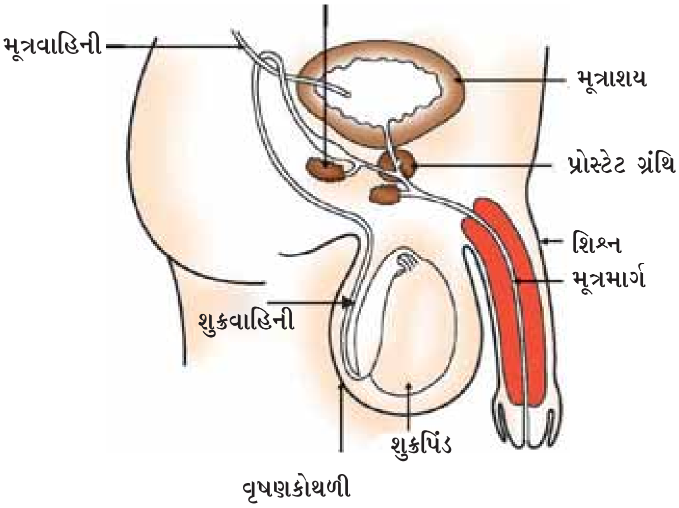
પરસ્પર સંયુગ્મન. આ જનનકોષો કે પ્રજનનકોષો શરીરની બહારની તરફ ત્યાગ પણ પામતાં હોય છે ? જેમકે સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં થાય છે અથવા બે સજીવોના પરસ્પર સંબંધ દ્વારા જનન-કોષોનું આંતરિક સ્થળાંતરણ પણ થઈ શકે છે, જેમકે અનેક પ્રાણીઓમાં થાય છે. જો પ્રાણીઓ સમાગમની ક્રિયામાં ભાગ લેવાનો હોય તો તે જરૂરી છે કે અન્ય સજીવને તેની લૈંગિક પરિપક્વતાની જાણ હોય. યૌવનારંભની અવધિમાં અનેક પરિવર્તન જેવાં કે વાળ ઊગવાની નવી વાત સંકેત છે કે લૈંગિક પરિપક્વતા આવી રહી છે.

બીજી તરફ, બે વ્યક્તિઓની વચ્ચે પ્રજનનકોષોના વાસ્તવિક સ્થળાંતરણ માટેથી વિશિષ્ટ અંગ/સંરચનાની જરૂરિયાત હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે, શિશ્ન કે જેનું ઉત્થાન ઉર્ધ્વસ્થ થવાની ક્ષમતા માનવ જેવા સસ્તનમાં શિશુ/બાળક માતાના શરીરમાં લાંબી અવધિ સુધી ગર્ભસ્થ રહે છે અને જન્મ પછી સ્તનપાન કરે છે. આ બધી પરિસ્થિતિઓ માટે માદામાં જનનાંગો તેમજ સ્તનનું પરિપક્વ થવા જરૂરી છે. આવો, પ્રજનનતંત્રના વિષયમાં જાણકારી મેળવીએ.

8.3.3 (a) નર પ્રજનનતંત્ર (Male Reproductive System)

પ્રજનનકોષ ઉત્પાદિત કરનારા અંગ તેમજ જનનકોષોનું ફલનના સ્થાન સુધી પહોંચાડવાવાળા અંગ, સંયુક્ત સ્વરૂપે નર પ્રજનનતંત્ર બનાવે છે. (આકૃતિ 8.10)

નર પ્રજનનકોષ અથવા શુક્રકોષનું નિર્માણ શુક્રપિંડ (વૃષણ)માં થાય છે. આ ઉદરગુહાની બહાર વૃષણકોથળીમાં આવેલા હોય છે. તેનું કારણ એ છે કે, શુક્રકોષનાં ઉત્પાદન માટે જરૂરી તાપમાન શરીરના તાપમાનથી ઓછું હોય છે. ટેસ્ટોસ્ટેરોન અંતઃસ્રાવનું ઉત્પાદન તેમજ સ્રાવમાં શુક્રપિંડની ભૂમિકાની ચર્ચા આપણે આગળના પ્રકરણમાં કરી ગયાં છીએ. શુક્રકોષ ઉત્પાદનનું નિયંત્રણ સિવાય ટેસ્ટોસ્ટેરોન છોકરાઓમાં યુવાવસ્થાનાં લક્ષણોનું પણ નિયંત્રણ કરે છે.

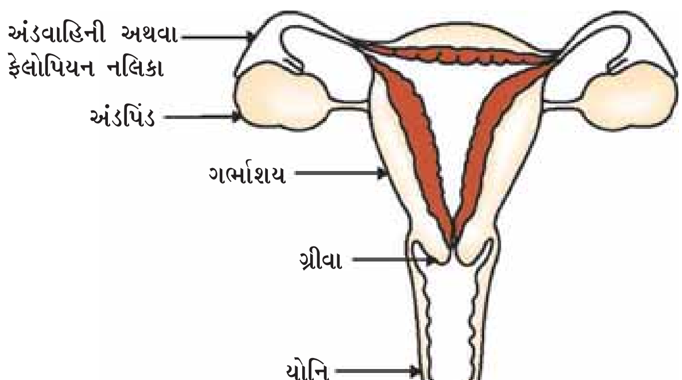


આકૃતિ 8.10 નર માનવ (પુરુષ)નું પ્રજનનતંત્ર

ઉત્પાદિત શુક્રકોષોનો ત્યાગ શુક્રવાહિકાઓ દ્વારા થાય છે. જે મૂત્રાશયથી આવનારી નળીની સાથે જોડાઈને એક સંયુક્ત નળી બનાવે છે. આમ, મૂત્રમાર્ગ (urethra), શુક્રકોષો તેમજ મૂત્ર બંનેના વહનનો સામાન્ય માર્ગ દર્શાવે છે. પ્રોસ્ટેટ અને શુક્રાશય પોતાનો સ્રાવ શુક્રવાહિકામાં ઠાલવે છે. જેથી શુક્રકોષ એક પ્રવાહી માધ્યમમાં આવે છે. તેના કારણે તેનું (શુક્રકોષનું) સ્થળાંતરણ સરળતાથી થાય છે. તેની સાથે આ સ્રાવ શુક્રકોષોને પોષણ પણ આપે છે. શુક્રકોષોએ સૂક્ષ્મ સંરચનાઓ છે જેમાં મુખ્યત્વે આનુવંશિક પદાર્થ હોય છે અને એક લાંબી પૂંછડી હોય છે. જે તેને માદા પ્રજનનકોષની તરફ તરવામાં મદદરૂપ થાય છે.

8.3.3 (b) માદા પ્રજનનતંત્ર (Female Reproductive System)

માદા પ્રજનનકોષો અથવા અંડકોષનું નિર્માણ



આકૃતિ 8.11 માદા માનવ (સ્ત્રી)નું પ્રજનનતંત્ર

અંડાશયમાં થાય છે. તે કેટલાક અંતઃસ્રાવ પણ ઉત્પન્ન કરે છે. આકૃતિ 8.11 ને ધ્યાનપૂર્વક જુઓ અને માદા પ્રજનનતંત્રનાં વિવિધ અંગોને ઓળખીએ.

છોકરીના જન્મના સમયથી જ અંડાશયમાં હજારો અપરિપક્વ અંડપુટિકાઓ હોય છે. યૌવનારંભમાં તેમાંથી કેટલાક અંડકોષો પરિપક્વ થવા માંડે છે. બેમાંથી એક અંડપિંડ દર મહિને એક અંડકોષ ઉત્પન્ન કરે છે. પાતળી અંડવાહિની અથવા ફેલોપિયન નલિકા દ્વારા અંડકોષ ગર્ભાશય સુધી જાય છે. બંને અંડવાહિનીઓ સંયુક્ત બનીને એક નાજુક, સ્થિતિસ્થાપક, નાસપતિના આકાર જેવી સંરચનાનું નિર્માણ કરે છે જેને ગર્ભાશય કહે છે. ગર્ભાશય ગ્રીવા દ્વારા યોનિમાં ખૂલે છે.

મૈથુન (સંવનન/જાતીય સમાગમ)ના સમયે શુક્રકોષ યોનિમાર્ગમાં દાખલ થાય છે જ્યાંથી ઉપરની તરફ વહન પામીને અંડવાહિની સુધી પહોંચે છે. જ્યાં અંડકોષની સાથે શુક્રકોષનું સંમિલન થાય. ફલિત અંડકોષનું વિભાજન થવાની શરૂઆત થાય છે અને તે એક કોષોના જથ્થામાં એટલે કે ગર્ભમાં ફેરવાય છે. આ ગર્ભનું સ્થાપન ગર્ભાશયની દીવાલ પર થાય છે જ્યાં તેનો વિકાસ ચાલુ રહે છે અને તે અંગોનું નિર્માણ કરીને ભ્રૂણ બને છે. આપણે આગળ અભ્યાસ કરી ચૂક્યા છીએ. માતાના શરીરની સંરચના બાળકના વિકાસને આધાર આપી શકે તેમ થયેલી હોય છે. આમ, દરેક મહિને ગર્ભાશય ગર્ભને ધારણ કરવા તેમજ તેના પોષણ માટે પોતાને તૈયાર કરે છે. આથી ગર્ભાશયનું અંતઃઆવરણ (એન્ડોમેટ્રિયમ) વધુ જાડું બને છે તથા વિકસતાં ગર્ભનાં પોષણ માટે તેને પુષ્કળ રુધિરપ્રવાહ પૂરો પાડવામાં આવે છે.

ભ્રૂણને માતાના રુધિરમાંથી જ પોષણ મળે છે, તેના માટે એક વિશેષ સંરચના હોય છે જેને જરાયુ (Placenta) કહે છે. આ એક ડિસ્ક કે રકાબી જેવી સંરચના છે. જે ગર્ભાશયની દીવાલમાં જ રહેલી હોય છે. તેમાં ભ્રૂણની તરફની પેશીમાં પ્રવર્ધ હોય છે. માતાની પેશીઓમાં રુધિર કોટરો હોય છે જે પ્રવર્ધને આચ્છાદિત કરે છે, જે માતાના શરીરમાંથી ભ્રૂણને ગ્લુકોઝ, ઑક્સિજન તેમજ અન્ય પદાર્થોના સ્થળાંતરણ માટે એક વિશાળ પ્રદેશ આપે છે. વિકાસશીલ ભ્રૂણ દ્વારા ઉત્સર્ગ પદાર્થો ઉત્પન્ન થાય છે જેનો નિકાલ જરાયુના માધ્યમથી માતાના રુધિરમાં સ્થળાંતરણ દ્વારા થાય છે. માતાના શરીરમાં ગર્ભને વિકસિત થવા માટે લગભગ 9 મહિના લાગે છે. ગર્ભાશયની પેશીઓનાં લયબદ્ધ સંકોચનથી બાળક/નવજાત શિશુનો જન્મ થાય છે.

8.3.3 (c) જ્યારે અંડકોષનું ફલન થતું નથી તો શું થાય છે ?

(What happens when the Egg is not Fertilised ?)

જો અંડકોષનું ફલન થતું જ નથી તો તે લગભગ એક દિવસ સુધી જીવિત રહી શકે છે. અંડાશય કે અંડપિંડ પ્રત્યેક મહિને એક અંડકોષને મુક્ત કરે છે. તેથી ફલિત અંડકોષની પ્રાપ્તિ માટે ગર્ભાશય પણ દર મહિને તૈયારી કરે છે અને તેની અંતઃદીવાલ માંસલ તેમજ જાડી બને છે. જો અંડકોષનું ફલન થાય તો તે સ્થિતિમાં ગર્ભને પોષણ મળવું આવશ્યક છે. પરંતુ ફલન નહિ થવાની પરિસ્થિતિમાં આ આવરણની કોઈ જરૂરિયાત હોતી નથી. તેથી આ આવરણ ધીરે-ધીરે તૂટી જઈને યોનિમાર્ગમાંથી રુધિર તેમજ શ્લેષ્મના રૂપે શરીરમાંથી બહાર ત્યજાય છે. આ ચક્રમાં લગભગ એક મહિના જેટલો સમયગાળો લાગે છે અને તેને ઋતુસ્રાવ અથવા રજોધર્મ કે માસિક સ્રાવ (Menstruation) કહે છે. લગભગ 2થી 8 દિવસ સુધી ચાલે છે.

8.3.3 (d) પ્રાજનનિક સ્વાસ્થ્ય (Reproductive Health)

આપણે જોઈ ગયાં તેમ લૈંગિક પરિપક્વતા એક ક્રમિક ક્રિયા છે અને તે એવા સમયે થાય છે જ્યારે શારીરિક વૃદ્ધિ પણ થતી હોય છે. આમ, અમુક હદ સુધી થયેલી લૈંગિક પરિપક્વતાનો અર્થ એવો નથી કે શરીર અથવા મન પ્રજનનક્રિયા અથવા ગર્ભધારણ યોગ્ય થઈ ગયા છે. તે પછી આપણે આ નિર્ણય કેવી રીતે લઈ શકીએ છીએ કે શરીર તેમજ મગજ હવે આ મુખ્ય જવાબદારી માટે યોગ્ય થયું છે ? આ મુદ્દાને લઈને આપણા બધા પર કોઈ ને કોઈ પ્રકારનું દબાણ છે. બની શકે કે આપણા મિત્રો તરફથી આપણે ઇચ્છીએ કે ન ઇચ્છતાં હોઈએ પણ અમુક પ્રવૃત્તિમાં ભાગ

લેવા માટે દબાણ હોય. કુટુંબ તરફથી લગ્ન કરીને સંતાનોત્પત્તિ માટેનું દબાણ હોઈ શકે. તો વળી, સરકારી સંસ્થાઓ તરફથી બાળકો ન થવા દેવા માટેનું દબાણ હોય. આવી પરિસ્થિતિમાં કોઈ પણ નિર્ણય લેવો ખૂબ જ અઘરો હોય છે.

જાતીય સમાગમ કે સંવનનની સ્વાસ્થ્ય પર પડનારી અસરોના વિષયમાં પણ આપણે વિચારવું જોઈએ. આપણે ધોરણ IXમાં અભ્યાસ કરી ગયાં છીએ કે એક વ્યક્તિમાંથી બીજા વ્યક્તિમાં રોગોનું સંચરણ કે વહન અનેક રીતોથી થઈ શકે છે. જાતીય સમાગમમાં પ્રગાઢ શારીરિક સંબંધ સ્થાપિત થતો હોવાથી આશ્ચર્યની કોઈ વાત નથી કે અનેક રોગોનું સંચરણ કે સંક્રમણ પણ થઈ શકે છે. તેમાં જીવાણુજન્ય/બૅક્ટેરિયાજન્ય રોગ જેવા કે ગોનોરિયા અને સિફિલીસ તેમજ વાઇરસ દ્વારા સંક્રમણ પામતા રોગો જેવા કે મસા (Wart ઊપસી આવેલા મોટા તલ જે ચામડી પર ઉદ્ભવે) અને HIV-AIDS નો સમાવેશ થાય છે. પ્રજનન દરમિયાન શું આ રોગોના સંચરણ કે સંક્રમણને અટકાવવા સંભવ છે ? શિશ્ન માટેનું આવરણ અથવા નિરોધ (Condom)ના ઉપયોગથી આમાંથી અનેક રોગોને પ્રસરતા કેટલીક હદ સુધી અવરોધવા સંભવ છે.

જાતીય સમાગમ કે લૈંગિક ક્રિયા દ્વારા ગર્ભધારણની સંભાવના હંમેશાં રહે છે. ગર્ભધારણની અવસ્થામાં સ્ત્રીના શરીર તેમજ ભાવનાઓની માંગ તેમજ જરૂરિયાત વધી જાય છે. પરંતુ જો તે (સ્ત્રી) તેના માટે તૈયાર નથી તો આ ઘટનાથી તેના સ્વાસ્થ્ય પર વિપરીત અસર પડે છે. તેથી ગર્ભધારણ રોકવા માટેની અનેક રીતોની શોધ થયેલી છે. આ ગર્ભવિરોધી ઉપચારો અનેક પ્રકારના હોય છે. એક રીત કે પદ્ધતિ યાંત્રિક અવરોધની છે. જેમાં શુક્રકોષને અંડકોષ સુધી પહોંચવા દેવામાં આવતો નથી. શિશ્નને ઢાંકનારા નિરોધ અથવા યોનિમાં રાખી શકાય તેવાં અનેક સાધનોનો ઉપયોગ કરી શકાય છે. બીજી રીત કે પદ્ધતિમાં અંતઃસ્રાવોના સંતુલનમાં પરિવર્તનનું છે. જેમાં અંડપતનની ક્રિયા થતી નથી. તેથી ફલન થઈ શકતું નથી. આ દવાઓ સામાન્ય રીતે ગોળીના રૂપમાં લેવાય છે. પરંતુ આ (દવાઓ) અંતઃસ્રાવોના સંતુલિતને પરિવર્તિત કરે છે જેથી તેની કેટલીક વિપરીત અસર પણ થઈ શકે છે. ગર્ભધારણને રોકવા માટે કેટલીક અન્ય રીતો કે પદ્ધતિઓ છે જેવી કે આંકડી (Loop), કૉપર-T (Copper-T)ને ગર્ભાશયમાં સ્થાપિત કરીને પણ કરી શકાય છે. પરંતુ આ રીતમાં ગર્ભાશયના ઉત્તેજનથી પણ કેટલીક વિપરીત અસર થઈ શકે છે. પુરુષની શુક્રવાહિનીઓને અવરોધીને શુક્રકોષોનું સ્થળાંતરણ અટકાવવામાં આવે. સ્ત્રીની અંડવાહિની કે ફેલોપિયન નલિકાને અવરોધ ઉત્પન્ન કરીને અંડકોષને ગર્ભાશય સુધી જતો અટકાવવામાં આવે. બંને અવસ્થાઓમાં ફલન થતું નથી. શસ્ત્રક્રિયા (Surgery) તક્નિક દ્વારા આ પ્રકારના અવરોધ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. જોકે શસ્ત્રક્રિયાની તક્નિક ભવિષ્ય માટે સંપૂર્ણતઃ સુરક્ષિત છે. પરંતુ સાવચેતી વગર થયેલી શસ્ત્રક્રિયાથી સંક્રમણ અથવા બીજી અનેક સમસ્યાઓ ઉત્પન્ન થઈ શકે છે. શસ્ત્રક્રિયાથી અવાંચ્છિત ગર્ભને દૂર પણ કરી શકાય છે. આ તક્નિકનો દુરુપયોગ તે લોકો દ્વારા થાય છે કે જેઓ કોઈ વિશિષ્ટ પ્રકારની જાતિના નવજાત શિશુને ઇચ્છતા નથી. એવા ગેરકાયદેસર કાર્ય ખાસ કરીને માદાગર્ભને પસંદગીપૂર્વક ગર્ભપાત હેતુ કરવામાં આવે છે. એક સ્વસ્થ સમાજ માટે, માદા-નર લિંગનો ગુણોત્તર જળવાઈ રહે તે આવશ્યક છે. જો આપણા દેશમાં ભ્રૂણનું લિંગપરિક્ષણ એક કાયદાકીય ગુનો છે. છતાં આપણા સમાજની કેટલીક જાતિઓમાં માદા ભ્રૂણની હત્યા નિર્દય રીતે થઈ રહી છે. તેથી આપણા દેશમાં શિશુ લિંગ ગુણોત્તર તીવ્રતાથી ઘટી રહ્યો છે જે ચિંતાનો વિષય છે.

આપણે પહેલાં જોયું કે પ્રજનન એક એવી ક્રિયા છે જેના દ્વારા સજીવ પોતાની વસ્તીની વૃદ્ધિ કરે છે. એક વસ્તીમાં જન્મદર તેમજ મૃત્યુદર તેના કદને નક્કી કરે છે. જનસંખ્યાનું વિશાળ કદ ઘણા લોકો માટે ચિંતાનો વિષય છે. તેનું મુખ્ય કારણ એ છે કે વધતી જતી વસ્તી કે જનસંખ્યાને કારણે પ્રત્યેક વ્યક્તિના જીવનસ્તરમાં સુધારણા લાવવી લગભગ અસંભવ કાર્ય છે. જો સામાજિક અસમાનતા આપણા સમાજનું નિમ્ન જીવનસ્તર માટે જવાબદાર છે તો વસ્તીનું કદ આ મહત્ત્વ એટલા માટે તુલનાત્મક રીતે ઓછું કે મર્યાદિત રાખવું જોઈએ. જો આપણે આપણી આસપાસ જોઈએ તો શું તમે જીવનના નિમ્ન સ્તર માટે જવાબદાર, સૌથી મહત્ત્વપૂર્ણ કારણોની ઓળખ કરી શકો છો ?

પ્રશ્નો

1. પરાગનયનની ક્રિયા એ ફલનની ક્રિયાથી કેવી રીતે ભિન્ન છે ?
2. શુક્રાશય તેમજ પ્રોસ્ટેટ ગ્રંથિની ભૂમિકા શું છે ?
3. યૌવનારંભના સમયે છોકરીઓમાં કયાં પરિવર્તનો જોવા મળે છે ?
4. માતાના શરીરમાં ગર્ભસ્થ ભ્રૂણને પોષણ કેવી રીતે પ્રાપ્ત થાય છે ?
5. જો કોઈ સ્ત્રી કૉપર-Tનો ઉપયોગ કરી રહી છે, તો શું આ તેને જાતીય સંક્રમિત રોગોથી રક્ષણ કરશે ?

તમે શીખ્યાં કે

- સજીવનાં જીવનને ટકાવી રાખવા માટે પ્રજનનની જરૂરિયાત અન્ય જૈવિક પ્રક્રિયાઓ જેટલી મહત્ત્વની નથી.
- પ્રજનન દ્વારા DNA પ્રતિકૃતિનું નિર્માણ તથા વધારાના કોષીય સંરચનાનું સર્જન થાય છે.
- વિવિધ સજીવો દ્વારા અપનાવાતી પ્રજનનની રીત તેમની શારીરિક સંરચના પર નિર્ભર કરે છે.
- ભાજનની રીત કે પદ્ધતિમાં જીવાણુ (બૅક્ટેરિયા) તેમજ પ્રજીવોના કોષો વિભાજિત થઈને બે અથવા વધારે સ્રાવકોષોનું નિર્માણ કરે છે.
- જો હાઇડ્રા જેવા સજીવોના શરીર ઘણા ટુકડાઓમાં ફેરવાય, તો પ્રત્યેક ભાગમાંથી પુનર્જનન દ્વારા નવો સજીવ વિકાસ પામે છે. આમાં કેટલીક કલિકાઓ ઊપસી આવીને નવા સજીવમાં વિકાસ પામે છે.
- કેટલીક વનસ્પતિઓમાં વાનસ્પતિક પ્રજનન દ્વારા મૂળ, પ્રકાંડ કે પર્ણોથી નવો છોડ વિકાસ પામે છે.
- ઉપર્યુક્ત અલિંગી પ્રજનનના ઉદાહરણ છે. જેમાં સંતતિની ઉત્પત્તિ એક એકલ સજીવ દ્વારા થાય છે.
- લિંગી પ્રજનનમાં સંતતિનું નિર્માણહેતુ બે સજીવ ભાગ લે છે.
- DNA, પ્રતિકૃતિની તક્નિકથી ભિન્નતા ઉત્પન્ન થાય છે જે જાતિના અસ્તિત્વ માટે લાભદાયક છે. લિંગી પ્રજનન દ્વારા વધારે ભિન્નતાઓ ઉત્પન્ન થાય છે.
- સપુષ્પી વનસ્પતિઓમાં પ્રજનનક્રિયામાં પરાગરજ પરાગાશયમાંથી મુક્ત થઈને પરાગાસન સુધી સ્થળાંતરિત થાય છે જેને પરાગનયન કહે છે. તેને અનુસરીને ફલન દર્શાવાય છે.
- યૌવનારંભમાં શરીરમાં અનેક પરિવર્તન આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે છોકરીઓમાં સ્તનનો વિકાસ અને છોકરાઓના ચહેરા પર નવા વાળ આવે છે, જે લૈંગિક પરિપક્વતાનાં ચિહ્નો છે.
- માનવમાં નર પ્રજનનતંત્રમાં શુક્રપિંડ, શુક્રવાહિની, શુક્રાશય, પ્રોસ્ટેટ ગ્રંથિ, મૂત્રમાર્ગ તથા શિશ્ન હોય છે. શુક્રપિંડ શુક્રકોષ ઉત્પન્ન કરે છે.
- માનવમાં માદા પ્રજનનતંત્રમાં અંડપિંડો, અંડવાહિનીઓ (ફેલોપિયન નલિકાઓ) ગર્ભાશય અને યોનિ આવેલી હોય છે.
- માનવમાં લિંગી પ્રજનન-પ્રક્રિયામાં શુક્રકોષોનું સ્ત્રીની યોનિમાં સ્થળાંતરણ થાય છે અને ફલન અંડવાહિની કે ફેલોપિયન નલિકામાં થાય છે.
- ગર્ભનિરોધક યુક્તિઓ કે સાધનો ગર્ભધારણને અટકાવે છે. નિરોધ, ગર્ભનિરોધક ગોળીઓ, કૉપર-T અને અન્ય સાધનો તેનાં ઉદાહરણો છે.

સ્વાધ્યાય

1. ......માં અલિંગી પ્રજનન કલિકા સર્જન દ્વારા થાય છે.

(a) અમીબા

(b) યીસ્ટ

(c) પ્લાઝમોડિયમ

(d) લેસ્માનિયા

2. નીચે આપેલ પૈકી કયું માનવના માદા પ્રજનનતંત્રનો ભાગ નથી ?

(a) અંડાશય

(b) ગર્ભાશય

(c) શુક્રવાહિકા

(d) અંડવાહિની

3. પરાગાશયમાં ...... હોય છે.

(a) વજ્રપત્ર

(b) અંડાશય

(c) સ્ત્રીકેસર

(d) પરાગરજ

4. અલિંગી પ્રજનનની તુલનામાં લિંગી પ્રજનનથી શું લાભ થાય છે ?

5. માનવના શુક્રપિંડનું કાર્ય શું છે ?

6. ઋતુસ્રાવ શા માટે થાય છે ?

7. પુષ્પના આયામ છેદની નામનિર્દેશનવાળી આકૃતિ દોરો.

8. ગર્ભનિરોધનની વિવિધ રીતો કઈ છે ?

9. એકકોષીય તેમજ બહુકોષીય સજીવોની પ્રજનનપદ્ધતિમાં શું તફાવત છે ?

10. પ્રજનન કોઈ જાતિની વસ્તીની સ્થાયીતામાં કઈ રીતે મદદરૂપ થાય છે ?

11. ગર્ભનિરોધક યુક્તિઓ કે સાધનો અપનાવવાના કયા કારણ હોઈ શકે છે ?

