે આપણે સમીકરણોનો પણ ઉપયોગ કરી શકીએ છીએ - આ સમીકરણ પરિશિષ્ટ-2માં બતાવેલ છે.



બહિર્ગોળ લેન્સને અભિસારી લેન્સ પણ કહે છે કેમકે તે સમાંતર કિરણોને એક જગ્યાએ કેન્દ્રિત કરી આપે છે. એનાથી વિરુધ અંતર્ગોળ લેન્સ અપસારી હોય છે. શું આ વાત ત્યારે પણ સાચી હશે જ્યારે લેન્સને પાણી અથવા કેરોસીન અથવા કોપરેલ તેલમાં રાખીએ? આ કરીને જુઓ અને તમારા પરિણામ નોંધો. પ્રયોગની ડિઝાઈન એવી રીતે બનાવો કે લેન્સને જુદી જુદી વસ્તુઓમાં ડુબાવીને રાખી શકાય અને વક્રીભવનનું અવલોકન કરી શકાય.

વિવિધ કોયડાઓ



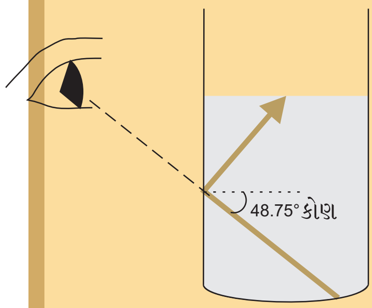
જાદુઈ સિક્કો

એક સિક્કો અને એક પારદર્શી ગ્લાસ કે બોટલ લો. સિક્કાની ઉપર ગ્લાસ કે બોટલ મૂકી દો. બાજુએથી જોવાથી તમને સિક્કો દેખાય છે? દેખાય છે, ખૂબ સરસ.

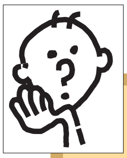
હવે ગ્લાસમાં પાણી ભરવાનું શરૂ કરો.

જ્યારે પાણી એક ઊંચાઈ સુધી પહોંચે પછી સિક્કો ગાયબ થઈ જાય છે.

કેમ?

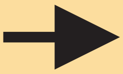


સંકેત : બાજુના ચિત્રને જુઓ. એ વાત યાદ રાખજો કે પાણીથી હવામાં પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તનનો કોણ 48.75 ડિગ્રી છે.



એક રહસ્યમય બોટલ

દીવાલ પર એક આડા તીરનું નિશાન કરો.

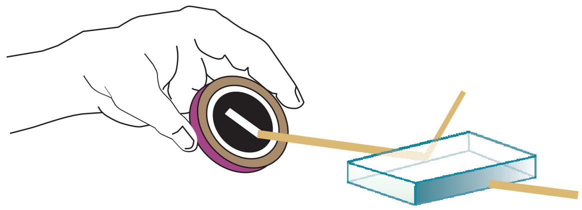


એક ગોળાકાર ગ્લાસ કે બોટલમાં પાણી ભરો અને તીરના નિશાનને બોટલમાંથી જુઓ. નિશાનની દિશા બદલાઈ જાય છે. કેમ?

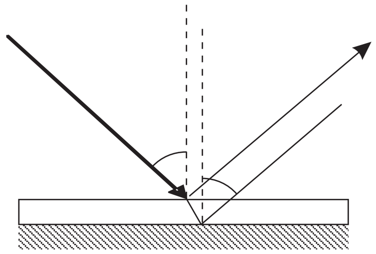
પ્રયોગશાળામાં જે લેન્સનો ઉપયોગ કરીએ છીએ તે હંમેશા વર્તુળાકાર હોય છે. જો કોઈ બહિર્ગોળ લેન્સ તૂટી જાય, તો શું દરેક ટુકડામાં પ્રકાશને એક જગ્યાએ કેન્દ્રિત કરવાની કે પ્રતિબિંબને આવર્ધિત કરવાની ક્ષમતા હશે? કેમ?

ફ્રેસનેલ લેન્સમાં પણ આવું બનશે?

ચાલો જોઈએ કે થોડા ફેરફારો બાદ અરીસા અને લેન્સનો ઉપયોગ પ્રકાશીય સાધનોમાં કેવી રીતે થાય છે.



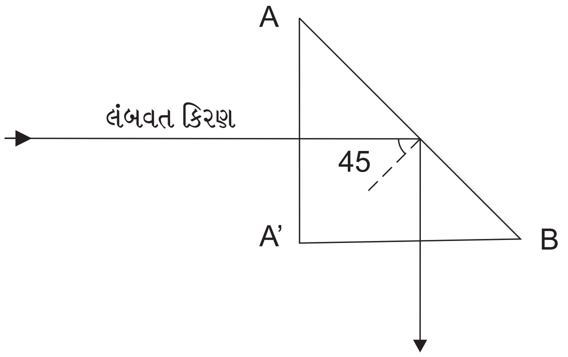
કાચના લંબઘન સાથે 'પ્રકાશ કિરણ'નો પ્રયોગ કરતા હતા ત્યારે તમે એ વાત તરફ ધ્યાન આપ્યું હતું કે વક્રીભુત કિરણ સિવાય હવા અને કાચની સંપર્ક સપાટી પર એક બીજું કિરણ પણ દેખાય છે? આ કિરણ હવા અને કાચની સંપર્ક સપાટી પર પ્રકાશના પરાવર્તનને કારણે બને છે. એ જોકે સાચું છે કે આ કિરણ બહુ ચમકતું નહોતું પણ દેખાઈ શકે એટલું ચમકીલું તો હતું.



કાચની સપાટી પર જેટલો પ્રકાશ પડે છે, તે બધો જ તેમાંથી થઈને નીકળી નથી જતો. થોડો પ્રકાશ પરાવર્તન પણ પામે છે. કાચના અરીસામાં પણ આવું જ કંઈ થાય છે. ઉપરનું ચિત્ર જુઓ. અરીસા પર પડનારો થોડો પ્રકાશ તો કાચની સપાટીએથી જ પરાવર્તિત થઈ જશે. જ્યારે બાકીનો પ્રકાશ કાચની પાછળની ચમકતી સપાટી પર પહોંચશે અને એમાંથી મોટાભાગના પ્રકાશનું પરાવર્તન થઈ જશે. એટલે કે અરીસા પર પડનારા પ્રકાશના થોડા ભાગનું પરાવર્તન કાચની બહારની સપાટીથી અને થોડા ભાગનું પરાવર્તન અંદરની ચમકતી સપાટીથી થાય છે. પ્રવૃત્તિ 8 ફરી એકવાર કરીને તમે આ વાતની તપાસ કરી શકો છો.

પ્રકાશીય સાધનો

જ્યારે આપણે અરીસાનો ઉપયોગ કરીએ છીએ તો આ બેવડું પરાવર્તન નજરે નથી ચડતું. પણ જો આવા અરીસાનો ઉપયોગ પ્રકાશીય ઉપકરણમાં (જેવા કે દૂરબીન કે બાયનોક્યુલર્સમાં) કરવામાં આવે તો બેવડા પરાવર્તનને કારણે પ્રતિબિંબની ગુણવત્તા ખૂબ ઓછી થઈ જાય છે. આ સમસ્યાથી છુટવાનો એક ઉપાય તો એ છે કે 'ઉપરની સપાટી'થી પરાવર્તનવાળા અરીસાનો ઉપયોગ કરવો. આવા અરીસામાં પરાવર્તક ચાંદીનું અસ્તર ઉપરની સપાટી પર ચડાવી દેવામાં આવે છે જ્યારે સામાન્ય અરીસામાં ચાંદી પાછલી સપાટી પર હોય છે. પરંતુ ઉપરની સપાટી ઉપર અસ્તર હોય તો ઘસરકાઓ પડી શકે છે અને કાટ પણ લાગી શકે છે.
તો વિકલ્પ શું છે?

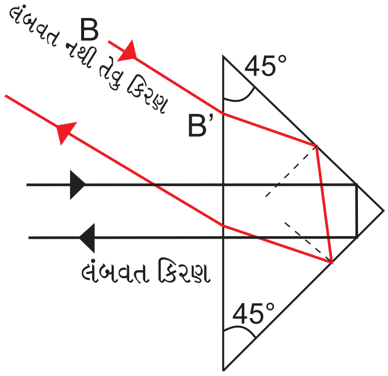


એક વિકલ્પ છે. હજુય એક રીતમાં પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે. તમને યાદ છે ક્યાં થાય છે? પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન.

ઉપરનું ચિત્ર જુઓ. આ એક પ્રિઝમ છે જેનો એક કોણ 90 ડિગ્રીનો છે અને બાકીના બે કોણ 45-45 ડિગ્રીના છે.

કેમકે કાચનો વક્રીભવનાંક 1.5 છે, એટલે હવા અને કાચની સંપર્ક સપાટી માટે ક્રાંતિકોણ લગભગ 40 ડિગ્રી હોય છે.

સપાટી AA' પર પડતું કિરણ લંબવત છે, એટલે તે વળ્યા સિવાય સપાટી AB પર પહોંચશે. અહીં આપાતકોણ 45 ડિગ્રી છે જે ક્રાંતિકોણથી વધારે છે. એટલે કિરણ પરાવર્તિત થઈ જશે. એ પછી આ કિરણ કાચ-હવાની સપાટી પર પહોંચશે. અહીં પણ લંબવત પહોંચશે, આ કારણે વળ્યા વગર કાચની બહાર નીકળશે.



હવે પ્રિઝમ ઉપર પડતા બીજા એક કિરણ BB’ પર ધ્યાન આપો. એ લંબવત નથી પણ સપાટીએ એક કોણથી ઝુકેલું છે. એ પહેલી સપાટી પર થોડું વક્રીભવન પામશે તો પણ પ્રિઝમની બીજી સપાટી પર 40 ડિગ્રીથી વધારે કોણ બનાવીને જ પડશે. એ પણ ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે પરાવર્તિત થઈ જશે.

એટલે કે આ પ્રિઝમમાં એવી વ્યવસ્થા છે કે જે પણ પ્રકાશ તેના પર પડશે તે પરાવર્તિત થઈ જશે, ભલેને તે પહેલી સપાટી પર લંબવત ન પડતો હોય.

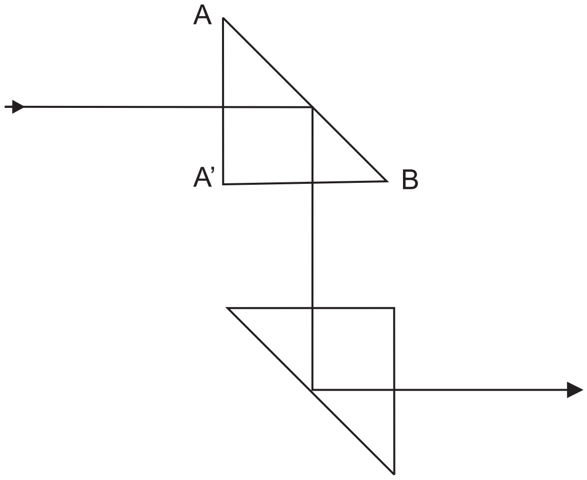
સાઈકલમાં લાગેલું રિફ્લેક્ટર

સાઈકલમાં લાગેલું રિફ્લેક્ટર ઘણાં નાના નાના પ્રિઝમો મળીને બનેલું હોય છે. આ પ્રિઝમ એક્રિલિક નામના પદાર્થનું બનેલું હોય છે. જેમને એ રીતે ગોઠવવામાં આવ્યા છે જેમ ઉપરની આકૃતિમાં બતાવ્યું છે.એક્રિલિકનો વક્રીભવનાંક 1.49 હોય છે. જે કાચના વક્રીભવનાંક 1.5થી ઘણો નજીક છે. એક્રેલિકનો ક્રાંતિ કોણ 42 ડિગ્રી હોય છે.

સડકો પર જે ચમકતી ‘કેટ્સ આઈ’ લાગેલી હોય છે તે પણ એ જ સિદ્ધાંત પર કામ કરે છે જે સાઈકલમાં લાગેલા રિફ્લેક્ટરમાં લાગુ પડે છે.

બાયનોક્યૂલર્સ

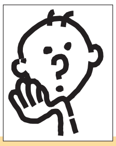
જો આપણે 90 ડિગ્રીવાળા બે પ્રિઝમને નીચે આપેલા ચિત્ર મુજબ ગોઠવીએ તો આપાતકિરણ થોડું એક તરફ સરકે છે. પ્રિઝમ બરાબર એવી જ રીતે કામ કરે છે જેવી રીતે બે અરીસા 90 ડિગ્રીના ખૂણે રાખ્યા હોય અને પ્રિઝમના ઉપયોગમાં એ સમસ્યા નથી રહેતી જે અરીસામાં હોય છે.



પાના નં. 63 ઉપર આપેલા ચિત્રમાં 90 ડિગ્રીના બે પ્રિઝમને ગોઠવવાની એક બીજી વ્યવસ્થા દર્શાવી છે. એ પણ એવી જ રીતે કામ કરે છે જેમ બે અરીસા કાટખુણે પર રાખ્યા હોય.
આ ગોઠવણનો ઉપયોગ બાયનોક્યુલર્સમાં કરવામાં આવે છે. આનો સૌથી પહેલો ઉપયોગ ઇગ્નેજિયો પોરોએ 1850ની આસપાસ કર્યો હતો. એટલા માટે આ ગોઠવણીનો ઉપયોગ કરીને બનાવેલા બાયનોક્યુલર્સને પોરો પ્રિઝમ બાયનોક્યુલર્સ કહે છે.

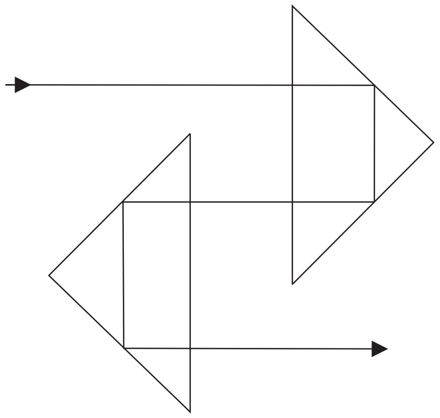
તમે વિચારતા હશો કે બાયનોક્યુલર્સમાં પ્રિઝમની જરૂર કેમ પડતી હશે?

સાઈકલમાં પાછલા મટગાર્ડ પર એક લાલ કે નારંગી એક્રિલિક પ્લેટ લાગેલી હોય છે. તેની સપાટીની તપાસ કરો. તે બહારથી તો લીસી હોય છે પણ જરા અંદરની સપાટી ધ્યાનથી જુઓ.

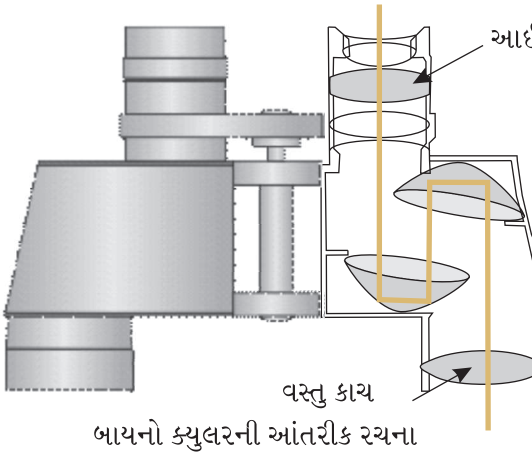


તમે કહી શકો છો કે આ રિફ્લેક્ટર પર પ્રકાશ પડે તો તે ચમકે છે કેમ?

તમે બતાવી શકો છો કે રિફ્લેક્ટરમાં એક મોટા પ્રિઝમને બદલે નાના નાના ઘણાં પ્રિઝમ કેમ લગાવે છે? અને આ રિફ્લેક્ટર સાઇકલ ચાલકને કેવી રીતે સુરક્ષિત રાખે છે?



બાયનોક્યુલર્સમાં યોગ્ય આવર્ધન પ્રાપ્ત કરવા માટે બે બે લેન્સનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. તેની ગોઠવણી સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકના જેવી જ હોય છે. સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક વિશે આપણે હવે પછીના વિભાગમાં ઊંડાણથી અધ્યયન કરીશું. અહીં ધ્યાન આપવા જેવી વાત એ છે કે બાયનોક્યુલર્સને આપણે આપણી આંખો સામે રાખીએ છીએ. એટલે પહેલા બે લેન્સ (આઈપીસ) વચ્ચેનું અંતર એટલું જ હોવું જોઈએ કે જેટલું આપણી આંખો વચ્ચે છે. પણ વસ્તુ લેન્સ (ઑબ્જેક્ટિવ)માં દૂરની વસ્તુઓમાંથી પ્રકાશ આવે છે અને લેન્સ જેટલા મોટા હોય એટલો વધારેસાં વધારે પ્રકાશ મેળવી શકાશે અને તેથી આપણે સ્પષ્ટ પ્રકાશિત પ્રતિબિંબ મેળવી શકીશું.



