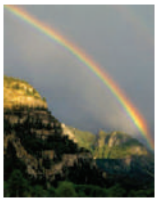
પ્રકરણ 10



માનવ-આંખ અને રંગબેરંગી દુનિયા (The Human Eye and The Colourful World)

F5E3P2

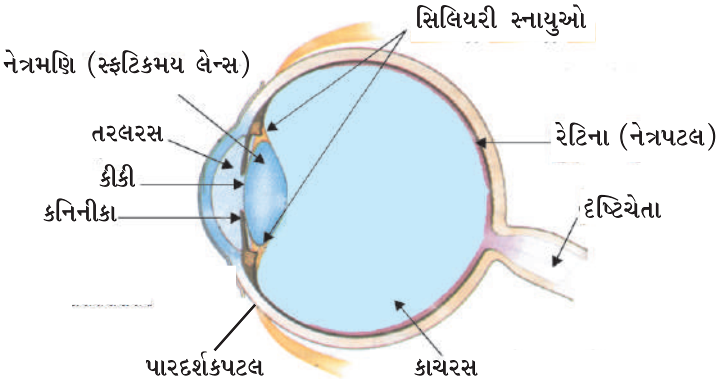
તમે અગાઉના પ્રકરણમાં લેન્સ વડે થતા પ્રકાશના વક્રીભવનનો અભ્યાસ કર્યો. તમે લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોનાં સ્થાન, પ્રકાર અને સાપેક્ષ પરિમાણ વિશે પણ શીખ્યા. આ માહિતી માનવ-આંખનો અભ્યાસ કરવામાં આપણને કેવી રીતે મદદરૂપ થશે ? માનવ-આંખ પ્રકાશનો ઉપયોગ કરે છે અને આપણી આસપાસની વસ્તુઓને જોવા માટે આપણને સમર્થ બનાવે છે. તેની રચનામાં એક લેન્સ હોય છે. માનવ–આંખમાં લેન્સનું શું કાર્ય છે ? ચશ્માંમાં વપરાતા લેન્સ દૃષ્ટિની ખામીઓને કેવી રીતે સુધારે છે ? આ પ્રકરણમાં આપણે આ પ્રશ્નો પર વિચાર કરીશું.

અગાઉના પ્રકરણમાં આપણે પ્રકાશ અને તેના કેટલાક ગુણધર્મો વિશે અભ્યાસ કર્યો હતો. આ પ્રકરણમાં આપણે આ જ્ઞાનનો ઉપયોગ કેટલીક કુદરતી પ્રકાશીય ઘટનાઓના અભ્યાસમાં કરીશું. આ ઉપરાંત આપણે મેઘધનુષ્યનું રચાવું, શ્વેત પ્રકાશનું વિભાજન અને આકાશના ભૂરા રંગ વિશે પણ ચર્ચા કરીશું.

10.1 માનવ-આંખ (The Human Eye)

P5I6E9

માનવ–આંખ એક અત્યંત મૂલ્યવાન અને સંવેદનશીલ જ્ઞાનેન્દ્રિય છે. તે આપણને આપણી આસપાસની અદ્ભુત દુનિયા અને વિવિધ રંગો જોવા માટે મદદરૂપ થાય છે. આંખો બંધ કરીને આપણે વસ્તુઓને તેમના ગંધ, સ્વાદ, તેનાથી ઉત્પન્ન થતા અવાજ કે સ્પર્શ દ્વારા કેટલાક અંશે ઓળખી શકીએ છીએ. તેમ છતાં બંધ આંખે રંગોની ઓળખ કરવી અશક્ય છે. આમ, બધી જ જ્ઞાનેન્દ્રિયો પૈકી માનવ-આંખ ખૂબ જ મહત્ત્વપૂર્ણ છે, કારણ કે તેનાથી જ આપણે આપણી આસપાસની સુંદર રંગબેરંગી દુનિયા જોઈ શકીએ છીએ.



આકૃતિ 10.1 માનવ-આંખ

માનવ-આંખ એક કૅમેરા જેવી છે. તેનું લેન્સ-તંત્ર રેટિના (નેત્રપટલ) તરીકે ઓળખાતા પ્રકાશ સંવેદી પડદા પર પ્રતિબિંબ રચે છે. પ્રકાશ, કોર્નિયા (Cornea) તરીકે ઓળખાતા એક પાતળા પડદા જેવા પારદર્શક પટલમાંથી પ્રવેશે છે. તેનાથી આકૃતિ 10.1માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આંખના ડોળાનો આગળનો પારદર્શક ભાગ ઊપસી આવે છે. આંખનો ડોળો (eyeball) લગભગ ગોળાકાર છે. તેનો વ્યાસ આશરે 2.3 cm છે. આંખમાં દાખલ થતા પ્રકાશનાં કિરણોનું મોટાભાગનું વક્રીભવન પારદર્શકપટલની બહારની સપાટી પર થાય છે. સ્ફટિકમય લેન્સ (નેત્રમણિ) વિવિધ અંતરે રહેલી વસ્તુઓના પ્રતિબિંબને નેત્રપટલ પર કેન્દ્રિત કરવા માટે કેન્દ્રલંબાઈમાં માત્ર સૂક્ષ્મ ફેરફાર જ કરે છે. પારદર્શકપટલના પાછળના ભાગે કનીનિકા (આઈરિસ - Iris) નામની રચના જોવા મળે છે. કનિનીકા ઘેરો સ્નાયુમય પડદો છે જે કીકી (Pupil)નું કદ નાનું-મોટું કરે

છે. કીકી આંખમાં પ્રવેશતા પ્રકાશની માત્રા (જથ્થા)નું નિયંત્રણ કરે છે. આંખનો લેન્સ નેત્રપટલ પર વસ્તુનું વાસ્તવિક અને ઊલટું પ્રતિબિંબ રચે છે. નેત્રપટલ એ અત્યંત નાજુક પડદો છે જે વિપુલ માત્રામાં પ્રકાશસંવેદી કોષો ધરાવે છે. રોશની (પ્રકાશની હાજરી)થી આ પ્રકાશસંવેદી કોષો સક્રિય બને છે અને વિદ્યુત–સંદેશા ઉત્પન્ન કરે છે. આ વિદ્યુત–સંદેશા પ્રકાશીય ચેતા મારફતે મગજને પહોંચાડાય છે. મગજ આ સંદેશાઓનું અર્થઘટન કરે છે અને છેવટે આપણે વસ્તુને જેવી છે તેવી જોઈ શકીએ છીએ.

10.1.1 સમાવેશ–ક્ષમતા (Power of Accommodation)

આંખનો લેન્સ (નેત્રમણિ) રેસામય જેલી જેવા પદાર્થનો બનેલો છે. તેની વક્રતામાં સિલિયરી સ્નાયુઓ વડે થોડી માત્રામાં ફેરફાર કરી શકાય છે. લેન્સની વક્રતામાં ફેરફાર થવાથી લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ બદલાય છે. જ્યારે સ્નાયુઓ શિથિલ થાય છે ત્યારે લેન્સ પાતળો બને છે. આમ, તેની કેન્દ્રલંબાઈ વધે છે. આનાથી આપણે દૂરની વસ્તુઓને સ્પષ્ટ જોઈ શકીએ છીએ. જ્યારે તમે આંખની નજીક રહેલી વસ્તુઓને જુઓ છો ત્યારે સિલિયરી સ્નાયુઓ સંકોચાય છે. આનાથી નેત્રમણિની વક્રતામાં વધારો થાય છે. તેથી નેત્રમણિ જાડો થાય છે. પરિણામે નેત્રમણિની કેન્દ્રલંબાઈ ઘટે છે. આનાથી આપણે નજીકની વસ્તુઓને સ્પષ્ટ જોઈ શકીએ છીએ.