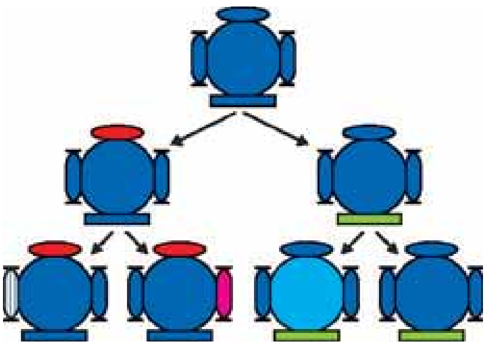
પ્રકરણ 9
આનુવંશિકતા અને ઉદ્વિકાસ (Heredity and Evolution)

આપણે જોયું કે પ્રજનન ક્રિયાઓ દ્વારા નવા સજીવ ઉત્પન્ન થાય છે, જે પિતૃને સમાન હોય છે. પરંતુ તેઓ કેટલીક ભિન્નતા ધરાવતા હોય છે. આપણે એ પણ ચર્ચા કરી છે કે, અલિંગી પ્રજનનમાં પણ કેટલીક ભિન્નતાઓ કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે. ઘણી સંખ્યામાં સફળ ભિન્નતાઓ લિંગી પ્રજનન દ્વારા જ પ્રાપ્ત થાય છે. જો આપણે શેરડીના ખેતરનું અવલોકન કરીએ તો આપણને વ્યક્તિગત વનસ્પતિઓમાં ખૂબ જ ઓછી ભિન્નતાઓ જોવા મળે છે. માનવ તેમજ મોટા ભાગનાં પ્રાણીઓ જે લિંગી પ્રજનન દ્વારા ઉત્પન્ન થાય છે. આમાં વ્યક્તિગત સ્તરે અનેક ભિન્નતાઓ દૃશ્યમાન બને છે. આ પ્રકરણમાં આપણે તે ક્રિયાવિધિઓનો અભ્યાસ કરીશું જેના કારણે ભિન્નતાઓ ઉત્પન્ન થાય છે અને આનુવંશિક બને છે. ભિન્નતાઓનો સંચય લાંબા સમય સુધી થનારી અનુવર્તી અસરનો અભ્યાસ અત્યંત રોચક છે અને ઉદ્વિકાસમાં આપણે તેનો અભ્યાસ કરીશું.

9.1 પ્રજનન દરમિયાન ભિન્નતાઓનું સંચયન (Accumulation of Variation During Reproduction)

પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતી પેઢીમાંથી આનુવંશિક સંતતિને એક આધારક શારીરિક બંધારણ (Design) તેમજ કેટલીક ભિન્નતાઓ પ્રાપ્ત થાય છે. હવે થોડુંક વિચારીએ કે આ નવી પેઢીના પ્રજનનનું પરિણામ શું બને છે ? જે બીજી પેઢીમાં પહેલી પેઢીથી આવતી ભિન્નતાઓ તેમજ કેટલીક નવી ભિન્નતાઓ ઉત્પન્ન કરશે.

આકૃતિ 9.1માં તે સ્થિતિને દર્શાવેલ છે કે જેમાં માત્ર સજીવ પ્રજનન કરે છે. જેમકે, અલિંગી પ્રજનનમાં થાય છે. જો એક જીવાણુ વિભાજિત થાય છે, તો પરિણામરૂપે બે જીવાણુ (બૅક્ટેરિયા) ઉત્પન્ન થાય છે. જે પુનઃવિભાજિત થઈને ચાર સ્વતંત્ર જીવાણુ (બૅક્ટેરિયા) ઉત્પન્ન કરે છે, જેમાં પરસ્પરમાં ઘણી વધારે સમાનતાઓ હોય છે. તેમાં પરસ્પર ખૂબ જ ઓછી ભિન્નતા હોય, જે DNA પ્રવૃત્તિ DNAનું સ્વયંજનનના સમયે ન્યૂનતમ ખામીઓને કારણે ઉત્પન્ન થઈ હશે. પરંતુ જો લિંગી પ્રજનન થાય તો વિવિધતા અપેક્ષિત અને વધારે હોય છે. તેના વિષયમાં આપણે આનુવંશિકતાના નિયમોની ચર્ચાના સમયે જોઈશું.



આકૃતિ 9.1
સફળતમ પેઢીઓમાં વિવિધતાનું સર્જન થાય છે. મૂળભૂત સજીવ ઉચ્ચતમ છે જેમાંથી વિકાસ થતો કહી શકાય જે બે સજીવ સમાન શરીરરચના ધરાવતા, પરંતુ થોડીક ભિન્નતા ધરાવે છે. તેમાંના પ્રત્યેકમાંથી બે સજીવનો વિકાસ તેના પછીની પેઢીમાં થાય છે. પ્રત્યેક ચાર સજીવ તલસ્થ ભૂમિમાં દર્શાવેલ છે. પ્રત્યેકમાં ભિન્નતા છે. જ્યારે આમાંની કેટલીક ભિન્નતા નિયત છે. અન્ય તેમના પિતૃઓમાંથી આનુવંશિક હોઈ શકે છે જેમાંથી પ્રત્યેક એકબીજાથી ભિન્ન છે

શું કોઈ જાતિમાં આ બધી ભિન્નતાઓની સાથે પોતાના પર્યાવરણમાં અસ્તિત્વ જાળવી રાખવાની સંભાવના એકસમાન છે ? નિશ્ચિતરૂપથી નથી. ભિન્નતાની પ્રકૃતિના આધારે વિવિધ સજીવોને વિવિધ પ્રકારનો લાભ થઈ શકે છે. ઉષ્ણતા કે તાપમાનને સહન કરવાની ક્ષમતાવાળા જીવાણુઓ (બૅક્ટેરિયા)ની વધારે ગરમીથી બચવાની સંભાવના વધારે હોય છે. તેની ચર્ચા

આપણે પહેલાં કરી ગયાં છીએ. પર્યાવરણીય પરિબળો દ્વારા ઉત્તમ ભિન્નતાની પરિવર્તનની પસંદગી જૈવિક વિકાસ ક્રિયાનો આધાર બને છે. જેની ચર્ચા આપણે આગળ કરીશું.

પ્રશ્નો

1. જો એક 'લક્ષણ-A' અલિંગી પ્રજનનવાળી વસ્તીમાં 10 % સભ્યોમાં જોવા મળે છે અને 'લક્ષણ-B' તેની વસ્તીમાં 60 % સજીવોમાં મળી આવે છે, તો કયું લક્ષણ પહેલા ઉત્પન્ન થાય છે ?
2. ભિન્નતાઓની ઉત્પત્તિ થવાથી કોઈ જાતિનું અસ્તિત્વ કેવી રીતે વધી જાય છે ?

9.2 આનુવંશિકતા (Heredity)

પ્રજનનક્રિયાનું સૌથી મહત્ત્વપૂર્ણ પરિણામ નવી સંતતિના સજીવોની સમાન ડિઝાઈન કે બંધારણ હોવું તે છે. આનુવંશિકતાના નિયમમાં આ પ્રક્રિયાનું નિર્ધારણ કરે છે કે જેના દ્વારા વિવિધ લક્ષણો પૂર્ણ વિશ્વસનીયતાની સાથે વંશપરંપરાગત (આનુવંશિક) બને છે. આવો, આ નિયમોનો ધ્યાનપૂર્વક અભ્યાસ કરીએ.

9.2.1 આનુવંશિક લક્ષણો (Inherited Traits)

વાસ્તવમાં સમાનતા તેમજ ભિન્નતાઓનો આપણે શો અર્થ કરીએ છીએ ? આપણે જાણીએ છીએ કે, બાળકમાં માનવના બધા આધારભૂત લક્ષણ હોય છે છતાં પણ પૂર્ણસ્વરૂપે તેઓ પોતાના પિતૃઓ જેવા દેખાતા નથી અને માનવવસ્તીમાં આ ભિન્નતા સ્પષ્ટ દેખાઈ આવે છે.

પ્રવૃત્તિ 9.1

- તમારા વર્ગના બધા વિદ્યાર્થીઓના કાનનું અવલોકન કરો. એવા વિદ્યાર્થીઓની નોંધ બનાવો જેમના કર્ણપલ્લવ (Earlobe) સ્વતંત્ર છે અને જોડાયેલા છે (આકૃતિ 9.2). જોડાયેલા કર્ણપલ્લવવાળા વિદ્યાર્થીઓ તેમજ સ્વતંત્ર કર્ણપલ્લવ ધરાવતા વિદ્યાર્થીઓની ટકાવારીની ગણતરી કરો. પ્રત્યેક વિદ્યાર્થીના કર્ણપલ્લવના પ્રકારને તેમના પિતૃની સાથે મળીને જુઓ. આ અવલોકનના આધારે કર્ણપલ્લવ વંશાવલી કે આનુવંશિકતાના સંભવિત નિયમની સમજૂતી આપો.

(a)

(b)

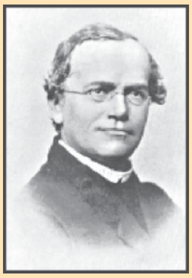
આકૃતિ 9.2

(a) મુક્ત કર્ણપલ્લવ (b) જોડાયેલ કર્ણપલ્લવ. કાનના તલસ્થ ભાગને કર્ણપલ્લવ કહે છે. જે આપણા કેટલાકના શીર્ષની સાથે જોડાયેલ હોય છે અને અન્યમાં જોડાયેલ હોતો નથી. મુક્ત અને જોડાયેલ કર્ણપલ્લવ બે વિવિધતા માનવ-વસ્તીમાં જોવા મળે છે.

9.2.2 આનુવંશિક લક્ષણો માટેના નિયમો – મૅન્ડલનું યોગદાન (Rules for the Inheritance of Traits – Mendel's Contributions)

માનવમાં લક્ષણોની આનુવંશિકતાના નિયમો એ બાબત પર આધારિત છે કે માતા તેમજ પિતા બંને સમાન પ્રમાણમાં આનુવંશિક પદાર્થનું સંતતિ (બાળક)માં સ્થળાંતરણ કરે છે. તેનો અર્થ એ છે કે, પ્રત્યેક લક્ષણ પિતા અને માતાના DNAથી પ્રભાવિત હોઈ શકે છે. આમ, પ્રત્યેક લક્ષણ માટે પ્રત્યેક સંતતિમાં બે વિકલ્પ હોય છે. તો પછી સંતાન કે સંતતિમાં કયું લક્ષણ જોવા મળે છે ? મૅન્ડલ નામના વૈજ્ઞાનિકે આ પ્રકારના આનુવંશિકતાના કેટલાક મુખ્ય નિયમો પ્રસ્તુત કર્યા હતા. તેમના પ્રયોગો વિશે જાણવું અત્યંત રોચક છે કે જે તેમણે લગભગ શતાબ્દીથી પણ પહેલાં કર્યા હતા.

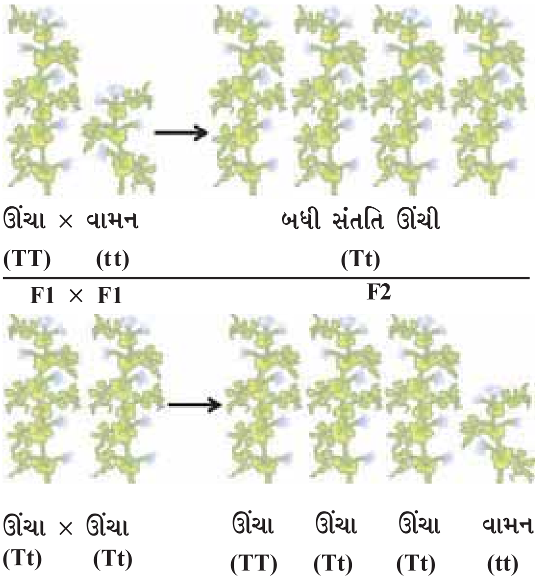
ગ્રેગર જોહન મૅન્ડલ (1822-1884)



મૅન્ડલે પ્રાથમિક શિક્ષણ એક ગિરજાઘર (Monastery) કે દેવળમાં લીધું હતું અને તેઓ વિજ્ઞાન તેમજ ગણિતના અભ્યાસ માટે વિએના વિશ્વવિદ્યાલય ગયા હતા. અધ્યાપનના સર્ટિફિકેટની પરીક્ષામાંની નિષ્ફળતા તેમની વૈજ્ઞાનિક શોધની પ્રવૃત્તિને દબાવી શક્યા નહિ. તેઓ તેમના દેવળમાં પાછા ફર્યા અને વટાણા પર પ્રયોગો કરવાનો પ્રારંભ કર્યો. તેમના પહેલાં ઘણા વૈજ્ઞાનિકોએ વટાણા તેમજ અન્ય સજીવો પર આનુવંશિક લક્ષણોનો અભ્યાસ કર્યો હતો. પરંતુ મૅન્ડલે પોતાના વિજ્ઞાન તેમજ ગણિતીય જ્ઞાનને સંમિશ્રિત કર્યું. તેઓ પહેલાં વૈજ્ઞાનિક હતા જેમણે પ્રત્યેક પેઢીના એક–એક છોડ દ્વારા અભિવ્યક્ત લક્ષણોની નોંધ રાખી હતી અને તેમની ગણતરી કરી હતી. જેનાથી તેમને આનુવંશિકતાના નિયમોને મેળવવામાં મદદ મળી જેની આ પ્રકરણમાં મુખ્યત્વે આપણે ચર્ચા કરેલી છે.

મૅન્ડલે વટાણાના છોડના અનેક વિરોધાભાસી લક્ષણોનો અભ્યાસ કર્યો કે જે સ્થૂળ સ્વરૂપે દેખાઈ આવે છે. ઉદાહરણ તરીકે, ગોળાકાર બીજ–ખરબચડા બીજ, ઊંચો છોડ–નીચો છોડ, સફેદ પુષ્પ–જાંબલી પુષ્પ વગેરે. તેમણે ભિન્ન લક્ષણોવાળા વટાણાના છોડને લીધા. જેમકે ઊંચો છોડ અને નીચો છોડ. તેનાથી પ્રાપ્ત બાળપેઢીમાં ઊંચા તેમજ નીચા છોડની ટકાવારીની ગણતરી કરી.

પ્રથમ બાળપેઢી અથવા F_1 પેઢીમાં કોઈ પણ છોડ મધ્યમ ઊંચાઈના ન હતા. બધા જ છોડ ઊંચા હતા. આનો અર્થ એ થાય કે બે લક્ષણોમાંથી માત્ર એક જ પિતૃ લક્ષણ જોવા મળે છે. આ બંને લક્ષણોની મિશ્ર અસર પણ જોવા મળતી નથી. તો હવે પછીનો પ્રશ્ન એ થાય કે શું F_1 પેઢીના બધા જ છોડ પોતાના પિતૃની જેમ ઊંચા છોડ પૂર્ણ રીતે સમાન હતા ? મૅન્ડલના પ્રયોગોમાં બે પ્રકારનાં પિતૃક લક્ષણો ધરાવતા છોડ તેમજ F_1 પેઢીના બધા જ છોડ સ્વપરાગનયન દ્વારા ઉગાડવામાં આવ્યા હતા. પૈતૃક પેઢીના છોડથી પ્રાપ્ત બધી સંતતિ પણ ઊંચા છોડની હતી. પરંતુ F_1 પેઢીના ઊંચા છોડની બીજી પેઢી એટલે કે F_2 પેઢીના બધા છોડ ઊંચા હોતા નથી. એટલે કે તેમાંના $\frac{1}{4}$ સંતતિ નીચા છોડની હતી. આ દર્શાવે છે કે F_1 પેઢીના છોડ દ્વારા ઊંચા તેમજ નીચાપણા બંને લક્ષણોનું વહન થયું હતું. પરંતુ માત્ર ઊંચાપણાનું લક્ષણ જ વ્યક્ત કે અભિવ્યક્ત થઈ શક્યું હતું. આમ, લિંગી પ્રજનન કે પરફલન દ્વારા ઉત્પન્ન થનારા સજીવોમાં કોઈ પણ લક્ષણની બે પ્રતિકૃતિઓ કે બે કારકો હોય છે જે આનુવંશિકતામાં વહન પામે છે. આ બંને એક–સમાન હોઈ શકે છે અથવા બંને ભિન્ન પણ હોઈ શકે છે. જે તેમના પિતૃઓ પર નિર્ભર કરે છે. આ પરિકલ્પનાને આધારે આનુવંશિકતાની એક રીત આકૃતિ 9.3માં દર્શાવેલ છે.



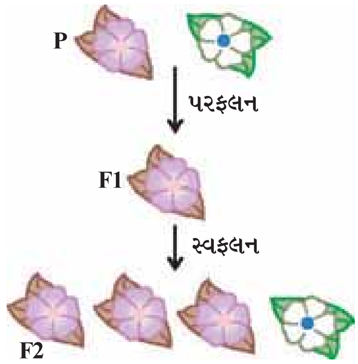
આકૃતિ 9.3
બે પેઢી સુધી લક્ષણોની આનુવંશિકતા

પ્રવૃત્તિ 9.2

- આકૃતિ 9.3માં આપણે કયો પ્રયોગ કરીએ છીએ. જેનાથી તે સુનિશ્ચિત થાય છે કે F_2 પેઢીમાં વાસ્તવમાં TT, Tt અને ttનું સંયોજન 1:2:1નું ગુણોત્તર પ્રમાણ પ્રાપ્ત થાય છે ?

આ પ્રવૃત્તિમાં ‘TT’ તેમજ ‘Tt’ બંને છોડ ઊંચા છે જ્યારે માત્ર ‘tt’ ધરાવતો નીચો છોડ છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો ‘T’ એકલા છોડને ઊંચા બનાવવા માટે પર્યાપ્ત છે જ્યારે નીચાપણા માટે ‘t’ના બંને વિકલ્પ કારકો જોઈએ છે. ‘T’ ધરાવતા લક્ષણને ‘પ્રભાવી’ લક્ષણ કહેવાય છે જ્યારે જે લક્ષણ ‘t’ સાથે સંકળાયેલ છે તેને અપ્રભાવી કે પ્રચ્છન્ન લક્ષણ કહેવાય છે. આકૃતિ 9.4માં કયું લક્ષણ પ્રભાવી છે અને કયું લક્ષણ પ્રચ્છન્ન છે ?

જ્યારે વટાણાના બે છોડમાં એક વિકલ્પી જનીનયુગ્મને સ્થાને બે વિકલ્પી જનીન–યુગ્મોનો અભ્યાસ કરવા માટે સંકરણ કરાવવામાં આવે તો શું થશે ? પીળો રંગ અને ગોળાકાર બીજ ધરાવતા છોડનું જો લીલો રંગ અને ખરબચડા બીજ ધરાવતા છોડની સાથે સંકરણ કરાવવામાં આવે તો પ્રાપ્ત સંતતિ કેવી હોય ? F_1 પેઢીના બધા છોડ પીળા રંગ અને ગોળાકાર બીજ ધરાવતા હશે. આમ, પીળો રંગ અને ગોળાકાર બીજ પ્રભાવી લક્ષણ છે. પરંતુ જ્યારે F_1 સંતતિના છોડ વચ્ચે સ્વફલનથી F_2 પેઢીની સંતતિ પ્રાપ્ત થાય તો શું થાય છે ? મૅન્ડલ દ્વારા કરવામાં આવેલા પહેલા પ્રયોગને આધારે આપણે કહી શકીએ કે, F_2 સંતતિના કેટલાક છોડ પીળા રંગના ગોળાકાર બીજ ધરાવતા હોય અને કેટલાક છોડ લીલા રંગના અને ખરબચડા બીજ ધરાવતા હોય. પરંતુ F_2 પેઢીની સંતતિના કેટલાક છોડ નવું સંયોજન અભિવ્યક્ત કરે છે. તેમાંથી કેટલાક છોડ પીળા રંગના અને ખરબચડા બીજ ધરાવતા અને કેટલાક છોડ લીલા રંગના ગોળાકાર બીજ ધરાવતા હોય છે. આમ, પીળા રંગનું અને લીલા રંગનું લક્ષણ અને ગોળાકાર બીજ અને ખરબચડા બીજનું લક્ષણ સ્વતંત્ર રીતે આનુવંશિકતા પામે છે. એક વધુ ઉદાહરણ આકૃતિ 9.5માં દર્શાવેલ છે.



3 : 1 ગુણોત્તર

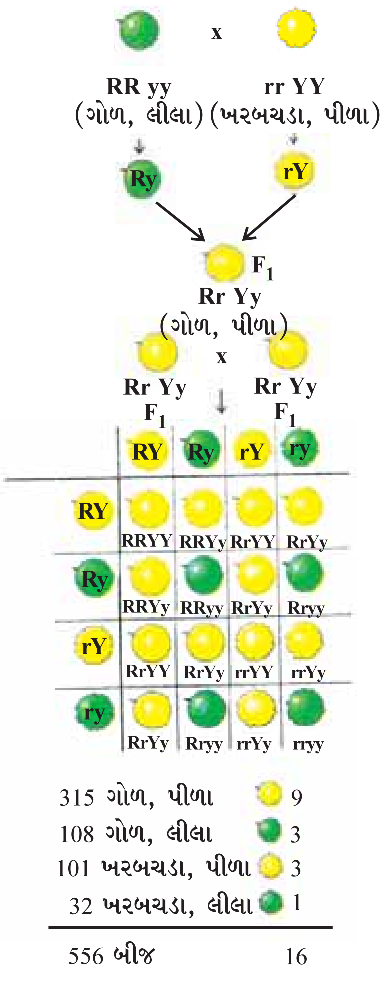
આકૃતિ 9.4

9.2.3 આ લક્ષણો પોતાની જાતે કેવી રીતે અભિવ્યક્ત થાય છે ?

(How do these Traits get Expressed ?)

આનુવંશિકતાની કાર્યવિધિ કેવી રીતે થાય છે ? કોષીય DNA એ કોષમાં આવેલ પ્રોટીન સંશ્લેષણ માટેની માહિતી સ્રોત આપે છે. DNAનો તે ભાગ જેમાં કોઈ પ્રોટીન માટે સૂચના હોય છે, તે પ્રોટીનનો જનીન કહેવાય છે. (તે સૂચના સાંકેતિક ભાષામાં હોય તે જનીન). પ્રોટીન વિવિધ લક્ષણોની અભિવ્યક્તિને કેવી રીતે નિયંત્રિત કરે છે ? તેની આપણે અહીંયાં ચર્ચા કરીએ. આવો, વનસ્પતિ કે છોડની ઊંચાઈના એક લક્ષણનું ઉદાહરણ લઈએ. આપણે જાણીએ છીએ કે, વનસ્પતિઓમાં કેટલાક અંતઃસ્રાવો હોય છે, જે ઊંચાપણાનું નિયંત્રણ કરે છે. આમ, કોઈ છોડના ઊંચાપણામાં આવેલા તે અંતઃસ્રાવના પ્રમાણ પર નિર્ભર કરે છે. વનસ્પતિના અંતઃસ્રાવનું પ્રમાણ તેની ક્રિયાની કાર્યક્ષમતા પર નિર્ભર કરે છે. જેના દ્વારા તેની ઊંચાઈ નક્કી થાય છે. ઉત્સેચક આ ક્રિયા માટે મહત્ત્વપૂર્ણ છે. જો આ ઉત્સેચક કાર્યક્ષમ રીતે કાર્ય કરે તો અંતઃસ્રાવ પર્યાપ્ત માત્રામાં નિર્માણ થાય અને છોડ ઊંચો થાય છે. જો આ પ્રોટીનના જનીનમાં કોઈ પરિવર્તન આવે છે, તો નિર્માણ પામનારા પ્રોટીનની કાર્યક્ષમતા પર અસર પડે છે. તેની કાર્યક્ષમતા ઘટે છે. આમ, જો નિર્માણ પામનારા અંતઃસ્રાવની માત્રા પણ ઓછી થાય તો છોડ નીચો બને છે. આમ જનીનો, લક્ષણો (Traits)ને નિયંત્રિત કરે છે.

મૅન્ડલના પ્રયોગોનું અર્થઘટનને સમજવા જેની આપણે ચર્ચા કરી રહ્યા હતા તે સાચું છે કે જો જેની ચર્ચા આપણે અગાઉના પ્રકરણમાં કરી ગયાં છીએ. લિંગી પ્રજનન દરમિયાન સંતતિના DNAમાં બંને પિતૃનું સમાન રીતે યોગદાન હોય છે. જો બંને પિતૃઓ, સંતતિનાં લક્ષણોનું નિર્ધારણ કરવામાં મદદરૂપ થાય છે તો બંને પિતૃઓ એક જ જનીનની એક પ્રતિકૃતિ સંતતિને આપે છે. આનો અર્થ એ થાય કે વટાણાના પ્રત્યેક છોડમાં બધા જનીનોના બે સેટ્સ (યુગ્મ) હોય. પ્રત્યેક પિતૃ તરફથી એક સેટની આનુવંશિકતા થાય છે. આ રીતને સફળ કરવા માટે પ્રત્યેક પ્રજનનકોષમાં જનીનનો માત્ર એક જ સેટ હોય છે.



આકૃતિ 9.5

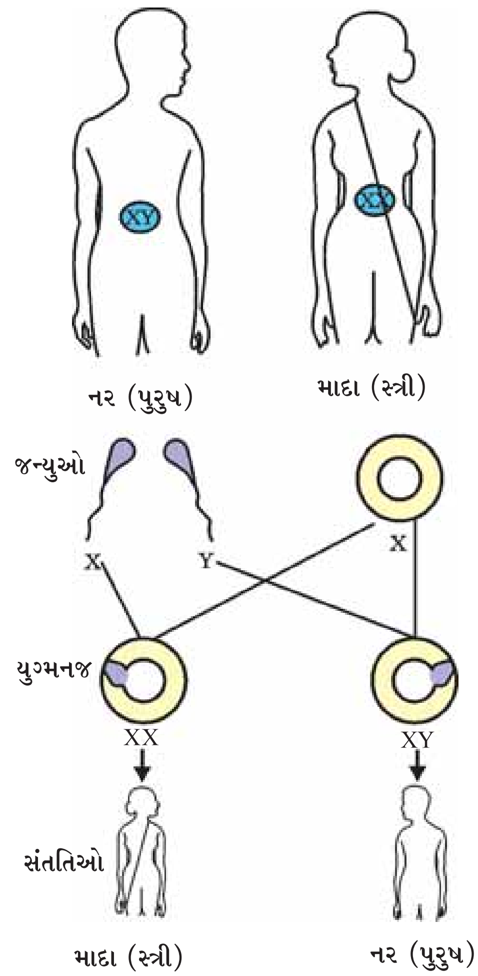
બીજના આકાર અને રંગ બે લક્ષણોની સ્વતંત્ર આનુવંશિકતા

જ્યારે સામાન્ય વાનસ્પતિક કોષ/દૈહિક કોષમાં જનીનના સેટની બે પ્રતિકૃતિઓ (Copies) હોય છે. તો પછી જનનકોષમાં તેનો એક સેટ કેવી રીતે બને છે ? જો સંતતિ છોડ (બાળ છોડને) પિતૃ છોડથી સંપૂર્ણ જનીનોનો એક પૂર્ણ સેટ પ્રાપ્ત થાય છે તો આકૃતિ 9.5માં દર્શાવેલ પ્રયોગ સફળ થઈ શકતો નથી. તેનું મુખ્ય કારણ એ છે કે બે લક્ષણ ‘R’ અને ‘y’ સેટમાં એકબીજાથી

સંલગ્ન રહે છે તથા સ્વતંત્ર રીતે આનુવંશિકતા દર્શાવી શકતા નથી. તેથી આ સત્યને આધારે સમજી શકાય છે કે વાસ્તવમાં એક જનીન સેટ માત્ર એક DNA શૃંખલાના રૂપમાં ન હોતા DNAની અલગ-અલગ સ્વતંત્રરૂપે શૃંખલારૂપે હોય છે. જેમાંથી પ્રત્યેકને એક રંગસૂત્ર કહેવાય છે. આમ, પ્રત્યેક કોષમાં પ્રત્યેક રંગસૂત્રની બે પ્રતિકૃતિઓ હોય છે. જેમાંથી એક નર તથા બીજી માદા પિતૃ તરફથી પ્રાપ્ત થયેલી હોય છે. પ્રત્યેક પિતૃકોષ (પૈતૃક અથવા માતૃક)થી રંગસૂત્રની પ્રત્યેક જોડમાં માત્ર એક રંગસૂત્ર જ એક જનનકોષમાં આવે છે જ્યારે બે જનનકોષોના સંલયન કે ફલન થવાથી નિર્માણ પામેલા યુગ્મનજમાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા પુનઃ સામાન્ય થઈ જાય છે અને સંતતિમાં રંગસૂત્રોની સંખ્યા નિશ્ચિત જળવાઈ રહે છે. જે જાતિના DNAની સ્થાયીતાને સુનિશ્ચિત કરે છે. આનુવંશિકતાની આ ક્રિયાવિધિથી મૅન્ડલના પ્રયોગોના પરિણામને સમજી શકાય છે. તેનો ઉપયોગ લિંગી પ્રજનન કરનારા બધા સજીવો કરે છે. પરંતુ અલિંગી પ્રજનન કરનારા સજીવોમાં પણ આનુવંશિકતાના આ નિયમોનું પાલન થાય છે. શું આપણે જાણી શકીએ કે તેમાં આનુવંશિકતા કેવી રીતે થાય છે ?