બાયનો ક્યુલરની આંતરીક રચના

પણ જો આપણી પાસે આવી કોઈ વ્યવસ્થા ન હોય કે જેની મદદથી ઑબ્જેક્ટિવ લેન્સમાંથી નીકળતા પ્રકાશને સરકાવી શકાય, તો મજબુરીથી આપણે ઑબ્જેક્ટિવ લેન્સની સાઈઝ એટલી જ રાખવી પડશે જેટલું અંતર આપણી આંખ અને નાક વચ્ચે છે. અહીં જ આપાત કિરણોને થોડા સરકાવવાની વ્યવસ્થા કામ આવે છે.

સૂક્ષ્મદર્શક

લેન્સનું વૈજ્ઞાનિક પ્રગતિમાં ખૂબ યોગદાન છે. વસ્તુઓના આવર્ધિત પ્રતિબિંબ જોઈ શકવાની ક્ષમતાને કારણે એ ખુલાસો થયો કે દુનિયામાં એવી ઘણી નાની નાની ચીજવસ્તુઓ છે કે જે આપણે નરી આંખે જોઈ શકતા નથી. સૂક્ષ્મદર્શકના જ્ઞાનને આધારે સ્વાસ્થ્ય અને ચિકિત્સાના ક્ષેત્રે ઘણી પ્રગતિ થઈ.
શરૂઆતના સૂક્ષ્મદર્શકોમાં તો માત્ર એક ગોળાકાર લેન્સ જ વપરાતો.

તમે પણ એક ફ્યુઝ બલ્બમાંથી ગોળાકાર લેન્સ બનાવી શકો છો. બલ્બને કોઈ નરમ સપાટી પર રાખો અને તેની ધાતુવાળી ટોપીને હળવેથી ઠોકો જેથી અંદરની કાળી પોપડી નીકળી જાય. હવે બલ્બની અંદરની કાચની નળીને તોડી નાખો. આમ કરતી વખતે બલ્બ તૂટે નહીં તેનું ધ્યાન રાખો. બધા ટુકડાઓને ભેગા કરીને કચરા ટોપલીમાં નાખી દો.

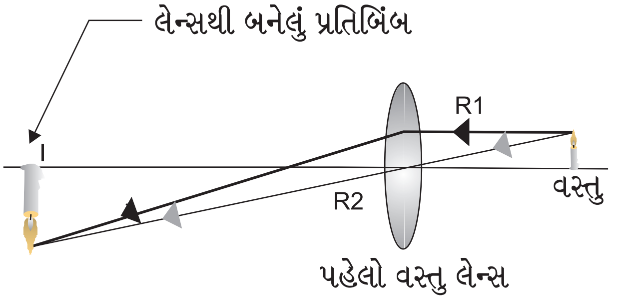
હવે તમારી પાસે ધાતુની ટોપીવાળો ખાલી બલ્બ હશે. તેમાં થોડું પાણી ભરો. આ છે તમારો બલ્બ લેન્સ. એમાંથી જુદી જુદી વસ્તુઓને જુઓ.

બહિર્ગોળ લેન્સ માટે જો વસ્તુ લેન્સથી કેન્દ્રલંબાઈ કરતા ઓછા અંતરે હોય તો તેનું આવર્ધિત પ્રતિબિંબ બને છે. જો આપણે ઓછી કેન્દ્રલંબાઈવાળા લેન્સ વાપરીએ, તો આવર્ધન પણ વધારે થાય છે. પાના નં. 55 પર આપેલ રેખાચિત્રને થોડી ઓછી કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતા લેન્સ માટે ફરી બનાવી તમે આ વાતની તપાસ કરી શકો છો. ઓછી કેન્દ્રલંબાઈનો અર્થ એ હશે કે લેન્સની ગોળાઈ (વક્રતા) વધારે હશે.

ગોળાકાર લેન્સ બિલોરી કાચની તુલનામાં વધારે આવર્ધન શા માટે આપે છે?
લેન્સની આવર્ધન ક્ષમતા અને તેની કેન્દ્રલંબાઈ વચ્ચે કંઈક સંબંધ છે?
બલ્બ લેન્સથી મેળવેલું આવર્ધિત પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ હતું?
બલ્બ લેન્સ સૂક્ષ્મદર્શકમાં તમને બીજી કઈ સમસ્યાઓ દેખાઈ?

પણ એનો અર્થ એમ પણ થાય કે વસ્તુને લેન્સથી બહુ જ નજીક રાખવી પડશે. જો આપણે કોઈ ખૂબ મોટી વસ્તુને ઝીણવટથી જોવી હોય, તો આપણને ખૂબ મોટા લેન્સની જરૂર પડશે. તો શું આ સમસ્યાનો કોઈ ઉપાય છે ?

સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક આ સમસ્યાને ઉકેલી આપે છે. એમાં એક પછી એક એમ બે બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.



પહેલો બહિર્ગોળ લેન્સ એવી રીતે રાખવામાં આવે છે કે વસ્તુ તેના કેન્દ્રબિંદુ અને વક્રતાકેન્દ્રની વચ્ચે રહે. આ સ્થિતિમાં અગાઉના પરિણામ મુજબ વસ્તુનું વાસ્તવિક મોટું અને ઉલ્ટું પ્રતિબિંબ લેન્સની બીજી તરફ મળશે. (ઉપરનું ચિત્ર જુઓ) કિરણ R1 અક્ષને સમાંતર આવી લેન્સમાંથી વક્રીભવન પામીને તેના કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થશે. બીજું કિરણ R2 લેન્સના કેન્દ્રમાંથી સીધું જ પસાર થશે. આ બંને કિરણો ભેગા મળીને બિંદુ I ઉપર વાસ્તવિક, ઉલ્ટું અને મોટું પ્રતિબિંબ બનાવશે.

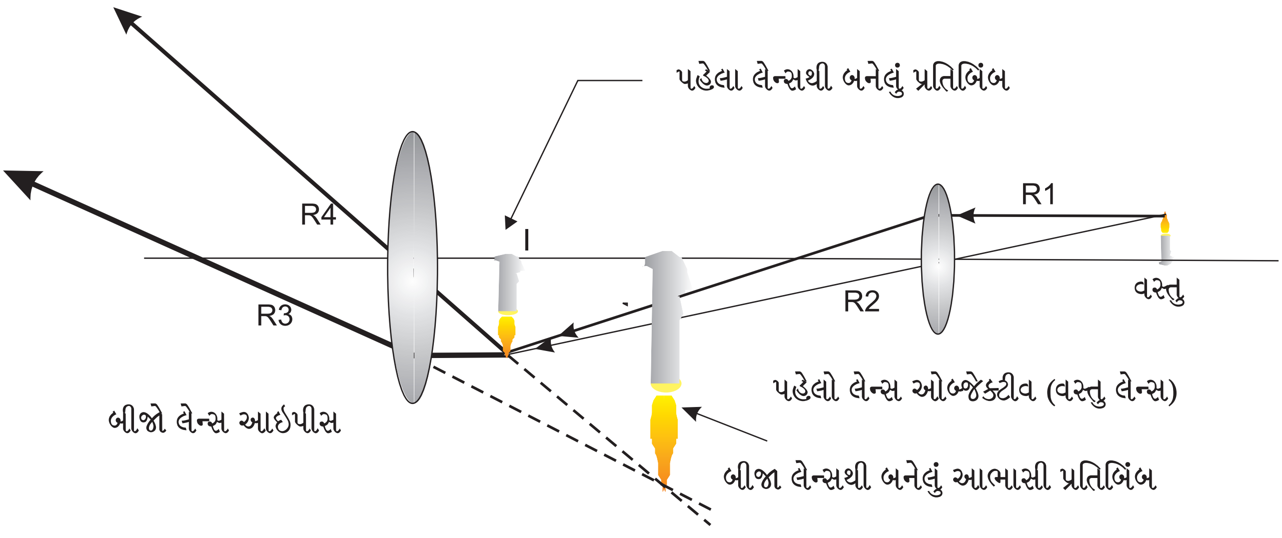
હવે બીજો લેન્સ એવી રીતે રાખીશું કે પહેલા લેન્સ દ્વારા બનાવેલું પ્રતિબિંબ બીજા લેન્સ અને તેના કેન્દ્રબિંદુની વચ્ચે રહે. (નીચે આપેલ ચિત્ર જુઓ.) નીચેની રીતે આપણને પહેલા પ્રતિબિંબનું આભાસી અને આવર્ધિત પ્રતિબિંબ મળશે.

પ્રથમ પ્રતિબિંબ (જે બીજા લેન્સ માટે વસ્તુ છે)ના છેડા પરથી આવતું કિરણ R3 બીજા લેન્સમાંથી વક્રીભૂત થઈ લેન્સના કેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થશે. હવે બીજું કિરણ R4 લેન્સના કેન્દ્રમાંથી સીધું જ પસાર થઈ જશે. તમે જોઈ શકો છો કે આ કિરણો મળતા નથી. તેથી તેને પાછળની તરફ લંબાવીશું જ્યાં આ કિરણો ભેગા થાય છે ત્યાં આપણને એક આવર્ધિત આભાસી પ્રતિબિંબ મળશે. એનો મતલબ એમ છે કે દરેક વખતે પ્રતિબિંબ વધારે આવર્ધિત થાય છે. આ પ્રકારના સૂક્ષ્મદર્શકથી આપણને વસ્તુની તુલનાએ 450 ગણું આવર્ધિત પ્રતિબિંબ મળી શકે છે.

તમારી શાળાની જીવવિજ્ઞાનની પ્રયોગશાળામાં વપરાતું સૂક્ષ્મદર્શક લેન્સની આવી ગોઠવણથી બનેલું છે. સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકની મદદથી નાની નાની વસ્તુઓ જોવાની કોશિશ કરો.

બે લેન્સોની વ્યવસ્થાથી આપણને જે આવર્ધન પ્રાપ્ત થયું છે તે એક લેન્સના આવર્ધનથી ઘણું વધારે હોય છે. પણ પ્રતિબિંબને ચોખ્ખું જોવા માટે વસ્તુ સારી રીતે પ્રકાશિત હોવી જોઈએ.

સામાન્ય રીતે સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શકમાં તમને વસ્તુ કાચની નીચે એક અરીસો મુકેલો જોવા મળશે. વસ્તુને વસ્તુ કાચ ઉપર રાખવામાં આવે છે.



શરૂઆતનું સૂક્ષ્મદર્શક

સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક

સૂક્ષ્મદર્શકને એવી રીતે રાખવાનું હોય છે કે અરીસો કોઈ પ્રકાશના સ્રોત તરફ રહે. આ અરીસાથી પ્રકાશને વસ્તુ ઉપર આપાત કરવામાં અને તેથી વસ્તુને પ્રકાશિત કરવામાં મદદ મળે છે.

સૂક્ષ્મદર્શકની શોધને કારણે ચિકિત્સાના ક્ષેત્રમાં પ્રગતિના રસ્તા ખુલ્યા અને આપણને બિમારી પર કાબૂ મેળવવામાં નવી ક્ષમતા પ્રાપ્ત થઈ. સૂક્ષ્મદર્શકને કારણે રોગોનું નિદાન પણ સરળ થયું છે. આજે આપણે શરીરના આંતરિક અંગો અને માંસપેશીઓની રચના અંગે ઘણું જાણીએ છીએ.

એક પ્રયોગ કરીને જુઓ કે બે બહિર્ગોળ લેન્સની જોડીથી કેટલું આવર્ધન થઈ શકે છે.

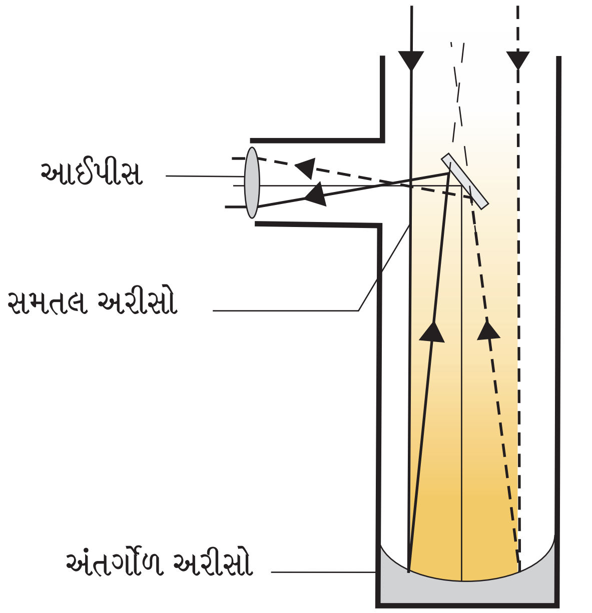
દોરાનો એક નાનો ટુકડો અથવા મરેલી કીડીને ભોંયતળિયાં પર એવી જગ્યાએ રાખો કે જ્યાં ખૂબ પ્રકાશ આવતો હોય. એક બિલોરી કાચને વસ્તુની નજીક એવી રીતે રાખો કે જેથી તમને એક આવર્ધિત પ્રતિબિંબ દેખાય. ધીરે ધીરે લેન્સને વસ્તુથી દૂર લઈ જાઓ. લેન્સને એટલો દૂર લઈ જાવ કે તમને વસ્તુ દેખાતી બંધ થઈ જાય. હવે આ વસ્તુ લેન્સના કેન્દ્રબિંદુ અને વક્રતાકેન્દ્રની વચ્ચે છે. હવે બિલોરી કાચને ત્યાં જ રાખીને બીજો એક લેન્સ લઈ તેને તમારી આંખ અને લેન્સની વચ્ચે રાખો. આ આઈ પીસને આગળ પાછળ ખસેડો જેથી આવર્ધિત પ્રતિબિંબ દેખાવા માંડે.

દૂરબીન

દૂરની વસ્તુઓને જોવા માટે આપણે બાઈનોક્યુલર્સ વાપરી શકીએ છીએ. પણ તારાઓ અને દૂર દૂરની વસ્તુઓ જોવા માટે શું કરીએ? તારાઓને જોઈએ તો એ ઝાંખા અને નાના-નાના દેખાય છે. વૈજ્ઞાનિકો અને ખગોળશાસ્ત્રીઓને એવું સાધન જોઈએ કે જેની મદદ વડે આ વસ્તુઓ સ્પષ્ટ દેખાય.

અંતર્ગોળ અરીસો દૂરથી આવતા પ્રકાશના સમાંતર કિરણોને એક બિંદુ પર કેન્દ્રિત કરે છે. અરીસાનો વ્યાસ જેટલો વધારે હશે, એટલો વધારે પ્રકાશ તે પોતાના કેન્દ્ર બિંદુ ઉપર એકત્રીત કરશે અને એટલું વધારે ચમકદાર પ્રતિબિંબ બનશે. પરાવર્તક દૂરબીન આ જ સિદ્ધાંત પર બનેલું હોય છે. આ પ્રકારના દૂરબીનને ન્યુટન દૂરબીન કહે છે.

જોકે એક અંગ્રેજ ગણિતજ્ઞએ તેની મૂળ કલ્પના અને ઢાંચો તૈયાર કરેલો પણ તેનું વ્યાવહારિક મોડેલ બનાવવાનું કામ સર આઈઝેક ન્યુટને 1668માં કર્યું. એમણે 1671માં આ ડિઝાઇનમાં સુધારો કર્યો. એમાં એક પ્રાથમિક અરીસો હોય છે. એના જ આધારે દૂરબીનનું વર્ણન આપવામાં આવે છે : 10 ઈંચના દૂરબીનમાં પ્રાથમિક અરીસાનો વ્યાસ 10 ઈંચનો (25 સેમી) હોય છે.



પરાવર્તક દૂરબીન

જોકે એ વાત તો પાક્કી જ છે કે કોઈ પણ વ્યક્તિ દૂરબિનની નળીમાં પોતાનું માથું નાખીને તો નહિ જ જોઈ શકે. એટલે માર્ગમાં એક અરીસાપટ્ટી લગાડવામાં આવે છે. જ્યાં આ પટ્ટી લગાડવામાં આવે છે તે બિંદુ ઉપર પ્રતિબિંબ ખૂબ જ નાનું હોય છે. તેથી અરીસાપટ્ટી ખૂબ જ નાની હશે તો પણ ચાલશે. આ નાનો અરીસો આપાત થતાં પ્રકાશમાં કોઈ અવરોધ નથી ઉત્પન્ન કરતો.

કોઈ દૂરબીનનું વર્ણન ત્રણ માપદંડને આધારે કરવામાં આવે છે. પહેલું અરીસાનો વ્યાસ, જેનાથી એ ખબર પડે છે કે તે કેટલો પ્રકાશ એકત્રિત કરી શકે છે. આ ધૂંધળી વસ્તુને જોવાની ક્ષમતા દર્શાવે છે. બીજું છે અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ, જેનાથી એ ખબર પડે છે કે દૂરબીન માટે કેટલી મોટી નળીની જરૂર પડશે. ત્રીજો માપદંડ છે આઈપીસની કેન્દ્રલંબાઈ.

ન્યૂટન પછી મોટા મોટા દૂરબીનો બનાવવામાં આવ્યા છે. શોધ કરનાર ખગોળશાસ્ત્રી જે દૂરબીન વાપરે છે તેનો અરીસાનો વ્યાસ સામાન્ય રીતે 3 ઈંચ (7.5 સેમી)નો હોય છે.