આંખના લેન્સની પોતાની કેન્દ્રલંબાઈમાં ફેરફાર કરવાની આ ક્ષમતાને સમાવેશ ક્ષમતા કહે છે. તેમ છતાં આ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ અમુક લઘુતમ સીમાથી ઘટી શકતી નથી. છાપેલા પાનાને તમારી આંખની ખૂબ નજીક લઈ જઈને વાંચવાનો પ્રયત્ન કરો. તમને પ્રતિબિંબ ઝાંખું દેખાશે અથવા આંખ તાણ અનુભવશે. કોઈ વસ્તુને સ્પષ્ટ અને આરામપૂર્વક જોવા માટે તમારે તેને આંખથી આશરે 25 cm દૂર રાખવી પડે. જે લઘુતમ અંતરે આંખના લેન્સ વડે તણાવ વગર વસ્તુને સૌથી સ્પષ્ટપણે જોઈ શકાય, તે અંતરને દૃષ્ટિનું લઘુતમ અંતર કહે છે. તેને આંખનું નજીક બિંદુ પણ કહે છે. સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતી પુખ્ત વ્યક્તિ માટે આ અંતરનું મૂલ્ય 25 cm જેટલું હોય છે. દૂરના જે અંતર સુધી આંખ વસ્તુને સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકે, તે અંતરને આંખનું દૂરબિંદુ કહે છે. સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતી વ્યક્તિ માટે દૂરબિંદુ અનંત અંતરે હોય છે. આમ, સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતી વ્યક્તિ 25 cm થી અનંત અંતર સુધીની વસ્તુઓ સ્પષ્ટ રીતે જોઈ શકે છે.

કેટલીક વાર, મોટી ઉંમરની વ્યક્તિની આંખનો સ્ફટિકમય લેન્સ દૂધિયો અને વાદળછાયો બની જાય છે. આ પ્રકારની પરિસ્થિતિને મોતિયો (Cataract - કેટરેક્ટ) કહે છે. તેનાથી તેઓ અંશતઃ અથવા સંપૂર્ણ દૃષ્ટિ ગુમાવે છે. મોતિયાની સર્જરી દ્વારા જોવાની શક્તિ પુનઃસ્થાપિત કરી શકાય છે.

A7S6T3

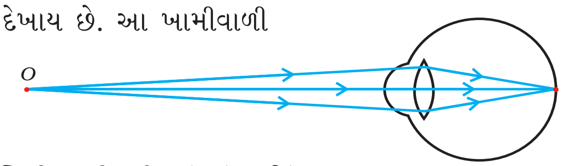
10.2 દૃષ્ટિની ખામીઓ અને તેનું નિવારણ (Defects of Vision and Their Correction)

કેટલીક વાર આંખો ધીમે-ધીમે પોતાની સમાવેશ ક્ષમતા ગુમાવતી જાય છે. આવી પરિસ્થિતિમાં વ્યક્તિ વસ્તુઓને સરળતાથી અને સ્પષ્ટ જોઈ શકતી નથી. આંખોમાં વક્રીકારક ખામીઓ (Refractive Defects)ને કારણે દૃષ્ટિમાં ઝાંખપ આવે છે.

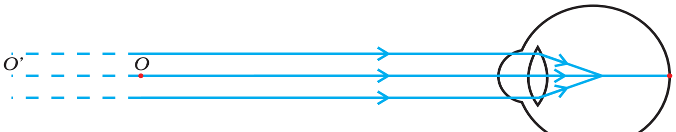
દૃષ્ટિની વક્રીકારક ખામીઓના મુખ્યત્વે ત્રણ પ્રકાર છે : (i) લઘુદૃષ્ટિની ખામી અથવા માયોપીઆ (near-sightedness or myopia) (ii) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી અથવા હાઇપરમેટ્રોપીઆ (Far-sightedness or hypermetropia) (iii) પ્રેસ બાયોપીઆ (Presbyopia). આ ખામીઓને યોગ્ય ગોળીય લેન્સ વાપરીને સુધારી શકાય છે. આપણે આ ખામીઓ અને તેના નિવારણ વિશે હવે ચર્ચા કરીશું.

(a) માયોપીયા (Myopia)

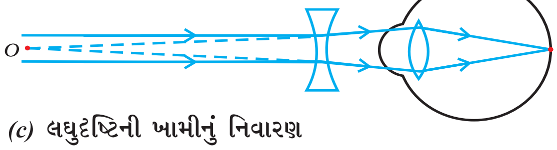
માયોપીઆને લઘુદૃષ્ટિની ખામી પણ કહેવાય છે. માયોપીઆ ધરાવતી કોઈ વ્યક્તિ નજીકની વસ્તુઓને સ્પષ્ટપણે જોઈ શકે છે, પરંતુ દૂરની વસ્તુઓ અસ્પષ્ટ દેખાય છે. આ ખામીવાળી વ્યક્તિની આંખનું દૂરબિંદુ અનંત અંતરેથી ખસીને આંખની નજીક આવે છે. આવી વ્યક્તિ થોડા મીટર દૂર રાખેલી વસ્તુઓને જ સ્પષ્ટ જોઈ શકે છે. લઘુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખમાં દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટલ પર રચાતું નથી, પરંતુ નેત્રપટલની આગળ રચાય છે [આકૃતિ 10.2 (b)]. આ ખામી ઉદ્ભવવાનાં કારણો આ છે : (i) આંખના લેન્સની વક્રતા વધારે હોવી અથવા (ii) આંખનો ડોળો લાંબો થવો. આ ખામીનું નિવારણ યોગ્ય પાવર ધરાવતા અંતર્ગોળ લેન્સ વાપરવાથી થઈ શકે છે. જે આકૃતિ 10.2 (c)માં દર્શાવ્યું છે. યોગ્ય પાવરનો અંતર્ગોળ લેન્સ પ્રતિબિંબને નેત્રપટલ પર લાવી દે છે અને આમ આ ખામીનું નિવારણ થઈ જાય છે.