9.2.4 લિંગનિશ્ચયન (Sex Determination)

આપણે એ વાતની ચર્ચા કરી ગયાં છીએ કે લિંગી પ્રજનનમાં ભાગ લેનારા બંને એકલ સજીવ કોઈ ને કોઈ બાબતમાં એકબીજાથી ભિન્ન હોય છે. જેનાં ઘણાં કારણો છે. નવજાત શિશુના લિંગ કેવી રીતે નક્કી થાય છે ? ભિન્ન-ભિન્ન જાતિ તેના માટે ભિન્ન-ભિન્ન રીત અપનાવે છે. કેટલાક પૂર્ણતઃ પર્યાવરણ પર આધારિત હોય છે. કેટલાંક પ્રાણીઓમાં લિંગનિશ્ચયન ફલિત અંડકોષના તાપમાન પર આધારિત હોય છે કે સંતતિ કે બાળપેઢી નર હશે કે માદા. સ્નેઇલ (ગોકળ ગાય) જેવાં કેટલાંક પ્રાણીઓ પોતાનું લિંગ બદલી શકે છે. જે એ વાતનો સંકેત છે કે તેમાં લિંગનિશ્ચયનની ક્રિયા આનુવંશિક નથી. પરંતુ માનવમાં લિંગનિશ્ચયન આનુવંશિકતા પર આધાર રાખે છે. બીજા શબ્દોમાં પિતૃ સજીવોમાંથી આનુવંશિકતા પામેલ જનીન જ આ વાતનો નિર્ણય કરે છે કે બાળપેઢી કે સંતતિ છોકરો હશે કે છોકરી. પરંતુ અત્યાર સુધી એમ માનતા રહ્યા છીએ કે બંને પિતૃઓમાંથી એક જ જેવા જનીન સેટ સંતતિમાં આવે છે. જો આ સાશ્વત નિયમ છે તો પછી લિંગનિશ્ચયન આનુવંશિક કેવી રીતે હોઈ શકે છે ?



આકૃતિ 9.6
માનવમાં લિંગનિશ્ચયન

તેને સમજવા માટે એ સત્ય છે કે માનવનાં બધાં જ રંગસૂત્રો સંપૂર્ણ રીતે યુગ્મ હોતાં નથી. માનવમાં મોટા ભાગનાં રંગસૂત્રો માતા અને પિતાનાં રંગસૂત્રોના પ્રતિકૃતિ સ્વરૂપે હોય છે. તેની સંખ્યા 22 જોડ છે, પરંતુ યુગ્મ જેને લિંગી રંગસૂત્ર કહે છે. જે હંમેશાં સંપૂર્ણ યુગ્મમાં હોતું નથી. સ્ત્રીમાં રંગસૂત્રનું પૂર્ણ યુગ્મ હોય છે અને બંને રંગસૂત્રોને 'X' કહેવાય છે. પરંતુ પુરુષ (નર)માં આ જોડી પરિપૂર્ણ કે સંપૂર્ણ જોડમાં નથી. જેમાં એક રંગસૂત્ર સામાન્ય આકારનું 'X' હોય છે અને બીજું રંગસૂત્ર નાનું હોય છે જેને 'Y' રંગસૂત્ર કહે છે. આમ, સ્ત્રીઓમાં 'XX' પુરુષમાં 'XY' રંગસૂત્ર હોય છે. શું હવે આપણે X અને Y રંગસૂત્રની આનુવંશિકતાની રીત કે પદ્ધતિનો ખ્યાલ મેળવી શકીએ છીએ ?

જેમકે આકૃતિ 9.6માં દર્શાવેલ છે. સામાન્ય રીતે અડધાં બાળકો છોકરા તેમજ અડધાં બાળકો છોકરી હોઈ શકે છે. બધાં બાળકો, જે છોકરા કે છોકરીઓ હોઈ શકે છે તે પોતાની માતા તરફથી 'X' રંગસૂત્ર મેળવે છે. આમ, બાળકોના લિંગ-નિશ્ચયનનો આધાર તેના પર રહેલો છે કે તેઓ તેમના પિતા તરફથી કયા પ્રકારનું રંગસૂત્ર પ્રાપ્ત કરે છે. જે બાળકને પોતાના પિતા તરફથી 'X' રંગસૂત્ર આનુવંશિકતાની દૃષ્ટિએ પ્રાપ્ત થશે તે છોકરી તેમજ જે બાળકને પોતાના પિતા તરફથી 'Y' રંગસૂત્ર આનુવંશિકતાની દૃષ્ટિએ પ્રાપ્ત થશે તે છોકરો બને છે.

પ્રશ્નો

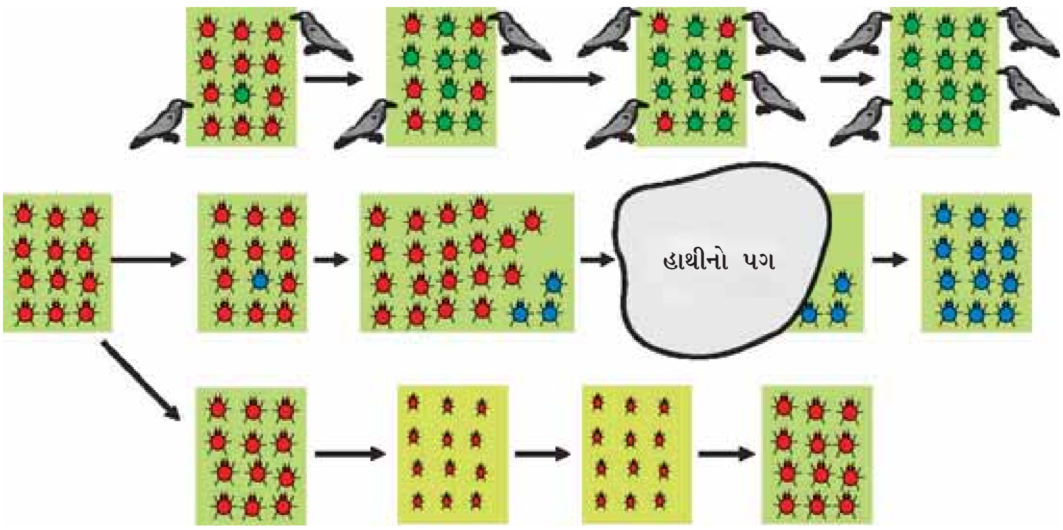
1. મૅન્ડલના પ્રયોગો દ્વારા કેવી રીતે સમજી શકાય કે લક્ષણ પ્રભાવી અથવા પ્રચ્છન્ન હોય છે ?
2. મૅન્ડલના પ્રયોગો દ્વારા કેવી રીતે સમજી શકાય કે વિવિધ લક્ષણો સ્વતંત્ર રીતથી આનુવંશિક હોય છે ?
3. એક પુરુષ જેનું રુધિરજૂથ A છે તે એક સ્ત્રી કે જેનું રુધિરજૂથ O છે તેની સાથે લગ્ન કરે છે. તેમની પુત્રીનું રુધિરજૂથ O છે. શું આ વિધાન પર્યાપ્ત છે કે જો તમને કહેવામાં આવે કે કયાં વિકલ્પ, રુધિરજૂથ A અથવા Oના પ્રભાવી લક્ષણ માટે છે ? તમારા જવાબનું સ્પષ્ટીકરણ આપો.
4. માનવના બાળકનું લિંગનિશ્ચયન કેવી રીતે થાય છે ?

9.3 ઉદ્‌વિકાસ (Evolution)

આપણે જોયું કે પ્રજનનક્રિયા દરમિયાન ભિન્નતાની પ્રવૃત્તિ, આંતર સંરચનાકીય બને છે જે DNAની પ્રતિકૃતિમાં ત્રુટિઓ અને લિંગી પ્રજનન દરમિયાન બંનેમાં ઉદ્‌ભવે છે. આવો, આપણે આ પ્રવૃત્તિનાં કેટલાંક પરિણામોનો અભ્યાસ કરીએ.

9.3.1 એક દૃષ્ટાંત/એક ઉદાહરણ (An Illustration)

વિચારો કે 12 લાલ ભમરાઓ (Beetles)નો એક સમૂહ છે, તે લીલાં પર્ણોવાળી ઝાડીઓ (પર્ણોની ગીચતાવાળો પ્રદેશ)માં રહે છે. તેમની વસ્તી લિંગી પ્રજનન દ્વારા વૃદ્ધિ કરે છે જે જનીનિક વિભિન્નતાઓ ઉત્પન્ન કરી શકે છે. આપણે તેની પણ કલ્પના કરીએ કે, કાગડાઓ ભમરાઓને ખાઈ જાય છે. કાગડા જેટલા પણ ભમરાઓને ખાઈ જશે તેટલા ભમરા પ્રજનન માટે ઓછા પ્રાપ્ત થશે. હવે, આપણે અન્ય પરિસ્થિતિઓની કલ્પના કરીએ (આકૃતિ 9.7). જે આ ભમરાઓની વસ્તીમાં વિકાસ પામી શકે છે.



આકૃતિ 9.7 વસ્તીમાં વૈવિધ્ય–આનુવંશિતા અને અન્ય તંત્ર

પહેલી સ્થિતિમાં, પ્રજનન દરમિયાન એક રંગની વિભિન્નતાનો ઉદ્‌ભવ થયો છે. જેથી, વસ્તીમાં લાલ રંગ સિવાયનો એક લીલો ભમરો દેખાય છે. લીલો ભમરો પોતાનો રંગ પોતાના સંતાનમાં આનુવંશિકતાના આધારે દાખલ કરે છે. જેના કારણે તેની બધી સંતતિનો રંગ લીલો હોય છે. કાગડાઓ લીલાં પર્ણોની ગીચતામાં લીલા ભમરાને જોઈ શકતા નથી. આમ, તેઓને ખાઈ પણ શકતા નથી. (કારણ કે લીલાં પર્ણો સાથે રહેલા લીલા ભમરા ઓળખી શકતા નથી.). હવે, શું થાય છે ? લીલા

ભમરાની સંતતિનો શિકાર થતો નથી જ્યારે લાલ ભમરાની સંતતિનો સતત શિકાર થતો રહે છે. પરિણામ સ્વરૂપે, ભમરાઓની વસ્તીમાં લાલ ભમરાઓની તુલનામાં લીલા ભમરાઓની સંખ્યા વધી જાય છે.

બીજી પરિસ્થિતિમાં પ્રજનન સમયે એક રંગની ભિન્નતાનો ઉદ્ભવ થાય છે, પરંતુ આ સમયે ભમરાનો રંગ લાલ થવાની જગ્યાએ વાદળી બને છે. આ ભમરો પણ પોતાના રંગની અલગ પેઢીની આનુવંશિકતા દર્શાવી શકે છે. પરિણામ સ્વરૂપે આ ભમરાની બધી સંતતિ વાદળી રંગની હોય છે. કાગડા વાદળી અને લાલ રંગના ભમરાઓને લીલાં પર્ણોમાં સરળતાથી ઓળખી શકે છે અને તેઓનો શિકાર કરે છે. શરૂઆતમાં શું થાય છે ? વસ્તીનું કદ જેમ–જેમ વધતું જાય છે તેમાં ખૂબ જ ઓછા વાદળી ભમરા હોય છે, પરંતુ મોટા ભાગના લાલ રંગના ભમરા હોય છે. પરંતુ આ સ્થિતિમાં એક હાથી ત્યાં આવે છે અને તે ઝાડીઓને વેરવિખેર કરી નાંખે છે. જેમાંથી કેટલાક ભમરા બચી જાય છે અને ઘણાબધા ભમરા મરી જાય છે. સંજોગોવશાત્ કેટલાક વાદળી ભમરા બચી જાય છે. જેથી તેમની વસ્તી ધીમે–ધીમે વધતી જાય છે, જેથી આમ વસ્તીમાં મોટા ભાગના ભમરા વાદળી હોય છે.

તે સ્વાભાવિક છે કે બંને પરિસ્થિતિઓમાં દુર્લભ ભિન્નતા હતી. સમયના અંતરાલમાં એક સામાન્ય લક્ષણ બની ગયું. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, આનુવંશિકતા લક્ષણની પેઢીઓમાં આવૃત્તિમાં પરિવર્તન આવે છે. કારણ કે જનીન જ લક્ષણોનું નિયંત્રણ કરે છે. આમ, આપણે કહી શકીએ કે કોઈ પણ વસ્તીમાં કેટલાંક જનીનોની આવૃત્તિ અમુક પેઢીઓમાં બદલાઈ જાય છે એટલે કે તેમાં પરિવર્તન આવે છે. આ જ જૈવ ઉદ્વિકાસની પરિકલ્પનાનો સાર છે.

પરંતુ બંને પરિસ્થિતિઓમાં કેટલીક રસપ્રદ ભિન્નતા કે ભેદ પણ છે. પ્રથમ પરિસ્થિતિમાં ભિન્નતા એક સામાન્ય ભિન્નતા બનેલી છે કારણ કે તેમાં ઉત્તર જીવિતતાના લાભની સ્થિતિ હતી. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો આ એક પ્રાકૃતિક પસંદગી હતી. આપણે જોઈ શકીએ છીએ કે, પ્રાકૃતિક પસંદગી કાગડાઓ દ્વારા થઈ હતી. જેટલા વધારે કાગડા હશે તેટલા વધારે લાલ ભમરાઓનો શિકાર થશે અને વસ્તીમાં લીલા ભમરાઓનો ગુણોત્તર કે સંખ્યા વધતી જશે. આમ, પ્રાકૃતિક પસંદગી ભમરાની વસ્તીમાં થતા વિકાસની તરફ જઈ રહી છે. આ ભમરાની વસ્તીમાં અનુકૂળતા દર્શાવી રહી છે કે જેનાથી વસ્તી પર્યાવરણમાં સારી રીતે રહી શકે છે.

બીજી પરિસ્થિતિમાં, રંગ–પરિવર્તનથી અસ્તિત્વ માટે કોઈ લાભ મળ્યો નહિ ! વાસ્તવમાં આ માત્ર સંજોગોવશાત્ થયેલી એક દુર્ઘટનાનું કારણ છે કે એક રંગના ભમરાની વસ્તી બચી જાય છે, જેથી વસ્તીનું સ્વરૂપ બદલાઈ જાય છે. જો ભમરાની વસ્તીનું કદ વધારે મોટું હોત તો હાથીના પગનો તેના પર કોઈ પ્રભાવ પડતો નથી. આમ, નાની વસ્તીમાં દુર્ઘટનાઓ કોઈ પણ જનીનની આવૃત્તિને પ્રભાવિત કરી શકે છે. જ્યારે તેમની ઉત્તર જીવિતતા માટે કોઈ લાભ થતો નથી. આ એક આનુવંશિક અપવાદનો સિદ્ધાંત છે જે કોઈ પણ અનુકૂલન વગર પણ ભિન્નતા ઉત્પન્ન કરી શકે છે.

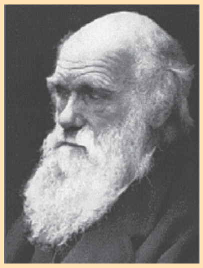
હવે, ત્રીજી પરિસ્થિતિને જુઓ, તેમાં ભમરાની વસ્તી વધવાની શરૂઆત કરે છે, ઝાડીઓમાં વનસ્પતિને રોગ લાગી જાય છે. ભમરાઓ માટે પર્ણો ઓછાં થઈ જાય છે. પરિણામે ભમરાને અલ્પ પોષણ પ્રાપ્ત થાય છે. ભમરાના સરેરાશ જૈવભારમાં તુલનાત્મક રીતે ઊણપ આવે છે. કેટલાંક વર્ષો પછી આવી રોગગ્રસ્ત સ્થિતિમાં પણ ભમરાઓની કેટલીક પેઢીઓ જળવાઈ રહે છે. આ ઉપરાંત જ્યારે વનસ્પતિઓમાં રોગ સમાપ્ત થઈ જાય છે અને ખોરાકની પર્યાપ્ત માત્રા પ્રાપ્ય બને છે ત્યારે ભમરાના જૈવભારમાં શું પરિવર્તન આવશે ? તેના પર વિચાર કરો.

9.3.2 ઉપાર્જિત તેમજ આનુવંશિક લક્ષણો (Acquired and Inherited Traits)

આપણે પહેલાં ચર્ચા કરી ચૂક્યાં છીએ કે લિંગી પ્રજનન કરનારા સજીવોમાં જનનકોષો વિશિષ્ટ પ્રકારની જનન અધિચ્છદ પેશીઓમાં નિર્માણ પામે છે. જો ખોરાકના કે પોષણના કારણે ભમરાના શરીરના જૈવભારમાં ઘટાડો આવે તો તેમના પ્રજનન કે જનનકોષોના DNAના સંગઠન કે સંયોજનમાં કોઈ પણ અસર પડતી નથી. આમ, પોષણના કારણે જો વસ્તીમાં કેટલાક ભમરા ઓછા જૈવભારવાળા હોય તોપણ તેમના વિકાસની સંજ્ઞા આપી શકતા નથી. તેનું મુખ્ય કારણ આ લક્ષણની આનુવંશિકતા હોતી નથી. દૈહિક પેશીઓમાં લિંગી કોષોના DNAમાં દાખલ થઈ શકતા નથી. કોઈ વ્યક્તિના જીવનકાળમાં પ્રાપ્ત કરેલ અનુભવ જનીનકોષોના DNAમાં કોઈ તફાવત લાવી શકતો નથી. એટલા માટે જ આને પણ જૈવ ઉદ્‌વિકાસ કહી શકાય નહિ.

આવો, પ્રાપ્ત કરેલ અનુભવ/લક્ષણ જૈવક્રિયા દ્વારા આગળની પેઢીમાં આનુવંશિક હોતાં નથી તે એક પ્રયોગ દ્વારા સમજીએ. જો આપણે પૂંછડીવાળા ઉંદરોનું સંવર્ધન કરીએ તો તેની આગળની પેઢીની સંતતિને પણ પૂંછડી હશે એવું આપણે અનુમાન કરીએ છીએ. હવે જો આ ઉંદરોની પૂંછડીને કેટલીક પેઢીઓ સુધી કાપતા રહીએ તો શું આ ઉંદરો દ્વારા પૂંછડી વગરની સંતતિ પ્રાપ્ત થઈ શકે ? તેનો જવાબ છે ના. જે સ્વાભાવિક પણ છે કારણ કે પૂંછડી કાપવાથી જનન કોષોના જનીન પર કોઈ પ્રભાવ પડતો નથી.

ચાર્લ્સ રોબર્ટ ડાર્વિન (1809-1882)



ચાર્લ્સ ડાર્વિન જ્યારે 22 વર્ષના હતા ત્યારે તેમણે સાહસિક સમુદ્રી યાત્રા કરી હતી. પાંચ વર્ષોમાં તેઓએ દક્ષિણ અમેરિકા અને તેનાં વિવિધ દ્વીપો (ટાપુઓ)ની યાત્રા કરી હતી. આ યાત્રાનો ઉદ્દેશ પૃથ્વી પર જૈવ વિવિધતાના સ્વરૂપ વિશે જ્ઞાન પ્રાપ્ત કરવાનો હતો. તેમની આ યાત્રાએ જૈવ વિવિધતાના વિષયને તે સમયના પ્રાપ્ય દૃષ્ટિકોણને હંમેશને માટે પરિવર્તિત કરી નાંખ્યો. એ પણ અત્યંત રસપ્રદ છે કે ઇંગ્લૅન્ડ પાછા આવ્યા બાદ તેઓ ફરી કોઈ અન્ય તરફ યાત્રા પર ગયા નહિ. તેઓ ઘર પર જ રહ્યા હતા અને તેમણે અનેક પ્રયોગો કર્યા હતા જેના આધારે તેઓએ પોતાની પ્રાકૃતિક પસંદગી દ્વારા જૈવ ઉદ્‌વિકાસના પોતાના સિદ્ધાંતની પરિકલ્પનાની રજૂઆત કરી હતી. તેઓ એ પણ જાણતા ન હતા કે કઈ ક્રિયા દ્વારા જાતિમાં ભિન્નતાઓ આવે છે. તેઓને મૅન્ડલના પ્રયોગોનો લાભ મળ્યો હતો, પરંતુ આ બંને વ્યક્ત-વૈજ્ઞાનિકો ન તો એકબીજાને ઓળખતા હતા ન તો તેઓના કાર્યના વિષયમાં જાણતા હતા !

આપણે ડાર્વિનને તેમના જૈવ ઉદ્‌વિકાસવાદને કારણે જ જાણીએ છીએ. પરંતુ તેઓ એક પ્રકૃતિશાસ્ત્રી પણ હતા અને તેમની એક શોધ, ભૂમિની ફળદ્રુપતા જાળવી રાખવામાં, અળસિયાની ભૂમિકાના વિષયમાં હતી.

આનુવંશિકતા તેમજ વારસાનુગમન (જનીનવિદ્યા) જેની ચર્ચા આપણે અગાઉ કરી ગયાં છીએ, જેનું જ્ઞાન જૈવ ઉદ્‌વિકાસવાદને સમજવા માટે જરૂરી છે. આ કારણે જ ઓગણીસમી સદીમાં પ્રાકૃતિક પસંદગી દ્વારા જૈવ ઉદ્‌વિકાસનો સિદ્ધાંત આપનાર ચાર્લ્સ ડાર્વિન પણ આની ક્રિયાવિધિનું સંશોધન કરી શક્યા નહિ. તેઓ નિશ્ચિતપણે એવું કરી શકત જો તેઓ તેમના સમકાલીન ઑસ્ટ્રિયન ગ્રેગર મૅન્ડલના પ્રયોગોના મહત્ત્વને જાણતા હોત. મૅન્ડલ પણ ડાર્વિનના સિદ્ધાંતોથી અજાણ હતા.

પૃથ્વી પર જીવની ઉત્પત્તિ

ડાર્વિનના સિદ્ધાંતે આપણને સમજાવ્યું કે પૃથ્વી પર સરળ સજીવોમાંથી જટિલ સ્વરૂપવાળા સજીવોનો વિકાસ કેવી રીતે થયો. મૅન્ડલના પ્રયોગોથી આપણે એક પેઢીમાંથી બીજી પેઢીમાં લક્ષણો કેવી રીતે ઊતરી આવે છે તેની કાર્યવિધિ વિશેની જાણકારી આપી. પરંતુ બંને જણા એ સમજાવવામાં અસમર્થ રહ્યા કે પૃથ્વી પર જીવની ઉત્પત્તિ કેવી રીતે થઈ એટલે કે સૌપ્રથમ જીવનો પૃથ્વી પર આર્વિભાવ (ઉદ્‌ભવ) કેવી રીતે થયો ?

શું તમે જાણો છો ?

એક બ્રિટિશ વૈજ્ઞાનિક જે. બી. એસ. હાલ્ડેને (જેઓ પછીથી ભારતના નાગરિક બની ગયા હતા.) 1929માં એ દર્શાવ્યું કે સજીવોની સર્વપ્રથમ ઉત્પત્તિ તે સરળ કક્ષાના અકાર્બનિક અણુઓમાંથી થઈ હતી જે પૃથ્વીની ઉત્પત્તિના સમયમાં થઈ હતી. તેમણે કલ્પના કરી હતી કે પૃથ્વી પરનું તે સમયનું વાતાવરણ, પૃથ્વીના વર્તમાન વાતાવરણ કરતાં બધી જ રીતે ભિન્ન હતું. પ્રાથમિક વાતાવરણમાં સંભવિત રીતે કેટલા જટિલ કાર્બનિક અણુઓનું સંશ્લેષણ થયું જે જીવ કે સજીવ માટે જરૂરી હતું. સૌપ્રથમ પ્રાથમિક જીવ, બીજા રાસાયણિક સંશ્લેષણ દ્વારા ઉત્પન્ન થયા હશે. આ કાર્બનિક અણુઓ કેવી રીતે ઉત્પન્ન થયા હશે ? તેના જવાબની પરિકલ્પના, સ્ટેનલી એલ. મિલર અને હેરાલ્ડ સી. ઉરે (યુરી) દ્વારા 1953માં કરેલા પ્રયોગોને આધારે કરી શકાય છે. તેઓએ કૃત્રિમ રીતે એવું વાતાવરણનું નિર્માણ કર્યું કે જે સંભવતઃ પ્રાથમિક કે પ્રાચીન પૃથ્વીના વાતાવરણને સમાન હતું. [તેમાં (પ્રયોગમાં) ઍમોનિયા, મિથેન અને હાઈડ્રોજન સલ્ફાઇડના અણુઓ હતા; પરંતુ ઑક્સિજનનો અભાવ હતો] પાત્રમાં પાણી પણ હતું. તેને (આ મિશ્રણને) 100 °C થી થોડા ઓછા તાપમાને રાખવામાં આવ્યું હતું. વાયુઓના મિશ્રણમાં વિદ્યુત તણખાઓ ઉત્પન્ન કરવામાં આવ્યા હતા. જેમકે, આકાશમાં વીજળી થાય છે તે રીતે દર્શાવેલ. એક અઠવાડિયા પછી, 15 % કાર્બન મિથેનથી સરળ કાર્બનિક સંયોજનોમાં પરિવર્તન પામ્યાં હતાં. જેમાં એમિનો ઍસિડનો પણ સમાવેશ થાય છે જે પ્રોટીનના અણુઓને નિર્માણ કરે છે. (એમિનો ઍસિડ, પ્રોટીનના અણુઓનો બંધારણીય એકમ છે.) તો શું પૃથ્વી પર આજે પણ જીવની ઉત્પત્તિ થઈ શકે છે ?