દુનિયાનું સૌથી મોટું પરાવર્તક દૂરબીન 10 મીટરનું છે. કેનેરી દ્વીપ પર લગાવેલું છે. આ દૂરબીન એક મકાન જેટલું મોટું છે.

કેન્દ્રબિંદુ પર આકાશનું જે પ્રતિબિંબ બને છે તે 45 ડિગ્રીએ લગાવેલા અરીસાથી પરાવર્તિત થઈ બાજુમાં બને છે. એને જોવા માટે આપણે એક બહિર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરીએ છીએ જેનાથી આપણને પ્રતિબિંબ મળે છે. આવું એટલા માટે કરવું પડે છે કેમકે અંતર્ગોળ અરીસા તો આપણને ચમકદાર પ્રતિબિંબ આપે છે પણ તે પ્રતિબિંબ આવર્ધિત નથી હોતું. આપણે તો ઇચ્છીએ છીએ કે ચાંદ-તારા આપણને ચમકદાર દેખાય અને મોટા પણ. ત્યારે જ તો આપણે તેનું બારીકાઈથી અધ્યયન કરી શકીશું. જેમકે ચંદ્ર ઉપરના ખાડા અને શનિના વલયો.

દૂરબીન અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ લેન્સથી પણ બનાવી શકાય છે. ગેલેલીયો ગેલેલીએ 1609માં આવું પહેલું ઉપકરણ બનાવ્યું હતું તે લિપરશેની મૂળ ધારણાની સુધારેલી આવૃત્તિ જેવું હતું. ગેલીલીયોને આવર્ધન ક્ષમતા વધારીને 30 ગણી કરવામાં સફળતા મળી હતી. એમણે આ દૂરબીનનો ઉપયોગ ખગોળીય અવલોકનો કરવામાં કર્યો હતો. એની મદદથી એણે ગુરુના ચંદ્રો જોયા હતા અને એવું તારણ કાઢ્યું હતું કે આ ચંદ્રો ગુરુની આસપાસ ઘુમે છે. પોતાના આ અવલોકનોને આધારે તે એવા તારણો પર પહોંચ્યા હતા કે પૃથ્વી બ્રહ્માંડનું કેન્દ્ર નથી પણ સૂર્યમંડળના બીજા ગ્રહોની જેમ પૃથ્વી પણ સૂર્યની પ્રદક્ષિણા કરે છે.

કોપરનિક્સે સૈદ્ધાંતિક કાર્યોને આધારે સૂર્ય કેન્દ્રિત વ્યવસ્થાનો પ્રસ્તાવ રાખ્યો હતો. ગેલેલીયોએ આની તરફેણમાં દૂરબીનથી કરેલા અવલોકનોના જોરદાર પ્રમાણ આપેલા. આ રીતે વિજ્ઞાનના ઇતિહાસમાં એક નવો અધ્યાય શરૂ થયો.

પ્રકાશની તીવ્રતાનું માપન

આપણે તીવ્રતા શબ્દનો ઉપયોગ ઘણીવાર કરીએ છીએ. એનાથી આપણે શું સમજીએ છીએ?

''ફાનસના પ્રકાશમાં વાંચવું ખૂબ મુશ્કેલ છે, તે બહુ જ ઝાંખો છે.''

''જ્યારે અમે બહાર નીકળ્યા ત્યારે તડકો ખૂબ તેજ હતો.''

શું તીવ્રતા, ઝાંખો, તેજ જેવા શબ્દો એક જ વાત કહે છે?

જ્યારે આપણે કહીએ છીએ કે આ ટોર્ચ પૂરતો પ્રકાશ નથી આપતી એના સેલ બદલવા પડશે ત્યારે આપણે અજાણતાં જ 'તીવ્રતા' (પ્રકાશની માત્રા)નો સંબંધ સ્રોત સાથે જોડી દઈએ છીએ. પણ તીવ્રતાનો સંબંધ માત્ર સ્રોત સાથે જ નથી. તમે તે સ્રોતથી કેટલા દૂર છો તેની પર પણ છે.

ઘણીવાર આપણે કોઈ લેમ્પને દૂરથી જ જોઈને કહી દઈએ છીએ કે તે બહુ ચમકતો નથી. હકીકતમાં આપણે એમ કહેવા માગીએ છીએ કે દૂર રહેલા લેમ્પમાંથી આપણા સુધી આવતા પ્રકાશની તીવ્રતા ઓછી છે. તીવ્રતાને હંમેશા કોઈ સપાટી પર પડનારા પ્રકાશની માત્રાના રૂપમાં વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે. એટલે કે આપણે પ્રકાશની તીવ્રતાનો અંદાજ કોઈ સપાટી પર તે કેટલો પડે છે તેના પરથી લગાવીએ છીએ.

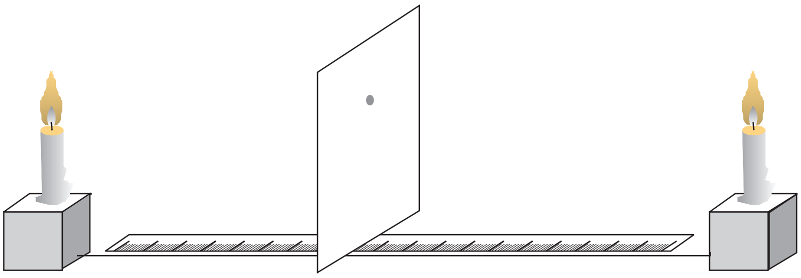
પ્રકાશની તીવ્રતા માપવાની એક રીત એ છે કે એની તુલના કોઈ પ્રમાણીત પ્રકાશ સ્રોત એકમ સાથે કરવામાં આવે. માપનના આ સિદ્ધાંતને સમજવા માટે એક નાનો એવો પ્રયોગ કરીએ.

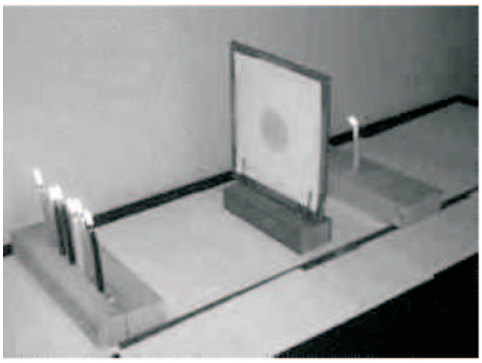
આપણાં પ્રયોગ માટે આપણે એક મીણબત્તીને પ્રમાણીત સ્રોત તરીકે લઈશું અને બીજા સ્રોતોમાંથી મળનારા પ્રકાશની સરખામણી આ મીણબત્તી સાથે કરીશું.

પ્રવૃત્તિ-24

આના માટે તમને એક લાંબી મીણબત્તી (જેનો ઉપયોગ પ્રમાણીત તરીકે કરીશું), માપપટ્ટી, સફેદ કાગળ, મીણબત્તી કે અન્ય પ્રકાશના સ્રોતને ઊભા રાખવા માટે સ્ટેન્ડ અને પ્રકાશના અન્ય સ્રોતની જરૂર પડશે.

આ પ્રયોગ એકાદ અંધારા ઓરડામાં કરવો વધારે સારો પડશે. ટેબલ પર મીટરપટ્ટી મૂકો. પ્રમાણીત મીણબત્તીને એક છેડા પર અને જે પ્રકાશ સ્રોતની તીવ્રતા તપાસવાની છે તેને બીજા છેડા પર રાખો. હવે એક કાગળ લો અને તેની બરોબર વચ્ચે તેલનું એક સાવ નાનું ટીપું લગાવો. એનાથી કાગળનો એ ભાગ અર્ધપારદર્શી થઈ જશે. કાગળને પ્રમાણીત મીણબત્તીની પાસે રાખો અને બીજી બાજુથી એટલે કે અંધારાવાળા ભાગ તરફથી જુઓ. તમે જોશો કે તેલનું ધાબું જોરદાર ચમકતું દેખાશે. હવે કાગળને ધીરે ધીરે પ્રમાણીત મીણબત્તીથી દૂર બીજી મીણબત્તી તરફ ખસેડતા જાઓ. જે જગ્યાએ તેલનું ધાબું દેખાવાનું બંધ થાય ત્યાં રોકાઈ જાવ. આને આપણે (neutral) તટસ્થ બિંદુ કહીશું. મીટરપટ્ટીની મદદથી નક્કી કરો કે પ્રમાણીત મીણબત્તી તથા બીજો સ્રોત કાગળથી કેટલા કેટલા અંતરે છે.





હવે કાગળને બીજી મીણબત્તી તરફ લઈ જાઓ અને ઉલ્ટી દિશામાં ખસેડવાનું શરૂ કરો. આ વખતે તમારે તેલના ધાબાને માપદંડવાળી મીણબત્તી તરફથી જોવાનો છે. ફરી એકવાર જ્યારે તેલનું ધાબું દેખાતું બંધ થાય ત્યારે પ્રમાણીત મીણબત્તી અને બીજા સ્રોતનું કાગળથી અંતર નોંધો.

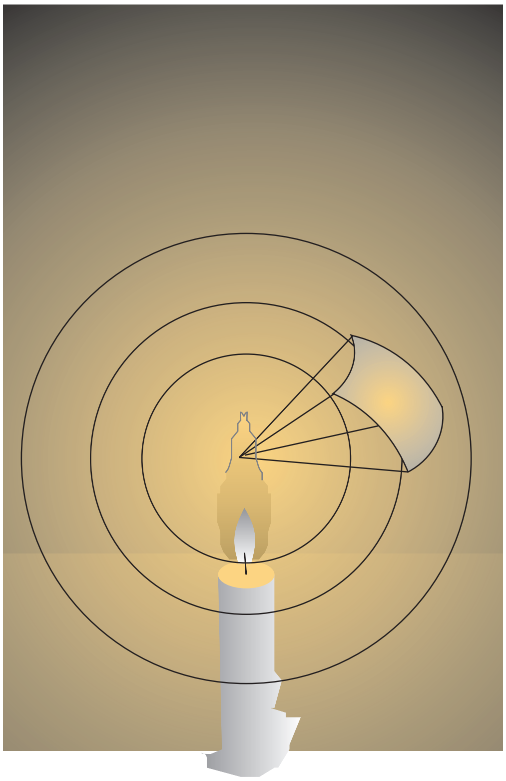
એ જુઓ કે શું બંને આંકડા એક જેવા છે?

કોષ્ટક

ક્રમાંક	બીજો પ્રકાશ સ્રોત	તટસ્થ બિંદુથી અંતર	
		પ્રમાણીત પ્રકાશ સ્રોત (R1)	બીજો પ્રકાશ સ્રોત (R2)
1	1 મીણબત્તી		
2	તેલની ચીમની		
3	ટોર્ચ		
4	2 મીણબત્તી		
5			

આપણે પ્રમાણીત મીણબત્તીથી તટસ્થ બિંદુના અંતરને R1 કહીશું અને તટસ્થ બિંદુથી બીજા સ્રોતના અંતરને R2 કહીશું. બીજી બાજુ એ અલગ અલગ સ્રોત રાખીને અને એકથી વધારે મીણબત્તી રાખીને પ્રયોગ ફરી કરો અને તમારા અવલોકનો ઉપરના કોષ્ટકમાં નોંધો.

તમારા તારણો શું છે?



r ત્રિજ્યાવાળા ગોળાની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ

અથવા ગોળાનું પૃષ્ઠફળ $=4\pi r^2$

શું તેલની ચિમની મીણબત્તી જેટલો પ્રકાશ આપે છે?

શું આપણે એમ કહી શકીએ કે ટોર્ચનો પ્રકાશ મીણબત્તીના પ્રકાશથી વધારે શક્તિશાળી છે?

આ સવાલોના જવાબ આપવાનો આધાર શું હોઈ શકે?

પહેલા તો એ જોઈએ કે તટસ્થ બિંદુ શા માટે મળે છે.

આપણો અનુભવ છે કે અંતર વધવાથી પ્રકાશની તીવ્રતા ઓછી થતી જાય છે. કોઈ 'બિંદુ સ્રોત'થી નીકળનારો પ્રકાશ બધી દિશામાં ફેલાશે. બિંદુ સ્રોતની આસપાસ બધાં જ બિંદુઓ પર પ્રકાશની તીવ્રતા એકસરખી હશે એટલે કે એક ગોળાના કેન્દ્રબિંદુ પર આપણે બિંદુ સ્રોત રાખીએ તો ગોળાની સપાટી પર બધી જ જગ્યાએ પ્રકાશની તીવ્રતા એક સરખી હશે. જ્યારે આપણે સ્રોતથી દૂર જઈશું, તો આ ગોળાની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ વધતું જશે. ત્યારે પ્રતિ એકમ ક્ષેત્રફળ પર પડનારા પ્રકાશની માત્રા ઓછી થતી જશે. કોઈ ગોળાની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ તેની ત્રિજ્યાના વર્ગને સમપ્રમાણમાં હોય છે, એટલે જ્યારે આપણે કોઈ કાગળ મીણબત્તીથી (સ્રોત) દૂર લઈ જઈએ છીએ તો તેનું ક્ષેત્રફળ અંતરના વર્ગના અનુપાત પ્રમાણે વધે છે અને તેના પર પડનારા પ્રકાશની માત્રા અંતરના વર્ગના સમપ્રમાણમાં ઘટતી જાય છે.

આપણે કાગળ પર એક નાનું તેલનું ધાબું પાડ્યું હતું. તેલને કારણે કાગળ થોડો અર્ધપારદર્શી થઈ જાય છે. એટલે જ્યારે કાગળને એક તરફથી (એને આપણે બાજુ A કહીશું)થી જોઈએ તો બીજી તરફ (બાજુ B તરફ) રાખેલા પ્રકાશ સ્રોતને કારણે આપણને તેલનું ધાબું ચમકતું દેખાય છે. ધાબાની ચમક બાજુ Bથી તેના પર પડનારા પ્રકાશના સમપ્રમાણમાં હશે. એટલે કે આ ચમક પ્રકાશ સ્રોતથી કાગળના અંતરના વર્ગના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હશે.

કોઈ સપાટી પર પડનારા પ્રકાશની તીવ્રતાને લ્યુમેન પ્રતિ મીટર^2 (lm/m^2)ના એકમમાં માપવામાં આવે છે. એને **પ્રકાશ દિપ્તી** પણ કહે છે. આ આપાત પ્રકાશની તીવ્રતાનું માપ છે. આ માપ લેતી વખતે માણસની આંખની સંવેદનશીલતા અલગ-અલગ તરંગ લંબાઈ માટે અલગ-અલગ હોય છે તે વાતનું ધ્યાન રાખવામાં આવે છે.

ધાબાની આસપાસનો કાગળ બાજુ Aથી પડનારા પ્રકાશને કારણે ચમકે છે. જો બાજુ Aમાં રાખવામાં આવેલ પ્રકાશ સ્રોતમાંથી પડનારો પ્રકાશ બાજુ Bથી પડનારા પ્રકાશથી ઓછો હોય, તો ધાબું ચમકદાર દેખાશે. જ્યારે આપણે કાગળને પ્રકાશ સ્રોતથી દૂર લઈ જઈએ છીએ ત્યારે પ્રકાશ સ્રોત Bથી કાગળ પર પડનારો પ્રકાશ ઓછો થતો જાય છે. એની સાથે જ કાગળ પ્રકાશ સ્રોત Aથી નજીક આવી રહ્યો છે. એટલે બાજુ Aથી કાગળ પર પડનારો પ્રકાશ વધતો જાય છે. જો ધાબાની ચમક આસપાસના કાગળ કરતાં ઓછી થઈ જશે તો તે બાકીનાં કાગળની સરખામણીએ કાળો દેખાશે. જે બિંદુએ બંને બાજુથી પડનારા પ્રકાશની માત્રા સરખી હશે ત્યાં ધાબાની ચમક અને બાકીના કાગળની ચમકમાં કોઈ તફાવત નહીં હોય. એટલે આ બિંદુ આગળ ધાબુ ગાયબ થતું દેખાશે. આ જ તટસ્થ બિંદુ છે.

જ્યારે આપણે બે એક જેવા સ્રોત (એક-એક મીણબત્તી) બંને બાજુએ રાખેલ, ત્યારે તટસ્થ બિંદુ ક્યાં મળ્યું હતું? શું તમારા અવલોકનો ઉપરની વ્યાખ્યા સાથે મેળ ખાય છે?

જ્યારે તમે એક તરફ બે મીણબત્તીઓનો ઉપયોગ કરશો તો પ્રકાશ પણ વધારે હશે. સૈદ્ધાંતિક રીતે તો બમણો હોવો જોઈએ. પણ ખરેખર પ્રયોગમાં કદાચ એવું ન થાય કેમકે બંને મીણબત્તી એકસરખી નથી બળતી અને બંને વચ્ચે થોડું તો અંતર હશે જ.