(a) લઘુદૃષ્ટિની ખામીવાળી આંખનું દૂરબિંદુ



(b) લઘુદૃષ્ટિની ખામીવાળી આંખ



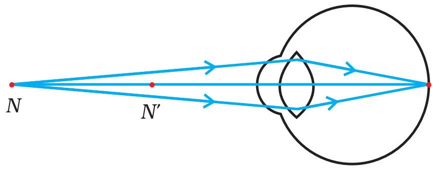
(c) લઘુદૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ

આકૃતિ 10.2

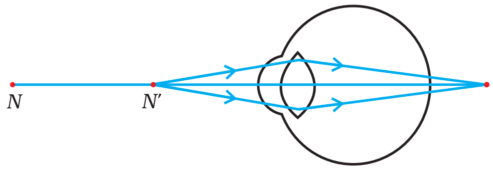
(a), (b) લઘુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખ અને (c) અંતર્ગોળ લેન્સથી લઘુદૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ

(b) હાઈપરમેટ્રોપીઆ (Hypermetropia)

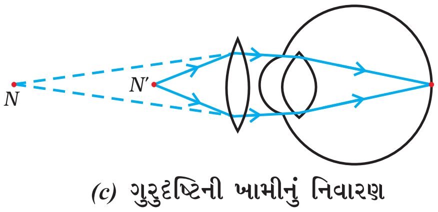
હાઈપરમેટ્રોપીઆને ગુરુદૃષ્ટિની (દૂર દૃષ્ટિની) ખામી તરીકે પણ ઓળખવામાં આવે છે. ગુરુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી વ્યક્તિ દૂરની વસ્તુઓ સ્પષ્ટ જોઈ શકે છે, પરંતુ નજીકની વસ્તુઓ તેને અસ્પષ્ટ દેખાય છે. આવી વ્યક્તિમાં આંખનું નજીક બિંદુ સ્પષ્ટ દૃષ્ટિઅંતર (25 cm)થી દૂર ખસી જાય છે. આવી વ્યક્તિએ આરામથી વાચન કરવા માટે વાચન–સામગ્રી (પુસ્તક વગેરે)ને આંખથી 25 cmથી વધારે દૂર રાખવી પડે છે. આનું કારણ એ છે કે નજીકની વસ્તુમાંથી આવતા પ્રકાશનાં કિરણો આકૃતિ 10.3 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે રેટિનાની પાછળના ભાગે કેન્દ્રિત થાય છે. આ ખામી ઉદ્ભવવાનાં કારણો આ છે : (i) આંખના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ ઘણી વધારે હોવી અથવા (ii) આંખનો ડોળો ખૂબ નાનો થવો. આ ખામીનું નિવારણ યોગ્ય પાવરના બહિર્ગોળ લેન્સથી થઈ શકે છે. જે આકૃતિ 10.3 (c)માં દર્શાવ્યું છે. અભિસારી લેન્સ ધરાવતા ચશ્માંના ઉપયોગથી નેત્રપટલ પર પ્રતિબિંબ રચવા માટે જરૂરી વધારાનો ફોકસિંગ (કેન્દ્રિત કરવાનો) પાવર મળી રહે છે.



(a) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખનું નજીક બિંદુ



(b) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખ



(c) ગુરુદૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ

આકૃતિ 10.3

(a), (b) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખ અને (c) હાઈપરમેટ્રોપીઆનું નિવારણ

N = હાઈપરમેટ્રોપીક આંખનું નજીકબિંદુ

N' = સામાન્ય આંખનું નજીકબિંદુ

(c) પ્રેસબાયોપીઆ (Presbyopia)

ઉંમર વધવાની સાથે આંખની સમાવેશ ક્ષમતામાં ઘટાડો થાય છે. મોટા ભાગની વ્યક્તિઓમાં આંખનું નજીકબિંદુ દૂર ધકેલાય છે. ચશ્માં વિના તેમને

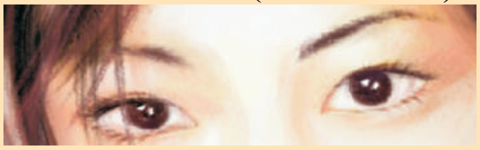
નજીકની વસ્તુઓ આરામથી અને સ્પષ્ટ રીતે જોવામાં તકલીફ પડે છે. આ ખામીને પ્રેસબાયોપીઆ કહે છે. આ ખામી આંખના સિલિયરી સ્નાયુઓ નબળા પડવાથી અને આંખના નેત્રમણિ (લેન્સ)ની સ્થિતિસ્થાપકતા ઓછી થવાથી ઉદ્‌ભવે છે. કેટલીક વાર, વ્યક્તિ લઘુદૃષ્ટિની ખામી અને ગુરુદૃષ્ટિની ખામી એમ બંને ખામીથી પીડાય છે. આવી વ્યક્તિને દ્વિકેન્દ્રી લેન્સ (બાયફોકલ લેન્સ)ની જરૂર પડે છે. સામાન્ય પ્રકારના બાયફોકલ લેન્સમાં અંતર્ગોળ લેન્સ અને બહિર્ગોળ લેન્સ એમ બંને લેન્સ હોય છે. ઉપરનો ભાગ અંતર્ગોળ લેન્સ ધરાવે છે. તે દૂરની વસ્તુઓ જોવામાં મદદરૂપ થાય છે. નીચેનો ભાગ બહિર્ગોળ લેન્સ ધરાવે છે. તે નજીકની વસ્તુઓ જોવામાં મદદરૂપ થાય છે.

આજકાલ સંપર્કલેન્સ (કોન્ટેક લેન્સ)થી અથવા શસ્ત્રક્રિયાથી વક્રીકારક ખામીઓ (દૃષ્ટિની ખામીઓ) નિવારી શકાય છે.

પ્રશ્નો

1. આંખની સમાવેશ ક્ષમતા એટલે શું ?
2. લઘુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી એક વ્યક્તિ 1.2 mથી વધારે દૂર વસ્તુઓને સ્પષ્ટ જોઈ શકતી નથી. આ ખામીનું નિવારણ કરવા કયા પ્રકારનો શુદ્ધિકારક લેન્સ (Corrective Lens) વાપરવો જોઈએ ?
3. સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતી વ્યક્તિ માટે દૂરબિંદુ અને નજીકબિંદુ એટલે શું ?
4. છેલ્લી પાટલી પર બેઠેલા વિદ્યાર્થીને બ્લૅકબૉર્ડ પરનું લખાણ વાંચવામાં તકલીફ પડે છે. આ બાળક કઈ ખામીથી પીડાતું હશે ? તેનું નિવારણ કેવી રીતે થઈ શકે ?

આના વિશે વિચારો (Think it Over)



અદ્‌ભુત વસ્તુઓની વાત કરો છો જે જુઓ છો આપ
ચમકે છે તેજસ્વી સૂર્ય એમ કહો છો આપ
અનુભવું છું તેની ઉષ્મા હું પણ,
તે કેવી રીતે બનાવે દિવસ અને રાત

-સી. સિબ્બર

શું આપ જાણો છો કે આપણી આંખો આપણા મૃત્યુ પછી જીવંત રહે છે ? આપણા મૃત્યુ પછી આપણે નેત્રદાન કરીને કોઈ નેત્રહીન વ્યક્તિના જીવનને ઉજાળી શકીએ છીએ.

વિકાસશીલ દેશોમાં લગભગ 35 મિલિયન વ્યક્તિઓ દૃષ્ટિહીન છે અને એમાંથી મોટાભાગના વ્યક્તિઓની દૃષ્ટિનો ઉપચાર થઈ શકે છે. કોર્નિઅલ અંધત્વ (Corneal Blindness)થી પીડાતી 4.5 મિલિયન વ્યક્તિઓને નેત્રદાનથી મળેલા કોર્નિયા પ્રત્યારોપણથી સાજા કરી શકાય છે. આ 4.5 મિલિયન વ્યક્તિઓ પૈકી 60 %, 12 વર્ષથી નાની ઉંમરનાં બાળકો છે. તેથી, જો આપણને દૃષ્ટિનું વરદાન મળ્યું છે તો શા માટે આપણે કોઈ દૃષ્ટિહીનને દૃષ્ટિ ન આપીએ ? નેત્રદાન કરતી વખતે આપણે કઈ-કઈ બાબતોનું ધ્યાન રાખવું જોઈએ ?