પ્રશ્નો

1. તે કઈ વિવિધ રીતો છે કે જેના દ્વારા એક વિશેષ લક્ષણવાળા વ્યક્તિગત સજીવોની સંખ્યા, વસ્તીમાં વધારો કરી શકે છે ?
2. એક એકલા સજીવ દ્વારા ઉપાર્જિત લક્ષણ સામાન્યતઃ આગળની પેઢીમાં આનુવંશિકતા પામતો નથી. કેમ ?
3. વાઘની સંખ્યામાં થતો ઘટાડો આનુવંશિકતાના દૃષ્ટિકોણથી ચિંતાનો વિષય કેમ છે ?

9.4 જાતિનિર્માણ (Speciation)

અત્યાર સુધી આપણે જે કંઈ પણ જોયું, સમજ્યા તે સૂક્ષ્મ વિકાસ હતો. તેનો અર્થ એ છે કે આ પરિવર્તન ખૂબ જ નાના અને મહત્ત્વપૂર્ણ છે. છતાં પણ તે વિશિષ્ટ જાતિની વસ્તીનાં સામાન્ય લક્ષણોમાં પરિવર્તન લાવે છે, પરંતુ આનાથી તે સમજી શકાતું નથી કે નવી જાતિનો ઉદ્ભવ કેવી રીતે થાય છે ? આ ત્યારે કહી શકાય કે જ્યારે ભમરાઓનો આ સમૂહ જેના વિશે આપણે ચર્ચા કરી હતી. તેઓ બે ભિન્ન વસ્તીઓમાં વહેંચાઈ જાય અને એકબીજા સાથે પ્રજનન કરવા માટે અસમર્થ બને છે ત્યારે આ પરિસ્થિતિ ઉત્પન્ન થઈ ને બે સ્વતંત્ર જાતિ તરીકે વર્તે છે. તો શું આપણે તે કારણોની વિસ્તૃત ચર્ચા કરીએ કે જેનો ઉલ્લેખ આપણે ઉપર કર્યો છે અને જાતિના નિર્માણના સિદ્ધાંતને સમજવાનો પ્રયત્ન કરીએ ?

વિચારો કે, ઝાડીઓ કે જેના પર ભમરાઓ ખોરાક મેળવવા માટે આધાર રાખતા હતા. તેની જગ્યાએ ઝાડી એક પર્વતમાળાના મોટા વિસ્તારમાં ફેલાઈ જાય તો શું થાય ? પરિણામરૂપે કે ફળસ્વરૂપે વસ્તીનું કદ પણ વિશાળ થઈ જાય છે. પરંતુ વ્યક્તિગત ભમરા પોતાના ખોરાક માટે જીવનભર પોતાની આસપાસની કેટલીક ઝાડીઓ પર જ નિર્ભર રહે છે. તેઓ વધારે દૂર જઈ શકતા નથી. આમ, ભમરાઓની આ વિશાળ વસ્તીની આસપાસ ઉપવસ્તી બને છે. કારણ કે નર તેમજ માદા ભમરા પ્રજનન માટે જરૂરી છે. આમ, પ્રજનન સામાન્યતઃ આ ઉપવસ્તીઓના સભ્યોની વચ્ચે જ દર્શાવાય જોકે કેટલાક સાહસી ભમરા એક સ્થાનથી બીજા સ્થાન પર જઈ શકે અથવા કાગડા એક ભમરાને એક સ્થાનથી ઉપાડીને તેને નુકસાન પહોંચાડ્યા વગર બીજા સ્થાન પર મૂકી શકે છે. બંને પરિસ્થિતિઓમાં બિનપ્રવાસી કે અપ્રવાસી ભમરા સ્થાનીય વસ્તીની સાથે જ પ્રજનન કરશે. પરિણામ

સ્વરૂપે અપ્રવાસી ભમરાનો જે નવી વસ્તીમાં પ્રવેશ થાય છે. આ પ્રકારનો જનીન પ્રવાહ તે વસ્તીઓમાં વહન પામી રહ્યો છે. જે આંશિક રીતથી અલગ-અલગ છે; પરંતુ સંપૂર્ણપણે અલગ હોતી નથી. પરંતુ જો આ પ્રકારની બે ઉપવસ્તીઓના મધ્યમાં એક વિશાળ નદી આવી જાય તો બંને વસ્તીઓ વધારે સ્થાયી બની જાય છે. બંનેની વચ્ચે જનીન-પ્રવાહનું સ્તર હજી પણ ઘટી જાય છે.

ઉત્તરોત્તર પેઢીઓ (પેઢી-દર પેઢીઓ)માં આનુવંશિક વિચલન (ફેરફાર) પ્રત્યેક ઉપવસ્તીમાં વિભિન્ન પરિવર્તનોનું સંગ્રહણ થઈ જાય છે. ભૌગોલિક સ્વરૂપથી ભિન્નતા આ વસ્તીઓમાં પ્રાકૃતિક પસંદગીની રીત પણ ભિન્ન હોય છે. આમ, ઉદાહરણ તરીકે, એક ઉપ-વસ્તીની સીમામાં સમડી દ્વારા કાગડાઓ સમાપ્ત થઈ જાય છે. પરંતુ બીજી ઉપ-વસ્તીમાં આ ઘટના થતી નથી. જ્યાં કાગડાઓની સંખ્યા ખૂબ વધારે હોય છે. પરિણામરૂપે પહેલા સ્થાન પર ભમરાઓનો લીલો રંગ (લક્ષણ)ની પ્રાકૃતિક પસંદગી થતી નથી. જ્યારે બીજા સ્થાન પર તેની પસંદગી થશે.

ભમરાઓની આ સ્થાયીતા ઉપ-વસ્તીઓમાં આનુવંશિક વિચલન તેમજ પ્રાકૃતિક પસંદગીની સંયુક્ત અસરને કારણે પ્રત્યેક વસ્તી એકબીજાથી વધારે ભિન્ન બનતી જાય છે. એ પણ સંભવ છે કે અંતમાં આ વસ્તીઓના સભ્યો એકબીજાની સાથે મળ્યા પછી પણ આંતર પ્રજનન માટે અસમર્થ હોય છે.

ઘણી રીતો છે જેના દ્વારા આ પરિવર્તન સંભવ છે. જો DNAમાં આ પરિવર્તન પર્યાપ્ત છે. જેમકે, રંગસૂત્રોની સંખ્યામાં પરિવર્તન, બે વસ્તીઓના સભ્યોના પ્રજનનકોષોનું સંમિલન કરવામાં અસમર્થ હોય છે અથવા સંભવ છે કે આવી વિભિન્નતા ઉત્પન્ન થઈ જાય, જેમાં લીલા રંગના માદા ભમરા, લાલ રંગના નરની સાથે પ્રજનનની ક્ષમતા ગુમાવી દે છે. તે માત્ર લીલા રંગના નર ભમરાની સાથે જ પ્રજનન કરી શકે છે. આ લીલા રંગની પ્રાકૃતિક પસંદગી માટે એક અત્યંત દૃઢ પરિસ્થિતિ છે. હવે જો એવી લીલા રંગની માદા ભમરા, બીજા સમૂહના લાલ રંગના નરની સાથે મળે છે તો તેનો વ્યવહાર એવો થઈ જશે કે તેમની વચ્ચે પ્રજનન ન થઈ શકે. પરિણામે ભમરાઓની નવી જાતિનું નિર્માણ થાય છે.

પ્રશ્નો

1. તે કયાં પરિબળો છે કે જે નવી જાતિના નિર્માણમાં મદદરૂપ થાય છે ?
2. શું ભૌગોલિક પૃથક્કરણ પરાગિત જાતિઓની વનસ્પતિઓના જાતિ-નિર્માણના ઉદ્‌ભવનું મુખ્ય કારણ હોઈ શકે છે ? શા માટે ? અથવા શા માટે નહિ ?
3. શું ભૌગોલિક પૃથક્કરણ અલિંગી પ્રજનનવાળા સજીવોની જાતિઓના નિર્માણનું મુખ્ય કારણ હોઈ શકે છે ? શા માટે ? અથવા શા માટે નહિ ?

9.5 ઉદ્‌વિકાસ અને વર્ગીકરણ (Evolution and Classification)

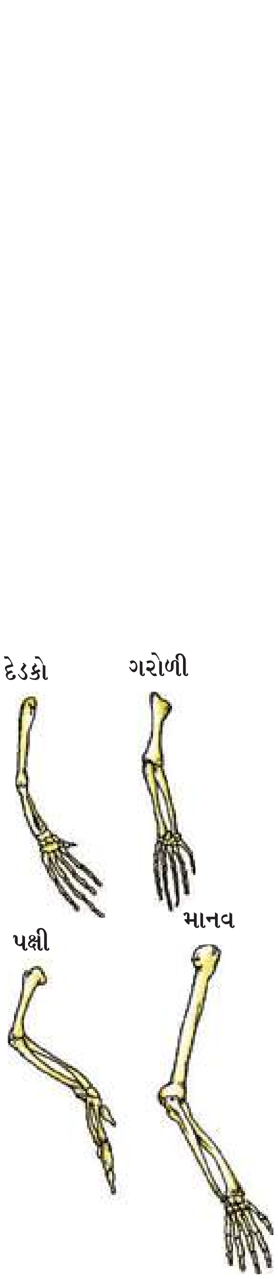
આ સિદ્ધાંતોને આધારે આપણે આપણી ચારેતરફ મળી આવનારી વિભિન્ન જાતિઓની વચ્ચે વિકાસીય સંબંધ સ્થાપિત કરી શકીએ છીએ. આ એક પ્રકારની સમય ઘડિયાળથી પાછળ જવાનું છે. આપણે એવી વિવિધ જાતિઓનાં લક્ષણોના ઉદ્‌વિકાસના ક્રમનું નિર્ધારણ કરી શકીએ. આ ક્રિયાને સમજવા માટે આપણે ધોરણ IXમાં અભ્યાસ કરેલા સજીવોના વર્ગીકરણને યાદ કરીએ.

વિવિધ સજીવોની વચ્ચે રહેલી સમાનતાઓ આપણને તે સજીવોને એક સમૂહમાં મૂકવામાં આવે છે અને પછી તેમના અભ્યાસનો અવસર આપે છે. તેના માટે કયાં લક્ષણો સજીવોની વચ્ચે આધારભૂત વિભિન્નતાઓનો નિર્ણય કરે છે અને તેના માટે કયાં લક્ષણો વચ્ચે મહત્ત્વપૂર્ણ ઓછા ભેદનો નિર્ણય લેશે ? લક્ષણો વિશે આપણો અભિપ્રાય શું છે ? બાહ્ય કદ અથવા વ્યવહાર વિવરણાત્મક લક્ષણ કહેવાય છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો વિશેષ રીતે અથવા વિશેષ કાર્યનું લક્ષણ કહેવાય છે. આપણને ચાર પગ હોય છે. આ એક લક્ષણ છે. વનસ્પતિઓમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ થાય છે, આ પણ એક લક્ષણ છે.

કેટલીક આધારભૂત લાક્ષણિકતા મોટા ભાગના સજીવોમાં સમાન હોય છે. કોષ બધા સજીવોનો આધારભૂત એકમ છે. વર્ગીકરણના આગળના સ્તર પર કોઈ લાક્ષણિકતા મોટા ભાગના સજીવોમાં સમાન જ હોય છે, પરંતુ બધા સજીવોમાં હોતું નથી. કોષની સંરચનાની આધારભૂત લાક્ષણિકતાનું એક ઉદાહરણ કોષમાં કોષકેન્દ્રની હાજરી હોવી કે ન હોવી તે છે. જે વિવિધ સજીવોમાં ભિન્ન હોય છે. જીવાણુકોષ (બૅક્ટેરિયાના કોષ)માં સુવિકસિત કોષકેન્દ્ર હોતું નથી. જ્યારે મોટા ભાગના બીજા સજીવોના કોષોમાં કોષકેન્દ્ર સુવિકસિત મળી આવે છે. કોષકેન્દ્રયુક્ત કોષવાળા સજીવોને એકકોષીય અથવા બહુકોષીય સજીવોનાં લક્ષણો શારીરિક સંરચનામાં એક આધારભૂત ભિન્નતા દર્શાવાય છે. જે કોષો તેમજ પેશીઓના વિશિષ્ટીકરણના કારણે હોય છે. બહુકોષીય સજીવોમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ થવું કે ન થવું, તે વર્ગીકરણનું આગળનું સ્તર છે. આ બહુકોષીય સજીવો જેમાં પ્રકાશસંશ્લેષણ થતું નથી. તેમાં કેટલાક સજીવ એવા છે કે જેમાં અંતઃકંકાલ હોય છે અને કેટલાક બાહ્યકંકાલનું લક્ષણ એક અન્ય પ્રકારની આધારભૂત રચનાનો ભેદ હોય છે. આ થોડાક જ પ્રશ્નો જે આપણે અહીંયાં પૂછેલા છે. જેના દ્વારા આપણે જોઈ પણ શકીએ છીએ કે ઉદ્‌વિકાસક્રમનો વિકાસ થઈ રહ્યો છે. જેને આધારે વર્ગીકરણ માટે સમૂહ બનાવી શકે છે.

બે જાતિઓ જેટલી વધારે લક્ષણોમાં સમાનતા ધરાવે તેમના સંબંધ પણ એટલો જ નજીકનો હોય છે. જેટલી વધારે સમાનતાઓ તેઓમાં હશે તેનો ઉદ્‌ભવ પણ નજીકમાં અને ભૂતકાળમાં સમાન પૂર્વજોમાંથી થયેલો હશે. આપણે આને ઉદાહરણની મદદથી સમજી શકીએ છીએ. એક ભાઈ તેમજ એક બહેન વધારે નજીકના સંબંધી છે. તેનાથી પહેલી પેઢીમાં તેમના પૂર્વજ સમાન હતાં એટલે કે તેઓ એક જ માતા-પિતાના સંતાન છે. છોકરીના કાકાના કે મામાનાં ભાઈ-બહેન (1^{st} Cousin) પણ તેનાથી સંબંધિત હોય છે, પરંતુ તેના પોતાના ભાઈથી ઓછો નજીકનો સંબંધ છે. તેનું મુખ્ય કારણ એ છે કે તેઓ પૂર્વજ સમાન છે, એટલે કે દાદા-દાદી જે તેમની બે પેઢી પહેલાના છે નહિ કે એક પેઢી પહેલાના. હવે, તમે આ વાતને સારી રીતે સમજી શકો છો કે જાતિઓ કે સજીવોનું વર્ગીકરણ તેના વિકાસના સંબંધોનું પ્રતિબિંબ છે.

આમ, આપણે જાતિઓના એવા સમૂહનું નિર્માણ કરી શકે છે કે જેના પૂર્વજ નજીકના ભૂતકાળમાં સમાન હતા. તેના પછી આ સમૂહનો એક મોટો સમૂહ બનાવે છે. જેના પૂર્વજ અપેક્ષિત રીતે વધારે દૂરના (સમયને અનુસાર) હતા. સૈદ્ધાંતિક રીતથી આ પ્રકારની ભૂતકાળની કડીઓનું નિર્માણ કરતાં આપણે વિકાસની પ્રારંભિક સ્થિતિ સુધી પહોંચી શકીએ છીએ. જ્યાં એક માત્ર જાતિ હતી. જો આ સત્ય હોય તો જીવની ઉત્પત્તિ ચોક્કસ અજૈવિક પદાર્થોમાંથી જ થઈ હશે. આ કેવી રીતે સંભવિત થયું હશે ? તેના વિશે અનેક સિદ્ધાંતો છે. તે રસપ્રદ બાબત હશે, જો આપણે આપણા સિદ્ધાંતોનું નિર્માણ કરી શકીએ ?



આકૃતિ 9.8
સમમૂલક અંગો

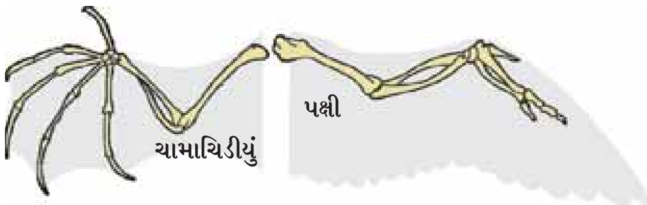
9.5.1 ઉદ્‌વિકાસીય સંબંધોને શોધવા (Traning Evolutionary Relationships)

જ્યારે આપણે ઉદ્‌વિકાસીય સંબંધોને જાણવાનો પ્રયત્ન કરીએ છીએ ત્યારે આપણે સમાન લાક્ષણિકતા કે લક્ષણોની ઓળખ કેવી રીતે કરીએ છીએ ? વિવિધ સજીવોમાં આ લક્ષણ સમાન હશે. કારણ કે તે સમાન પિતૃથી આનુવંશિકતા પામેલા છે. ઉદાહરણ તરીકે, આ વાસ્તવિકતાને જ લઈએ કે પક્ષીઓ, સરિસૃપ તેમજ ઉભયજીવીઓની જેમજ સસ્તન પ્રાણીઓ પણ ચાર ઉપાંગો ધરાવે છે (આકૃતિ 9.8). બધામાં ઉપાંગોની આધારભૂત સંરચના એકસમાન હોય છે. જોકે વિવિધ પૃષ્ઠવંશીઓમાં કાર્ય કરવા માટે તેઓનું રૂપાંતરણ થાય છે છતાં પણ ઉપાંગની આધારભૂત સંરચના એકસમાન છે. આવાં સમમૂલક લક્ષણોની મદદથી વિભિન્ન જાતિઓ વચ્ચે ઉદ્‌વિકાસીય સંબંધોને ઓળખી શકાય છે.

પરંતુ કોઈ અંગના આકારમાં સમાનતાઓ હોવી તેનું એક માત્ર કારણ સમાન પૂર્વજ નથી. ચામાચીડિયું તેમજ પક્ષીની પાંખ (આકૃતિ 9.9)ના વિશે તમે શું વિચારો છો ? પક્ષી તેમજ

ચામાચીડિયાને પાંખ હોય છે, પરંતુ ખિસકોલી તેમજ ગરોળીને પાંખ હોતી નથી. તે શું પક્ષી તેમજ ચામાચીડિયાની વચ્ચેનો સંબંધ, ખિસકોલી અને ગરોળીની તુલનામાં વધારે નિકટ છે ?

આના પહેલા કે આપણે કોઈ તારણ કાઢીએ, આપણે પક્ષી તેમજ ચામાચીડિયાની પાંખોનું અવલોકન સૂક્ષ્મ રીતે કરવું જોઈએ. જ્યારે આપણે એવું કરીએ છીએ ત્યારે આપણને ખબર પડે છે કે ચામાચીડિયામાં પાંખ મુખ્યત્વે મધ્યસ્થ આંગળીના મધ્યની ત્વચાના વિસ્તરણથી નિર્માણ પામે છે, પરંતુ પક્ષી પાંખ તેના સંપૂર્ણ અગ્રઉપાંગની ત્વચાના વિસ્તરણથી બને છે. જે પીંછાંઓથી ઢંકાયેલી રહે છે. આમ, બંને પાંખોની રચના, તેમનું બંધારણ તેમજ સંઘટકોમાં વધારે ભિન્નતા છે. તેઓ એક જેવા દેખાય છે. કારણ કે તે ઊડવા માટે તેનો ઉપયોગ કરે છે, પરંતુ બધાની ઉત્પત્તિ (બંનેની ઉત્પત્તિ) સંપૂર્ણ રીતે સમાન રીતે થયેલી નથી. આ કારણસર તેને સમરૂપ કે કાર્યસદેશ અંગોનું લક્ષણ ગણવામાં આવે છે નહિ કે સમમૂલક લક્ષણ. હવે, તે વિચાર કરવો વધારે રસપ્રદ રહેશે કે પક્ષીના અગ્રઉપાંગ તેમજ ચામાચીડિયાના અગ્રઉપાંગને સમજાત માની શકાય અથવા સમરૂપ !

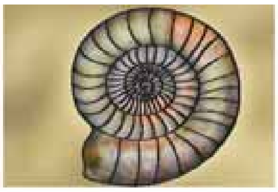


આકૃતિ 9.9
કાર્યસદેશ અંગો - ચામાચિડિયાની પાંખ અને પક્ષીની પાંખ

9.5.2 અશ્મિ/જીવાશ્મો (Fossils)

અંગોની સંરચના માત્ર વર્તમાન જાતિઓ પર થઈ શકતી નથી પણ તે જાતિઓ પર પણ આધાર રાખી શકે છે જે અત્યારે (હાલમાં) જીવિત નથી. આપણે કેવી રીતે જાણી શકીએ કે તે લુપ્ત થયેલી જાતિઓ કદી અસ્તિત્વમાં પણ હતી ? આપણે આ અશ્મિ (જીવાશ્મ) દ્વારા જાણી શકીએ છીએ (આકૃતિ 9.10 જુઓ). અશ્મિ કે જીવાશ્મ કે જીવાવશેષ એટલે શું ? સામાન્યતઃ સજીવના મૃત્યુ પછી તેના શરીરનું વિઘટન થાય છે અને તે સમાપ્ત થઈ જાય છે. પરંતુ ક્યારેક સજીવ અથવા તેના કેટલાક ભાગ એવા વાતાવરણમાં જતા રહે છે કે જેના કારણે તેનું વિઘટન સંપૂર્ણ રીતે થઈ શકતું નથી. ઉદાહરણ તરીકે, જો કોઈ મૃત કીટક ગરમ માટીમાં સુકાઈ જઈને કડક થઈ જાય અને તેમાં તે કીટકના શરીરની છાપ સુરક્ષિત રહી જાય છે. આ પ્રકારે કે રીતે રક્ષણ પામેલા અવશેષને જીવાશ્મ કે જીવાવશેષ કે અશ્મિ (Fossil) કહેવાય છે.

અશ્મિ-વૃક્ષનું થડ



અશ્મિ-અપૃષ્ઠવંશી
(એમોનાઇટ)

અશ્મિ-અપૃષ્ઠવંશી
(ટ્રાઈલોબાઇટ)

અશ્મિ-માછલી
નાઈટીઆ

અશ્મિ-ડાયનોસોરની ખોપરી
(રાજાસુરસ)

આકૃતિ 9.10 વિવિધ પ્રકારનાં અશ્મિઓ ભિન્ન દેખાવ અને ઊંડાણની કક્ષાઓ અને સંગ્રહ. નર્મદાની ખીણમાંથી માત્ર થોડાંક જ વર્ષો પહેલાં ડાયનોસોરની ખોપરી જોવા મળી છે.

આપણે તે કેવી રીતે જાણી શકીએ કે જીવાશ્મ કેટલા જૂના કે પ્રાચીન છે ? આ વાતનું અનુમાન કરવા માટે બે ઘટકો છે. એક છે સાપેક્ષ. જો આપણે કોઈ સ્થળ પર ખોદકામ કરીએ અને એક ઊંડાઈ સુધી ખોદકામ કર્યા પછી આપણને જીવાશ્મ મળવાની શરૂઆત થાય છે ત્યારે એવી સ્થિતિમાં તે વિચારવું તર્કસંગત છે કે પૃથ્વીની સપાટીની નિકટ કે નજીક આવેલા જીવાશ્મ, ઊંડા સ્તરમાં મળી આવેલા જીવાશ્મોની તુલનામાં વધારે નવા છે. બીજી પદ્ધતિ કે રીત 'ફોસિલ ડેટિંગ' છે. જેમાં જીવાશ્મ મળી આવનારા કોઈ એક તત્ત્વને વિવિધ સમસ્થાનિકોના ગુણોત્તરના આધારે જીવાશ્મના સમયને નક્કી કરવામાં આવે છે. તે જાણવું પણ રસપ્રદ હોય છે કે આ રીત કેવી રીતે કાર્ય કરે છે ?

જીવાશ્મના એક પછી એક સ્તર કેવી રીતે બને છે ?

આવો, 10 કરોડ (100 મિલિયન) વર્ષ પહેલાંથી પ્રારંભ કરીએ છીએ. સમુદ્ર તલપ્રદેશ પર કેટલાક અપૃષ્ઠવંશી સજીવોનું મૃત્યુ થઈ જાય છે અને તેઓ રેતીમાં દટાઈ જાય છે. ધીમે-ધીમે હજી વધારે રેતી એકત્રિત થતી જાય છે અને વધારે દબાણને કારણે તે ખડક કે મોટો પથ્થર બની જાય છે.

કેટલાંક મિલિયન વર્ષો પછી, તે વિસ્તાર કે ક્ષેત્રમાં રહેનારા ડાયનોસોર મરી જાય છે અને તેમના શરીર પણ રેતીમાં દટાઈ જાય છે. આ રેતી કે માટી પણ દબાણ અનુભવીને મોટો પથ્થર કે ખડક બની જાય છે. જે પહેલા

અપૃષ્ઠવંશીઓના જીવાશ્મવાળા ખડક કે મોટા પથ્થરની ઉપર બને છે. ફરીથી, તેનાં કેટલાંક વર્ષો પછી આ ક્ષેત્ર કે વિસ્તારમાં ઘોડા જેવા સમાન કેટલાક સજીવોના જીવાશ્મો પહાડો કે મોટા પથ્થર અથવા ખડકમાં દટાઈ જાય છે.

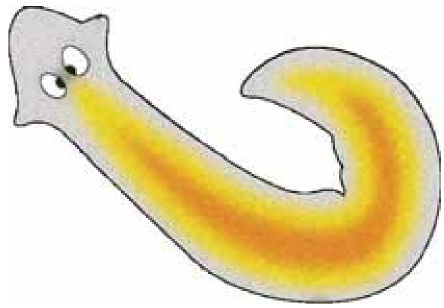
તેના ઘણા સમય ઉપરાંત ભૂમિ ક્ષરણ (માની લો કે પાણીના પ્રવાહ)ને કારણે કેટલાક પહાડો કે ખડકો ફાટી જાય છે અને ઘોડા જેવા જ જીવાશ્મ મળી આવે છે. જેમ–જેમ આપણે ઊંડું ખોદકામ કરતા જઈએ તેમ-તેમ પ્રાચીન કે જૂના જીવાશ્મ પ્રાપ્ત થતા જાય છે.

9.5.3 ઉદ્‌વિકાસના તબક્કાઓ (Evolution by Stages)

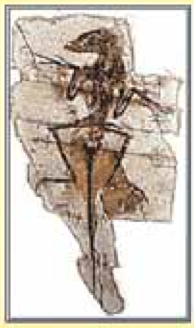
અહીંયાં તે પ્રશ્ન ઉત્પન્ન થાય છે કે જો જટિલ અંગ, ઉદાહરણ તરીકે આંખની પસંદગી તેની ઉપયોગિતાના આધારે થાય છે તો તે DNAમાં માત્ર એક પરિવર્તન દ્વારા કેવી રીતે સંભવ છે ? નિશ્ચિત રીતે આવાં જટિલ અંગોનો વિકાસ, ક્રમિક રીતે અનેક પેઢીઓમાં થયો હશે. પરંતુ, વચ્ચેનું પરિવર્તન કેવી રીતે પસંદગી પામ્યું હશે ? તેના માટે અનેક સંભવિત સ્પષ્ટીકરણ છે. એક વચ્ચેનો તબક્કો (આકૃતિ 9.11) જેમકે, અર્ધવિકસિત આંખ, કેટલીક મર્યાદા સુધી ઉપયોગમાં આવી શકે છે. આ યોગ્યતાનો લાભ પર્યાપ્ત હોઈ શકે છે. વાસ્તવમાં પાંખની જેમ આંખ પણ એક વ્યાપક અનુકૂલન પામતું અંગ છે. આ કીટકોમાં જોવા મળે છે. તેવી રીતે ઑક્ટોપસ અને પૃષ્ઠવંશીઓમાં પણ હોય છે અને આંખની સંરચના આ બધા સજીવોમાં ભિન્ન હોય છે. તેનું મુખ્ય કારણ એ છે કે ભિન્ન-ભિન્ન ઉદ્‌વિકાસીય ઉત્પત્તિ તેની સાથે એક પરિવર્તન જે એક લક્ષણ માટે ઉપયોગી છે. કાળક્રમે તે કોઈ અન્ય કાર્ય માટે પણ ઉપયોગી પુરવાર થઈ શકે છે.