હવે તટસ્થ બિંદુ જુદી જગ્યાએ હશે અને બે સ્રોતના અંતરના પ્રમાણ ઉપરથી સ્રોતોની સરખામણી કરી શકીશું. અંતરોના વર્ગનો ગુણોત્તર કેટલો છે? આપણી ચર્ચાના આધારે તમારી અપેક્ષા શું હતી? જો એક સ્રોતની તીવ્રતા બીજા સ્રોત કરતાં બરાબર બમણી હોત તો તમને કેવો ગુણોત્તર મળવાની આશા હતી?

ઈલેક્ટ્રોનિક પ્રકાશમાપકની શોધ પહેલાં પ્રકાશની તીવ્રતાનું માપન આ રીતે જ થતું હતું અને આ ઉપકરણને **ગ્રીસસ્પોટ પ્રકાશમાપક** કહે છે.

આપણો બલ્બ કેટલો પ્રકાશ આપે છે?

આપણે પ્રકાશ સ્રોતો (જેમકે બલ્બ)ની વાત વૉટના એકમમાં કરીએ છીએ. ઓરડા માટે આપણે સામાન્ય રીતે 100 વૉટના બલ્બનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. અહીં 100 વૉટથી એ ખબર પડે છે કે બલ્બમાં કેટલી વિદ્યુત શક્તિ ખર્ચાય છે. બીજી બાજુ, બલ્બમાંથી નીકળનારા પ્રકાશની માત્રાને લ્યુમેનમાં માપવામાં આવે છે. બજારમાં મળતા સીએફએલ (કોમ્પેક્ટ ફ્લોરસેન્ટ લેમ્પ) પર તમને આ બંને માપ લખેલા મળશે વૉટ અને લ્યુમેન.

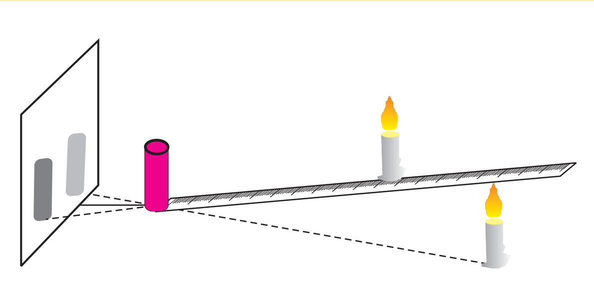
સામાન્ય રીતે 100 વોટની વિજળીથી પ્રકાશિત (તાપ દિપ્તી (Incandescent)) બલ્બ 1200-1400 લ્યુમેન પ્રકાશ ઉત્સર્જિત કરે છે. પણ 1200 લ્યુમેન માટે માત્ર 22 વોટનો એક સીએફએલ પૂરતો છે.

જો તમે સાધારણ બલ્બની જગ્યાએ સીએફએલ લગાવો તો 75% વિદ્યુત ઊર્જાની બચત થશે અને અજવાળું એટલું જ મળશે. એનું કારણ એ છે કે સાદા બલ્બમાં બધી જ ઊર્જા પ્રકાશમાં પરિવર્તિત નથી થતી – ઘણી ઊર્જા તો ઉષ્મામાં બદલાય છે જ્યારે સીએફએલમાં ઉષ્મા ખૂબ જ ઓછી પેદા થાય છે.

પ્રોજેક્ટનો વિચાર

શું હું પડછાયાની તુલના કરી શકું છું?

આપણે એક એવું પ્રકાશમાપક બનાવી શકીએ છીએ કે જે પ્રકાશસ્રોતને કારણે બનતા એક જ વસ્તુના પડછાયાની સરખામણી કરી શકે છે. આ બનાવીને તપાસ કરો કે તેના પરિણામ ગ્રીસ સ્પોટ પ્રકાશમાપકના પરિણામો સાથે મેળ ખાય છે.



તમારા પ્રકાશ સ્રોત કેટલા સારા છે?

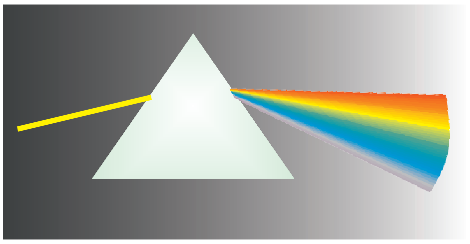
પ્રાપ્ય સામગ્રીમાંથી એક ફોટોમીટર બનાવો. એની મદદથી જુદા જુદા પ્રકાશ સ્રોતની પ્રકાશ તીવ્રતાની સરખામણી કરો જેમકે, અલગ-અલગ વોટ અને અલગ અલગ પ્રકારના વીજળીના બલ્બ (જેવા કે સાદો વીજળીનો ગોળો (ઇન્કનડેસન્ટ) બલ્બ, સીએફએલ, એલઈડી) સૌથી વધારે ઊર્જા કુશળ સ્રોત વિશે જાણો. તમારા ઘર/નિશાળના બલ્બોની યાદી બનાવો. એ તપાસ કરો કે જૂના બલ્બની જગ્યાએ વધારે ઊર્જા કુશળ બલ્બ લગાવો તો કેટલી બચત થશે. એ પણ બતાવો કે પર્યાવરણ કેટલું વધારે સારું થશે. એના માટે કદાચ તમારે બલ્બનું આયુષ્ય અને કિંમત વગેરે વસ્તુઓ ઉપર પણ ધ્યાન આપવું પડશે.

રંગ

આપણે ઘણીવાર કહીએ છીએ કે સફેદ પ્રકાશ જુદા જુદા રંગોનો બનેલો હોય છે. આ વાત સૌથી પહેલા ન્યુટને કહી હતી. તેમણે પ્રિઝમની મદદથી સફેદ પ્રકાશને અલગ અલગ રંગોમાં વહેંચીને બતાવ્યો હતો. પ્રકાશના અલગ અલગ રંગોમાં વિભાજીત થવાની આ ઘટનાને વર્ણ વિભાજન કહે છે અને રંગોમાં વહેંચાયેલા પ્રકાશને વર્ણપટ કહે છે.

પ્રકાશનું વક્રીભવન એટલા માટે થાય છે કેમકે અલગ અલગ માધ્યમોમાં પ્રકાશનો વેગ અલગ અલગ હોય છે. વિભિન્ન રંગોના પ્રકાશ (એટલે વિભિન્ન તરંગ લંબાઈઓવાળા પ્રકાશ તરંગોનો વેગ) દરેક માધ્યમમાં થોડો જુદો જુદો હોય છે. એટલે જ્યારે પ્રકાશ એક માધ્યમમાંથી બીજા માધ્યમમાં જાય ત્યારે દરેક રંગ અલગ અલગ માત્રામાં વળે છે. આને પ્રકાશનું વર્ણ વિભાજન કહે છે.

આપણે પણ પ્રકાશનું વર્ણ વિભાજન એ જ રીતથી જોઈ શકીએ જે રીતનો ઉપયોગ ન્યુટને કર્યો હતો.



પ્રવૃત્તિ-25

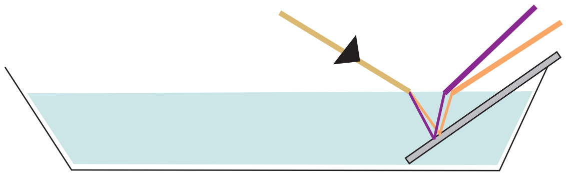
આ પ્રયોગ એવા ઓરડામાં કરવો પડશે કે જેમાં એક બારી હોય પણ અંધારું હોય. બારીને એવી રીતે બંધ કરો કે તેમાંથી તડકાનો માત્ર એક પૂંજ અંદર આવે. તડકાના પૂંજને પરાવર્તિત કરવા માટે તમારે કદાચ અરીસાનો ઉપયોગ કરવો પડે. આ પૂંજને પ્રિઝમ પર એવી રીતે પાડો કે વક્રીભૂત પૂંજ દીવાલ કે છત પર પડે. હવે પ્રિઝમને એટલો ફેરવો કે તમને રંગબેરંગી વર્ણપટલ દેખાવા માંડે.

પ્રિઝમ વગર પણ વર્ણપટલ મેળવી શકો છો. એના માટે તમારે રસોડામાં થોડા ખાંખાખોળા કરવા પડશે. એક એવું તપેલું શોધો કે જેનું તળિયું સપાટ હોય. આ તપેલાને એવી જગ્યાએ રાખો કે જ્યાં તડકો સીધો પડતો હોય. એક સમતલ અરીસો તપેલામાં એવી રીતે રાખો કે જેથી તેનું ચાંદરણું કોઈ સફેદ દીવાલ કે છત પર દેખાય. હવે તપેલામાં ધીમે ધીમે પાણી ભરો. એક સમય એવો આવશે કે તમને દીવાલ પર એક ખૂબસુરત ઇન્દ્રધનુષ દેખાવા માંડશે. ઇન્દ્રધનુષ પણ એક વર્ણપટ જ હોય છે.

આવું વર્ણપટલ એક કોમ્પેક્ટ ડિસ્ક (સીડી) વડે પણ બનાવી શકાય છે. સીડીને તડકામાં એવી રીતે પકડો કે તેના પરથી તડકો પરાવર્તિત થઈ કોઈ દીવાલ પર પડે. રંગોના ક્રમ પર ધ્યાન આપો. શું બંને મામલામાં ક્રમ સરખો જ છે?

પ્રવૃત્તિ 25ની સમજણ

આપણે જોયું હતું કે પ્રિઝમને પ્રકાશના માર્ગમાં પૂરતા મોટા ખૂણા પર રાખવાથી આપણને વર્ણપટ મળ્યો હતો. પ્રિઝમ આપણને બે સંપર્ક સપાટી આપે છે કે જે એકબીજાને સમાંતર નથી.

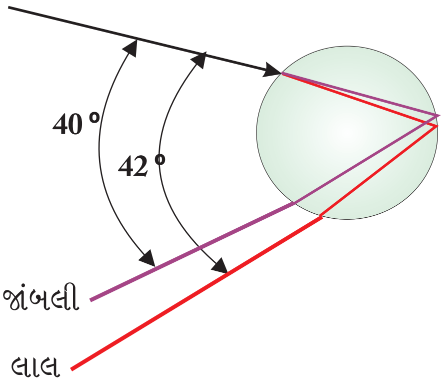


મઝાની વાત એ છે કે અલગ-અલગ રંગોના કિરણો વક્રીભવન પછી અલગ અલગ માત્રામાં વળે છે. એટલે વક્રીભવનને કારણે રંગ થોડા અલગ અલગ થઈ જાય છે. પહેલી સપાટી પર વક્રીભવનને કારણે જે રંગો છૂટા થયા તે બીજી સપાટી પર થનારા વક્રીભવનને કારણે વધારે છૂટા પડે છે જેના લીધે પ્રકાશ જે રંગોનો બનેલો છે તે રંગો વિભાજીત થઈને જુદા જુદા દેખાય છે. બીજી સપાટી પર થનારા વક્રીભવનને કારણે તે અંતર વધી જાય છે. એના કારણે આપણને જુદા-જુદા રંગ અલગ-અલગ દેખાય છે.

ઈન્દ્રધનુષ

ઇન્દ્રધનુષ પણ પ્રકાશના વર્ણ વિભાજનને કારણે બને છે. સવાલ એ છે કે આકાશમાં વર્ણ વિભાજન કોણ કરે છે, પ્રિઝમ ક્યાં છે અને ઇન્દ્રધનુષ હંમેશા એક ચાપ જેવું જ કેમ બને છે?

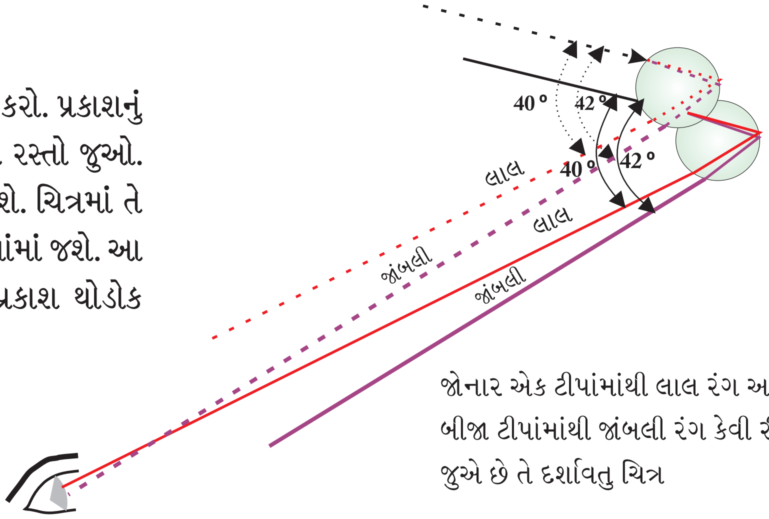
જો સૂરજ આકાશના એક ભાગમાં ચમકતો હોય અને વરસાદ પણ પડતો હોય તો આપણને ઇન્દ્રધનુષ સૂરજથી વિરુદ્ધ દિશામાં જોવા મળે છે. જો આપણે વિમાનમાં બેઠા હોઈએ, તો ઇન્દ્રધનુષ પૂર્ણ ગોળાકાર પણ દેખાય છે. ઇન્દ્રધનુષ વરસાદના હજારો ટીપાં દ્વારા પ્રકાશના વર્ણ વિભાજનને લીધે બને છે. આ નાના-નાના ટીપાં પ્રિઝમ તરીકે કામ કરે છે. આવો જોઈએ કે કેવી રીતે?



ચિત્રમાં બતાવ્યા મુજબ એક જ ટીપાંનો વિચાર કરો. પ્રકાશનું કિરણ ટીપાંમાં ઉપરથી પ્રવેશ કરે છે. હવે એનો રસ્તો જુઓ. કેટલોક પ્રકાશ સપાટી પરથી પરાવર્તિત થઈ જશે. ચિત્રમાં તે બતાવેલો નથી. બાકીનો પ્રકાશ વક્રીભૂત થઈ ટીપાંમાં જશે. આ થયું પહેલું વક્રીભવન. આ વક્રીભવન વખતે પ્રકાશ થોડોક પોતાના રંગોમાં વિભાજીત થશે.

જાંબુડિયો રંગ સૌથી વધારે વળે છે અને લાલ રંગ સૌથી ઓછો. જ્યારે આ પ્રકાશ ટીપાંની બીજી બાજુએ પહોંચે છે, તો દરેક રંગનો થોડોક અંશ ટીપાંની બહાર વક્રીભૂત થાય છે જ્યારે કેટલોક અંશ ટીપાંમાં જ પરાવર્તિત થઈ જાય છે. હવે આ પરાવર્તિત પ્રકાશ ટીપાંની નીચલી સપાટી પર પહોંચે છે. અહીં પણ દરેક રંગનો અમુક અંશ વક્રીભૂત થઈ બહાર જાય છે અને થોડો અંશ ટીપાંમાં પરાવર્તિત થઈ જાય છે. આ બીજું વક્રીભવન કોઈ પ્રિઝમમાં થતાં વક્રીભવન જેવું જ હોય છે અને રંગો વચ્ચેનું અંતર વધી જાય છે.

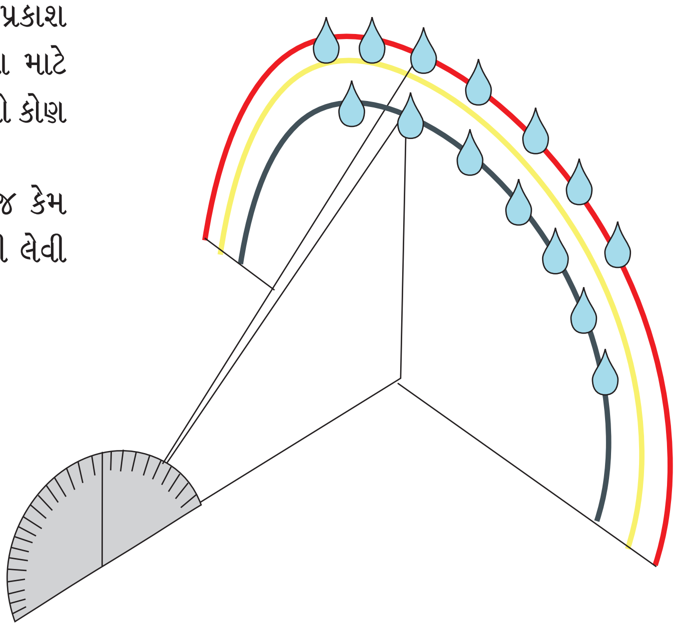
જોકે દરેક ટીપું પ્રકાશને વિભાજીત કરીને આખું વર્ણપટલ બનાવે છે પણ કોઈ પણ પ્રેક્ષક એક ટીપામાંથી નીકળતા એક જ રંગને જોઈ શકે છે. (નીચેનું ચિત્ર જુઓ). ટીપાંની ઊંચાઈ પ્રમાણે જો કોઈ ટીપાંમાંથી નીકળતો જાંબૂડિયો પ્રકાશ કોઈ પ્રેક્ષકની આંખો સુધી પહોંચે તો એ જ ટીપાંમાંથી નીકળતો લાલ રંગનો પ્રકાશ બીજે ક્યાંક પહોંચશે. લાલ રંગના પ્રકાશને જોવા માટે એ પ્રેક્ષકે બીજા કોઈ ટીપાંને જોવું પડશે, જે આકાશમાં વધુ ઊંચાઈએ હોય.