- નેત્રદાન કરનાર વ્યક્તિ કોઈ પણ ઉંમરનો અથવા જાતિનો હોઈ શકે છે. ચશ્માં પહેરતા અને મોતિયાનું ઑપરેશન કરેલ વ્યક્તિઓ પણ નેત્રદાન કરી શકે છે. ડાયાબિટીસ ધરાવતી વ્યક્તિઓ, ઊંચું રક્તદબાણ (હાઇ બ્લડપ્રેશર) ધરાવતી વ્યક્તિ, દમનો રોગી અને જેને સંક્રમણ (ચેપી) રોગ થયો નથી તેવી વ્યક્તિ પણ નેત્રદાન કરી શકે છે.

- મૃત્યુ પછી 4થી 6 કલાકની અંદર આંખો કાઢી લેવી જોઈએ. નજીકની નેત્રબૅન્ક (eye bank)ને તાત્કાલિક જાણ કરવી જોઈએ.
- નેત્રબૅન્કની ટીમ મૃતક વ્યક્તિના ઘરે અથવા હૉસ્પિટલમાં આંખો કાઢી લેશે.
- આંખો કાઢવાની પ્રક્રિયામાં માત્ર 10થી 15 મિનિટ જ થાય છે. આ એક સરળ પ્રક્રિયા છે અને તેનાથી કોઈ દેખાવ-વિરૂપ થતો નથી.
- એવી વ્યક્તિ કે જે એઇડ્સ (AIDS), હિપેટાઇટિસ-બી અથવા સી (Hepatitis B or C), હડકવા (Rabies), તીવ્ર પાંડુરોગ (Acute Leukaemia), ધનુર (Tetanus), કૉલેરા, મેનિન્જાઇટિસ (મગજ અને કરોડરજ્જુની ફરતે સ્નાયુઓનો સોજો - Meningitis) અથવા મગજનો સોજો (Encephalitis-એન્સેફ્લાઇટિસ)થી પીડિત છે અથવા તેના લીધે મૃત્યુ પામી છે તે નેત્રદાન કરી શકે નહિ.

નેત્રબૅન્ક દાન કરાયેલી આંખો એકઠી કરે છે, તેનું મૂલ્યાંકન કરે છે અને વિતરણ કરે છે. દાન કરાયેલ બધી જ આંખોનું સખત તબીબી ધારાધોરણ વડે મૂલ્યાંકન થાય છે. પ્રત્યારોપણનાં ધોરણોમાં પાસ ન થયેલી આંખોને મહત્ત્વનાં સંશોધનો અને તબીબી શિક્ષણમાં વપરાય છે. નેત્રદાતા અને નેત્રદાન સ્વીકારનાર બંનેની ઓળખ ગુપ્ત રાખવામાં આવે છે.

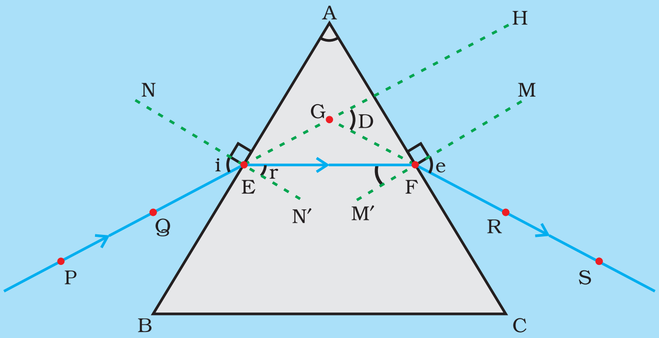
આંખોની એક જોડ, કોર્નિઅલ અંધત્વ ધરાવતી ચાર વ્યક્તિઓને દૃષ્ટિ પ્રદાન કરી શકે છે.

10.3 પ્રિઝમ વડે પ્રકાશનું વક્રીભવન (Refraction of Light through a Prism)

કાચના લંબઘનમાંથી પસાર થવાથી પ્રકાશ કેવી રીતે વક્રીભવન પામે છે તે તમે શીખી ગયાં છો. કાચના લંબઘનમાં હોય છે તેવી સમાંતર વક્રીભવનકારક સપાટીઓ માટે નિર્ગમનકિરણ એ આપાતકિરણને સમાંતર હોય છે. તેમ છતાં તેનું સહેજ પાર્શ્વીય સ્થાનાંતર થાય છે. કોઈ પારદર્શક પ્રિઝમમાંથી પ્રકાશ પસાર થાય ત્યારે તે કેવી રીતે વક્રીભવન પામશે ? કાચના એક ત્રિકોણીય પ્રિઝમ વિશે વિચારો. તેને બે ત્રિકોણાકાર પાયા અને ત્રણ લંબચોરસ પાર્શ્વીય બાજુઓ હોય છે. આ સપાટીઓ એકબીજા સાથે ઢળેલી હોય છે. તેની બે પાર્શ્વીય બાજુઓ વચ્ચેના ખૂણાને પ્રિઝમકોણ કહે છે. ચાલો, આપણે એક પ્રવૃત્તિ દ્વારા કાચના ત્રિકોણીય પ્રિઝમમાંથી પસાર થતા પ્રકાશના વક્રીભવનનો અભ્યાસ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 10.1

- એક ડ્રૉઇંગબૉર્ડ પર એક સફેદ કાગળને ડ્રૉઇંગપિનની મદદથી લગાવો.
- તેના પર એક કાચનો પ્રિઝમ એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તેની ત્રિકોણાકાર બાજુઓ પાયો બને. પેન્સિલ વડે તેની કિનારીઓ અંકિત કરો.
- પ્રિઝમની કોઈ એક વક્રીભવનકારક સપાટી AB સાથે કોઈ ખૂણો બનાવે તેવી રેખા PE દોરો.
- આકૃતિ 10.4માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આ રેખા PE પર બે ટાંકણીઓ P અને Q સ્થાને લગાવો.
- પ્રિઝમની બીજી બાજુ AC તરફથી P અને Q ટાંકણીઓનું પ્રતિબિંબ જુઓ.
- R અને S બિંદુઓ પર બે ટાંકણીઓ એવી રીતે લગાવો કે જેથી ટાંકણીઓ R અને S તથા P અને Qના પ્રતિબિંબ એક સીધી રેખામાં દેખાય.
- ટાંકણીઓ અને કાચના પ્રિઝમને હટાવી લો.
- રેખા PE પ્રિઝમની ધારને E બિંદુએ મળે છે (જુઓ આકૃતિ 10.4). આ જ પ્રકારે R અને S બિંદુઓને એક રેખાથી જોડો અને લંબાવો. જુઓ કે રેખા PE અને RS એ પ્રિઝમની ધારોને અનુક્રમે E અને F બિંદુમાં મળે છે. E અને F બિંદુઓને જોડો.
- પ્રિઝમની વક્રીભવનકારક સપાટીઓ AB તથા AC પર અનુક્રમે E તથા F બિંદુએ લંબ દોરો.
- આકૃતિ 10.4માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આપાતકોણ ($\angle i$), વક્રીભવનકોણ ($\angle r$) તથા નિર્ગમનકોણ ($\angle e$) નામનિર્દેશિત કરો.