ઉદાહરણ માટે, પાંખ જે સંભવતઃ ઠંડી ઋતુમાં ઉષ્માઅવરોધન કે તાપમાન અવરોધક માટે વિકાસ પામ્યા હતા. કાળક્રમે તે ઊડવા માટે પણ ઉપયોગી બન્યા. વાસ્તવમાં કેટલાક ઊડવા માટે સમર્થ ન હતા. ત્યાર બાદ સંભવતઃ પક્ષીઓ પાંખોને ઊડવા માટે વાપરે છે. ડાયનોસોર સરિસૃપ હતા. આમ, આપણે આ અર્થઘટન કરી શકીએ છીએ કે પક્ષી ખૂબ જ નજીકથી સરિસૃપ સાથે સંબંધિત છે.

અહીં તેનો ઉલ્લેખ કરવો ઘણો રસપૂર્ણ છે કે ઘણી વધારે ભિન્નતા દેખાડનારી સંરચનાઓ એકસમાન શરીર સંરચનામાંથી વિકાસ પામી શકે છે. તે પણ સત્ય છે કે જીવાશ્મ કે અશ્મિમાં અંગોની સંરચનાનું વિવેચન, આપણે તે અનુમાન કરવામાં મદદરૂપ થઈ શકે છે કે ઉદ્‌વિકાસીય સંબંધ કેટલો પાછળ જઈ શકે છે ? શું આ ક્રિયાનું કોઈ ઉદાહરણ છે ? જંગલી કોબીજ તેનું એક સૌથી સારું ઉદાહરણ છે. બે હજાર વર્ષ પૂર્વેથી મનુષ્ય જંગલી કોબીજને એક ખાદ્ય વનસ્પતિના સ્વરૂપમાં ઉગાડતો હતો અને તેણે પસંદગી દ્વારા તેમાંથી વિવિધ શાકભાજીનો વિકાસ કર્યો (આકૃતિ 9.13).



આકૃતિ 9.11
પ્લેનેરિયા નામના ચપટાકૃમિ પૃથુકૃમિની અત્યંત સરળ આંખ હોય છે, જે વાસ્તવમાં નેત્રબિંદુ કે ચક્ષુબિંદુ છે જે પ્રકાશને ઓળખી શકે છે



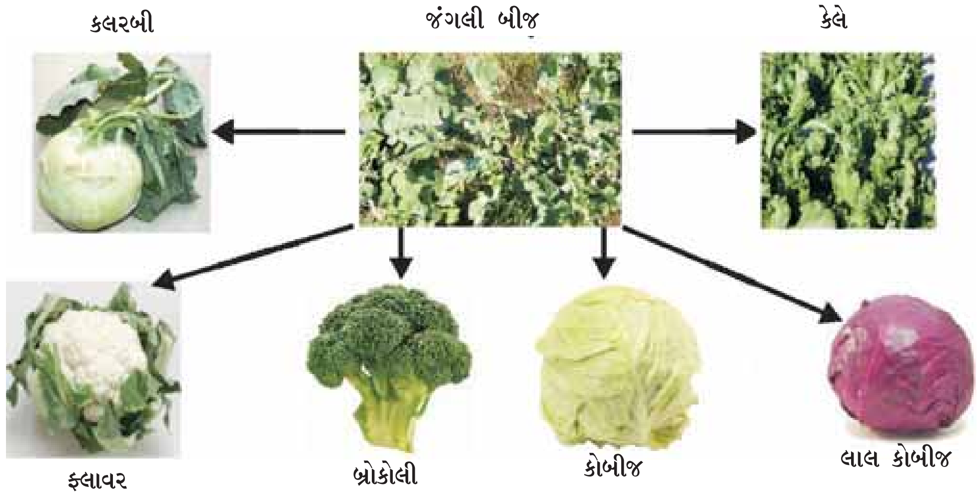
આ ડ્રોમોસોર, પરિવારનો એક નાનો ડાયનોસોર છે.

ડાયનોસોરનાં આ અસ્થિઓની સાથે પાંખની છાપ પણ રક્ષણ થયું હતું. અહીંયાં આપણે અગ્રબાહુ પર સ્થિત પાંખની છાપને જોઈ શકીએ છીએ

આકૃતિ : જીવાશ્મના શીર્ષ પાંખોની નીકટતમ આ ડાયનોસોર ઊડવા માટે અસમર્થ હતા. તે સંભવ છે કે પાંખોનો વિકાસ ઊડવાની સાથે કોઈ સંબંધ ન રહ્યો હોય

આકૃતિ 9.12
ડાયનોસોર અને પીંછાંઓનો ઉદ્‌વિકાસ

પરંતુ તે પ્રાકૃતિક પસંદગી ન રહેતા કૃત્રિમ પસંદગી છે. કેટલાક ખેડૂતોએ, તેનાં પર્ણોની વચ્ચેનું અંતર ઓછું કરવા માંગતા હતા. જેનાથી કોબીજનો વિકાસ થાય છે, જેને આપણે ખાઈ શકીએ છીએ. કેટલાક ખેડૂતો એ પુષ્પોની વૃદ્ધિને અવરોધવા માંગતા હતા. આમ, બ્રોકોલીનો વિકાસ થયો અથવા વંધ્ય પુષ્પોમાંથી ફ્લાવરનો વિકાસ થયો. કેટલાક ફૂલેલા ભાગની પસંદગી કરી. આમ, ગાંઠમાંથી કોબીજનો વિકાસ થયો. કેટલાકે માત્ર પહોળાં પર્ણોની જ પસંદગી કરી અને 'કેલે' નામની શાકભાજીનો વિકાસ કર્યો. જો મનુષ્યે સ્વયં આ પ્રયોગ ના કર્યો હોત તો શું આપણે ક્યારેય એવો વિચાર કરી શક્યા હોત કે ઉપર્યુક્ત બધી પ્રજાતિઓ સમાન પિતૃમાંથી વિકાસ પામેલી છે ?



આકૃતિ 9.13 જંગલી કોબીજનો ઉદ્‌વિકાસ

ઉદ્‌વિકાસીય સંબંધ શોધવાની એક અન્ય રીત નૈસર્ગિક પરિકલ્પના પર આધારિત છે. જેનાથી આપણે શરૂઆત કરી હતી તે વિચાર હતો કે પ્રજનન દરમિયાન DNAમાં થનારા પરિવર્તન વિકાસની આધારભૂત ઘટના છે. આ સત્ય છે કે વિવિધ જાતિઓના DNAની સંરચનાની તુલનાથી આપણે સીધા જ નક્કી કરી શકીએ છીએ કે આ જાતિઓના ઉદ્‌ભવ દરમિયાન કયા–કયા અને કેટલાં પરિવર્તન આવે છે ? ઉદ્‌વિકાસીય સંબંધ સ્થાપિત કરવામાં આ વિધિનો વ્યાપક પ્રમાણમાં ઉપયોગ થાય છે.

વધુ જાણવા જેવું !

આણ્વીક ઉદ્‌વિકાસ (Molecular Phylogeny)

આપણે એ વાતની ચર્ચા કરતા હતા કે કોષવિભાજનના સમયે DNAમાં થનારા પરિવર્તનથી તે પ્રોટીનમાં પણ પરિવર્તન આવે છે જે નવા DNAથી બનશે. બીજી વાત એ થઈ હતી કે આ પરિવર્તન પેઢી દર પેઢી કે ઉત્તરોત્તર પેઢીઓમાં સંચય પામતા જાય છે. શું આપણે સમયની સાથે પાછળ જઈને જાણી શકીએ છીએ કે આ પરિવર્તન કયા સમયે થયું હતું ? આણ્વીક ઉદ્‌વિકાસ વાસ્તવમાં આ જ કરે છે. આ અભ્યાસમાં આ વિચાર ખરેખર યોગ્ય છે કે દૂરસ્થ સંબંધિત સજીવોના DNAમાં આ ભિન્નતાઓ વધારે માત્રામાં સંચિત થાય છે. આ પ્રકારના અભ્યાસમાં ઉદ્‌વિકાસીય સંબંધોને શોધવા પડે છે અને આ અત્યંત મહત્ત્વપૂર્ણ છે કે વિવિધ સજીવોની વચ્ચે આણ્વીક ઉદ્‌વિકાસ દ્વારા સ્થાપિત સંબંધિત વર્ગીકરણની સાથે સુમેળ પામે છે. જેના વિષયમાં આપણે ધોરણ IXમાં અભ્યાસ કરી ગયાં છીએ.

પ્રશ્નો

1. બે જાતિઓના ઉદ્‌વિકાસીય સંબંધને નક્કી કરવા માટેની એક લાક્ષણિકતાનું ઉદાહરણ આપો.
2. એક પતંગિયા અને ચામાચીડિયાની પાંખને શું સમજાત અંગ કહી શકાય છે ? કેમ ? અથવા કેમ નહિ ?
3. અશ્મિ શું છે ? તે જૈવ-ઉદ્‌વિકાસની ક્રિયા વિશે શું દર્શાવે છે ?

9.6 ઉદ્‌વિકાસને પ્રગતિને સમાન ન ગણવું જોઈએ (Evolution Should not be Equated with Progress)

જાતિઓના વંશ-વૃક્ષની કડીઓ શોધવાના પ્રયત્નમાં આપણે કેટલીક બાબતોનું ધ્યાન રાખવું પડે છે. પહેલું આ ક્રિયાના પ્રત્યેક સ્તર પર અનેક શાખાઓ સંભવિત છે. એવું નથી કે નવી જાતિઓના

ઉદ્ભવ માટે પહેલી જાતિઓ લુપ્ત થઈ જાય છે. આપણે ભમરાનું ઉદાહરણ જોયું હતું તેમાં એક નવી જાતિની ઉત્પત્તિ થઈ છે. નવી જાતિની ઉત્પત્તિ માટે જરૂરી નથી કે પહેલી જાતિ લુપ્ત થઈ જાય. આ બધું પર્યાવરણ પર નિર્ભર હોય છે. તેનો અર્થ એ પણ નથી કે વિકાસ પામેલી નવી જાતિ પોતાની પૂર્વજ જાતિથી ઉત્તમ કે શ્રેષ્ઠ જ છે. માત્ર પ્રાકૃતિક પસંદગી તેમજ આનુવંશિક ફેરફારની સંયુક્ત અસરથી એવી વસ્તી તૈયાર થઈ જેના સભ્ય પહેલી જાતિની સાથે પ્રજનન કરવા માટે અસમર્થ છે. આમ, ઉદાહરણ તરીકે આ સાચું નથી કે માનવનો વિકાસ ચિમ્પાન્ઝીમાંથી થયો છે. પણ પહેલાં માનવ તેમજ ચિમ્પાન્ઝી બંનેના પૂર્વજ સમાન હતા. તેઓ ચિમ્પાન્ઝી જેવા ન હતા કે ન તો માનવ જેવા હતા. એ પણ આવશ્યક નથી કે પૂર્વજોનો નાશ થવાનો પ્રથમ તબક્કામાં જ આધુનિક ચિમ્પાન્ઝી કે માનવની ઉત્પત્તિ થઈ ગઈ હોય, પરંતુ આ વાતની સંભાવના વધારે છે કે બંને જાતિઓનો વિકાસ અલગ-અલગ રીતથી વિવિધ શાખાઓમાં પોતાની રીતે થયો હશે. જેથી આધુનિક જાતિના વર્તમાન સ્વરૂપ બન્યા છે.

વાસ્તવમાં, જૈવ–ઉદ્વિકાસના સિદ્ધાંતનો અર્થ કોઈ વાસ્તવિક પ્રગતિ નથી. વિવિધતાઓની ઉત્પત્તિ તેમજ પ્રાકૃતિક પસંદગી દ્વારા તેને સ્વરૂપ આપવાથી માત્ર વિકાસ થાય છે. જૈવ–ઉદ્વિકાસમાં પ્રગતિની જો કોઈ પ્રવૃત્તિ જોવા મળે છે તો તે સમયની સાથે-સાથે શારીરિક બંધારણની જટિલતામાં વૃદ્ધિ છે, પરંતુ તેનો અર્થ ક્યારેય પણ એવો ન થાય કે પૂર્વવત્ (પ્રાચીન) શરીરરચના કાર્યક્ષમ ન હતી. અનેક અતિ પ્રાચીન તેમજ સરળ બંધારણ આજે પણ અસ્તિત્વમાં છે. વાસ્તવમાં સરળતમ શરીર બંધારણવાળો એક સમૂહ જીવાણુ (બૅક્ટેરિયા) વિષમ કે પ્રતિકૂળ પર્યાવરણ જેમકે ગરમ પાણીના ઝરાં, ઊંડા સમુદ્રના ગરમ સ્રોત તથા એન્ટાર્કટિકાના બરફમાં પણ મળી આવે છે. બીજા શબ્દોમાં કહીએ તો, માનવ જૈવ–ઉદ્વિકાસના શિખર પર નથી પણ જૈવ–ઉદ્વિકાસ શૃંખલામાં ઉત્પન્ન થયેલ એક અન્ય જાતિ છે.

9.6.1 માનવ ઉદ્વિકાસ (Human Evolution)

આકૃતિ 9.14 ઉદ્વિકાસ-નિસરણી વિરુદ્ધ વૃક્ષ

માનવ ઉદ્વિકાસના અભ્યાસ માટે પણ તે સાધનોનો ઉપયોગ કરાય છે જેનો જૈવ–ઉદ્વિકાસ માટે ઉપયોગ કર્યો હતો. જેવાં કે – ઉત્પત્તિ, સમય-નિર્ધારણ અને જીવાશ્મ અભ્યાસની સાથે DNA અનુક્રમનું નિર્ધારણ માનવ ઉદ્વિકાસના અભ્યાસનાં મુખ્ય સાધનો છે. પૃથ્વી પર માનવના રંગ-રૂપ તેમજ આકારમાં ખૂબ વધારે વિવિધતાઓ જોવા મળે છે. આ વિવિધતાઓ એટલી વધુ છે કે લાંબા સમય સુધી લોકો મનુષ્યની 'પ્રજાતિઓ'ની જ વાત કરતા હતા. સામાન્ય રીતે ત્વચાનો રંગ પ્રજાતિને ઓળખવા માટેનો સરળ માર્ગ હતો. કેટલીક પ્રજાતિઓ કાળી, પીળી, ગોરી કે બ્રાઉન (કથ્થઈ) તરીકે જ ઓળખાતી હતી. તો ચર્ચાનો પ્રશ્ન એ રહે કે શું દેખીતી રીતે સરખી લાગતી પ્રજાતિ અલગ રીતે ઉદ્ભવી છે ? સમય જતાં પુરાવા સ્પષ્ટ થયા અને જવાબ મળ્યા કે આવી પ્રજાતિઓ માટે કોઈ જૈવિક આધાર નથી બધા જ મનુષ્યો એક જ પ્રજાતિના છે.

જરૂરી નથી કે આપણે હજારો વર્ષોથી ક્યાં રહીએ છીએ, પરંતુ આપણા બધાનો ઉદ્ભવ આફ્રિકાથી થયો છે. માનવજાતિ 'હોમો સેપિયન્સ' સેપિયન્સના સૌપ્રથમ સભ્યોને ત્યાંથી શોધવામાં આવ્યા હતા. આપણી આનુવંશિક છાપને કાળક્રમે આફ્રિકન મૂળમાંથી જ શોધી શકાય છે. કેટલાક

હજાર વર્ષ પૂર્વે આપણા પૂર્વજોએ આફ્રિકા છોડી દીધું જ્યારે કેટલાક ત્યાં જ રહી ગયા હતા. જોકે ત્યાંના મૂળ નિવાસી સંપૂર્ણ આફ્રિકામાં ફેલાઈ ગયા. આ ઉદ્‌વિકાસિત પ્રવાસી જાતિ ધીમે-ધીમે સમગ્ર ગ્રહ પર ફેલાઈ ગઈ. આફ્રિકાથી પશ્ચિમી એશિયા અને ત્યાંથી મધ્ય એશિયા, યુરેશિયા, દક્ષિણ એશિયા અને પૂર્વ એશિયા. ત્યાંથી તેઓએ ઇન્ડોનેશિયાનાં દ્વીપો (ટાપુઓ) અને ફિલિપાઇન્સથી ઑસ્ટ્રેલિયા સુધીની મુસાફરી (સફર) કરી હતી. તેઓ બેરિંગ લૅન્ડ પુલને પસાર કરીને અમેરિકા પહોંચ્યા હતા. કારણ કે તેઓ માત્ર યાત્રા કરવાના ઉદ્દેશથી મુસાફરી કરતા ન હતા. તેઓ એક જ માર્ગે ન ગયા પરંતુ વિભિન્ન સમૂહોમાં ક્યારેક આગળ અને ક્યારેક પાછળ ગયા હતા. ક્યારેક અલગ થઈને વિવિધ દિશાઓમાં આગળ વધતાં ગયા જ્યારે કેટલાક પાછા આવીને એકબીજામાં પરસ્પર ભળી પણ ગયા. આવવા–જવાનો આ ઘટનાક્રમ ચાલતો રહ્યો હતો. આ ગ્રહની અન્ય જાતિઓની જેમ તેમની ઉત્પત્તિ જૈવ-ઉદ્‌વિકાસની એક ઘટના માત્ર જ હતી અને તેઓ પોતાનું જીવન સર્વોત્તમ રીતેથી જીવવાનો પ્રયત્ન કરતા રહ્યાં હતા.

પ્રશ્નો

1. આકાર, કદ, રંગ-રૂપમાં આટલી ભિન્ન દેખાતી માનવની એક જ જાતિના સભ્ય છે તેનું કારણ શું છે ?
2. ઉદ્‌વિકાસના આધારે શું તમે જણાવી શકો છો કે જીવાણુ, કરોળિયો, માછલી અને ચિમ્પાન્ઝીમાં કોનું શારીરિક બંધારણ ઉત્તમ છે ? તમારા જવાબની સમજૂતી આપો.

તમે શીખ્યાં કે

- પ્રજનનના સમયે ઉત્પન્ન થતી ભિન્નતાઓ વારસાગત હોઈ શકે છે.
- આ ભિન્નતાઓને કારણે જીવની જીવિતતામાં વૃદ્ધિ થઈ શકે છે.
- લિંગીપ્રજનન કરનારા સજીવોમાં એક લક્ષણ (Trait)ના જનીનના બે પ્રતિરૂપ (નકલો) હોય છે. આ પ્રતિકૃતિઓના એકસમાન ન હોવાની પરિસ્થિતિમાં જે લક્ષણ વ્યક્ત થાય છે તેને પ્રભાવી લક્ષણ અને અન્યને પ્રચ્છન્ન લક્ષણ કહે છે.
- વિભિન્ન લક્ષણ કોઈ સજીવમાં સ્વતંત્ર રીતેથી વારસાગત હોય છે. સંતતિમાં નવા સંયોજન ઉત્પન્ન થાય છે.
- ભિન્ન જાતિઓમાં લિંગનિશ્ચયનના કારકભિન્ન હોય છે. માનવમાં સંતાનનું લિંગ આ વાત પર નિર્ભર કરે છે કે પિતા પાસેથી મળનારું રંગસૂત્ર ‘X’ (છોકરીઓ માટે) અથવા ‘Y’ (છોકરા માટે) કેવા પ્રકારના છે.
- જાતિમાં રહેલી ભિન્નતાઓ તેને જીવિતતાને યોગ્ય બનાવી શકે છે અથવા માત્ર આનુવંશિક ફેરફાર યોગદાન આપે છે.
- વાનસ્પતિક પેશીઓમાં પર્યાવરણીય પરિબળો દ્વારા ઉત્પન્ન પરિવર્તન આનુવંશિક હોતા નથી.
- ભિન્નતાઓ ભૌગોલિક અલગીકરણને કારણે જાતિનિર્માણ થઈ શકે છે.
- વિકાસીય સંબંધોને સજીવોના વર્ગીકરણમાં શોધી શકાય છે.
- સમયમાં પાછળ જઈને (પૂર્વ અસ્તિત્વ ધરાવતા સમયમાં) સમાન પૂર્વજોની શોધથી આપણને અંદાજ આવે છે કે સમયના કયા બિંદુએ અજૈવિક પદાર્થોથી જીવની ઉત્પત્તિ થઈ છે.
- જૈવ-ઉદ્‌વિકાસને સમજવા માટે માત્ર વર્તમાન જાતિઓનો અભ્યાસ પર્યાપ્ત નથી પણ અશ્મિઓનો અભ્યાસ પણ આવશ્યક છે.
- અસ્તિત્વના લાભ માટે મધ્યવર્તી તબક્કાઓ દ્વારા જટિલ અંગોનો ઉદ્‌વિકાસ થયેલો છે.
- જૈવ-ઉદ્‌વિકાસનો સમય, અંગ અથવા આકાર નવા કાર્યક્ષમ શરીર માટે અનુકૂલિત હોય છે. ઉદાહરણ તરીકે, પાંખો જે શરૂઆતમાં ઉષ્ણતા આપતા હતા (ગરમી આપતા હતા) જેના માટે તેનો વિકાસ થયો હતો કાળક્રમે તે ઊડવા માટે અનુકૂલિત બન્યા છે.

- ઉદ્‌વિકાસને નિમ્ન સ્વરૂપથી ઉચ્ચતમ સ્વરૂપની પ્રગતિ કહી શકાય નહિ પણ એ પ્રતિત થાય છે કે ઉદ્‌વિકાસ વધારે જટિલ શારીરિક બંધારણ ઉત્પન્ન કરવા માટે થયેલ છે જ્યારે સરળતમ બંધારણ સારી રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે પણ છે.
- માનવના ઉદ્‌વિકાસનો અભ્યાસથી આપણને જાણકારી મળે છે કે આપણે બધા એક જ જાતિના સભ્ય છીએ જેની ઉત્પત્તિ આફ્રિકામાં થઈ અને તબક્કાવાર વિશ્વના વિભિન્ન ભાગોમાં ફેલાઈ ગઈ છે.

સ્વાધ્યાય

1. મૅન્ડલના એક પ્રયોગમાં ઊંચો વટાણાનો છોડ જેનાં પુષ્પ જાંબલી રંગનાં હતાં. તેનું સંકરણ નીચા વટાણાના છોડ કે જેનાં પુષ્પ સફેદ રંગનાં હતાં તેની સાથે કરાવવામાં આવ્યું. તેમની સંતતિના બધા જ છોડમાં પુષ્પ જાંબલી રંગનાં હતાં, પરંતુ તેમાંથી અડધોઅડધ છોડ નીચા હતા. આ પરથી કહી શકાય કે ઊંચા પિતૃ છોડની આનુવંશિક રચના નીચેના પૈકી એક હતી :

(a) TTWW (b) Ttww (c) TtWW (d) TtWw

2. સમજાત અંગો કે સમમૂલક અંગોનું ઉદાહરણ છે.

(a) આપણો હાથ અને કૂતરાનું અગ્રઉપાંગ (b) આપણા દાંત અને હાથીના દાંત

(c) બટાટા અને ઘાસનું પ્રરોહ (d) ઉપર્યુક્ત તમામ

3. ઉદ્‌વિકાસીય દૃષ્ટિકોણથી આપણી કોની સાથે વધારે સમાનતા છે ?

(a) ચીનનો વિદ્યાર્થી (b) ચિમ્પાન્ઝી (c) કરોળિયો (d) જીવાણુ

4. એક અભ્યાસ પરથી જાણી શકાયું કે આછા રંગની આંખોવાળાં બાળકોના પિતૃની (માતા-પિતા) આંખો પણ આછા રંગની હોય છે. તેના આધારે શું આપણે કહી શકીએ કે આંખોના આછા રંગનું લક્ષણ પ્રભાવી છે કે પ્રચ્છન્ન છે ? તમારા જવાબની સમજૂતી આપો.

5. જૈવ-ઉદ્‌વિકાસ અને વર્ગીકરણના અભ્યાસક્ષેત્ર કોઈ પ્રકારે કે રીતે પરસ્પર સંબંધિત છે ?

6. સમજાત અને સમરૂપ અંગોને ઉદાહરણો આપી સમજાવો.

7. કૂતરાની ચામડીના પ્રભાવી રંગને જાણવા માટેના હેતુથી એક પ્રૉજેક્ટ બનાવો.

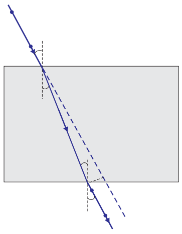
8. ઉદ્‌વિકાસીય સંબંધ સ્થાપિત કરવા માટે જીવાશ્મ કે અશ્મિનું શું મહત્ત્વ છે ?

9. કયા પુરાવાને આધારે આપણે કહી શકીએ છીએ કે, જીવની ઉત્પત્તિ અજૈવિક પદાર્થોમાંથી થઈ છે ?

10. ‘અલિંગી પ્રજનનની તુલનામાં લિંગી પ્રજનન દ્વારા ઉત્પન્ન થયેલી ભિન્નતાઓ વધારે સ્થાયી હોય છે.’ સમજાવો. આ લિંગી પ્રજનન કરનારા સજીવોના ઉદ્‌વિકાસને કેવી રીતે પ્રભાવિત કરે છે.

11. સંતતિ કે બાળપેઢીમાં નર તેમજ માદા પિતૃઓ દ્વારા આનુવંશિક યોગદાનમાં સરખી ભાગીદારી કેવી રીતે સુનિશ્ચિત કરી શકાય છે ?

12. માત્ર તે ભિન્નતાઓ જે કોઈ એકલ સજીવના માટે ઉપયોગી હોય છે, વસ્તીમાં પોતાના અસ્તિત્વને જાળવી રાખે છે. શું તમે આ વિધાન સાથે સહમત છો ? શા માટે ? તેમજ શા માટે નહિ ?



પ્રકરણ 10
પ્રકાશ-પરાવર્તન અને વક્રીભવન (Light-Reflection and Refraction)

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

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

વધુ જાણવા જેવું !

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

આ પ્રકરણમાં આપણે પ્રકાશના પરાવર્તન અને વક્રીભવનની ઘટનાઓનો અભ્યાસ, પ્રકાશની સુરેખપથ પર થતી ગતિની મદદથી કરીશું. આ મૂળભૂત ખ્યાલો આપણને કુદરતમાં બનતી કેટલીક પ્રકાશીય ઘટનાઓના અભ્યાસમાં મદદરૂપ થશે. આ પ્રકરણમાં આપણે ગોળીય અરીસાઓ દ્વારા પ્રકાશના પરાવર્તન, પ્રકાશના વક્રીભવન તેમજ વાસ્તવિક જીવનમાં તેમની ઉપયોગિતાને સમજવાનો પ્રયત્ન કરીશું.