જોનાર એક ટીપાંમાંથી લાલ રંગ અને બીજા ટીપાંમાંથી જાંબલી રંગ કેવી રીતે જુએ છે તે દર્શાવતુ ચિત્ર

લાલ રંગ ત્યારે જ દેખાશે જ્યારે પૂંજ અને લાલ રંગના પ્રકાશ વચ્ચે 42 ડિગ્રીનો ખૂણો બનશે. જાંબુડિયો રંગ જોવા માટે પ્રકાશના કિરણ અને વિભાજીત કિરણો વચ્ચે 40 ડિગ્રીનો કોણ બનવો જોઈએ.

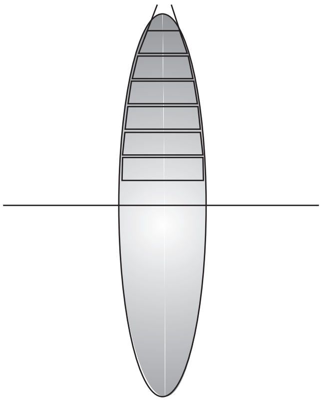
વરસાદના ટીપાંથી વિભાજીત પ્રકાશ ચાંપ જ કેમ બનાવે છે? આને સમજવા માટે થોડી મદદ ભૂમિતિની લેવી પડશે.



વાતને સરળ રાખવા માટે આપણે માત્ર લાલ રંગના પ્રકાશના વિભાજનની જ વાત કરીશું. કોઈપણ પ્રેક્ષક લાલ રંગ ત્યારે જ જોઈ શકે છે જ્યારે સૂરજમાંથી આવતા પ્રકાશ પૂંજ અને આંખ સુધી પહોંચતા વિભાજીત કિરણ વચ્ચે 42 ડિગ્રીનો કોણ હોય. પણ તમે લાલ રંગ ત્યારે જ જોઈ શકો જ્યારે તમે એ જ કોણ પર આજુબાજુ જુઓ. ચિત્ર જોઈને આપણે સમજી શકીએ છીએ કે એક જ કોણ પર પ્રકાશનું વિભાજન કરનારા ટીપાં ધનુષના રૂપે ગોઠવાયેલા છે. બાકીના ટીપાં પણ પ્રકાશનું વિભાજન તો કરી રહ્યા છે પણ તે પ્રકાશ વ્યક્તિની આંખ સુધી પહોંચતો નથી. તે બીજી કોઈ વ્યક્તિનું ઈન્દ્રધનુષ બનાવે છે.

જ્યારે પ્રકાશ કોઈ કાચના ઘન ટુકડામાંથી પસાર થાય ત્યારે પ્રકાશનું વિભાજન થશે? થશે તો કેમ થશે અને નહીં થાય તો કેમ નહીં થાય?

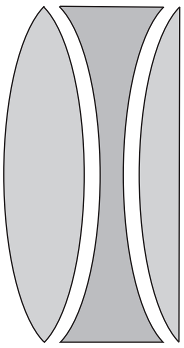
તમારા મગજમાં એ સવાલ જરૂર સળવળતો હશે કે જો પ્રિઝમમાં આવું વિભાજન થાય છે તો લેન્સમાં આપણને દેખાયું કેમ નહીં.



બાજુનું ચિત્ર જુઓ, આપણે લેન્સને નાના-નાના પ્રિઝમોનો બનેલો માની શકીએ છીએ. તમે જોઈ શકો છો કે બે ખૂણાને છોડી દઈએ તો બાકીની જગ્યાએ તેની બંને સપાટી લગભગ સમાંતર છે. એટલે જે પ્રકાશ લેન્સને લંબવત આપાત થશે તેનું વિભાજન થશે. પણ એ વિભાજન એટલું ઓછું થાય છે કે આપણને દેખાતું નથી. જોકે ક્યારેક પ્રતિબિંબની ધાર ઉપર લાલ કિનાર જોવા મળે છે.

આ રીતના વિભાજનથી પ્રતિબિંબ થોડું ધૂંધળું થઈ જાય છે કેમકે અલગ અલગ રંગના પ્રકાશ અલગ અલગ બિંદુ પર ફોકસ થાય છે. આને ક્રોમેટિક ખામી કહે છે. સાધારણ પ્રયોગોમાં તો ક્રોમેટિક ખામીને કારણે કંઈ ફરક નથી પડતો પણ કેમેરા, બાયનોક્યુલર્સ અને દૂરબીન જેવા ઉપકરણોમાં આના કારણે પ્રતિબિંબની ગુણવત્તા પર ખૂબ અસર પડે છે.
આ ગરબડને દૂર કરવા માટે એકથી વધારે લેન્સનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. એક ઉપાય તો એવો છે કે બે અલગ અલગ પ્રકારના કાચથી બનેલા લેન્સનો ઉપયોગ કરવામાં આવે જેથી તે એકબીજાના પ્રભાવને નષ્ટ કરી નાખે. બીજો ઉપાય એ છે કે જુદા જુદા લેન્સના સંયોજનોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે. બાજુમાં બતાવેલી ત્રણ લેન્સોની વ્યવસ્થા સૌથી લોકપ્રિય છે.

ક્રોમેટિક ગરબડને દૂર કરો



અહીં એક લેન્સ સંયોજન બતાવેલું છે. એમાં બે બહિર્ગોળ અને એક અંતર્ગોળ લેન્સનો ઉપયોગ કરીને ઇચ્છિત અંતર મેળવેલ છે. અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ લેન્સ એકબીજાથી ઊલટું કામ કરે છે. એકથી થનારા વિભાજનને બીજો સમાપ્ત કરી દેશે.

રંગોનું મિશ્રણ

પ્રવૃત્તિ-26

હવે આપણે જાણીએ છીએ કે સફેદ પ્રકાશ વિભિન્ન રંગોનો બનેલો હોય છે અને આપણે આ રંગોને અલગ કરી શકીએ છીએ. તો શું એનાથી ઊલટું કરવું સંભવ છે? જો આપણે બધા રંગોને મેળવી દઈએ તો સફેદ પ્રકાશ મળશે. કરીને જુઓ.

તમને પેસ્ટલ કે અન્ય રંગો અને સફેદ કાગળની જરૂર પડશે.

જુદા જુદા ઓઈલ પેઇન્ટ લો. ઇન્દ્રધનુષમાં સૌથી વધુ જે દેખાતા હોય તે રંગોની પસંદગી કરો. સફેદ કાગળ પર આ રંગોને એક ઉપર એક એમ લગાવો.
શું સફેદ રંગ મળ્યો?
શું ગરબડ થઈ હશે?
ગરબડને સમજવા માટે આપણે એ સમજવું પડશે કે આપણને રંગ દેખાય છે કેવી રીતે? એ સમજવા માટે એક નાનો એવો પ્રયોગ કરો.

પ્રવૃત્તિ-27

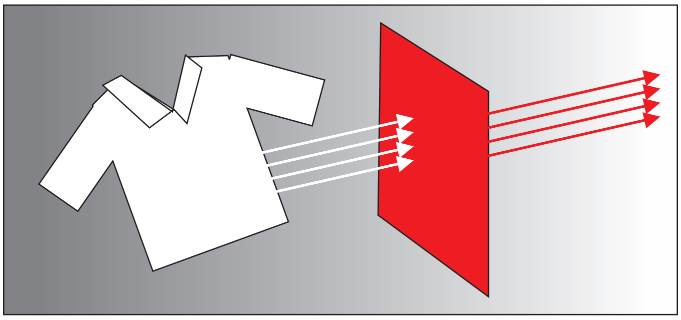
તમને પીળા, લાલ અને ભૂરા રંગના જીલેટીન કાગળોની જરૂર પડશે.

જીલેટીન કાગળોને ઓછામાં ઓછા ત્રણ ગડીમાં વાળી લો અને ગડી કરેલા કાગળમાંથી વિભિન્ન વસ્તુઓ જુઓ. કેટલીક વસ્તુઓના નામ નીચે કોષ્ટકમાં આપ્યા છે. એ જુઓ કે જીલેટીન કાગળમાંથી જોવાથી વસ્તુ ક્યાં રંગની દેખાય છે. તમારા અવલોકનો કોષ્ટકમાં લખો.

કોષ્ટક

વસ્તુ	મૂળ રંગ	લાલ જિલેટીનમાંથી દેખાતો રંગ	ભૂરા જિલેટીનમાંથી દેખાતો રંગ	પીળા જિલેટીનમાંથી દેખાતો રંગ
શર્ટ	સફેદ			
કેળાં	પીળો			
ફૂલ	લાલ			
આકાશ	ભુરો			
પાંદડા	લીલો			
પેન્ટ	કથ્થાઈ			
સાડી	નારંગી			
વાળ	કાળા			
કોઈ અન્ય વસ્તુ				

ચાલો, આપણાં અવલોકનોનું વિશ્લેષણ કરીએ. પીળા જિલેટીનથી જોવાથી સફેદ શર્ટ પીળું દેખાય છે. સફેદ શર્ટ સફેદ પ્રકાશનું પરાવર્તન કરશે અને એ તો આપણે જાણીએ જ છીએ કે સફેદ પ્રકાશ વિભિન્ન રંગો મળીને બનેલો છે. જ્યારે આપણે સફેદ શર્ટ (કોઈપણ સફેદ વસ્તુ)ને પીળા જિલેટીનથી જોઈએ છીએ તો તે પીળા રંગનું દેખાય છે. આથી આપણે એમ વિચારી શકીએ છીએ કે પીળું જિલેટીન પીળા સિવાય બીજા કોઈ રંગને પોતાનામાંથી પસાર નહીં થવા દે. એટલે સફેદ શર્ટથી પરાવર્તિત પ્રકાશમાં ભલે ઘણાં બધાં રંગો હોય પણ માત્ર પીળો રંગ જ જિલેટીનમાંથી પસાર થઈ શક્યો. શું આ જ ક્રિયા લાલ અને ભૂરા જિલેટીનમાં પણ થઈ હશે?



તો આપણે એ નિષ્કર્ષ કાઢીએ છીએ કે પીળું જિલેટીન માત્ર પીળા રંગને પસાર થવા દે છે. લાલ જિલેટીન ફક્ત લાલ રંગના પ્રકાશને અને ભૂરું જિલેટીન ફક્ત ભૂરા રંગના પ્રકાશને પસાર થવા દે છે. હવે આપણે બીજા અવલોકનો જોઈએ. સફેદ શર્ટ સફેદ પ્રકાશને પરાવર્તિત કરતું હતું. આ પ્રકાશમાં વિભિન્ન રંગ હતા. પણ જો વસ્તુ લાલ હોય તો? શું આપણે કહી શકીએ છીએ કે લાલ વસ્તુ માત્ર લાલ પ્રકાશને જ પરાવર્તિત કરે છે?

જો આવું હોય, તો જ્યારે આપણે વસ્તુને લાલ જિલેટીનમાંથી જોઈશું તો તે લાલ રંગની દેખાવી જોઈએ. પણ આપણે આ જ લાલ વસ્તુને ભૂરા જિલેટીનમાંથી કે પીળા જિલેટીનમાંથી જોઈએ તો શું થશે? આપણે ઉપર જે માન્યું છે તે વાત જો સાચી હોય તો જ્યારે લાલ વસ્તુ માત્ર લાલ રંગને પરાવર્તિત કરશે અને ભૂરું જિલેટીન ભૂરા સિવાયના રંગોને રોકી લે તો થવું એવું જોઈએ કે ભૂરા જિલેટીનમાંથી જોવાથી લાલ વસ્તુ કાળી દેખાશે. શું આ નિષ્કર્ષ તમારા અવલોકનો સાથે મેળ ખાય છે?

આ કરીને જુઓ – શું બધી વસ્તુઓ, જ્યારે તેને બીજા કોઈ રંગના જિલેટીન કાગળમાંથી જોઈએ ત્યારે કાળી દેખાય છે.

તો આપણાં અવલોકનો પરથી આપણે એવું તારણ કાઢી શકીએ :

(1) દરેક જિલેટીન કાગળ, રંગોની એક ફિલ્ટરનું કામ કરે છે.

(2) પીળી વસ્તુ માત્ર પીળો પ્રકાશ પરાવર્તિત કરે છે પરંતુ એના પર જે પ્રકાશ પડે છે તે બધા રંગોનો બનેલો હોય છે.

બીજા તારણની તપાસ કરવા માટે આપણે હજુ થોડા પ્રયોગો કરીશું.

ઉપરના બધા પ્રયોગોમાં આપણે વસ્તુને સફેદ પ્રકાશમાં જોઈ છે. જો લાલ વસ્તુ માત્ર લાલ રંગનો પ્રકાશ પરાવર્તિત કરતી હોય, તો જો તેના પર લાલ પ્રકાશ ન પડે તો શું થશે? એવી સ્થિતિમાં શું તે કાળી દેખાશે?

ચાલો કરી જોઈએ. આ પ્રયોગ એકાદ અંધારા ઓરડામાં કરવો પડશે જ્યાં માત્ર એક બલ્બ કે કોઈ બીજો પ્રકાશ સ્રોત હોય. બલ્બને લાલ જિલેટીનથી ઢાંકી દો. (જિલેટીન કાગળની ઓછામાં ઓછી ચાર ગડી કરજો.) આપણાં તારણ પ્રમાણે લાલ જિલેટીન કાગળ માત્ર લાલ પ્રકાશ પસાર થવા દેશે. હવે ઓરડામાં માત્ર લાલ પ્રકાશ છે.

એ જુઓ કે આ પ્રકાશમાં વિભિન્ન રંગોની વસ્તુઓ કેવી દેખાય છે. તમારા અવલોકનોની નોંધ કરો. આ જ પ્રયોગ પીળા અને ભૂરા પ્રકાશમાં પણ કરો.

આ પ્રયોગોથી તમે જે કંઈ શીખ્યા તેના આધારે તમે સમજી શકો છો કે ઓઇલ પેઇન્ટના રંગોને મેળવવાથી સફેદ રંગ કેમ નથી મળતો? એના માટે આપણે બીજો કોઈ ઉપાય કરવો પડશે. એ ઉપાય માટે આપણે ફરી ન્યુટનની વાત કરવી પડશે.

ન્યૂટનની ચકરી

ન્યૂટને વિભિન્ન રંગોને મેળવીને સફેદ પ્રકાશ પ્રાપ્ત કરવાની એક યુક્તિ સૂચવી હતી. એની યુક્તિમાં એક ગોળ ચકરી પર સાત અલગ-અલગ રંગના રૂપમાં લગાડેલા. આ ચકરીને એક પૈડાં પર ચોંટાડીને ફેરવતા હતા. ચિત્ર-1માં આ વ્યવસ્થા બતાવેલી છે. તમે પણ ન્યૂટન ચકરી બનાવીને જોઈ શકો છો કે એને ફેરવવાથી કયા કયા રંગ મળે છે?

પ્રવૃત્તિ-28

આના માટે તમને કાગળ, ક્રેયોન અથવા વૉટર કલર નરમ રંગ, કાર્ડબોર્ડ અને એક એવી ચકરીની જરૂર પડશે કે જે ઉપરથી ચપટી હોય.

એક સફેદ કાગળ પર 5-6 સેમી વ્યાસનું એક વર્તુળ બનાવો. ચિત્ર-2માં બતાવ્યા મુજબ આ વર્તુળને સાત સરખા ભાગમાં વહેંચી દો. દરેક ભાગમાં ઇન્દ્રધનુષના સાત રંગો (જાંબલી, નીલો, વાદળી (ભૂરો), લીલો, પીળો, નારંગી, રાતો)માંથી એક એક વિભાગમાં એક એક રંગ ભરો. આ રંગીન વર્તુળના માપનું પૂંઠુ કાપો. રંગીન વર્તુળને કાપીને પૂંઠા ઉપર ચોંટાડી દો. રંગીન વર્તુળવાળા આ પૂંઠાને એક ચકરડી પર ચોંટાડી દો. ચકરડીને જોરથી ફેરવો.

શું દેખાયું? શું તમને સફેદ રંગ દેખાય છે? શું તમને લાગે છે કે રંગીન ભાગોના કદમાં કંઈ ફેરફાર કરવો જોઈએ?

શું રંગોના ક્રમથી કોઈ ફેર પડે છે? અલગ-અલગ ક્રમમાં રંગ ભરીને જુઓ કે શું પરિણામ મળે છે. તમે એમ પણ કરી શકો છો કે 7ને બદલે 14 ભાગ બનાવો અને દરેક રંગને બે-બે ભાગોમાં ભરો.