PE - આપાતકિરણ (Incident ray)	∠i - આપાતકોણ (Angle of incidence)
EF - વક્રીભૂતકિરણ (Refracted ray)	∠r - વક્રીભવનકોણ (Angle of refraction)
FS - નિર્ગમનકિરણ (Emergent ray)	∠e - નિર્ગમનકોણ (Angle of emergence)
∠A - પ્રિઝમકોણ (Angle of the prism)	∠D - વિચલનકોણ (Angle of deviation)

આકૃતિ 10.4 કાચના ત્રિકોણીય પ્રિઝમ વડે પ્રકાશનું વક્રીભવન

અહીં PE આપાતકિરણ છે. EF વક્રીભૂતકિરણ છે તથા FS નિર્ગમનકિરણ છે. તમે જોઈ શકો છો કે પ્રકાશનું કિરણ પ્રથમ સપાટી AB પર હવામાંથી કાચમાં પ્રવેશે છે. પ્રકાશનું કિરણ વક્રીભવન પામીને લંબ તરફ વળે છે. બીજી બાજુ AC પર પ્રકાશનું કિરણ કાચમાંથી હવામાં પ્રવેશે છે. આથી, તે લંબથી દૂર વળે છે. પ્રિઝમની દરેક વક્રીભવનકારક સપાટી પર આપાતકોણ તથા વક્રીભવનકોણની સરખામણી કરો. શું આ કાચના લંબઘનમાં જોવા મળતા વક્રીભવન જેવું જ છે ? પ્રિઝમના વિલક્ષણ આકારને કારણે નિર્ગમનકિરણ, આપાતકિરણની દિશા સાથે એક ખૂણો બનાવે છે. આ ખૂણાને વિચલનકોણ કહે છે. આપણા કિસ્સામાં ∠D વિચલનકોણ છે. આપેલ પ્રવૃત્તિમાં વિચલનકોણ દર્શાવો અને તેને માપો.

10.4 કાચના પ્રિઝમ વડે શ્વેત પ્રકાશનું વિભાજન

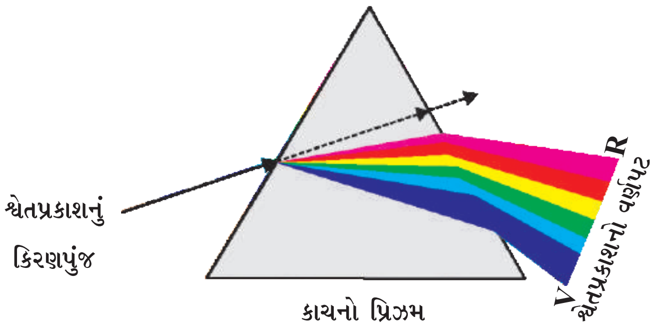
(Dispersion of White Light by a Glass Prism)

તમે મેઘધનુષના ભવ્ય રંગો જોયા હશે અને માણ્યા હશે. સૂર્યના શ્વેત પ્રકાશથી આપણને મેઘધનુષના વિવિધ રંગો કેવી રીતે જોવા મળે છે ? આપણે આ પ્રશ્નને સમજીએ તે પહેલાં આપણે ફરીથી પ્રિઝમ વડે થતા પ્રકાશના વક્રીભવન વિશે વિચારીએ. કાચના પ્રિઝમની ઢળેલી વક્રીભવનકારક સપાટીઓ એક રોચક ઘટના દર્શાવે છે. ચાલો, આપણે એક પ્રવૃત્તિ દ્વારા તેને સમજીએ.

પ્રવૃત્તિ 10.2

- એક કાગળનું પૂંઠું લો અને તેના મધ્યમાં એક નાનું છિદ્ર કે સાંકડી ફાટ બનાવો.
- સાંકડી ફાટ પર સૂર્યપ્રકાશ પડવા દો. તેમાંથી શ્વેતપ્રકાશનું એક પાતળું કિરણપુંજ મળે છે.
- હવે કાચનો એક પ્રિઝમ લો અને આકૃતિ 10.5માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ફાટમાંથી પ્રકાશને પ્રિઝમની એક બાજુ પર પડવા દો.
- પ્રિઝમને ધીરે–ધીરે એવી રીતે ફેરવો કે જેથી તેમાંથી નીકળતો પ્રકાશ પાસે રાખેલા પડદા પર દેખાય.
- તમે શું અવલોકન કરો છો ? તમે એક સુંદર વર્ણપટ જોશો. આવું શાથી બને છે ?

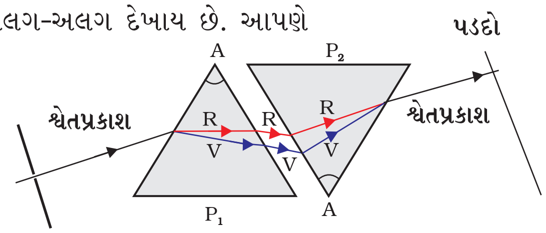
સંભવતઃ પ્રિઝમે આપાત શ્વેતપ્રકાશનું વર્ણપટમાં વિભાજન કર્યું છે. વર્ણપટના બંને છેડે જોવા મળતા રંગોને ધ્યાનથી જુઓ. પડદા પર જોવા મળતા રંગોનો ક્રમ શું છે ? જોવા મળતા રંગો આ ક્રમમાં ગોઠવાયેલા છે : જાંબલી (Violet), નીલો (Indigo), વાદળી (Blue), લીલો (Green), પીળો (Yellow), નારંગી (Orange) અને રાતો (Red) (આકૃતિ 10.5). રંગોનો આ ક્રમ યાદ રાખવા માટે ટૂંકાક્ષરો જાનીવાલીપીનારા (VIBGYOR) ઉપયોગી થશે. પ્રકાશના આ ઘટક રંગોના પટ્ટાને વર્ણપટ (Spectrum) કહે છે. તમે બધા જ રંગોને સહેલાઈથી અલગ જોઈ નહિ શકો તેમ છતાં તમે એકબીજાનો ભેદ પારખી શકશો. પ્રકાશનું તેના ઘટક રંગોમાં વિભાજન થવાની આ ઘટનાને પ્રકાશનું વિભાજન (Dispersion) કહે છે.



આકૃતિ 10.5 કાચના પ્રિઝમ વડે શ્વેતપ્રકાશનું વિભાજન

તમે જોયું કે શ્વેતપ્રકાશનું પ્રિઝમ વડે તેના સાત ઘટક રંગોમાં વિભાજન થાય છે. આપણને આ રંગો શા માટે મળે છે ? પ્રિઝમમાંથી પસાર થતા પ્રકાશના જુદા–જુદા રંગો, આપાતકિરણની સાપેક્ષે જુદા–જુદા ખૂણે વળે છે. લાલ પ્રકાશ સૌથી ઓછો વળે છે, જ્યારે જાંબલી પ્રકાશ સૌથી વધુ વળે છે. આમ, દરેક રંગનાં કિરણો જુદા–જુદા માર્ગે નીકળે છે અને અલગ-અલગ દેખાય છે. આપણે વર્ણપટમાં જે જોઈએ છીએ તે ભિન્ન રંગોનો પટ્ટો છે.