10.1 પ્રકાશનું પરાવર્તન (Reflection of Light)

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

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

(i) આપાતકોણ અને પરાવર્તનકોણ સમાન હોય છે તથા

(ii) આપાતકિરણ, અરીસાના આપાતબિંદુએ સપાટીને દોરેલ લંબ અને પરાવર્તિત કિરણ એ બધા એક જ સમતલમાં હોય છે.

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

પ્રવૃત્તિ 10.1

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

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

10.2 ગોળીય અરીસાઓ (Spherical Mirrors)

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

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

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

(a) અંતર્ગોળ અરીસો *(b) બહિર્ગોળ અરીસો*

આકૃતિ 10.1
ગોળીય અરીસાઓનું રેખીય નિરૂપણ, છાયાંકિત ભાગ અપરાવર્તક છે

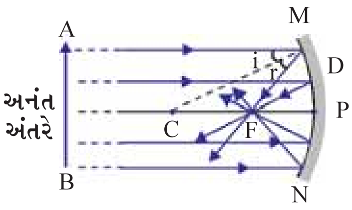
ગોળીય અરીસાની પરાવર્તક સપાટી ગોળાનો એક ભાગ છે. આ ગોળાને કેન્દ્ર હોય છે. આ કેન્દ્રને ગોળીય અરીસાનું વક્રતાકેન્દ્ર કહે છે. તેને મૂળાક્ષર C વડે દર્શાવાય છે. અહીં ખાસ નોંધો કે વક્રતાકેન્દ્ર એ અરીસાનો ભાગ નથી. તે પરાવર્તક સપાટીની બહાર આવેલું હોય છે. અંતર્ગોળ અરીસાનું વક્રતાકેન્દ્ર તેની આગળ તરફ આવેલું છે.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

પ્રવૃત્તિ 10.2

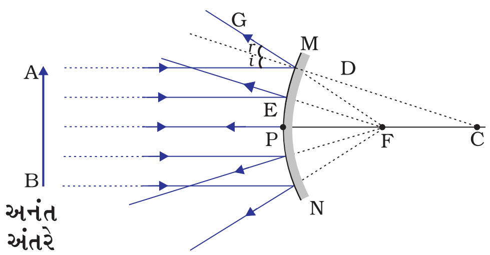
ચેતવણી : સૂર્ય તરફ પ્રત્યક્ષ કે સૂર્યપ્રકાશને પરાવર્તિત કરતા અરીસામાં ન જુઓ. તેનાથી કદાચ તમારી આંખોને નુકસાન થઈ શકે છે.

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

કાગળ સૌપ્રથમ સળગવાનું શરૂ કરે છે અને ધુમાડો ઉત્પન્ન થાય છે. સમય જતાં તે આગ પણ પકડી શકે છે. તે કેમ સળગી ઊઠે છે ? સૂર્યમાંથી આવતો પ્રકાશ અરીસા દ્વારા એક તીક્ષ્ણ પ્રકાશિત બિંદુ સ્વરૂપે કેન્દ્રિત થાય છે. વાસ્તવમાં કાગળના પાના પર પ્રકાશનું આ બિંદુ સૂર્યનું પ્રતિબિંબ છે. સૂર્યપ્રકાશના કેન્દ્રિત થવાથી ઉત્પન્ન થતી ઉષ્માને કારણે કાગળ સળગી ઊઠે છે. અરીસાના સ્થાનથી પ્રતિબિંબનું આ અંતર અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈનું આશરે મૂલ્ય આપે છે.



(a)



(b)

આકૃતિ 10.2

(a) અંતર્ગોળ અરીસો

(b) બહિર્ગોળ અરીસો

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

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

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

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

10.2.1 ગોળીય અરીસાઓ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ

(Image Formation by Spherical Mirrors)

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

પ્રવૃત્તિ 10.3

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

- એક અંતર્ગોળ અરીસો લો. ઉપર વર્ણવ્યા મુજબ તેની આશરે કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. કેન્દ્રલંબાઈનું મૂલ્ય નોંધી લો. (તમે કોઈ દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ એક કાગળના પાના પર મેળવીને પણ કેન્દ્રલંબાઈનું મૂલ્ય મેળવી શકો છો.)
- ટેબલ પર ચૉક વડે એક રેખા દોરો. અંતર્ગોળ અરીસાને એક સ્ટૅન્ડ પર ગોઠવો. સ્ટૅન્ડને રેખા પર એવી રીતે મૂકો કે જેથી અરીસાનો ધ્રુવ આ રેખા પર આવે.
- ચૉક વડે બીજી બે રેખાઓ અગાઉ દોરેલ રેખાને સમાંતર એવી રીતે દોરો કે જેથી બે ક્રમિક રેખાઓ વચ્ચેનું અંતર અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ જેટલું હોય. આ રેખાઓ અનુક્રમે બિંદુ P, F અને C નું સ્થાન દર્શાવે છે. યાદ રાખો કે, નાના દર્પણમુખવાળા ગોળીય અરીસાઓનું મુખ્ય કેન્દ્ર F, ધ્રુવ P અને વક્રતાકેન્દ્ર Cના મધ્યમાં હોય છે.
- એક તેજસ્વી વસ્તુ, જેમકે સળગતી મીણબત્તી, વક્રતાકેન્દ્ર C થી ઘણે દૂર મૂકો. એક કાગળના પડદાને અરીસાની સામે રાખીને જ્યાં સુધી મીણબત્તીની જ્યોતનું પ્રતિબિંબ તેના પર ન મળે ત્યાં સુધી અરીસા તરફ ખસેડો.
- પ્રતિબિંબનું કાળજીપૂર્વક અવલોકન કરો. તેનાં પ્રકાર, સ્થાન અને પરિમાણની વસ્તુના પરિમાણ સાપેક્ષે નોંધ કરો.
- આ પ્રવૃત્તિનું મીણબત્તીના નીચે દર્શાવેલ સ્થાનો માટે પુનરાવર્તન કરો. - (a) C થી થોડે દૂર (b) C પર (c) F તથા Cની વચ્ચે (d) F પર તથા (e) P અને F ની વચ્ચે
- આ બધા પૈકી એક સ્થિતિમાં તમે પડદા પર પ્રતિબિંબ નહિ મેળવી શકો. આ સ્થિતિમાં વસ્તુનું સ્થાન નક્કી કરો. ત્યાર બાદ અરીસામાં તેનું આભાસી પ્રતિબિંબ મેળવો.
- તમારાં અવલોકનોને અવલોકન–કોઠામાં નોંધો.

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

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

વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું માપ (Size)	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
અનંત અંતરે	મુખ્ય કેન્દ્ર F પર	ખૂબ જ નાનું બિંદુવત્	વાસ્તવિક અને ઊલટું
C થી દૂર	F અને Cની વચ્ચે	નાનું	વાસ્તવિક અને ઊલટું
C પર	C પર	સમાન માપ (સાઇઝ)નું	વાસ્તવિક અને ઊલટું
C અને F ની વચ્ચે	Cથી દૂર	વિવર્ધિત (મોટું)	વાસ્તવિક અને ઊલટું
F પર	અનંત અંતરે	ખૂબ જ વિવર્ધિત	વાસ્તવિક અને ઊલટું
P અને Fની વચ્ચે	અરીસાની પાછળ	વિવર્ધિત	આભાસી અને ચત્તું

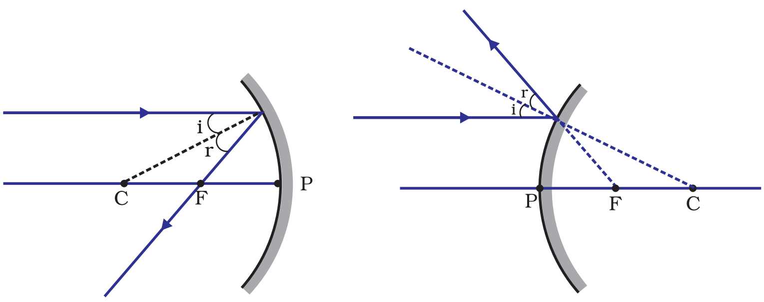
10.2.2 કિરણાકૃતિ (Ray diagram)ના ઉપયોગ દ્વારા ગોળીય અરીસાઓ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોનું નિરૂપણ

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

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

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

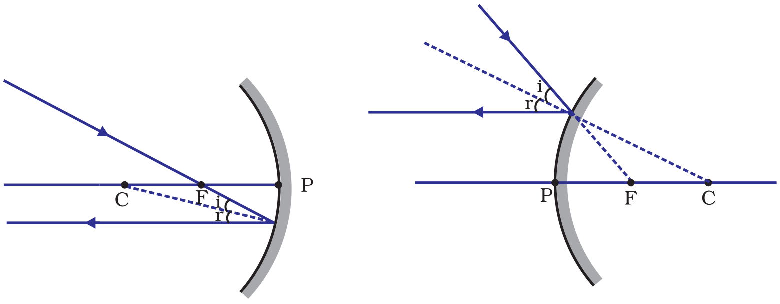
(i) મુખ્ય અક્ષને સમાંતર દિશામાં આપાત થતું પ્રકાશનું કિરણ પરાવર્તન પામ્યા બાદ અંતર્ગોળ અરીસાના કિસ્સામાં તેના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થશે અથવા બહિર્ગોળ અરીસાના કિસ્સામાં તેના મુખ્ય કેન્દ્ર પરથી વિકેન્દ્રિત થતું હોય તેવો ભાસ થશે. તે આકૃતિ 10.3 (a) અને (b)માં દર્શાવેલ છે.



(a) *(b)*

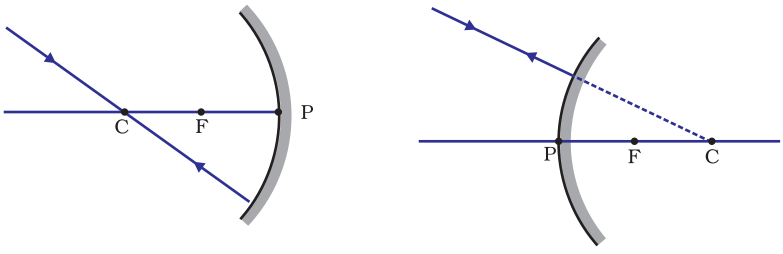
આકૃતિ 10.3

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



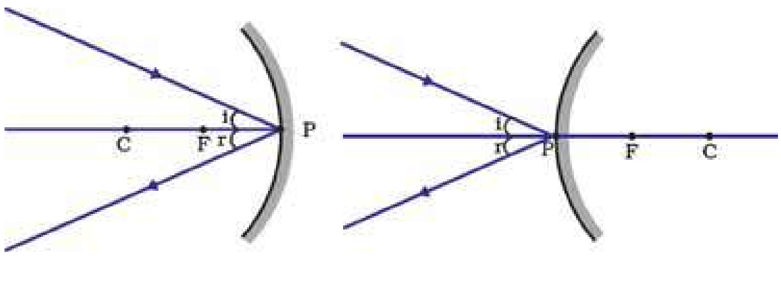
આકૃતિ 10.4

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



આકૃતિ 10.5

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

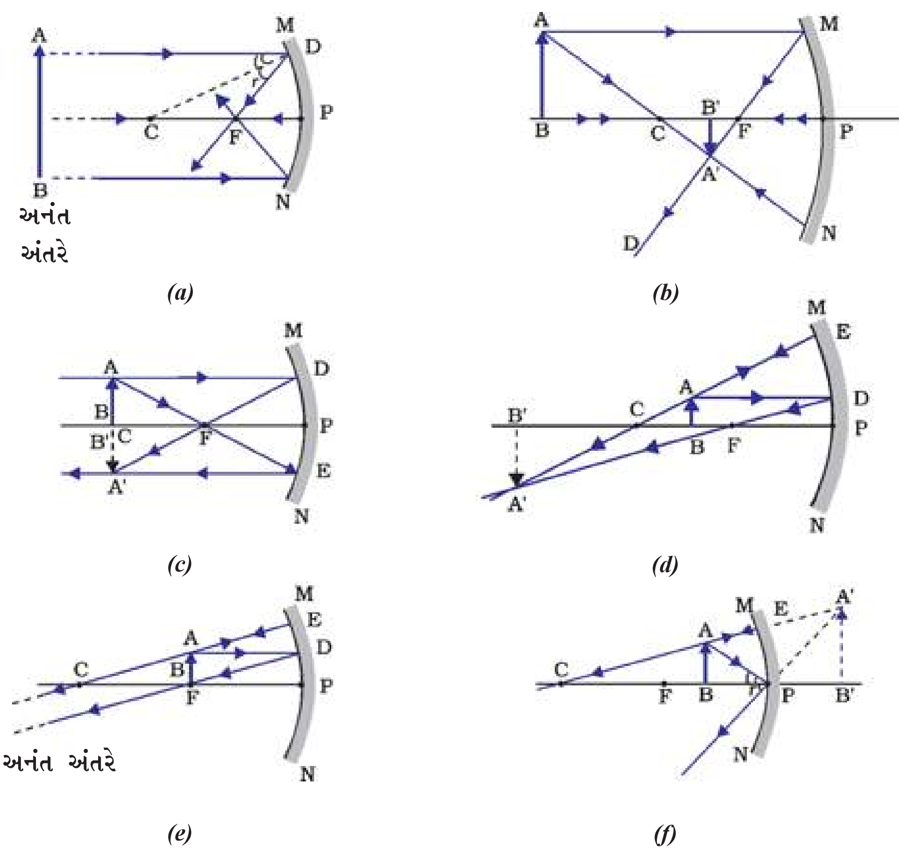


આકૃતિ 10.6

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

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

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



આકૃતિ 10.7 અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોની કિરણાકૃતિ

પ્રવૃત્તિ 10.4

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

અંતર્ગોળ અરીસાઓના ઉપયોગ (Uses of concave mirrors)

અંતર્ગોળ અરીસાઓનો ઉપયોગ સામાન્ય રીતે ટૉર્ચ, સર્ચલાઇટ તથા વાહનોની હેડ લાઇટ (head lights)માં પ્રકાશના શક્તિશાળી સમાંતર કિરણજૂથ મેળવવા માટે કરવામાં આવે છે. ઘણી વાર તેમનો ઉપયોગ દાઢી કરવાના અરીસા (Shaving mirrors) તરીકે ચહેરાનું મોટું પ્રતિબિંબ જોવા માટે કરવામાં આવે છે. દાંતના ડૉક્ટરો અંતર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ દર્દીઓના દાંતનું મોટું પ્રતિબિંબ જોવા માટે કરે છે. સૌર ભઠ્ઠીઓમાં સૂર્યપ્રકાશને કેન્દ્રિત કરવા માટે મોટા અંતર્ગોળ અરીસાઓનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

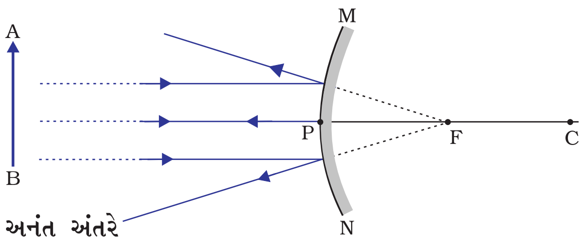
(b) બહિર્ગોળ અરીસા વડે પ્રતિબિંબની રચના (Image formation by a Convex Mirror)

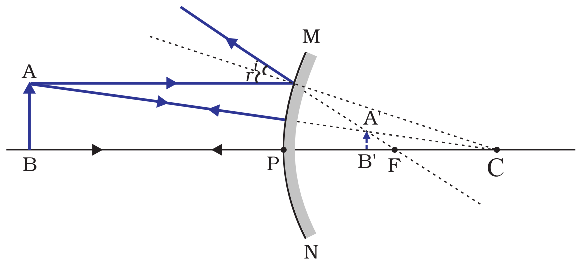
આપણે અંતર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબોનો અભ્યાસ કર્યો. હવે આપણે બહિર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબ વિશેનો અભ્યાસ કરીશું.

પ્રવૃત્તિ 10.5

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

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





આકૃતિ 10.8 બહિર્ગોળ અરીસા વડે રચાતાં પ્રતિબિંબો

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

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

અત્યાર સુધી તમે સમતલ અરીસા, અંતર્ગોળ અરીસા તથા બહિર્ગોળ અરીસા વડે બનતાં પ્રતિબિંબોનો અભ્યાસ કર્યો. આ પૈકી કયો અરીસો કોઈ મોટી વસ્તુનું આખું પ્રતિબિંબ આપશે ? ચાલો ! એક પ્રવૃત્તિ દ્વારા તે સમજીએ.

પ્રવૃત્તિ 10.6

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

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

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

બહિર્ગોળ અરીસાના ઉપયોગો (Uses of convex mirrors)

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

પ્રશ્નો

1. અંતર્ગોળ અરીસાનું મુખ્ય કેન્દ્ર વ્યાખ્યાયિત કરો.
2. એક ગોળીય અરીસાની વક્રતાત્રિજ્યા 20 cm છે. તેની કેન્દ્રલંબાઈ કેટલી હશે ?
3. એવા અરીસાનું નામ આપો જે વસ્તુનું ચત્તું તથા વિવર્ધિત પ્રતિબિંબ આપે.
4. આપણે વાહનોમાં પાછળનું દૃશ્ય જોવા માટેના અરીસા તરીકે બહિર્ગોળ અરીસાને કેમ પસંદ કરીએ છીએ ?

10.2.3 ગોળીય અરીસા વડે થતા પરાવર્તન માટે સંજ્ઞા–પદ્ધતિ (Sign Convention for Reflection by Spherical Mirrors)

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

(i) વસ્તુ હંમેશાં અરીસાની ડાબી બાજુ રાખવામાં આવે છે. એનો અર્થ એ થયો કે વસ્તુ પરથી આવતો પ્રકાશ અરીસા પર ડાબી બાજુથી આપાત થાય છે.

(ii) બધાં જ અંતરો અરીસાના ધ્રુવથી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર માપવામાં આવે છે.

(iii) ઊગમબિંદુ (ધ્રુવ)થી જમણી બાજુ (+X દિશામાં) માપેલ બધાં જ અંતરો ધન અને ઊગમબિંદુથી ડાબી બાજુ (–X દિશામાં) માપેલ બધાં જ અંતરો ઋણ ગણવામાં આવે છે.

(iv) મુખ્ય અક્ષને લંબરૂપે ઉપરની તરફ (+Y દિશામાં) માપેલ અંતર (ઊંચાઈ) ધન લેવામાં આવે છે.

(v) મુખ્ય અક્ષને લંબરૂપે નીચેની તરફ (–Y દિશામાં) માપેલ અંતર (ઊંચાઈ) ઋણ લેવામાં આવે છે.

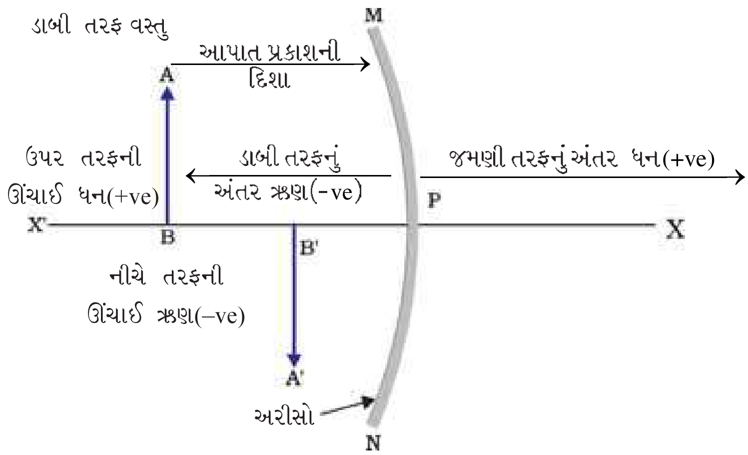
ઉપર વર્ણવેલ નવી કાર્તેઝિય સંજ્ઞાપદ્ધતિ તમારા સંદર્ભ માટે આકૃતિ 10.9માં દર્શાવેલ છે. અરીસાનું સૂત્ર મેળવવા તેમજ તેને સંબંધિત દાખલા (numerical problems) ના ઉકેલ માટે આ સંજ્ઞાપદ્ધતિનો ઉપયોગ કરવામાં આવેલ છે.

10.2.4 અરીસાનું સૂત્ર અને મોટવણી (Mirror Formula and Magnification)

ગોળીય અરીસામાં તેના ધ્રુવથી વસ્તુનું અંતર વસ્તુઅંતર (u) કહેવાય છે. અરીસાના ધ્રુવથી પ્રતિબિંબનું અંતર, પ્રતિબિંબ અંતર (v) કહેવાય છે. તમને પહેલાથી જ ખ્યાલ છે કે ધ્રુવથી મુખ્ય કેન્દ્ર સુધીનું અંતર કેન્દ્રલંબાઈ (f) કહેવાય છે. આ ત્રણેય રાશિઓ વચ્ચે એક સંબંધ છે જેને અરીસાના સૂત્ર તરીકે ઓળખવામાં આવે છે. આ સૂત્રને નીચે પ્રમાણે રજૂ કરવામાં આવે છે :

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

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



આકૃતિ 10.9
ગોળીય અરીસા માટે નવી કાર્તેઝિય સંજ્ઞાપદ્ધતિ

મોટવણી (Magnification)

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

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

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

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

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

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

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

ઉદાહરણ 10.1

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

ઉકેલ

વક્રતાત્રિજ્યા $R = +3.00$ m

વસ્તુ અંતર $u = -5.00$ m

પ્રતિબિંબ અંતર $v = ?$

પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ $h' = ?$

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

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

અથવા $\frac{1}{v} = \frac{1}{f} - \frac{1}{u} = +\frac{1}{1.50} - \frac{1}{(-5.00)} = \frac{1}{1.50} + \frac{1}{5.00}$

$= \frac{5.00 + 1.50}{7.50}$

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

આમ, પ્રતિબિંબ અરીસાની પાછળ 1.15 m અંતરે મળે છે.

મોટવણી $m = \frac{h'}{h} = -\frac{v}{u} = -\frac{1.15\text{ m}}{-5.00\text{m}}$

$= +0.23$

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

ઉદાહરણ 10.2

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

ઉકેલ

વસ્તુઊંચાઈ $h = +4.0$ cm

વસ્તુઅંતર $u = -25.0$ cm

કેન્દ્રલંબાઈ $f = -15.0$ cm

પ્રતિબિંબ અંતર $v = ?$

પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ $h' = ?$

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

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

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

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

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

પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ $h' = -\ 6.0$ cm

પ્રતિબિંબ ઊલટું અને વિવર્ધિત છે.

પ્રશ્નો

1. 32 cm વક્રતાત્રિજ્યા ધરાવતાં બહિર્ગોળ અરીસાની કેન્દ્રલંબાઈ શોધો.
2. એક અંતર્ગોળ અરીસો તેની સામે 10 cm અંતરે રાખેલ વસ્તુનું ત્રણગણું મોટું (વિવર્ધિત) વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ આપે છે. પ્રતિબિંબનું સ્થાન ક્યાં હશે ?

10.3 પ્રકાશનું વક્રીભવન (Refraction of Light)

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

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

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

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

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

પ્રવૃત્તિ 10.7

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

પ્રવૃત્તિ 10.8

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

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

પ્રવૃત્તિ 10.9

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

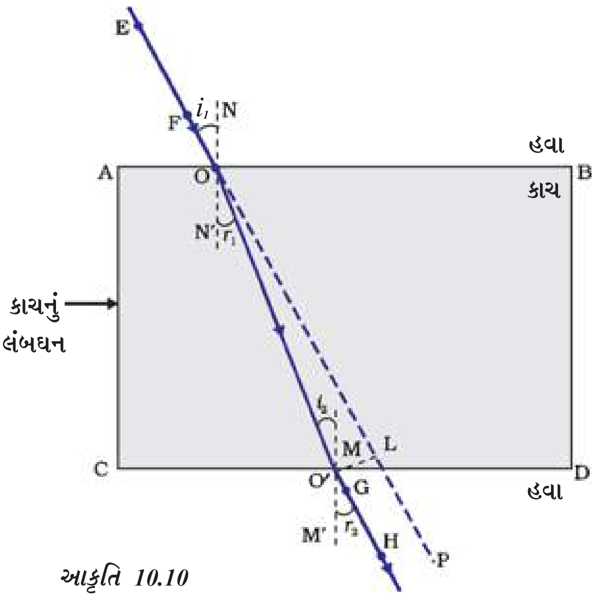
10.3.1 કાચના લંબઘન ચોસલામાંથી પ્રકાશનું વક્રીભવન (Refraction through a Rectangular Glass Slab)

કાચના લંબઘન ચોસલામાંથી થતા પ્રકાશના વક્રીભવનને સમજવા માટે ચાલો આપણે એક પ્રવૃત્તિ કરીએ :

પ્રવૃત્તિ 10.10

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

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



આકૃતિ 10.10
કાચના લંબઘન વડે પ્રકાશનું વક્રીભવન

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

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

પ્રકાશના વક્રીભવનના નિયમો નીચે પ્રમાણે છે :

(i) આપાતકિરણ, વક્રીભૂતકિરણ અને બે માધ્યમોની આંતર સપાટીને આપાતબિંદુએ દોરેલો લંબ એક જ સમતલમાં હોય છે.

(ii) પ્રકાશના આપેલ રંગ તથા માધ્યમોની આપેલ જોડ માટે આપાતકોણના સાઇન અને વક્રીભૂતકોણના સાઇનનો ગુણોત્તર અચળ રહે છે. આ નિયમ સ્નેલના નિયમ તરીકે ઓળખાય છે. જો આપાતકોણ i અને વક્રીભૂતકોણ r હોય તો,

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{અચળ} \tag{10.4}$$

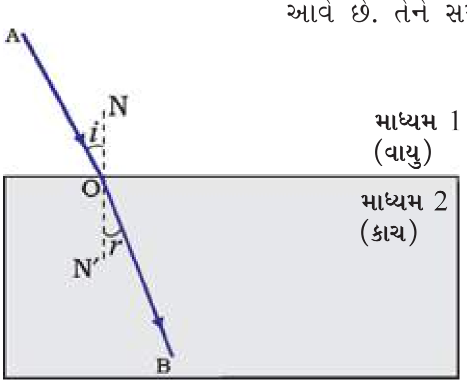
આ અચળ મૂલ્યને પ્રથમ માધ્યમની સાપેક્ષે બીજા માધ્યમનો વક્રીભવનાંક (refractive index) કહે છે. ચાલો વક્રીભવનાંક વિશે થોડું વિસ્તારપૂર્વક અધ્યયન કરીએ.

10.3.2 વક્રીભવનાંક (The Refractive Index)

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

જુદાં–જુદાં માધ્યમોમાં પ્રકાશના પ્રસરણની સાપેક્ષ ઝડપ તરીકે ઓળખાતી મહત્ત્વપૂર્ણ ભૌતિકરાશિ સાથે વક્રીભવનાંકને સાંકળી શકાય છે. તેવું જોવા મળે છે કે જુદાં–જુદાં માધ્યમોમાં પ્રકાશ જુદી–જુદી ઝડપે પ્રસરણ પામે છે. પ્રકાશ શૂન્યાવકાશમાં સૌથી વધુ 3×10^8 m/s ની ઝડપે ગતિ કરે છે. હવામાં પ્રકાશની ઝડપ શૂન્યાવકાશની સાપેક્ષે સહેજ જ ઓછી હોય છે. જ્યારે કાચ કે પાણીમાં તે નોંધપાત્ર પ્રમાણમાં ઘટે છે. બે માધ્યમોની જોડ માટે વક્રીભવનાંકનું મૂલ્ય નીચે દર્શાવ્યા મુજબ બંને માધ્યમોમાં પ્રકાશની ઝડપ પર આધારિત છે.