ચિત્ર-1

ચિત્ર-2

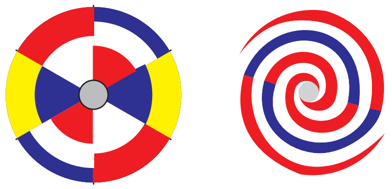
તમે પ્રવૃત્તિ 25માં પાણી અને સમતલ અરીસાની મદદથી જે ઇન્દ્રધનુષ બનાવ્યું હતું એમાં દેખાતા રંગો (વર્ણક્રમ)ને ધ્યાનથી જુઓ. શું બધા રંગોના પટ્ટા સરખા માપના હતા? શું તમને લાગે છે કે ચકરી પર અલગ અલગ રંગોના ભાગો વર્ણક્રમની બરાબર બનાવવાથી સફેદ રંગ મેળવવામાં સરળતા પડશે? કરીને જુઓ. હવે કયો રંગ વધારે દેખાય છે? સફેદ રંગ કેમ ન મળ્યો?

ચકરડીને ઘુમાવવાથી આપણને બધા રંગ અલગ-અલગ કેમ નથી દેખાતા, તે સમજવાની કોશિશ કરીએ.

આપણી આંખના પડદા (રેટીના) પર કોઈપણ પ્રતિબિંબ લગભગ સેકન્ડના દસમા ભાગ સુધી બનેલું રહે છે. જો રેટિના પર આગલું પ્રતિબિંબ એની પહેલા બની જાય, તો બીજું પ્રતિબિંબ પહેલા પ્રતિબિંબની ઉપર બની જાય છે. જ્યારે આપણે ચકરડીને જોરથી ફેરવીએ છીએ તો દરેક રંગનો પ્રકાશ રેટિના પર સેકન્ડના દસમા ભાગ કરતાં ઓછા સમય માટે પડે છે. આવું થાય છે એટલે આપણને સાતેય રંગોનો પ્રકાશ એકસાથે જ દેખાય છે.

સવાલ એ છે કે જો આપણે વિભિન્ન રંગોની પટ્ટીની સાઈઝને વર્ણક્રમની સાઈઝના અનુપાતમાં બનાવી દઈએ, તો પણ આપણને એકદમ સફેદ રંગ નથી દેખાતો. એમાં કોઈને કોઈ રંગની છાંટ દેખાતી જ રહે છે.

હકીકતમાં આપણી આંખો બધાં રંગો પ્રત્યે સરખી સંવેદનશીલ નથી, લાલ અને પીળા પ્રત્યે વધારે સંવેદનશીલ છે. એટલે તમારા રંગો ભલેને સાચા અનુપાતમાં રહ્યા હોય, આંખ પીળા અને લાલને થોડા વધારે જુએ છે. આંખોના આ પૂર્વગ્રહથી બચવા માટે તમારે આ રંગોના ભાગોના આકારને થોડો ઓછો કરવો પડશે.



ઓછા રંગોથી ડિસ્ક બનાવવાની કોશિશ કરો અને રંગની પટ્ટીને બદલે સર્પાકાર પેટર્નનો ઉપયોગ કરો. ઉપર આપેલી પેટર્ન સાથે તમને થોડા રસપ્રદ પરિણામ મળશે.

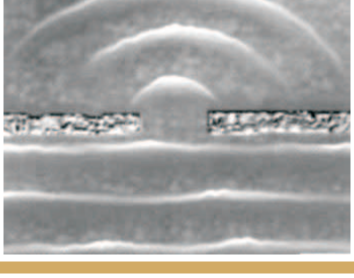
પ્રકાશની વાર્તા

લોકો હંમેશા પ્રકાશની પ્રકૃતિ જોઈને આશ્ચર્ય પામતા રહ્યા છે. તેની ચોક્કસ લાક્ષણિકતાઓ લાંબા સમય સુધી રહસ્યમય જ રહી છે. સદીઓ સુધી વૈજ્ઞાનિકોએ તેને સમજાવવા માટે વિવિધ સિધ્ધાંતોને પ્રસ્તાવીત કર્યા છે. પ્રકાશની પ્રકૃતિને સમજવાની આપણી યાત્રા એ વિજ્ઞાનની પ્રક્રિયાને (સમજવાનું એવું સુંદર ઉદાહરણ છે) (એટલે કે સિધ્ધાંત ત્યારે જ સત્યાર્થતા ધરાવે છે જ્યારે તે દરેક જાણીતી ઘટનાને અને દરેક શોધને સમજાવે. અન્યથા તેમાં ફેરફાર કરવો પડે કે સુધારવો પડે છે) આ યાત્રા, સત્ય જાણવા માટેની નિર્ધારિત ખોજની વાર્તા છે.

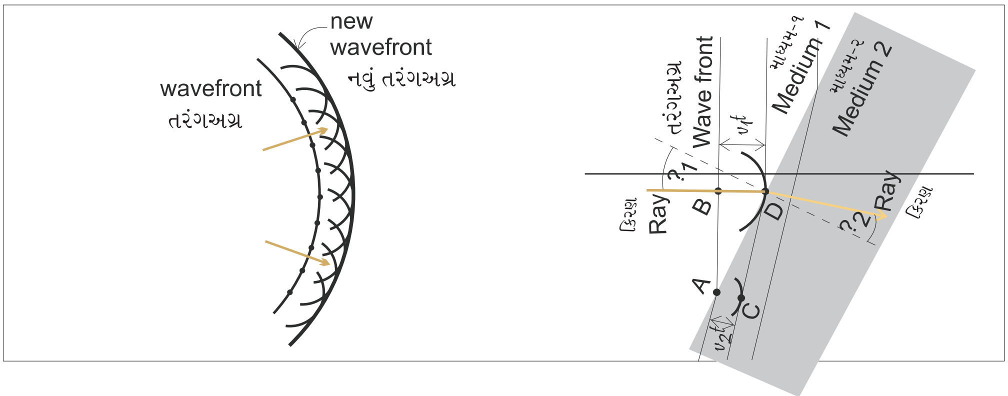
પ્રકાશના ગુણધર્મો અંગેની વિગતવાર પ્રારંભિક માહિતી 1704 માં આઇઝેક ન્યૂટન દ્વારા લખાયેલ પુસ્તક ‘ઓપ્ટિક્સ’માં આપવામાં આવી હતી કે જેનો પાયો તેણે કરેલા પ્રકાશ અંગેના પ્રયોગો અને તેના ઉપરથી લગાવેલા અનુમાનો આધારિત હતો. તેમણે પ્રકાશ અંગે એવો પ્રસ્તાવ મૂક્યો કે પ્રકાશ અતિશય નાના દળરહિત (mass less) સ્થિતિસ્થાપક કણો (corpuscles લેટિનમાં આ શબ્દનો અર્થ કણોનો બનેલો થાય છે.)નો બનેલો છે, જે અતિશય ઝડપે સીધી રેખામાં ગતિ કરતાં હોય છે. પડછાયાની રચનાને તેમણે સરળતાથી એ રીતે સમજાવી કે જ્યારે આ કણો તેના માર્ગમાં આવતી વસ્તુઓથી અવરોધાય છે ત્યારે પડછાયો બને છે. પરાવર્તનને એ રીતે સમજાવવામાં આવ્યું કે પરાવર્તક સપાટી ઉપર આ કણો અથડાઈને પાછા ફેંકાય છે (rebounding). પ્રકાશની પાણી કે કાચમાંથી વાંકા વળવાની ઘટના સમજાવવી થોડી મુશ્કેલ હતી. ન્યૂટને તે માટે યાંત્રિક સમરૂપતાનું સૂચન કર્યું. યાંત્રિક ક્રિયાઓમાં સ્થિતિ ઊર્જામાં થતું પરિવર્તન કણોની ગતિમાં બદલાવ લાવે છે. એવું ધારી લઈને કે , માધ્યમમાં થતો આવો ફેરફાર સ્થિતિ ઉર્જામાં થતાં અચાનક વધારા કે ઘટાડા જેવો છે , ન્યૂટને સૂચવ્યું હતું કે પ્રકાશના કણોની ગતિ જ્યારે તે એક માધ્યમમાંથી બીજા માધ્યમમાં પ્રવેશે છે ત્યારે બદલાય છે. હવાથી -કાચમાં પસાર થતી વખતે પ્રકાશના કણોની લંબ તરફ વાંકા વળવાની ઘટનાને સમજાવવા માટે, તેમણે સ્થિતિ ઊર્જામાં અચાનક ઘટાડો થશે એવું ધારી લીધું કે જે લંબની હવા-કાચને જોડતી સપાટી (interface)તરફના વેગમાં વધારો કરે છે. આ વાતથી પ્રકાશનું વાંકા વળવું તો સમજાયું પરંતુ તે એવા નિષ્કર્ષ પર દોરી ગયું કે પ્રકાશની ગતિ વધુ ઘનતા ધરાવતા કાચ જેવા માધ્યમ કરતાં હવામાં વધુ હોય છે. તે સમયે પ્રકાશની ગતિને માપવા માટેની કોઈ વિશ્વસનીય રીતો નહોતી, તેથી ન્યૂટનનો આ પ્રસ્તાવ લગભગ સદીઓ સુધી પડકારરહિત (unchallenged) રહ્યો.

ન્યૂટનનો સિધ્ધાંત પ્રકાશના વાંકા વળવાની (વક્રીભવનની) અને પ્રકાશિય અવરોધ (interference) (જેની ચર્ચા પછી કરીશું) જેવી અસાધારણ ઘટનાને સંતોષજનક રીતે સમજાવી શક્યા નહિ. તેમ છતાં, ભાગ્યના એક રસપ્રદ ખેલામાં તેમણે પ્રકાશની તરંગ પ્રકૃતિને જોઇ હતી, જે ન્યૂટન્સ રિંગ તરીકે ઓળખાય છે.

લગભગ ન્યૂટનના જ સમય દરમ્યાન, ક્રિશ્ચયન હયુજેન્સે (Huygens) 1678માં સૂચવ્યું કે ધ્વનિના તરંગોની જેમ પ્રકાશ પણ તરંગોનો બનેલો છે , પરંતુ તેની ઝડપ ખૂબ વધારે છે. સીધી રેખામાં પ્રસરણ, પરાવર્તન અને વક્રીભવનની ઘટનાને તરંગ સિધ્ધાંત દ્વારા સમજાવી શકાઈ હતી. તેનો મહત્વપૂર્ણ ખ્યાલ વેવફ્રન્ટ (તરંગ અગ્ર)છે. હ્યુજનના શબ્દોમાં કહીએ તો ,'' વેવફ્રન્ટ ઉપર આવેલ દરેક બિંદુ તે નાના પ્રકાશિયપુંજ (wavelets)ના સ્રોત તરીકે ગણી શકાય, જે આગળની તરફ તરંગની જ ઝડપે ફેલાય છે. એક નવું તરંગ અગ્ર (વેવફ્રન્ટ) એ આવા જ બધાં નાના પ્રકાશિયપુંજનું (wavelets)આવરણ છે. - જે તે બધાં વેવફ્રન્ટનો એક સ્પર્શક છે.''



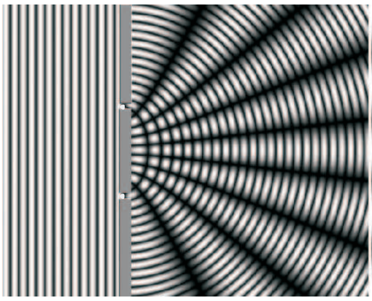
બાજુમાં દર્શાવેલું ચિત્ર એક દરીયા કિનારે આવેલી દિવાલનું છે કે જેમાં એક નાનો વિભાગ ખુલ્લો છે. દરીયાના મોજાં સમાંતર તરંગો સ્વરૂપે જોઈ શકાય છે. પરંતુ તે જ્યારે દિવાલ સાથે અથડાઈને નાના વિભાગમાંથી પસાર થાય છે, ત્યારે તે સમાંતર રહેવાને બદલે વર્તુળાકાર બની જાય છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, તરંગો નાના વિભાગની બંને બાજુએ બહારની તરફ ફેલાય છે. જેને તરંગોનું વિવર્તન કહેવામાં આવે છે.



વક્રીભવનને સમજાવવા, આપણે પ્રકાશપુંજને એકની પાછળ એક ગતિ કરતાં ઘણાં બધાં તરંગઅગ્ર (વેવફ્રન્ટ) સ્વરૂપે જોઈએ, જે રીતે ઉપરની આકૃતિમાં દર્શાવ્યું છે. જ્યારે આ વેવફ્રન્ટ બીજા માધ્યમના બિંદુ A ઉપર પહોંચે છે તે ધીમું પડી જાય છે, જ્યારે બિંદુ B ઉપર તે પહેલાં જેટલી ઝડપે જ ગતિ કરે છે. જો પ્રકાશના કિરણને બિંદુ B થી બિંદુ D ઉપર પહોંચતાં t સમય લાગે તો (જો માધ્યમ1 માં તેની ઝડપ v1 હોય તો સમય t= BD/v1). આજ સમયમાં બિંદુ A ઉપરનું તરંગ જેટલું અંતર કાપવું પડે જે અહી AC છે અહી AC એ BD કરતાં નાનું છે કેમકે V2 , V1 કરતાં ઓછી છે અને તેથી વેવફ્રન્ટ પોતાની દિશા બદલી નાંખશે. (ત્યારબાદ બિંદુ B અને બિંદુ C ઉપરના વેવફ્રન્ટ સમાન ઝડપ V2થી ગતિ કરશે અને તે સીધી રેખામાં ગતિ કરવાનું ચાલુ રાખશે. આ સૂચવે છે કે પ્રકાશની ઝડપ વધુ ઘનતાવાળા માધ્યમમાં ઓછી હોય છે.

કદાચ, તરંગ સિધ્ધાંતની મોટામાં મોટી સફળતા એ હતી કે તેના દ્વારા પ્રકાશવિક્ષેપન (વાંકા વળવું)અને પ્રકાશ અવરોધની ઘટનાને ખાસ કરીને આગસટીન ફ્રેશનલ દ્વારા થયેલા કાર્યને લીધે સમજાવી શકાઈ હતી. સામાન્ય ખ્યાલથી વિરુધ્ધ, પડછાયો વાસ્તવમાં એટલો સ્પષ્ટ હોતો નથી, જ્યારે પડછાયાની ધારનું નજીકથી નિરીક્ષણ કરવામાં આવે, તો તે વારાફરતી ઘેરી અને ચમકતી રેખાઓ દર્શાવે છે. તેને તરંગ સિધ્ધાંતના આધારે સમજાવી શકાય છે. આ પ્રક્રિયા જેને કારણે ધાર ધૂંધળી (blurred) થાય છે તે વિવર્તન (diffraction) છે, જે પાણીમાં કોઈ એક અવરોધની આસપાસ તરંગોના પ્રસરણ અને તેની તરફ વળવા સમાન છે. જ્યારે તળાવ કે સરોવરના પાણીની સ્થિર સપાટી ઉપર નાના પથ્થર જેવો કોઈ અવરોધ નાખવામાં આવે ત્યારે, તરંગો ઉત્પન્ન થાય છે અને તેનું પ્રસરણ નવી દિશામાં થાય છે તેવી જ રીતે, જ્યારે પ્રકાશ નાની તિરાડ (slit) માંથી પસાર થાય છે ત્યારે તેના તરફ વાંકું વળે છે. તમે આ વિક્ષેપનની ઘટનાને તમારી આંગળીઓની વચ્ચે બનતી નાની જગ્યામાંથી જોઈ શકો છો. જ્યારે બીજી બાજુ, પ્રકાશના અવરોધની ઘટના પ્રકાશના બે તરંગોના મિશ્રણથી સંલગ્ન છે જે વારાફરતી ચમકતી અને ઘેરી ભાત બનાવવા તરફ દોરે છે. પાણીના તરંગો સાથેની સમાનતા અહીં પણ તમને મદદરૂપ થાય છે

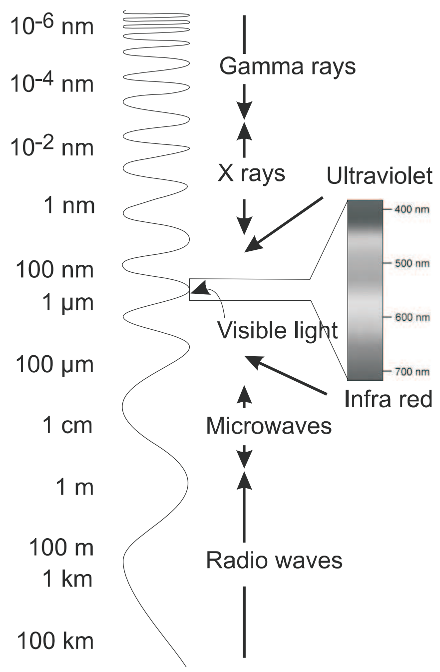
થોમસ યંગે તેના વર્ષ 1804 માં કરેલા પ્રખ્યાત "ડબલ સ્લિટ" પ્રયોગ દ્વારા પ્રકાશ અવરોધની ઘટના જોઈ હતી. પ્રકાશ અવરોધ અને વિક્ષેપનની આ ઘટના કણ સિધ્ધાંત દ્વારા સમજાવી શકાતી નથી.