આઈઝેક ન્યૂટને સૂર્યપ્રકાશનો વર્ણપટ મેળવવા માટે સૌપ્રથમ પ્રિઝમનો ઉપયોગ કર્યો હતો. તેમણે બીજો આવો જ એક પ્રિઝમ લઈ શ્વેતપ્રકાશથી મળતા વર્ણપટનું વધારે વિભાજન કરવાનો પ્રયત્ન કર્યો હતો, પરંતુ તેને વધારાના કોઈ રંગો મળ્યા નહિ. ત્યારબાદ તેમણે એક આવો જ પ્રિઝમ લઈને પહેલાં કરતાં ઊંધો ગોઠવ્યો (આકૃતિ 10.6). આમ, વર્ણપટના બધા જ રંગો બીજા પ્રિઝમમાંથી પસાર થવા દીધા. તેમણે જોયું કે બીજા પ્રિઝમમાં બીજી બાજુથી શ્વેતપ્રકાશનું કિરણપુંજ નિર્ગમન પામે છે. આ અવલોકન પરથી ન્યૂટનને વિચાર આવ્યો કે સૂર્યપ્રકાશ સાત રંગોનો બનેલો છે.



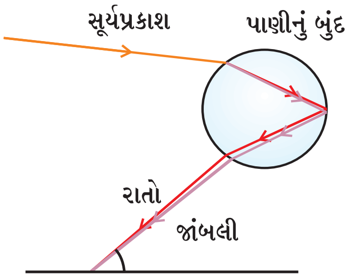
આકૃતિ 10.6 શ્વેતપ્રકાશના વર્ણપટનું પુનઃસંયોજન

કોઈ પણ પ્રકાશ કે જે સૂર્યપ્રકાશ જેવો વર્ણપટ બનાવે છે તેને ઘણી વાર શ્વેતપ્રકાશ પણ કહેવાય છે.

આકૃતિ 10.7 આકાશમાં મેઘધનુષ

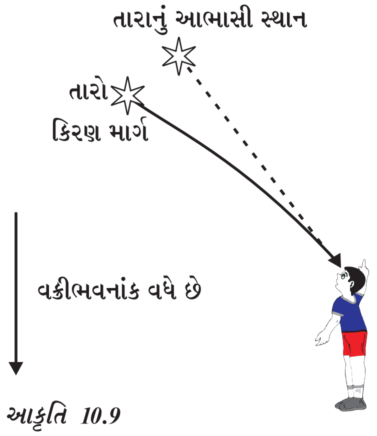
મેઘધનુષ એ વરસાદ પડ્યા પછી આકાશમાં જોવા મળતો પ્રાકૃતિક વર્ણપટ છે (આકૃતિ 10.7). તે વાતાવરણમાં રહેલા પાણીના સૂક્ષ્મ બુંદો વડે સૂર્યપ્રકાશના વિભાજનથી રચાય છે. મેઘધનુષ હંમેશાં આકાશમાં સૂર્યની વિરુદ્ધ દિશામાં રચાય છે. પાણીનાં બુંદો અતિ નાના પ્રિઝમ તરીકે વર્તે છે. આ બુંદો દાખલ થતા પ્રકાશનું પ્રથમ વક્રીભવન અને વિભાજન, ત્યારબાદ આંતરિક પરાવર્તન અને અંતે બુંદમાંથી બહાર નીકળતા પ્રકાશનું વક્રીભવન કરે છે (આકૃતિ 10.8). પ્રકાશના વિભાજન તથા આંતરિક પરાવર્તનના કારણે વિવિધ રંગો અવલોકનકારની આંખો સુધી પહોંચે છે.

સૂર્ય દેખાતો હોય તેવા દિવસે જો તમે સૂર્ય તરફ પીઠ ફેરવીને ઊભા હો અને પાણીના ધોધ કે પાણીના ફુવારામાંથી આકાશ તરફ જોતા હો તોપણ મેઘધનુષ દેખાઈ શકે છે.



આકૃતિ 10.8 મેઘધનુષનું નિર્માણ

10.5 વાતાવરણીય વક્રીભવન (Atmospheric Refraction)



આકૃતિ 10.9
વાતાવરણીય વક્રીભવનને કારણે તારાનું આભાસી સ્થાન

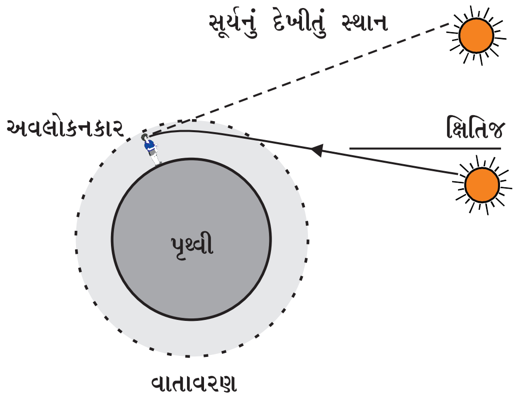
તમે કદાચ કોઈ અગ્નિ (જ્વાળાં) કે ઉષ્ણતા પ્રસારક યંત્ર (રેડિયેટર - Radiator)માંથી નીકળતી પ્રક્ષુબ્ધ (Turbulent) ગરમ હવામાંથી કોઈ પદાર્થની અનિયમિત અસ્થિર ગતિ અથવા ટમટમાટ જોઈ હશે. અગ્નિની તરત જ ઉપર રહેલી હવા, તેની ઉપરની હવા કરતાં વધારે ગરમ હોય છે. ગરમ હવા પોતાની ઉપરની ઠંડી હવા કરતાં પાતળી (ઓછી ઘનતાવાળી) હોય છે તથા તેનો વક્રીભવનાંક ઠંડી હવા કરતાં થોડો ઓછો હોય છે. અહીં વક્રીભવનકારક માધ્યમ (હવા)ની ભૌતિક પરિસ્થિતિ પણ સ્થિર ન હોવાથી વસ્તુનું દેખીતું સ્થાન, ગરમ હવામાંથી જોવાને કારણે સતત બદલાયા કરે છે. આમ, આ અસ્થિરતા આપણા સ્થાનીય પર્યાવરણમાં નાના પાયે થતા વાતાવરણીય વક્રીભવન (પૃથ્વીના વાતાવરણને કારણે પ્રકાશનું વક્રીભવન)નો જ પ્રભાવ છે. તારાઓનું ટમટમવું એ ખૂબ મોટા પાયે જોવા મળતી આવી જ ઘટના છે. ચાલો, આપણે તેને સમજવાનો પ્રયત્ન કરીએ.