આકૃતિ 10.11 માં દર્શાવ્યા અનુસાર પ્રકાશના એક કિરણનો વિચાર કરો જે માધ્યમ-1 થી માધ્યમ-2 માં ગતિ કરી રહ્યું છે. ધારો કે માધ્યમ-1માં પ્રકાશની ઝડપ v_1 તથા માધ્યમ-2માં ઝડપ v_2 છે. માધ્યમ-2 નો માધ્યમ-1 ની સાપેક્ષે વક્રીભવનાંક, માધ્યમ-1માં પ્રકાશની ઝડપ તથા માધ્યમ-2માં પ્રકાશની ઝડપના ગુણોત્તર દ્વારા રજૂ કરવામાં આવે છે. જેને n_{21} સંજ્ઞા વડે રજૂ કરવામાં આવે છે. તેને સમીકરણના સ્વરૂપે નીચે પ્રમાણે રજૂ કરી શકાય :



આકૃતિ 10.11

$$n_{21} = \frac{\text{માધ્યમ1માં પ્રકાશની ઝડપ}}{\text{માધ્યમ2માં પ્રકાશની ઝડપ}} = \frac{v_1}{v_2} \tag{10.5}$$

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

$$n_{12} = \frac{\text{માધ્યમ2માં પ્રકાશની ઝડપ}}{\text{માધ્યમ1માં પ્રકાશની ઝડપ}} = \frac{v_2}{v_1} \tag{10.6}$$

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

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

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

માધ્યમના નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંકને ફક્ત વક્રીભવનાંક કહે છે. કોષ્ટક 10.3 માં કેટલાંક માધ્યમોના વક્રીભવનાંકો દર્શાવેલ છે. કોષ્ટક પરથી તમે જાણી શકો છો કે, પાણીનો વક્રીભવનાંક n_w = 1.33 છે. તેનો અર્થ એ થયો કે હવામાં પ્રકાશની ઝડપ તથા પાણીમાં પ્રકાશની ઝડપનો ગુણોત્તર 1.33 છે. તે જ રીતે ક્રાઉન કાચનો વક્રીભવનાંક n_g = 1.52 છે. આ પ્રકારની માહિતી ઘણી જગ્યાએ ઉપયોગી થાય છે. જોકે તમારે આ માહિતી યાદ રાખવાની જરૂર નથી.

કોષ્ટક 10.3 કેટલાંક દ્રવ્ય માધ્યમોના નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક

દ્રવ્ય માધ્યમ (Material medium)	વક્રીભવનાંક	દ્રવ્ય માધ્યમ (Material medium)	વક્રીભવનાંક
વાયુ	1.0003	કેનેડા બાલસમ	1.53
બરફ	1.31		
પાણી	1.33	ખનિજ મીઠું	1.54
આલ્કોહોલ	1.36		
કેરોસીન	1.44	કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડ	1.63
ફ્યુઝ્ડ ક્વાર્ટ્ઝ	1.46		
		સઘન (dense) ફ્લિંટ કાચ	1.65
ટર્પેન્ટાઇન તેલ	1.47	રૂબી (માણિક્ય)	1.71
બેન્ઝિન	1.50		
		નીલમ	1.77
ક્રાઉન કાચ	1.52	હીરો	2.42

કોષ્ટક 10.3 પરથી નોંધો કે પ્રકાશીય દૃષ્ટિએ વધુ ઘટ્ટ માધ્યમ, વધુ દળ ઘનતા ધરાવતું હોવું જરૂરી નથી. ઉદાહરણ તરીકે કેરોસીનનો વક્રીભવનાંક પાણી કરતાં વધારે હોવાથી તે પ્રકાશીય દૃષ્ટિએ પાણી કરતાં વધુ ઘટ્ટ છે છતાં તેની દળ ઘનતા પાણી કરતાં ઓછી છે.

વધુ જાણવા જેવું !

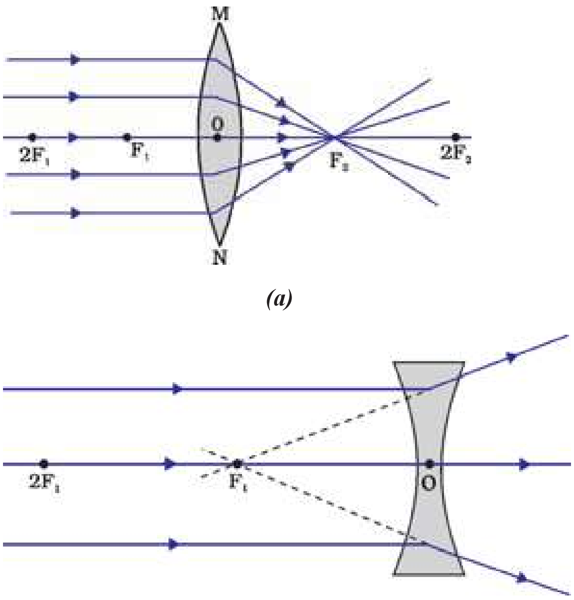
કોઈ માધ્યમ દ્વારા પ્રકાશને વક્રીભૂત કરવાની ક્ષમતાને તેની પ્રકાશીય ઘનતા દ્વારા પણ રજૂ કરી શકાય છે. પ્રકાશીય ઘનતાને ચોક્કસ સૂચિતાર્થ છે. તે દળ ઘનતા જેવું જ નથી. આ પ્રકરણમાં આપણે 'પાતળું માધ્યમ' તથા 'ઘટ્ટ માધ્યમ' શબ્દોનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. વાસ્તવમાં તેનો અર્થ અનુક્રમે 'પ્રકાશીય પાતળું માધ્યમ' તથા 'પ્રકાશીય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

પ્રશ્નો

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

10.3.3 ગોળીય લેન્સ દ્વારા થતું વક્રીભવન (Refraction by Spherical Lenses)

ઘડિયાળીને અત્યંત સૂક્ષ્મ ભાગોને જોવા માટે મૅગ્નિફાઈંગ ગ્લાસ (બિલોરી કાચ)નો ઉપયોગ કરતો તમે જોયો હશે. શું તમે આવા મૅગ્નિફાઈંગ ગ્લાસની સપાટીને તમારા હાથ વડે સ્પર્શ કર્યો છે ખરો ? તે સમતલ સપાટી છે કે વક્ર ? શું એ મધ્યમાં જાડો છે કે ધાર પાસે ? ચશ્માંમાં વપરાતા કાચ અને ઘડિયાળી જે કાચ ઉપયોગમાં લે છે તે લેન્સનાં ઉદાહરણો છે. લેન્સ શું છે ? તે પ્રકાશનાં કિરણોને કેવી રીતે વાંકાં વાળે છે ? આપણે આ વિભાગમાં આ અંગેની ચર્ચા કરીશું.



આકૃતિ 10.12
(a) બહિર્ગોળ લેન્સનું અભિસરણ કાર્ય (b) અંતર્ગોળ લેન્સનું અપસરણ કાર્ય

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

બહિર્ગોળ અથવા અંતર્ગોળ લેન્સને બે વક્રસપાટીઓ હોય છે. આ દરેક વક્રસપાટી ગોળાનો જ એક ભાગ હોય છે. આ ગોળાઓનાં કેન્દ્રોને લેન્સનાં વક્રતાકેન્દ્રો કહે છે. સામાન્ય રીતે લેન્સના વક્રતાકેન્દ્રને મૂળાક્ષર C વડે દર્શાવવામાં આવે છે. લેન્સને બે વક્રતાકેન્દ્રો હોવાથી આપણે તેમને

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

પ્રવૃત્તિ 10.11

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

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

કાગળ ધુમાડો ઉત્પન્ન કરી સળગવાનું શરૂ કરે છે. થોડા સમય પછી તેમાં આગ પણ લાગી શકે છે. આવું શાથી થયું ? સૂર્યમાંથી આવતો પ્રકાશ સમાંતર કિરણો રચે છે. આ કિરણો લેન્સ દ્વારા કાગળ પરના એક તીવ્ર પ્રકાશિત ટપકા પર કેન્દ્રિત થયેલાં છે. ખરેખર તમને કાગળ પર મળતું પ્રકાશિત ટપકું, સૂર્યનું વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ છે. સૂર્યપ્રકાશના આ બિંદુ પાસે થતા કેન્દ્રીકરણે ઉષ્મા ઉત્પન્ન કરી. તેના કારણે કાગળ સળગી ઊઠે છે.

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

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

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

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

10.3.4 લેન્સ દ્વારા પ્રતિબિંબની રચના (Image Formation by Lenses)

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

પ્રવૃત્તિ 10.12

- એક બહિર્ગોળ લેન્સ લો. પ્રવૃત્તિ 10.11 માં વર્ણવ્યા પ્રમાણે તેની આશરે કેન્દ્રલંબાઈ શોધો.
- એક લાંબા ટેબલ પર ચૉક વડે પાંચ સમાંતર રેખાઓ એવી રીતે દોરો કે ક્રમિક રેખાઓ વચ્ચેનું અંતર લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ જેટલું હોય.
- લેન્સને લેન્સ–સ્ટૅન્ડમાં મૂકો. સ્ટૅન્ડને મધ્યમાં આવેલી રેખા પર એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી લેન્સનું પ્રકાશીય કેન્દ્ર બરોબર રેખા પર આવે.
- લેન્સની બંને બાજુએ આવેલી રેખાઓ અનુક્રમે લેન્સના F અને 2F ને અનુરૂપ છે. આ રેખાઓને અનુક્રમે $2F_1$, F_1, F_2 અને $2F_2$ વડે દર્શાવો.
- એક સળગતી મીણબત્તીને ડાબી બાજુ $2F_1$ થી ઘણા દૂર અંતરે ગોઠવો. લેન્સની બીજી તરફ તેનું સ્પષ્ટ અને તીક્ષ્ણ પ્રતિબિંબ પડદા પર મેળવો.
- પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ માપ (પરિમાણ) નોંધો.
- વસ્તુને $2F_1$ થી થોડી જ દૂર, F_1 અને $2F_1$ ની વચ્ચે, F_1 પર તથા F_1 અને O ની વચ્ચે રાખી આ પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરો. તમારાં અવલોકનોને કોષ્ટકમાં નોંધો.

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

કોષ્ટક 10.4 બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા વસ્તુનાં જુદાં–જુદાં સ્થાનો માટે મળતાં પ્રતિબિંબનો પ્રકાર, સ્થાન અને સાપેક્ષ માપ

વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સાપેક્ષ પરિમાણ	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
અનંત અંતરે	મુખ્ય કેન્દ્ર F_2 પર	અત્યંત નાનું બિંદુવત્	વાસ્તવિક અને ઊલટું
$2F_1$ થી દૂર	F_2 અને $2F_2$ ની વચ્ચે	નાનું	વાસ્તવિક અને ઊલટું
$2F_1$ પર	$2F_2$ પર	તે જ માપનું	વાસ્તવિક અને ઊલટું
F_1 અને $2F_1$ ની વચ્ચે	$2F_2$ થી દૂર	મોટું	વાસ્તવિક અને ઊલટું
મુખ્ય કેન્દ્ર F_1 પર	અનંત અંતરે	અત્યંત મોટું અથવા ખૂબ વિવર્ધિત	વાસ્તવિક અને ઊલટું
મુખ્ય કેન્દ્ર F_1 અને પ્રકાશીય કેન્દ્ર Oની વચ્ચે	વસ્તુ લેન્સની જે તરફ હોય તે જ બાજુ તરફ	વિવર્ધિત	આભાસી અને ચત્તું

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

પ્રવૃત્તિ 10.13

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

આ પ્રવૃત્તિનો સારાંશ નીચેના કોષ્ટક 10.5 માં આપેલ છે :

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

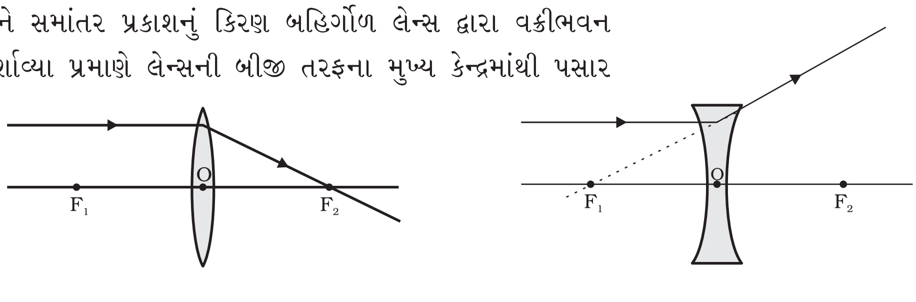
વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સાપેક્ષ માપ	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
અનંત અંતરે	મુખ્ય કેન્દ્ર F_1 પર	અત્યંત સૂક્ષ્મ, બિંદુવત્	આભાસી અને ચત્તું
અનંત અંતર અને લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્ર O ની વચ્ચે	મુખ્ય કેન્દ્ર F_1 અને પ્રકાશીય કેન્દ્ર Oની વચ્ચે	નાનું	આભાસી અને ચત્તું

આ પ્રવૃત્તિ પરથી તમે શું નિષ્કર્ષ તારવ્યો ? વસ્તુનું સ્થાન ગમે ત્યાં હોય તોપણ અંતર્ગોળ લેન્સ હંમેશાં આભાસી, ચત્તું અને નાનું પ્રતિબિંબ આપે છે.

10.3.5 કિરણાકૃતિના ઉપયોગ દ્વારા લેન્સ વડે રચાતાં પ્રતિબિંબનું નિરૂપણ (Image Formation in Lenses Using Ray Diagrams)

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

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

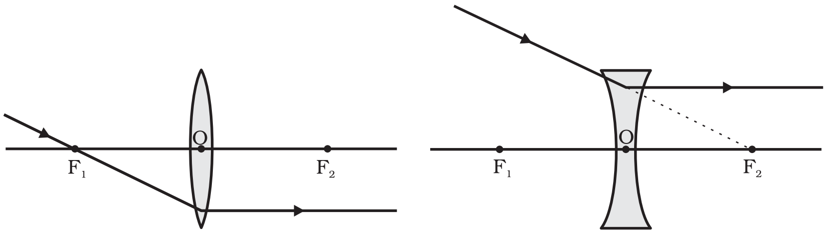


(a) (b)

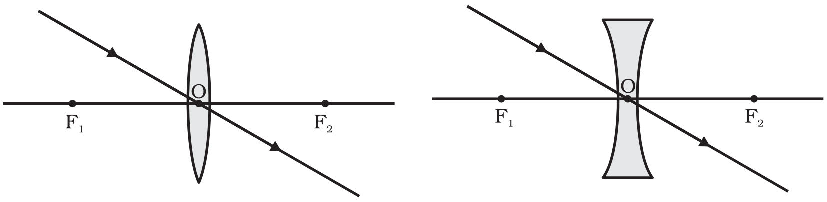
આકૃતિ 10.13

(ii) બહિર્ગોળ લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્રમાંથી પસાર થતું કિરણ લેન્સમાંથી વક્રીભવન પામી આકૃતિ 10.14 (a)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે મુખ્ય અક્ષને સમાંતર નિર્ગમન પામે છે. અંતર્ગોળ લેન્સના કિસ્સામાં આકૃતિ 10.14 (b)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર તરફ જતું લાગે તેવું આપાતકિરણ લેન્સમાંથી વક્રીભવન પામી મુખ્ય અક્ષને સમાંતર નિર્ગમન પામે છે.

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



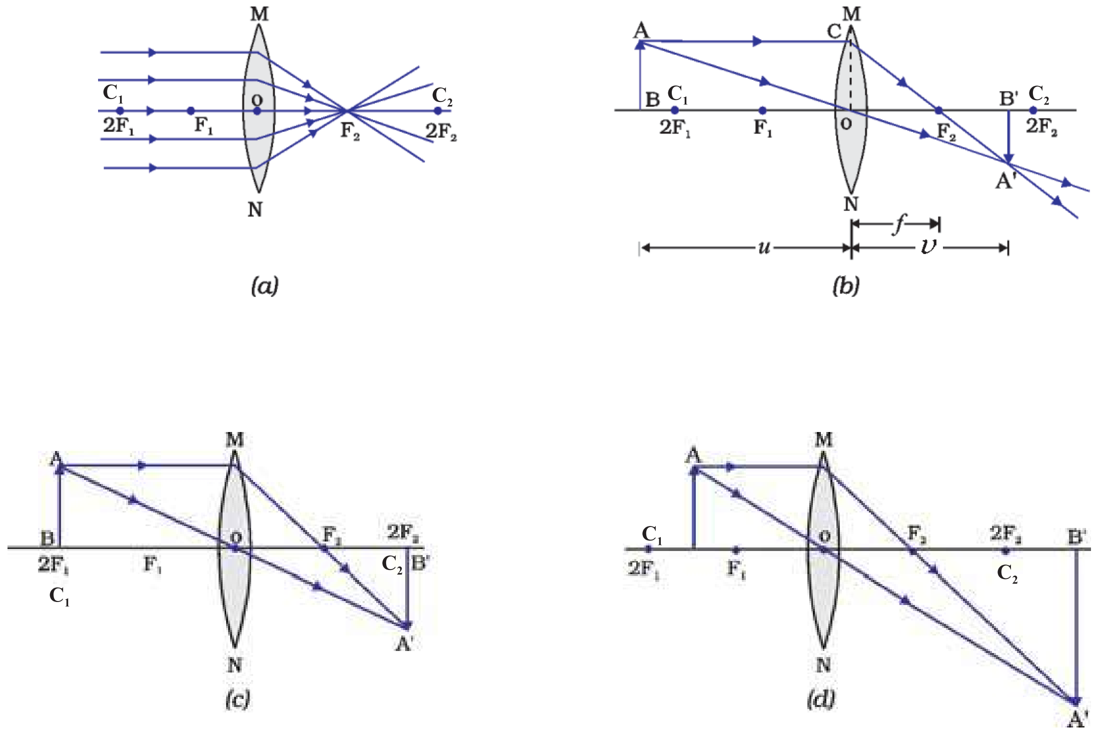
(a) *આકૃતિ 10.14* *(b)*

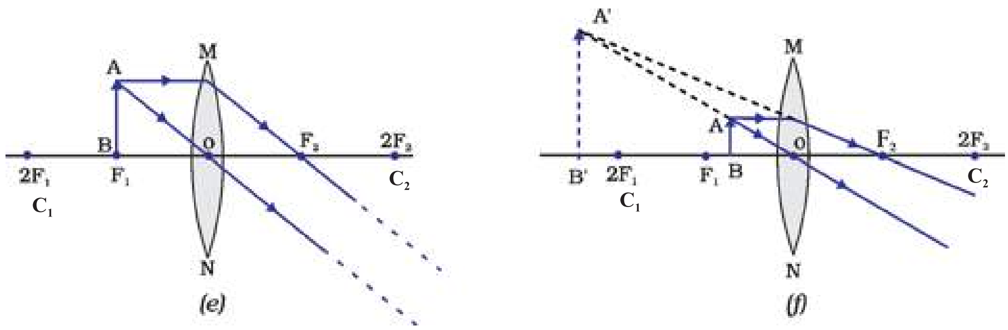


(a) *(b)*

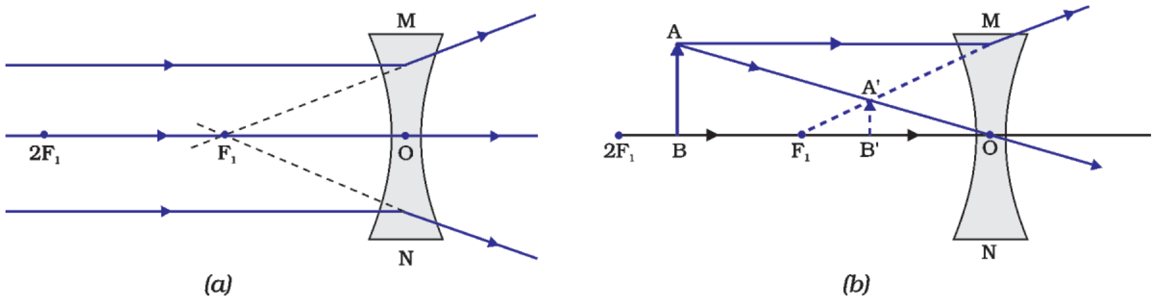
આકૃતિ 10.15

બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા કેટલાંક જુદાં–જુદાં વસ્તુસ્થાન માટે પ્રતિબિંબની રચના દર્શાવતી કિરણાકૃતિઓ આકૃતિ 10.16 માં દર્શાવી છે. અંતર્ગોળ લેન્સ દ્વારા કેટલાંક જુદાં–જુદાં વસ્તુસ્થાન માટે પ્રતિબિંબની રચના દર્શાવતી કિરણાકૃતિઓ આકૃતિ 10.17 માં દર્શાવેલ છે.





આકૃતિ 10.16 બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા વસ્તુનાં જુદાં–જુદાં સ્થાન માટે મળતાં પ્રતિબિંબનાં સ્થાન, પરિમાણ અને પ્રકાર



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

10.3.6 ગોળીય લેન્સ માટે સંજ્ઞા–પ્રણાલી

(Sign Convention for Spherical Lenses)

લેન્સ માટે આપણે ગોળીય અરીસા માટે ઉપયોગમાં લીધેલ સંજ્ઞા–પ્રણાલીને જ અનુસરીશું. આ સંજ્ઞા–પ્રણાલીના નિયમો લાગુ પાડીશું સિવાય કે તમામ અંતરોને લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્રથી માપવામાં આવે છે. સંજ્ઞા–પ્રણાલી પ્રમાણે બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ ધન અને અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ ઋણ છે. તમારે u, v, f, વસ્તુઊંચાઈ h અને પ્રતિબિંબ–ઊંચાઈ h' માટે યોગ્ય ચિહ્નો વાપરવા માટેની કાળજી રાખવી પડશે.

10.3.7 લેન્સ–સૂત્ર અને મોટવણી

(Lens Formula and Magnification)

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

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

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

મોટવણી (Magnification)

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

$$m = \frac{\text{પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ}}{\text{વસ્તુની ઊંચાઈ}} = \frac{h'}{h} \tag{10.9}$$

પરથી મળે છે.

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

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

ઉદાહરણ 10.3

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

ઉકેલ

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

પ્રતિબિંબ અંતર v = –10 cm

કેન્દ્રલંબાઈ f = –15 cm

વસ્તુઅંતર u = (?)

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

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

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

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

અથવા $u = -30$ cm

આમ, વસ્તુઅંતર 30 cm મળે છે.

મોટવણી $m = \frac{v}{u}$

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

ધન સંજ્ઞા દર્શાવે છે કે પ્રતિબિંબ આભાસી અને ચત્તું છે તથા પ્રતિબિંબનું માપ વસ્તુના માપ કરતાં ત્રીજા ભાગનું છે.

ઉદાહરણ 10.4

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

ઉકેલ

વસ્તુની ઊંચાઈ h $= +2.0$ cm

કેન્દ્રલંબાઈ f $= +10$ cm

વસ્તુઅંતર u $= -15$ cm

પ્રતિબિંબઅંતર v = ?

પ્રતિબિંબની ઊંચાઈ h' = ?

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

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

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

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

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

v ની ધન સંજ્ઞા દર્શાવે છે કે પ્રતિબિંબ પ્રકાશીય કેન્દ્રની બીજી તરફ 30 cm જેટલા અંતરે રચાશે. પ્રતિબિંબ વાસ્તવિક અને ઊલટું છે.

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

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

મોટવણી $m = \frac{v}{u}$

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

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

10.3.8 લેન્સનો પાવર (Power of a Lens)

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

$$P = \frac{1}{f} \qquad (10.11)$$

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

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

વધુ જાણવા જેવું !

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

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + ...$$

આંખના ડૉક્ટરો માટે કેન્દ્રલંબાઈની જગ્યાએ લેન્સના પાવરનો ઉપયોગ ઘણો અનુકૂળ રહે છે. આંખની તપાસ કરતી વખતે ડૉક્ટર ટેસ્ટિંગ માટેની ચશ્માંની ફ્રેમમાં જાણીતા પાવરના જુદાં–જુદાં શુદ્ધિકારક લેન્સ સંપર્કમાં મૂકે છે. ડૉક્ટર જરૂરી લેન્સના પાવરની ગણતરી સાદો બૈજીક સરવાળો કરીને કરે છે. ઉદાહરણ તરીકે + 2.0 D અને + 0.25 Dના બે લેન્સોનું સંયોજન + 2.25 D ના એક જ લેન્સને સમતુલ્ય છે. એક લેન્સ દ્વારા ઉદ્‌ભવતી પ્રતિબિંબની કેટલીક ક્ષતિઓને ઘટાડવા માટે લેન્સના પાવરના સાદા સરવાળાના ગુણધર્મનો ઉપયોગ લેન્સતંત્રની રચનામાં કરી શકાય છે. એક કરતાં વધારે લેન્સ સંપર્કમાં હોય તેવું લેન્સતંત્ર કૅમેરાના લેન્સની ડિઝાઇનમાં તથા માઇક્રોસ્કોપ અને ટેલિસ્કોપના વસ્તુકાચમાં ઉપયોગી છે.

પ્રશ્નો

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

તમે શીખ્યાં કે

- પ્રકાશ સીધી લીટીમાં ગતિ કરતો જણાય છે.
- અરીસા અને લેન્સ વસ્તુઓનાં પ્રતિબિંબો રચે છે. વસ્તુનાં સ્થાન પર આધારિત, પ્રતિબિંબો કાં તો વાસ્તવિક અથવા આભાસી હોય છે.
- દરેક પ્રકારની પરાવર્તક સપાટીઓ પરાવર્તનના નિયમોને અનુસરે છે. વક્રીભવનકારક સપાટીઓ વક્રીભવનના નિયમોને અનુસરે છે.
- ગોળીય અરીસા અને લેન્સ માટે નવી કાર્તેઝિય સંજ્ઞાપદ્ધતિને અનુસરવામાં આવે છે.

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

સ્વાધ્યાય

1. નીચેનાં દ્રવ્યો પૈકી લેન્સ બનાવવા માટે કયા દ્રવ્યનો ઉપયોગ થઈ શકે નહિ ?

(a) પાણી (b) કાચ (c) પ્લાસ્ટિક (d) માટી (clay)

2. એક અંતર્ગોળ અરીસા વડે મળતું પ્રતિબિંબ આભાસી, ચત્તું અને વસ્તુ કરતાં મોટું દેખાય છે. વસ્તુનું સ્થાન ક્યાં હશે ?

(a) મુખ્ય કેન્દ્ર અને વક્રતાકેન્દ્રની વચ્ચે (b) વક્રતાકેન્દ્ર પર

(c) વક્રતાકેન્દ્રની પાછળ (d) અરીસાના ધ્રુવ અને મુખ્ય કેન્દ્રની વચ્ચે

3. બહિર્ગોળ લેન્સની સામે વસ્તુને ક્યાં રાખતાં તેનું સાચું અને વસ્તુના પરિમાણ જેટલું જ પ્રતિબિંબ મળે ?