જ્યારે તમે તળાવના સ્થિર પાણીમાં પથ્થર ફેંકો છો ત્યારે તેમાં ઉઠતાં વર્તુળાકાર તરંગોને તમે જોઈ શકો છો. જો આપણે બે પથ્થર એકબીજાની બાજુ બાજુમાં નાંખીશું તો આપણે બે તરંગો જોઈ શકીશું. જ્યારે આ તરંગોની કિનાર (crest) એકબીજાને મળે છે ત્યારે તે એક મોટી કિનાર બનાવે છે. પરંતુ જ્યારે એક તરંગની કિનાર બીજા તરંગના કડી (trough) સાથે અથડાય છે ત્યારે તેઓ એકબીજાને નષ્ટ કરે છે. આને જ તરંગ અવરોધ કહે છે.

તેમ છતાં તરંગ સિધ્ધાંત સંપૂર્ણ સફળ ન હતો. કણ સિધ્ધાંતને અનુસરનારાઓએ મુદ્દો ઉઠાવ્યો કે અવાજના તરંગો તો શૂન્યાવકાશમાં ગતિ કરી શકતા નથી જ્યારે પ્રકાશ તો ગતિ કરે છે, તેથી તે તરંગ ન હોઈ શકે. આ બંને સિધ્ધાંતો પ્રકાશની અલગ અલગ માધ્યમમાં ઝડપને લઈને પણ અલગ પડતાં હતા. તરંગ સિધ્ધાંત અનુસાર પાતળા માધ્યમ કરતાં ઘટ્ટ માધ્યમમાં પ્રકાશની ઝડપ ઓછી હોવી જોઈએ જે કણ સિધ્ધાંતની આગાહી કરતાં એકદમ વિરુધ્ધ હતો. આ મુદ્દો સદીઓ પછી ઉકેલાયો 1850 માં, જ્યારે જીન ફૉકલ્ટે (jean Foucault) પ્રકાશની ઝડપ પાણીમાં માપી અને શોધ્યું કે તે હવા અને શૂન્યાવકાશની તેની ઝડપ કરતાં ઓછી હોય છે. આ દરમ્યાન, હવામાં પ્રકાશની ઝડપ આરમન્ડ ફીઝવ (Armand Fizeau) દ્વારા 1849 માં માપવામાં આવી.

19મી સદીના અંત સુધીમાં, વિદ્યુત ચુંબકીય (electromagnetic) તરંગોનો ખ્યાલ વિકસ્યો હતો. જેમ્સ મેક્સવેલે આ તરંગોનો સૈધ્ધાંતિક પાયો નાખ્યો હતો. એ દર્શાવીને કે ઈલેક્ટ્રિક ચાર્જને આંદોલિત કરવાથી તેમાંથી ઊર્જા, તરંગના સ્વરૂપે ફેલાય છે. આ ઈલેક્ટ્રોમેગ્નેટિક તરંગોને પોતાના પ્રસારણ માટે કોઈ માધ્યમની જરૂર હતી નહીં. મેક્સવેલના સિધ્ધાંત અનુસાર આ ઈલેક્ટ્રોમેગ્નેટિક તરંગોની શૂન્યાવકાશમાં ઝડપનું અનુમાન કરી શકાતું હતું અને તે પ્રકાશની ઝડપ સાથે મેળ ખાતું હતું, જે ફેઝન અને ફોકલ્ટ દ્વારા પ્રાયોગિક ધોરણે નિર્ધારિત કરાયું. પ્રકાશને ઈલેક્ટ્રોમેગ્નેટિક તરંગો દ્વારા દર્શાવવાથી, ભૌતિકશાસ્ત્રીઓ પ્રકાશની તરંગ પ્રકૃતિ અંગે ઉઠેલા ઘણાં બધાં વાંધા-વાંચકાઓના જવાબ આપી શક્યા . આ સિધ્ધાંતનો ઉપયોગ કરીને મોટાભાગની ઘટનાઓને સમજાવી શકાય છે.

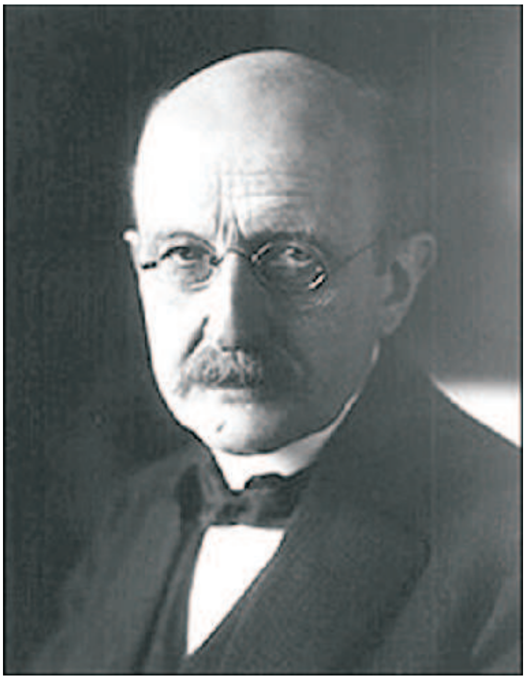


જે પ્રકાશ આપણી આંખો દ્વારા જોઈ શકાય છે તે ઈલેક્ટ્રોમેગ્નેટિક કિરણોત્સર્ગનો એક નાનો ભાગ છે, જેને તેની તરંગ લંબાઈની શ્રેણીથી ઓળખાય છે. 400-700 nm શ્રેણીની તરંગ લંબાઈ ધરાવતા કિરણોત્સર્ગ/રેડીએશનને આપણી આંખો દ્વારા વિવિધ રંગ શ્રેણી (જાનીવાલીપીનારા) સ્વરૂપે જોઈ શકાય છે. જેનાથી નાની તરંગ લંબાઈ ધરાવતા કિરણોને અલ્ટ્રાવાયોલેટ, જ્યારે તેનાથી વધુ તરંગ લંબાઈ ધરાવતા કિરણોને ઈન્ફ્રારેડ કહેવાય છે. 0.1-100 m સુધીની તરંગ લંબાઈ વાયરલેસ કોમ્યુનિકેશનમાં ઉપયોગી છે જ્યારે 1 nm થી ઓછી તરંગ લંબાઈને આપણે x –ray તરીકે ઓળખીએ છીએ.

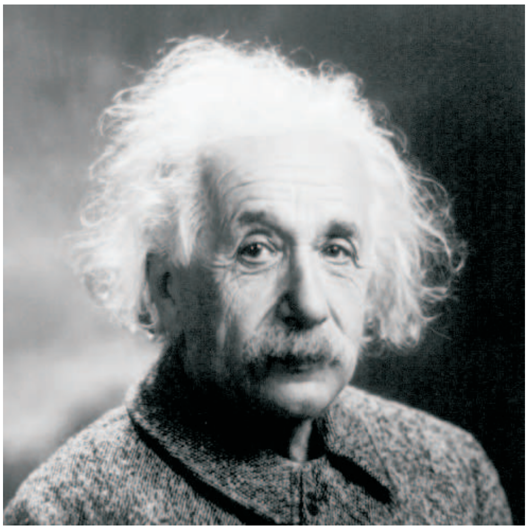
ઘણી બધી બાબતો આમ સરસ રીતે ગોઠવાઈ જતાં , પ્રકાશની તરંગ પ્રકૃતિ ચોક્કસ રીતે સ્થાપિત થઇ ગયેલી દેખાતી હતી. પરંતુ 20મી સદીમાં ભૌતિકશાસ્ત્રની એક નવી જ શાખા ઉદ્ભવી –ક્વોન્ટમ મિકેનિક્સ- જે ફરીથી માત્ર આપણા પ્રકાશની પ્રકૃતિ અંગેના ખ્યાલોને નહિ પરંતુ સમગ્ર અતિ સૂક્ષ્મદુનિયા (submicroscopic world)ના ખ્યાલોને બદલી નાખવાની હતી.

આલ્બર્ટ આઈન્સ્ટાઈનની ઈલેક્ટ્રિક અસરની શોધ અને તેની અનુગામી સમજૂતી ફરીથી એ વિચારને પાછો લાવ્યો કે, પ્રકાશ કદાચ ખરેખર કણોનો બન્યો હોઈ શકે. એવું નિરીક્ષણ કરવામાં આવ્યું કે જ્યારે પ્રકાશ કેટલાંક ચોક્કસ પદાર્થ (materials) ઉપર પડે છે, ત્યારે ઈલેક્ટ્રોન ઉત્સર્જિત થાય છે. આ જ તો ફોટોઈલેક્ટ્રીક અસર છે. આ ત્યારે જ થાય છે જ્યારે પ્રકાશના આપાત કિરણની તરંગ લંબાઈ એક ચોક્કસ મૂલ્ય કરતાં ટુંકી હોય. જ્યારે પ્રકાશની તરંગ લંબાઈ આ મૂલ્ય કરતાં વધુ હોય ત્યારે ઈલેક્ટ્રોન ઉત્સર્જિત થતાં નથી, ભલે તેની તીવ્રતા (intensity) ગમે તેટલી વધારે હોય. જ્યારે તરંગ લંબાઈ આ મૂલ્ય કરતાં ટુંકી હતી ત્યારે ઘટતી તરંગલંબાઈ સાથે ઈલેક્ટ્રોનની સંખ્યામાં વધારો થતો નહોતો પરંતુ તેની ઉર્જા વધતી હતી. ઈલેક્ટ્રોનની સંખ્યામાં વધારો કરવા માટે કિરણોની તીવ્રતામાં વધારો કરવો જરૂરી હતો, નહીં કે તેની તરંગ લંબાઈમાં ફેરફાર કરવાનો. જો પ્રકાશ તરંગ હોત તો તેની તીવ્રતા વધારવાથી ઉત્સર્જિત થતાં ઈલેક્ટ્રોનની ઉર્જામાં વધારો થવો જોઈતો હતો.

આઇન્સ્ટાઈને દર્શાવ્યું કે જો કોઈ એવું માને કે પ્રકાશ કણોનો બનેલો છે અને દરેક કણ ચોક્કસ ઉર્જા ધરાવે છે, તો આ રોચક ફોટોઇલેક્ટ્રિક અસરને સમજાવી શકાય. દરેક પ્રકાશનો કણ એક ઇલેક્ટ્રોન છૂટો કરે છે. પ્રકાશ કણોનું વધારે શોષાવું એવું દર્શાવે છે કે વધુ ઇલેક્ટ્રોન છૂટા પડે છે, પણ જો ઊર્જા તેમના છૂટા પાડવા (છટકી જવા) માટે પૂરતી હોય તો. જો દરેક પ્રકાશ કણોની ઊર્જા ઇલેક્ટ્રોન છૂટા પાડવા માટે જોઈતી ઊર્જા કરતાં વધુ હોય તો, એ વધારેની ઊર્જા છૂટા પડતાં ઇલેક્ટ્રોનની ગતિ ઊર્જામાં રૂપાંતરિત



મેક્સ પ્લાંક



આલ્બર્ટ આઈન્સ્ટાઈન જેમણે પ્રકાશની દ્વિસ્વરૂપ પ્રકૃતિનો પ્રસ્તાવ મૂક્યો.

થાય છે. આ દલીલ પરિસ્થિતિ સાથે ખૂબ જ બંધબેસતી હતી, તેથી એક વખત ફરીથી પ્રકાશની પ્રકૃતિ ચર્ચામાં આવી કે પ્રકાશ કણ છે કે તરંગ?
આને પ્રકાશનું તરંગ-કણ દ્વિસ્વરૂપ (duality) કહેવામાં આવે છે. બીજો પ્રશ્ન એ ઊભો થાય છે કે શું પ્રકાશમાં એવું કંઈક વિશેષ છે કે જે દ્વિસ્વરૂપ પ્રકૃતિ દર્શાવે છે? લુઈસ ડી બ્રોગલીએ સૂચવ્યું કે કણની જેમ અને તરંગની જેમ માત્ર પ્રકાશ જ નહિ ઇલેક્ટ્રોન પણ આમ દ્વિસ્વરૂપે વર્તે છે. આ અવલોકનોને લીધે પ્રકાશ જેવા ખૂબ નાના કણો(હવે નામ બદલીને ફોટોન)ની દુનિયા અને ઇલેક્ટ્રોન માટે આપણી વિચારસરણીમાં આમૂલ પરિવર્તન આવ્યું. નીલ્સ બહોર, લુઈસ ડી બ્રોગલી, વર્નર હેઝનબર્ગ, શ્રોડિંજર અને પોલ ડાયરેકનું કાર્ય આપણી વર્તમાન સમજ તરફ દોરી ગયા કે ફોટોન અને અન્ય કણો દ્વિસ્વરૂપ પ્રકૃતિ (દ્વૈતભાવ) દર્શાવે છે. મુખ્ય મુદ્દો એ છે કે આ કણો અત્યંત સૂક્ષ્મ છે. કોઈ પણ માપનની પ્રક્રિયામાં તેમની અંદર થતી ઉર્જાનો સમાવેશ હોય છે અને જે તેમની અવસ્થાને વિકૃત કરે છે. અહીં માપન શબ્દને ખૂબ વ્યાપક સામાન્ય અર્થમાં સમજવો જોઈએ. ઉદાહરણ તરીકે, ફોટોઇલેક્ટ્રિક અસરમાં 'માપન'માં પ્રત્યેક અણુની પ્રકાશ સાથેની આંતરક્રિયા સામેલ છે. પરંતુ પરાવર્તનમાં પ્રત્યેક અણુની પ્રકાશ સાથેની કોઈ આંતરક્રિયા સામેલ નથી. પહેલી વાતમાં (former) તે કણ-સ્વરૂપ આંતરક્રિયા છે, જ્યારે બીજી વાતમાં તે તરંગ-સ્વરૂપ આંતરક્રિયા છે. અહી ફોટોનની ઉર્જા અને તેની તરંગ લંબાઈ વચ્ચે સ્પષ્ટ સંબંધ છે.

$E=hc/\lambda$ અહી h અને c અનુક્રમે પ્લાંકનો (Planck's) અચળાંક છે અને પ્રકાશની ઝડપ છે.

"તરંગ પ્રકૃતિ કે કણ પ્રકૃતિમાંથી પરિસ્થિતિને અનુરૂપ શું છે?" એ સવાલનો જવાબ, આંતરક્રિયા કરતી વસ્તુના કદ કરતાં તેની તરંગ લંબાઈ નાની છે કે મોટી છે, તેના પર આધાર રાખે છે. સપાટી તેની તરંગ લંબાઈ કરતાં ઘણી મોટી હોય તો પરાવર્તન કે વક્રીભવન માટે પ્રકાશની તરંગ-સ્વરૂપ પ્રકૃતિ હામી થાય છે, જ્યારે બીજી તરફ, ફોટોઇલેક્ટ્રિક અસરમાં તેની કણ-સ્વરૂપ પ્રકૃતિ હામી થાય છે.

પરિશિષ્ટ-1

થોડી વ્યાખ્યાઓ અને થોડું ગણિત

આપણે વક્ર અરીસા દ્વારા રચાતા પ્રતિબિંબને સમજવા માટે કેટલીક આકૃતિઓ દોરી છે. શું એવું સંભવ છે કે આપણે થોડી વધુ ચોક્કસ આકૃતિઓ બનાવીએ અને એ પણ જોઈ શકીએ કે વસ્તુના પ્રમાણમાં પ્રતિબિંબ કેટલું નાનું કે મોટું બનશે? એટલે મોટવણી (m) કેટલી હશે?
હા, એ કરી શકાય પરંતુ એ પહેલાં આપણે વક્ર અરીસાને અનુલક્ષીને કેટલીક વ્યાખ્યા ફરીથી જોઈ લઈએ.

(1) **ધ્રુવ** (Pole/vertex) V : વક્ર અરીસાની પરાવર્તક સપાટીના કેન્દ્રને અરીસાનું ધ્રુવ કે વર્ટેક્ષ કહે છે.

(2) **વક્રતા ત્રિજ્યા** (R) **અને વક્રતા કેન્દ્ર** (C) : વક્ર અરીસો જે પોલા ગોળાને કાપીને તૈયાર કરવામાં આવ્યો છે તેની ત્રિજ્યાને તે વક્ર અરીસાની **વક્રતા ત્રિજ્યા (R)** કહે છે અને તે ગોળાના કેન્દ્રને વક્ર અરીસાનું **વક્રતાકેન્દ્ર (C)** કહે છે.

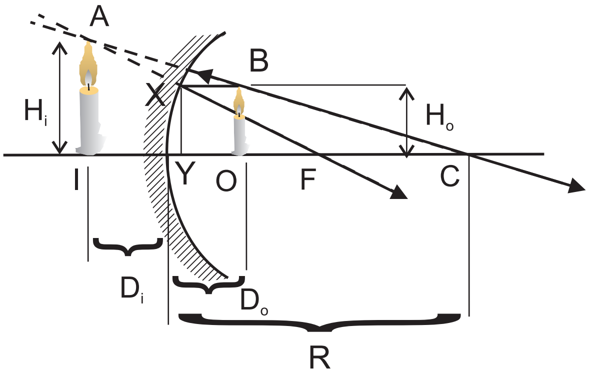
(3) **મુખ્ય અક્ષ :** કિરણ ચિત્રમાં એક લાઈન દોરેલી હોય છે, જે ધ્રુવ અને વક્રતા કેન્દ્રમાં થઈને જાય છે. એટલે કે અરીસાના ધ્રુવ (V) અને વક્રતાકેન્દ્ર (C)માંથી પસાર થતી કાલ્પનિક રેખા-જેને અરીસાનો મુખ્ય અક્ષ કહે છે.