તારાઓનું ટમટમવું (Twinkling of Stars)

તારાઓના પ્રકાશનું વાતાવરણીય વક્રીભવન થવાથી તારાઓ ટમટમતાં લાગે છે. તારાઓનો પ્રકાશ પૃથ્વી પર પહોંચે તે પહેલાં પૃથ્વીના વાતાવરણમાં પ્રવેશતાં સતત વક્રીભવન પામતો આવે છે. વાતાવરણીય વક્રીભવન એવા માધ્યમમાં થાય છે જેમાં વક્રીભવનાંકમાં ક્રમિક ફેરફાર થતો જતો હોય. અહીં,વાતાવરણ તારાઓના પ્રકાશને લંબ તરફ વાળે છે, તેથી તારાનું આભાસી સ્થાન તેના મૂળ સ્થાન કરતાં થોડુંક અલગ દેખાય છે. ક્ષિતિજ પાસે જ્યારે જોવામાં આવે છે (આકૃતિ 10.9) ત્યારે કોઈ તારો તેના વાસ્તવિક સ્થાનથી થોડોક ઊંચે દેખાય છે. વળી, આગળના ફકરામાં સમજાવ્યું તેમ પૃથ્વીના વાતાવરણની ભૌતિક પરિસ્થિતિ સ્થાયી ન હોવાથી તારાનું દેખીતું સ્થાન સ્થિર હોતું નથી, પરંતુ થોડુંક બદલાયા કરે છે. તારાઓ પૃથ્વીથી ઘણા દૂર રહેલા હોવાથી તેમને પ્રકાશના બિંદુવત્ ઉદ્‌ગમો ગણી શકાય. તારામાંથી આવતા પ્રકાશના કિરણોનો માર્ગ થોડો-થોડો બદલાયા કરે છે. આથી, તારાનું દેખીતું સ્થાન બદલાયા કરે છે અને આપણી આંખમાં પ્રવેશતા તારાના પ્રકાશની માત્રા પણ અનિયમિતપણે બદલાય છે - જેથી તારો કોઈ વાર પ્રકાશિત દેખાય છે, તો કોઈ વાર ઝાંખો દેખાય છે જે ટમટમવાની અસર છે.

F3Q5Q9

ગ્રહો કેમ ટમટમતાં નથી ? ગ્રહો પૃથ્વીની ઘણા નજીક છે અને તેથી તેમને વિસ્તૃત સ્રોત ગણવામાં આવે છે. જો આપણે ગ્રહને બિંદુવત્ પ્રકાશ ઉદ્‌ગમોના સમૂહ તરીકે ગણીએ તો, બધા જ બિંદુવત્ પ્રકાશ ઉદ્‌ગમોથી આપણી આંખોમાં પ્રવેશ કરતા પ્રકાશની માત્રામાં કુલ પરિવર્તનનું સરેરાશ મૂલ્ય શૂન્ય થાય, તેથી જ ટમટમવાની અસર નાબૂદ થાય છે.



આકૃતિ 10.10 વાતાવરણીય વક્રીભવનની સૂર્યોદય તથા સૂર્યાસ્ત પર અસર

વહેલો સૂર્યોદય અને મોડો સૂર્યાસ્ત (Advance Sunrise and Delayed Sunset)

વાતાવરણીય વક્રીભવનને કારણે સૂર્ય આપણને વાસ્તવિક સૂર્યોદયથી લગભગ 2 મિનિટ વહેલો દેખાય છે તથા વાસ્તવિક સૂર્યાસ્તથી લગભગ 2 મિનિટ પછી પણ દેખાય છે. વાસ્તવિક સૂર્યોદય એટલે સૂર્ય ખરેખર ક્ષિતિજને પાર કરે. આકૃતિ 10.10માં સૂર્યનું ક્ષિતિજની સાપેક્ષે વાસ્તવિક અને દેખીતું સ્થાન દર્શાવ્યું છે. વાસ્તવિક સૂર્યાસ્ત તથા દેખીતા સૂર્યાસ્ત વચ્ચેનો સમયગાળો આશરે 2 મિનિટ છે. આ ઘટનાને કારણે જ સૂર્યોદય કે સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્યની તકતી ચપટી દેખાય છે.

10.6 પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન (Scattering of Light)

Z6J1X9

પ્રકાશ તથા આપણી આજુબાજુની વસ્તુઓ વચ્ચેની આંતરક્રિયાને કારણે આપણને કુદરતમાં અનેક વાર અદ્‌ભુત ઘટનાઓ જોવા મળે છે. આકાશનો ભૂરો રંગ, સમુદ્રમાં ઊંડાઈએ રહેલા પાણીનો રંગ, સૂર્યોદય અને સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્ય રતાશ પડતો દેખાવો – આ એવી અદ્‌ભુત ઘટનાઓ છે જેનાથી આપણે પરિચિત છીએ. આગળનાં ધોરણોમાં તમે કલિલ કણો દ્વારા પ્રકાશના પ્રકીર્ણન વિશે શીખ્યાં છો. સાચા દ્રાવણમાંથી પસાર થતા પ્રકાશના કિરણપુંજનો માર્ગ આપણે જોઈ શકતા નથી, પરંતુ પ્રમાણમાં મોટા કદના કણો ધરાવતાં કલિલ દ્રાવણોમાંથી પસાર થતા કિરણપુંજનો માર્ગ આપણે જોઈ શકીએ છીએ.

10.6.1 ટિન્ડલ અસર (Tyndall Effect)

પૃથ્વીનું વાતાવરણ સૂક્ષ્મ કણોનું વિષમાંગ મિશ્રણ છે. આ કણોમાં ધુમાડો, સૂક્ષ્મ પાણીના બુંદ, ધૂળના નિલંબિત કણો અને હવાના અણુઓનો સમાવેશ થાય છે. જ્યારે કોઈ પ્રકાશનું કિરણપુંજ આવા સૂક્ષ્મ કણોને અથડાય છે ત્યારે તે કિરણનો માર્ગ દૃશ્યમાન બને છે. આ કણો દ્વારા પરાવર્તન પામીને પ્રકાશ આપણા સુધી પહોંચે છે. કલિલ કણો દ્વારા પ્રકાશના પ્રકીર્ણનની ઘટનાથી ટિન્ડલ અસર ઉદ્‌ભવે છે, જેનો અભ્યાસ તમે ધોરણ IXમાં કર્યો છે. સૂર્યપ્રકાશનું કિરણ એક નાના છિદ્ર દ્વારા ધુમાડો ભરેલા રૂમમાં પ્રવેશે છે ત્યારે આ ઘટના જોવા મળે છે. આ રીતે, પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કણોને દૃશ્યમાન બનાવે છે. સૂર્યપ્રકાશ ગાઢ જંગલના ઉપરના બાહ્ય આવરણમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે પણ ટિન્ડલ અસર જોવા મળે છે. અહીં, ઝાકળમાં પાણીના સૂક્ષ્મ ટીંપાઓ વડે પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન થાય છે.

પ્રકીર્ણન પામતા પ્રકાશનો રંગ પ્રકીર્ણન કરતાં કણોના પરિમાણ (Size-કદ) પર આધાર રાખે છે. અત્યંત બારીક કણો મુખ્યત્વે વાદળી રંગના પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કરે છે. જ્યારે મોટા કણો મોટી તરંગલંબાઈવાળા પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન કરે છે. જો પ્રકીર્ણન કરતા કણોનું કદ ખૂબ મોટું હોય, તો પ્રકીર્ણન પામતો પ્રકાશ સફેદ દેખાય છે.

10.6.2 સ્વચ્છ આકાશનો વાદળી (ભૂરો) રંગ કેમ હોય છે ?
(Why is the Colour of the Clear Sky Blue)

વાતાવરણમાં હવાના અણુઓ અને બીજા બારીક કણો દૃશ્યપ્રકાશની તરંગલંબાઈ કરતાં નાના પરિમાણ ધરાવે છે. આ કણો લાલ રંગની મોટી તરંગલંબાઈના દૃશ્યપ્રકાશ કરતાં ભૂરા રંગ તરફની નાની તરંગલંબાઈના દૃશ્યપ્રકાશના પ્રકીર્ણન માટે વધુ અસરકારક છે. લાલ રંગના પ્રકાશની તરંગલંબાઈ ભૂરા રંગના પ્રકાશની તરંગલંબાઈ કરતાં આશરે 1.8 ગણી હોય છે. જ્યારે સૂર્યપ્રકાશ વાતાવરણમાંથી પસાર થાય છે ત્યારે હવાના બારીક કણો ભૂરા રંગના પ્રકાશનું લાલ રંગના પ્રકાશ કરતાં વધુ પ્રબળતાથી પ્રકીર્ણન કરે છે. પ્રકીર્ણન પામેલો ભૂરો પ્રકાશ આપણી આંખમાં પ્રવેશે છે. જો પૃથ્વીને વાતાવરણ ન હોત તો સૂર્યપ્રકાશનું પ્રકીર્ણન થાય નહિ. પરિણામે આપણને આકાશ અંધકારમય દેખાતું હોત. અત્યંત ઊંચાઈએ ઊડતા યાત્રિકોને આકાશ કાળું જોવા મળે છે કારણ કે આટલી ઊંચાઈએ પ્રકીર્ણન પ્રભાવી હોતું નથી.

તમે જોયું હશે કે ભયદર્શક સિગ્નલમાં પ્રકાશનો રંગ લાલ રાખવામાં આવે છે. તમને ખબર છે શા માટે ? લાલ રંગનું ધુમ્મસ અથવા ધુમાડાથી સૌથી ઓછું પ્રકીર્ણન થાય છે, તેથી તે દૂરથી પણ લાલ રંગમાં જોઈ શકાય છે.

તમે શીખ્યાં કે

- દૂરની અને નજીકની વસ્તુઓને સ્પષ્ટપણે જોવા માટે આંખના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈમાં ફેરફાર કરીને કેન્દ્રિત કરવાની ક્ષમતાને આંખની સમાવેશ ક્ષમતા કહે છે.
- જે લઘુતમ અંતરે આંખના લેન્સ વડે તણાવ વગર વસ્તુને સ્પષ્ટ જોઈ શકાય, તે અંતરને સ્પષ્ટ દષ્ટિઅંતર અથવા આંખનું નજીકબિંદુ કહે છે. સામાન્ય દષ્ટિ ધરાવતી પુખ્ત વ્યક્તિ માટે આ અંતરનું મૂલ્ય 25 cm જેટલું હોય છે.
- આંખોની વક્રીકારક ખામીઓ સામાન્યપણે માયોપીઆ, હાઇપરમેટ્રોપીઆ અને પ્રેસબાયોપીયા છે. માયોપીઆ (લઘુદષ્ટિની ખામી – દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટલની આગળ રચાય)ને યોગ્ય પાવર ધરાવતા અંતર્ગોળ લેન્સથી નિવારી શકાય છે. હાઇપરમેટ્રોપીઆ (ગુરુદષ્ટિની ખામી – નજીકની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટલની પાછળ રચાય)ને યોગ્ય પાવર ધરાવતા બહિર્ગોળ લેન્સથી નિવારી શકાય છે. મોટી ઉંમરે આંખની સમાવેશ ક્ષમતામાં ઘટાડો થાય છે.
- શ્વેતપ્રકાશની તેના ઘટક રંગોમાં જુદા પડવાની ક્રિયાને પ્રકાશનું વિભાજન કહે છે.
- પ્રકાશના વિખેરણથી આકાશનો ભૂરો રંગ જોવા મળે છે.

સ્વાધ્યાય

F1M3C3

1. આંખના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈમાં ફેરફાર કરીને માનવ–આંખ વિવિધ અંતરે રાખેલી વસ્તુઓને સ્પષ્ટ જોઈ શકે છે. આવું ......ને લીધે થાય છે.
   (a) પ્રેસબાયોપીઆ (b) સમાવેશ ક્ષમતા
   (c) લઘુદષ્ટિ (d) ગુરુદષ્ટિ
2. માનવ-આંખ પોતાના આ ભાગ પર પ્રતિબિંબ રચે છે.
   (a) પારદર્શકપટલ (b) આઇરિસ (કનિનીકા)
   (c) કીકી (d) નેત્રપટલ (રેટિના)
3. સામાન્ય દષ્ટિ ધરાવતી પુખ્ત વ્યક્તિ માટે સ્પષ્ટ દષ્ટિઅંતર આશરે ...... છે.
   (a) 25 m (b) 2.5 cm (c) 25 cm (d) 2.5 m
4. આંખના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈમાં ફેરફાર ...... કરે છે.
   (a) કીકી (b) નેત્રપટલ
   (c) સિલિયરી સ્નાયુઓ (d) આઇરિસ
5. એક વ્યક્તિને લઘુદષ્ટિનું નિવારણ કરવા માટે –5.5 ડાયોપ્ટર પાવરના લેન્સની જરૂર પડે છે. તેને ગુરુદષ્ટિનું નિવારણ કરવા માટે + 1.5 ડાયોપ્ટર પાવરનો લેન્સ જોઈએ છે. (i) ગુરુદષ્ટિ અને (ii) લઘુદષ્ટિના નિવારણ માટે જરૂરી લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શું હશે ?
6. લઘુદષ્ટિની ખામી ધરાવતી વ્યક્તિ માટે દૂરબિંદુ આંખની સામે 80 cm દૂર છે. આ ખામીનું નિવારણ કરવા માટે વપરાતા લેન્સનો પ્રકાર અને પાવર શું હશે ?
7. હાઇપરમેટ્રોપીઆનું નિવારણ કેવી રીતે થાય તે આકૃતિ દોરી દર્શાવો. એક ગુરુદષ્ટિની ખામીવાળી આંખનું નજીકબિંદુ 1 m છે. આ ખામીનું નિવારણ કરવા વપરાતા લેન્સનો પાવર શું હશે ? સામાન્ય આંખનું નજીકબિંદુ 25 cm છે તેમ સ્વીકારો.
8. માનવની સામાન્ય આંખ 25 cmથી નજીક રાખેલી વસ્તુઓને સ્પષ્ટ કેમ નથી જોઈ શકતી ?
9. જ્યારે આપણે આંખથી કોઈ વસ્તુનું અંતર વધારીએ છીએ ત્યારે આંખમાં પ્રતિબિંબ–અંતરમાં શું ફરક પડે છે ?
10. તારાઓ કેમ ટમટમે છે ?
11. ગ્રહો કેમ ટમટમતા નથી તે સમજાવો.
12. કોઈ અંતરિક્ષયાત્રીને આકાશ ભૂરાના બદલે કાળું કેમ દેખાય છે ?