(4) **નાભિ અથવા કેન્દ્ર** (F): વક્ર અરીસાના મુખ્ય અક્ષ ઉપર આવેલું એવું બિંદુ કે જ્યાં અરીસા ઉપર આપાત થતા સમાંતર કિરણો પરાવર્તિત થઈને એક બિંદુ ઉપર કેન્દ્રિત થાય અથવા કેન્દ્રિત થતા હોય તેવો ભાસ થાય. તે બિંદુને અરીસાનું **મુખ્ય કેન્દ્ર (F)** કહે છે.

(5) **કેન્દ્રલંબાઈ :** અરીસાના ધ્રુવ (V) અને મુખ્ય કેન્દ્ર (F) વચ્ચેના અંતરને અરીસાની **કેન્દ્ર લંબાઈ (f)** કહે છે.

*** કેન્દ્ર લંબાઈ (f) અને વક્રતા ત્રિજ્યા (R)** વચ્ચે નીચે મુજબનો સંબંધ હોય છે : R = 2f

(6) પ્રતિબિંબની મોટવણી (આવર્ધન)(m) : વસ્તુના કદના અને પ્રતિબિંબના કદનો ગુણોત્તર એટલે મોટવણી



$$m = \frac{Di}{Do}$$

જ્યાં Di = ધ્રુવથી પ્રતિબિંબનું અંતર
Do = ધ્રુવથી વસ્તુનું અંતર
Hi = પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ
Ho = વસ્તુની ઊંચાઈ

(1) અહીં વસ્તુની ઊંચાઈ Ho હંમેશા ધન હોય છે.

(2)જો પ્રતિબિંબ ચત્તુ (અક્ષની ઉપર) મળે તો Hi ધન હશે અને તો પ્રતિબિંબની મોટવણી (m) પણ ધન બનશે.

(3)જો પ્રતિબિંબ ઊલ્ટું (અક્ષની નીચે) મળે તો Hi ઋણ બનશે અને તો પ્રતિબિંબની મોટવણી (m) પણ ઋણ મળશે.

<u>**યાદ રાખો :**</u> મોટવણીનું ધન મૂલ્ય વસ્તુનું આભાસી પ્રતિબિંબ રજૂ કરે છે.
મોટવણીનું ઋણ મૂલ્ય વસ્તુનું વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ રજૂ કરે છે.
વસ્તુ અંતર (Do), પ્રતિબિંબ અંતર (Di) અને કેન્દ્રલંબાઈ (f) વચ્ચેનો સંબંધ નીચેના સમીકરણ દ્વારા દર્શાવી શકાય છે.

$$\frac{1}{Di} + \frac{1}{Do} = \frac{1}{f}$$

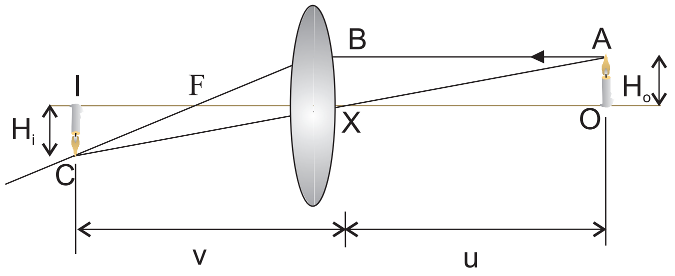
આ સમીકરણને સમરૂપ ત્રિકોણ AIC અને BOCના ગુણધર્મોના આધારે સાબિત કરી શકાય છે. બંને ત્રિકોણો સમરૂપ છે.

લેન્સનું સમીકરણ

વસ્તુ અંતર (u) પ્રતિબિંબ અંતર (v) અને કેન્દ્રલંબાઈ (f) વચ્ચેના સંબંધને પણ વક્રઅરીસાના સમીરકણની જેમ જ દર્શાવી શકાય.

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

અહીં લેન્સથી વસ્તુનું અંતર (u) અને પ્રતિબિંબ અંતર (v) તરીકે દર્શાવ્યું છે.



ઉપરની આકૃતીમાં ત્રિકોણ AOX અને ICX સમરૂપ ત્રિકોણ છે.

તેથી: $H_i/H_O = v/u$

ત્રિકોણ BXF અને ICF પણ સમરૂપ છે. અને

તેથી: Hi/Ho = (v-f)/f

$$\frac{(v\text{-}f)}{f} = \frac{v}{u}$$

$$=> \quad \frac{v}{f} = \frac{v}{u} + 1$$

સમીકરણની બન્ને તરફ v વડે ભાગી સાદુરૂપ આપતા

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

આ રીતે લેન્સના સુત્રને સાબિત કરી શકાય છે. બીજી બાબતો માટે પણ આ સુત્રને સાબિત કરી શકાય છે. આવું કરતી વખતે પરીશિષ્ટ-૧ માં આપેલ ચિન્હ માટેના નિયમોને ધ્યાનમાં રાખવાનું ભૂલશો નહીં.

પ્રવૃત્તિઓની યાદી

પ્રવૃત્તિ ક્રમ	પ્રવૃત્તિ	પાના નં.
1	પડછાયાની રમતો	08
2	પડછાયાની આકૃતિ	09
3	શું બધી વસ્તુનો પડછાયો બને છે	10
4	વિભિન્ન પ્રકાશ સ્રોતથી બનેલા પડછાયા	13
5	પ્રકાશ બધી દિશામાં સીધી રેખામાં ગતિ કરે છે.	14
6	તમારો પિનહોલ કેમેરા બનાવો	15
7	અલગ-અલગ આકૃતિના કાણાંથી પ્રકાશના પડછાયાની આકૃતિ તપાસવી	17
8	સમતલ અરીસા દ્વારા પ્રકાશનું પરાવર્તન/પરાવર્તનના નિયમો જાણો	20
9	અરીસામાં જોઈને કોઈ વસ્તુ ટ્રેસ કરવી	24
10	તમારો પેરિસ્કોપ બનાવો	26
11	કેલિડોસ્કોપ બનાવો	28
12	તમારી નોટબુકને અરીસો બનાવો	29
13	અંતર્ગોળ અરીસાનું કેન્દ્રબિંદુ જાણવું	32
14	અંતર્ગોળ અરીસા માટે પ્રતિબિંબની સ્થિતિ જાણવી	33
15	કાચના ટુકડા દ્વારા વક્રીભવન સમજવું	39
16	કાચના ટુકડાની અંદર પ્રકાશ કિરણનો માર્ગ જોવો	42
17	કિરણ પૂંજનું વળવું અથવા મૃગજળ કેવી રીતે બને છે	44
18	પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન	44
19	કાચના નળાકાર પાત્રમાંથી લેસર પૂંજનું વળવું	46
20	પાણી - પ્રકાશ ફૂવારો	46
21	સમબાજુ પ્રિઝમ દ્વારા વક્રીભવન	49
22	સૂર્ય પ્રકાશથી દીવાસળી સળગાવવી	53
23	બહિર્ગોળ લેન્સ માટે પ્રતિબિંબની સ્થિતિ જાણવી	55
24	પ્રકાશની તીવ્રતાનું માપન	67
25	પાણીના વાસણમાંથી પ્રકાશનો વર્ણપટ મેળવવો	71
26	રંગોનું મિશ્રણ	74
27	આપણે રંગ કેવી રીતે જોઈએ છીએ તે સમજવું	74
28	ન્યૂટન ચકરી બનાવવી	76

સુચિ

	પાના નં.
વક્રીભવન	39
ગોળ સપાટીથી	51
નિયમ	42
સમતલ સપાટીથી	39
વક્રીભવનાંક	41
વ્યાખ્યા	41
હવા-કાચ	45
હવા-પાણી	45
હીરા	46
અપારદર્શી	10
અબુ અલી અલ હસન	17,38
અભિલંબ	20,30
અલ ખીંદી	38
અર્ધપારદર્શી	10
અંતર્ગોળ અરીસા	30
કિરણ રેખા ચિત્ર કેવી રીતે બનાવવું	34
પ્રતિબિંબ જાણવા (પ્રયોગ કરીને)	33
પ્રતિબિંબ જાણવું (સૈદ્ધાંતિક રીતે)	34
કેન્દ્રબિંદુ	32
કેન્દ્રબિંદુ શોધવું	32
વક્રતા કેન્દ્ર	31
અંતર્ગોળ લેન્સ	51
કિરણ રેખાચિત્ર બનાવવું	54
આવર્ધક કાચ	58
ઓગસ્ટિન જ્યા ફ્રેનેલ	59
ઇન્દ્રધનુષ	72
બહિર્ગોળ અરીસો	30,37
કિરણ રેખાચિત્ર – કેવી રીતે બનાવવું	54
પ્રતિબિંબ બનવું	53
કેન્દ્રલંબાઈ જાણવી	53
કેન્દ્ર બિંદુ	52
વક્રતા કેન્દ્ર	52
બહિર્ગોળ લેન્સ	51, 54
ઘણાં પ્રતિબિંબ	27
કિરણ ચિત્ર	34
અંતર્ગોળ અરીસા	34
અંતર્ગોળ લેન્સ	34
બહિર્ગોળ અરીસા	37
સમતલ અરીસા	24
કેપલર	57
કેમેરા	57
ઓબ્સ્ક્યુરા	17
પિન હોલ	15

	પાના નં.
કેલિડોસ્કોપ	28
ક્રાંતિકોણ	48
ક્રોમેટિક ગરબડ	74
વક્ર અરીસા	30
ગ્રીસ સ્પોટ પ્રકાશમાપક	67
ચિહ્ન પ્રણાલી	77
પડછાયો	8
પડછાયાનો રંગ	13
પડછાયાની રમતો	8
પડછાયો કેવી રીતે બને છે	11
જી બેકમેન	47
ટોમાસી દ મોડેના	57
ડબ્લૂ સ્નેલ	41
તીવ્રતા	67
અરીસા	30
અંતર્ગોળ અરીસા	30
બહિર્ગોળ અરીસા	30,37
દૂરબીન	65
નરિન્દર કાપની	48
ન્યૂટન	76
ન્યૂટનની ચકરી	76
પરાવર્તન	19
આપણી આસપાસની સામાન્ય સપાટીથી	38
ખરબચડી સપાટીથી	28
વક્ર અરીસાથી પ્રવૃત્તિ	29
નિયમ જાણવા માટે	20
નિયમ, વક્તવ્ય, સ્પષ્ટીકરણ	21
નિયમિત	29
સમતલ અરીસાથી	22
પારદર્શી	10
પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન	44
પેરિસ્કોપ	26
પ્રકાશનું વર્ણ-વિભાજન	71
પ્રકાશ કિરણ બનાવો	19
પ્રકાશ દિપ્તી	69
પ્રકાશ સ્રોત	13
બિંદુ	13
વિસ્તારિત	13
પ્રકાશીય તંતુ	47

	પાના નં.
પ્રતિબિંબ	25
આભાસી	25,36,55
ઉલ્ટું	15,16,36
મોટું	36
વાસ્તવિક	25,36.55
પ્રિઝમ	49
પરાવર્તક સપાટી તરીકે ઉપયોગ	62
પ્રકાશીય ઉપકરણોમાં ઉપયોગ	61
સમકોણ	61
સમભુજ	49
સાઈકલના રિફ્લેક્ટરમાં ઉપયોગ	62
ફ્રેસનેલ લેન્સ	59
બાયનોક્યુલર્સ	62
બ્રાયન ઓબ્રિએન	48
બુસ્ટર	28
મૃગજળ (મરીચિકા)	43
મુખ્ય અક્ષ	77
રંગ	71
લેન્સ	51
ઇતિહાસ	57
બહિર્ગોળ-અંતર્ગોળ	51
પ્રકાશીય ઉપકરણોમાં ઉપયોગ	57,63,66
સમતલ-અંતર્ગોળ	51
સમતલ બહિર્ગોળ	51
સમીકરણ	78
સૂક્ષ્મદર્શકમાં ઉપયોગ	63
વક્રતાકેન્દ્ર	52
લેન્સ કે અરીસાની મોટવણી	77
લેઝર પોઇન્ટરનો ઉપયોગ કરતી વખતે સાવધાની રાખવી	19
વક્રતાત્રિજ્યા	52,77
વર્ટેક્સ	77
વૉટ	69
વિચલન કોણ (પ્રિઝમમાં)	50
સમતલ અરીસા	22,23
એક કોણ પર ઘણાં સમતલ અરીસા	27
કિરણ મોડેલનો ઉપયોગ	19
પ્રતિબિંબની સ્થિતિ	24
ડાબું-જમણું બદલાઈ જવું	25
સૂક્ષ્મદર્શક	63
સ્નેલનો નિયમ	41
લ્યુમેન	69

આભાર

શાળામાં વિજ્ઞાન પ્રયોગો દ્વારા ભણાવી શકાય છે એ વિચારનો મારો પહેલવહેલો સામનો હોસંગાબાદ વિજ્ઞાન શિક્ષણ કાર્યક્રમ (HSTP) પ્રશિક્ષણ દરમ્યાન થયેલો. આ મોડ્યુલ એ યાત્રાનું પરિણામ છે જે ત્યાંથી શરૂ થયેલી. આ પુસ્તકમાં આપેલા ઘણા વિચારો અને પ્રયોગો આ પ્રશિક્ષણ દરમિયાન કરીને જોવામાં આવ્યા છે. હું એ તમામ શિક્ષકો-શિક્ષિકાઓ અને સ્રોત વ્યક્તિઓનો આભાર માનવા માગું છું જેમણે આ કાર્યક્રમમાં પોતાનો મહત્ત્વપૂર્ણ ફાળો આપ્યો છે. આ મોડ્યુલમાં આપવામાં આવેલા પ્રયોગો અને પ્રવૃત્તિઓને ભેગી કરવામાં અને તેનું સત્યાપન કરવામાં મદદ કરવા બદલ હું પ્રમોદ મૈથિલનો પણ આભાર માનું છું. ડૉ.રમાચારી અને ડૉ.ભાસ બાપટને ખાસ ધન્યવાદ આપવા માગું છું કેમકે આ મોડ્યુલના વિષયવસ્તુની વૈજ્ઞાનિક સત્યતા પાકી કરવા માટે મારા ઘણા લખાણોને વાંચવાની મહેનત કરી. સમીક્ષા કરવા અને મહત્ત્વપૂર્ણ સૂચનો આપવા માટે હું એકલવ્યના સ્રોત સમૂહ સભ્યો – ડૉ. ઊર્જિત યાજ્ઞિક, ડૉ. અમિતાભ મુખરજી તથા અન્ય – ને ધન્યવાદ આપું છું. એકલવ્ય ટીમના અરવિંદ સરદાના, હિમાંશુ શ્રીવાસ્તવ, પ્રજ્ઞા શ્રીવાસ્તવ અને ડૉ. ઉમા સુધીરનો મોડ્યુલના વિવિધ પાસાઓમાં મદદ કરવા બદલ આભાર. સંપાદકીય સૂચનો બદલ ડૉ. ઉમા સુધીરનો આભાર. છેવટે અતિમ સ્તરના સંપાદન અને લે-આઉટ તથા ગ્રાફિક્સમાં મદદ કરવા માટે સમગ્ર એકલવ્ય પ્રકાશન ટીમનો આભાર

આમોદ કારખાનીસ

વિવિધ પરિસ્થિતિઓમાં પ્રકાશનું વર્તન કેટલીયે રસપ્રદ ઘટનાઓને જન્મ આપે છે. આ ઘટનાઓને કેટલાંક સરળ પ્રયોગો દ્વારા સમજી શકાય છે. એટલું જ નહી આ પ્રયોગોના માધ્યમથી પાયાની પૂર્વધારણાઓને પણ ઊંડાણ પૂર્વક સમજવામાં મદદ મળે છે.

આ મોડ્યુલમાં પ્રકાશને સંબંધીત એ બધાંજ વિષયોનો સમાવેશ કરવામાં આવ્યો છે. જે માધ્યમિક અને ઉચ્ચતર માધ્યમિકના પાઠ્યપુસ્તકોમાં સમાવવામાં આવ્યા છે. બાળકોને પ્રવૃત્તિઓ દ્વારા કેટલીયે પૂર્વધારણાઓના પ્રશ્નોના જવાબ શોધવામાં આ પુસ્તિકા મદદ કરશે.

હોશંગાબાદ વિજ્ઞાન પાઠ્યક્રમ અને પાઠ્ય સામાગ્રીની પરંપરાને આગળ વધારતા એકલવ્ય અને તેની સાથે જોડાયેલા શૈક્ષણિક સ્રોત સમૂહએ વિજ્ઞાનના કેટલાંક મુખ્ય ક્ષેત્રો સંબંધિત ઉચ્ચતર માધ્યમિક સ્તરની સામગ્રી તૈયાર કરવાનું શરૂ કર્યું છે. આ મોડ્યુલ આજ ક્રમ માની કડી છે.

एकलव्य

આર્ચ