(a) લેન્સના મુખ્ય કેન્દ્ર પર (b) કેન્દ્રલંબાઈ કરતાં બમણાં અંતરે

(c) અનંત અંતરે (d) લેન્સના પ્રકાશીય કેન્દ્ર અને મુખ્ય કેન્દ્રની વચ્ચે

4. એક ગોળીય અરીસા અને એક પાતળા ગોળીય લેન્સ દરેકની કેન્દ્રલંબાઈ – 15 cm છે. અરીસો અને લેન્સ

(a) બંને અંતર્ગોળ (b) બંને બહિર્ગોળ

(c) અરીસો અંતર્ગોળ અને લેન્સ બહિર્ગોળ (d) અરીસો બહિર્ગોળ અને લેન્સ અંતર્ગોળ ...... હશે.

5. અરીસાની સામે તમે ગમે ત્યાં ઊભા રહો છતાં તમારું પ્રતિબિંબ ચત્તું મળે છે, તો આ અરીસો

(a) માત્ર સમતલ (b) માત્ર અંતર્ગોળ (c) માત્ર બહિર્ગોળ (d) સમતલ અથવા બહિર્ગોળ ...... હશે.

6. શબ્દકોશમાં જોવા મળતાં નાના અક્ષરોને વાંચવા માટે તમે નીચેના પૈકી કયો લેન્સ પસંદ કરશો ?

(a) 50 cm કેન્દ્રલંબાઈનો બહિર્ગોળ લેન્સ (b) 50 cm કેન્દ્રલંબાઈનો અંતર્ગોળ લેન્સ

(c) 5 cm કેન્દ્રલંબાઈનો બહિર્ગોળ લેન્સ (d) 5 cm કેન્દ્રલંબાઈનો અંતર્ગોળ લેન્સ

7. આપણે 15 cm કેન્દ્રલંબાઈના અંતર્ગોળ અરીસાનો ઉપયોગ કરી એક વસ્તુનું ચત્તું પ્રતિબિંબ મેળવવા માંગીએ છીએ. અરીસાથી વસ્તુઅંતરનો વિસ્તાર (Range) કેટલો હોવો જોઈએ ? પ્રતિબિંબનો પ્રકાર કેવો હશે ? પ્રતિબિંબ વસ્તુ કરતાં મોટું હશે કે નાનું ? આ કિસ્સામાં પ્રતિબિંબ-નિર્માણ દર્શાવતી કિરણાકૃતિ દોરો.

8. નીચેની પરિસ્થિતિઓમાં કયા અરીસા વપરાય છે તે જણાવો :

(a) કારની હેડલાઇટ

(b) વાહનની પાછળનું દૃશ્ય જોવા માટેનો અરીસો

(c) સોલાર ભઠ્ઠી

તમારો જવાબ કારણ સહિત જણાવો.

9. બહિર્ગોળ લેન્સના અડધા ભાગને કાળા પેપર વડે ઢાંકી દેવામાં આવ્યો છે. શું આ લેન્સ વસ્તુનું સંપૂર્ણ પ્રતિબિંબ આપશે ? તમારું પરિણામ પ્રાયોગિક રીતે પણ ચકાસો. તમારું અવલોકન સમજાવો.

10. 5 cm લંબાઈની એક વસ્તુને 10 cm કેન્દ્રલંબાઈના અભિસારી લેન્સથી 25 cm દૂર રાખી છે. કિરણાકૃતિ દોરો અને પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પરિમાણ અને પ્રકાર જણાવો.

11. 15 cm કેન્દ્રલંબાઈનો અંતર્ગોળ લેન્સ 10 cm દૂર પ્રતિબિંબ રચે છે. વસ્તુને લેન્સથી કેટલી દૂર રાખી હશે ? કિરણાકૃતિ દોરો.

12. 15 cm કેન્દ્રલંબાઈના બહિર્ગોળ અરીસાથી 10 cm દૂર વસ્તુને મૂકી છે. પ્રતિબિંબનું સ્થાન અને પ્રકાર જણાવો.

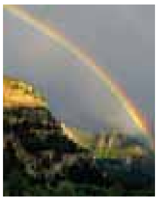
13. સમતલ અરીસાથી મળતી મોટવણી +1 છે. આનો શું અર્થ થાય ?

14. 30 cm વક્રતાત્રિજ્યા ધરાવતાં બહિર્ગોળ અરીસાની સામે 20 cm દૂર 5 cm લંબાઈની એક વસ્તુ મૂકેલી છે. પ્રતિબિંબનું સ્થાન, પ્રકાર અને પરિમાણ શોધો.

15. 18 cm કેન્દ્રલંબાઈ ધરાવતાં અંતર્ગોળ અરીસાની સામે 27 cm દૂર 7 cm લંબાઈની એક વસ્તુને મૂકી છે. પડદાને અરીસાથી કેટલા અંતરે રાખતાં તેના પર તીક્ષ્ણ પ્રતિબિંબ કેન્દ્રિત થશે ? પ્રતિબિંબનો પ્રકાર અને પરિમાણ શોધો.

16. – 2.0 D પાવર ધરાવતાં લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. આ લેન્સ કયા પ્રકારનો હશે ?

17. એક ડૉક્ટર + 1.5 D પાવર ધરાવતાં શુદ્ધીકારક લેન્સની સૂચના આપે છે. લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શોધો. સૂચિત કરેલો લેન્સ અભિસારી છે કે અપસારી ?



પ્રકરણ 11

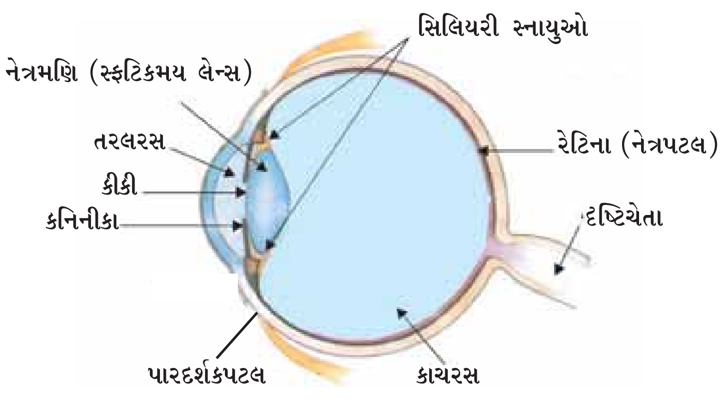
માનવ-આંખ અને રંગબેરંગી દુનિયા (The Human Eye and The Colourful World)

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.

11.1 માનવ-આંખ (The Human Eye)

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 11.1
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 11.1માં 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 મોટા ભાગનું 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.

શું તમે જાણો છો ?

આંખની રચનાના કોઈ પણ ભાગમાં ઈજા થવાથી કે યોગ્ય કાર્ય ન કરી શકવાથી જોવાની ક્ષમતામાં અસરકારક ઘટાડો થાય છે. ઉદાહરણ તરીકે, પ્રકાશના વહન સાથે સંકળાયેલ કોઈ પણ ભાગો જેવા કે પારદર્શકપટલ, કીકી, નેત્રમણિ (લેન્સ), જલીય દ્રવ્ય અને કાચરસ અથવા પ્રકાશનું વિદ્યુત–સંકેતોમાં રૂપાંતર કરતા નેત્રપટલ અથવા આ સંકેતોને મગજ તરફ મોકલતી દૃષ્ટિચેતાને નુકસાન થાય તો દૃષ્ટિમાં ખોડ આવે છે. તમે અનુભવ્યું હશે કે જ્યારે તમે વધુ પ્રકાશમાંથી ઝાંખા પ્રકાશવાળા ઓરડામાં પ્રવેશો છો ત્યારે શરૂઆતમાં થોડો સમય ઓરડામાંની વસ્તુઓ સ્પષ્ટપણે જોઈ શકતા નથી. તેમ છતાં, થોડા સમય પછી તમે ઓછા પ્રકાશિત ઓરડામાંની વસ્તુઓને જોઈ શકો છો. આંખની કીકી એક પરિવર્તનશીલ છીદ્ર તરીકે વર્તે છે. જેનું કદ કનીનિકા [આઇરિસ (Iris)]ની મદદથી બદલી શકાય છે. જ્યારે પ્રકાશ ખૂબ તેજસ્વી હોય છે ત્યારે કનીનિકા કીકીને સંકોચે છે અને કીકી આંખમાં ઓછો પ્રકાશ પ્રવેશવા દે છે પરંતુ ઝાંખા પ્રકાશમાં કનીનિકા વડે કીકી વિસ્તરણ પામે છે જેથી આંખમાં વધારે પ્રકાશ પ્રવેશે છે. આમ, કનીનિકા વિશ્રાન્ત થઈને કીકીને સંપૂર્ણપણે ખોલે છે.

11.1.1 સમાવેશન–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 cmથી 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 - કૅટરૅક્ટ) કહે છે. તેનાથી તેઓ અંશતઃ અથવા સંપૂર્ણ દૃષ્ટિ ગુમાવે છે. મોતિયાની સર્જરી દ્વારા જોવાની શક્તિ પુનઃસ્થાપિત કરી શકાય છે.

શું તમે જાણો છો ?

આપણને જોવા માટે એક નહિ પણ બે આંખો કેમ છે ?

એક આંખને બદલે બે આંખ હોવાના કેટલાક ફાયદા છે. તેનાથી વિશાળ દૃષ્ટિ-ફલક મળે છે. માણસ એક આંખ વડે 150° ક્ષિતિજ વિસ્તાર જોઈ શકે છે જ્યારે બંને આંખો વડે આ વિસ્તાર લગભગ 180° થઈ જાય છે. અલબત્ત, કોઈ મંદ પ્રકાશિત વસ્તુની સ્પષ્ટ હાજરી એક કરતાં બે સંવેદકો (આંખો) વડે સ્પષ્ટ જોઈ શકાય છે.

કેટલાંક પ્રાણીઓ, મુખ્યત્વે સહેલાઈથી શિકાર કરતાં પ્રાણીઓમાં તેમના મસ્તકની બે વિરોધી બાજુએ બે આંખો ગોઠવાયેલી હોય છે. જેનાથી તેમને વિશાળ દૃષ્ટિ-ફલક મળે છે, પરંતુ આપણી બે આંખો આપણા માથામાં આગળની બાજુએ ગોઠવાયેલી છે, જેનાથી આપણી આંખોનો દૃષ્ટિ-ફલક ઘટે છે, પરંતુ ત્રિપરિમાણવીય દૃષ્ટિ–ક્ષમતાનો લાભ મળે છે. એક આંખને બંધ કરીને બીજી આંખથી જુઓ તમને દુનિયા સપાટ દ્વિ-પરિમાણવીય લાગશે. બંને આંખો ખુલ્લી રાખીને જુઓ તમને દુનિયાની વસ્તુઓનું ઊંડાણ પણ જાણવા મળશે. કારણ કે આપણી આંખોની વચ્ચે થોડા સેન્ટિમીટરનું અંતર હોવાથી દરેક આંખ એકબીજાથી સહેજ અલગ દૃશ્ય જુએ છે. આપણું મગજ આ વધારાની જાણકારીનો ઉપયોગ કરીને બે દૃશ્યોને એક દૃશ્યમાં સંયોજિત કરે છે અને વસ્તુ કેટલી દૂર કે નજીક છે તે જણાવે છે.

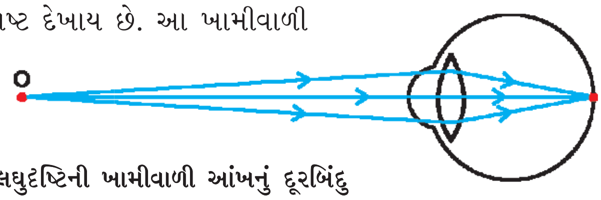
11.2 દૃષ્ટિની ખામીઓ અને તેનું નિવારણ (Defects of Vision and Their Correction)

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

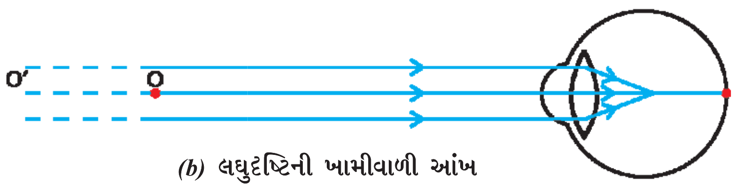
દૃષ્ટિની વક્રીકારક ખામીઓના મુખ્યત્વે ત્રણ પ્રકાર છે : (i) લઘુદૃષ્ટિની ખામી અથવા માયોપીઆ (near-sightedness or myopia) (ii) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી અથવા હાઈપરમેટ્રોપીઆ (Far-sightedness or hypermetropia) (iii) પ્રેસ બાયોપીઆ (Presbyopia). આ ખામીઓને યોગ્ય ગોળીય લેન્સ વાપરીને સુધારી શકાય છે. આપણે આ ખામીઓ અને તેના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

(a) માયોપીયા (Myopia)

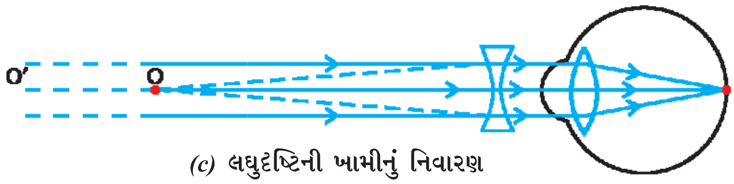
માયોપીઆને લઘુદૃષ્ટિની ખામી પણ કહેવાય છે. માયોપીઆ ધરાવતી કોઈ વ્યક્તિ નજીકની વસ્તુઓને સ્પષ્ટપણે જોઈ શકે છે, પરંતુ દૂરની વસ્તુઓ અસ્પષ્ટ દેખાય છે. આ ખામીવાળી વ્યક્તિની આંખનું દૂરબિંદુ અનંત અંતરેથી ખસીને આંખની નજીક આવે છે. આવી વ્યક્તિ થોડા મીટર દૂર રાખેલી વસ્તુઓને જ સ્પષ્ટ જોઈ શકે છે. લઘુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખમાં દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટલ પર રચાતું નથી, પરંતુ નેત્રપટલની આગળ રચાય છે [આકૃતિ 11.2 (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 11.2 (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



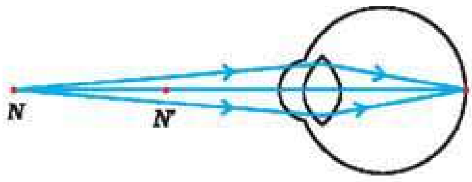
(b) લઘુદૃષ્ટિની ખામીવાળી આંખ



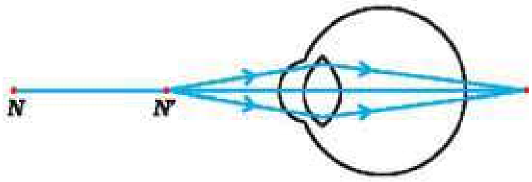
(c) લઘુદૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ

આકૃતિ 11.2

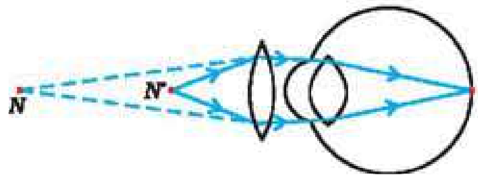
(a), (b) લઘુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખ અને (c) અંતર્ગોળ લેન્સથી લઘુદૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ



(a) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખનું નજીક બિંદુ



(b) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખ



(c) ગુરુદૃષ્ટિની ખામીનું નિવારણ

આકૃતિ 11.3

(a), (b) ગુરુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી આંખ અને
(c) હાઈપરમેટ્રોપીઆનું નિવારણ
N = હાઈપરમેટ્રોપીક આંખનું નજીકબિંદુ
N' = સામાન્ય આંખનું નજીકબિંદુ

(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 11.3 (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 11.3 (c)માં દર્શાવ્યું છે. અભિસારી લેન્સ ધરાવતા ચશ્માંના ઉપયોગથી નેત્રપટલ પર પ્રતિબિંબ રચવા માટે જરૂરી વધારાનો ફોક્સિંગ (કેન્દ્રિત કરવાનો) પાવર મળી રહે છે.

(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

(સી. સિબ્બેર દ્વારા અંગ્રેજીમાં રચિત કવિતા The Blind Boyની કેટલીક પંક્તિઓના ભાવાનુવાદ)

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 મોટા ભાગના 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 (હાઈ 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.

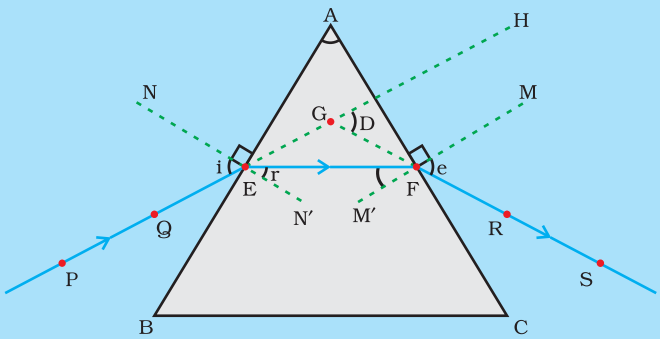
આંખોની એક જોડ, કોર્નિઅલ અંધત્વ ધરાવતી બે વ્યક્તિઓને દૃષ્ટિ પ્રદાન કરી શકે છે.

11.3 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 11.1

- 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 11.4માં 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 11.4.) 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 11.4માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે આપાતકોણ ($\angle i$), વક્રીભવનકોણ ($\angle r$) તથા નિર્ગમનકોણ ($\angle e$) નામ નિર્દેશિત કરો.



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

આકૃતિ 11.4 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 $\angle$ D વિચલનકોણ છે. આપેલ પ્રવૃત્તિમાં વિચલનકોણ દર્શાવો અને તેને માપો.

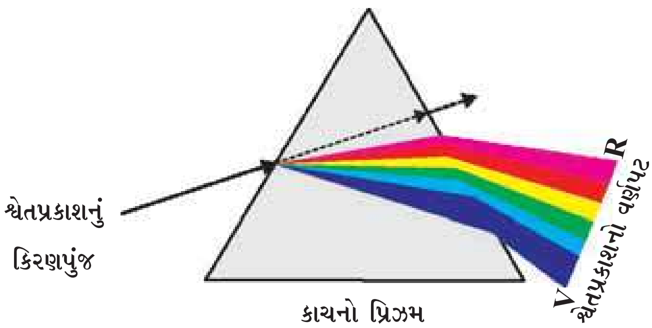
11.4 કાચના પ્રિઝમ વડે શ્વેત પ્રકાશનું વિભાજન

(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 11.2

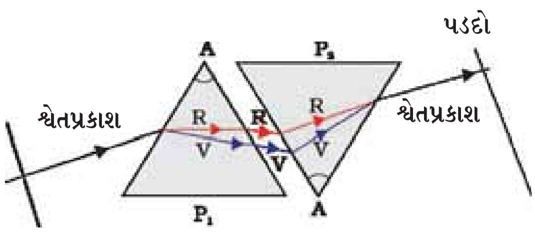
- એક કાગળનું પૂઠું લો અને તેના મધ્યમાં એક નાનું છિદ્ર કે સાંકડી ફાટ બનાવો.
- સાંકડી ફાટ પર સૂર્યપ્રકાશ પડવા દો. તેમાંથી શ્વેતપ્રકાશનું એક પાતળું કિરણપુંજ મળે છે.
- હવે કાચનો એક પ્રિઝમ લો અને આકૃતિ 11.5માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ફાટમાંથી પ્રકાશને પ્રિઝમની એક બાજુ પર પડવા દો.
- પ્રિઝમને ધીરે–ધીરે એવી રીતે ફેરવો કે જેથી તેમાંથી નીકળતો પ્રકાશ પાસે રાખેલા પડદા પર દેખાય.
- તમે શું અવલોકન કરો છો ? તમે એક સુંદર વર્ણપટ જોશો. આવું શાથી બને છે ?



આકૃતિ 11.5 કાચના પ્રિઝમ વડે શ્વેતપ્રકાશનું વિભાજન

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 11.5). 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.

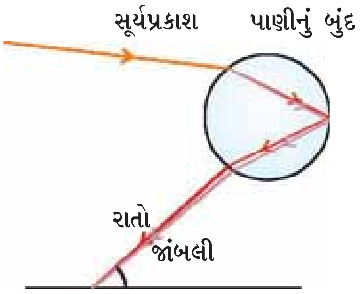
તમે જોયું કે શ્વેતપ્રકાશનું પ્રિઝમ વડે તેના સાત ઘટક રંગોમાં વિભાજન થાય છે. આપણને આ રંગો કેમ મળે છે ? પ્રિઝમમાંથી પસાર થતા પ્રકાશના જુદા–જુદા રંગો, આપાતકિરણની સાપેક્ષે જુદા–જુદા ખૂણે વળે છે. લાલ પ્રકાશ સૌથી ઓછો વળે છે, જ્યારે જાંબલી પ્રકાશ સૌથી વધુ વળે છે. આમ, દરેક રંગનાં કિરણો જુદા–જુદા માર્ગે નીકળે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



આકૃતિ 11.6 શ્વેતપ્રકાશના વર્ણપટનું પુનઃસંયોજન

આઇઝેક 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. ત્યાર બાદ તેમણે એક આવો જ પ્રિઝમ લઈને પહેલાં કરતાં ઊંધો ગોઠવ્યો (આકૃતિ 11.6). આમ,

આકૃતિ 11.7
આકાશમાં મેઘધનુષ



આકૃતિ 11.8
મેઘધનુષનું નિર્માણ

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.

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

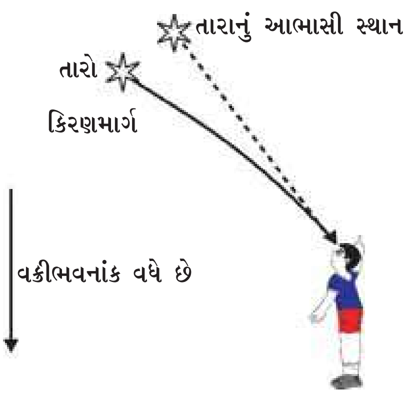
મેઘધનુષ એ વરસાદ પડ્યા પછી આકાશમાં જોવા મળતો પ્રાકૃતિક વર્ણપટ છે (આકૃતિ 11.7) તે વાતાવરણમાં રહેલા પાણીના સૂક્ષ્મ બુંદો વડે સૂર્યપ્રકાશના વિભાજનથી રચાય છે. મેઘધનુષ હંમેશાં આકાશમાં સૂર્યની વિરુદ્ધ દિશામાં રચાય છે. પાણીનાં બુંદો અતિ નાના પ્રિઝમ તરીકે વર્તે છે. આ બુંદો દાખલ થતા પ્રકાશનું પ્રથમ વક્રીભવન અને વિભાજન, ત્યાર બાદ આંતરિક પરાવર્તન અને અંતે બુંદમાંથી બહાર નીકળતા પ્રકાશનું વક્રીભવન કરે છે (આકૃતિ 11.8). 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.

11.5 વાતાવરણીય વક્રીભવન (Atmospheric Refraction)

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)



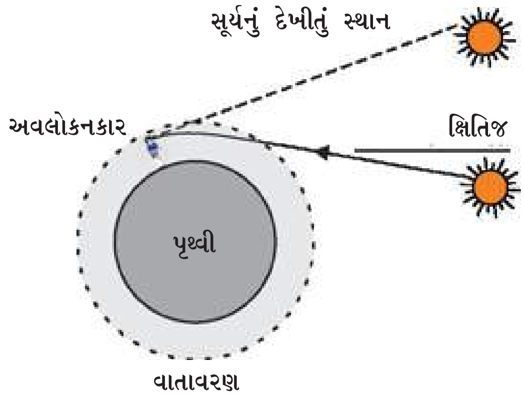
આકૃતિ 11.9
વાતાવરણીય વક્રીભવનને કારણે તારાનું આભાસી સ્થાન

તારાઓના પ્રકાશનું વાતાવરણીય વક્રીભવન થવાથી તારાઓ ટમટમતા 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 11.9) ત્યારે કોઈ તારો તેના વાસ્તવિક સ્થાનથી થોડોક ઉપર 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 પ્રકાશનાં બિંદુવત્ ઉદ્‌ગમો ગણી શકાય. તારામાંથી આવતા પ્રકાશનાં 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.

ગ્રહો કેમ ટમટમતાં નથી ? ગ્રહો પૃથ્વીની ઘણા નજીક છે અને તેથી તેમને વિસ્તૃત સ્રોત તરીકે દેખાય 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.

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 11.10માં 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.



આકૃતિ 11.10
વાતાવરણીય વક્રીભવનની સૂર્યોદય તથા સૂર્યાસ્ત પર અસર

11.6 પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન (Scattering of Light)

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 રતાશપડતો 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.

11.6.1 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, ઝાકળનાં સૂક્ષ્મ જલબુંદો 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.

11.6.2 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 થાત 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.

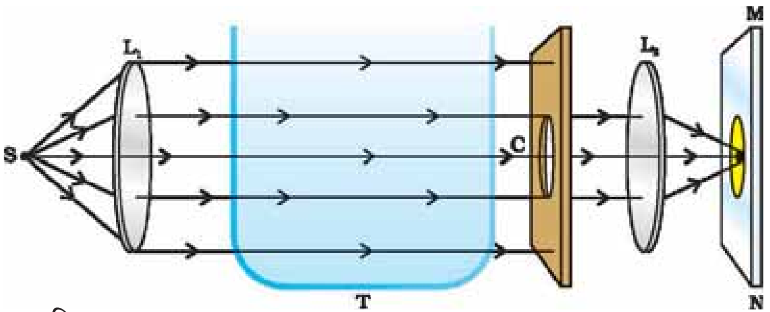
11.6.3 સૂર્યોદય અને સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્યનો રંગ (Colour of the Sun at Sunrise and Sunset)

શું તમે સૂર્યોદય અથવા સૂર્યાસ્ત સમયે આકાશ તથા સૂર્યને જોયા છે ? શું તમે વિચાર્યું છે કે સૂર્ય અને તેની આજુબાજુનું આકાશ લાલાશપડતું શા માટે દેખાય છે ? ચાલો, આપણે આકાશનો ભૂરો રંગ અને સૂર્યોદય તથા સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્ય લાલાશપડતો શા માટે દેખાય છે તે સમજવા એક પ્રવૃત્તિ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 11.3

- શ્વેત પ્રકાશનો એક તીવ્ર સ્રોત (S) અભિસારી (બહિર્ગોળ) લેન્સ (L_1) ના મુખ્ય કેન્દ્ર પર મૂકો. આ લેન્સ પ્રકાશનું સમાંતર કિરણપુંજ આપે છે.
- આ કિરણપુંજને સ્વચ્છ પાણીથી ભરેલા પારદર્શક કાચના પાત્ર (T)માંથી પસાર થવા દો.
- આ પ્રકાશના કિરણપુંજને કાર્ડબૉર્ડ (પૂંઠા) પર બનાવેલ વર્તુળાકાર છિદ્ર (C)માંથી પસાર થવા દો અને બીજા અભિસારી લેન્સ (L_2) વડે આકૃતિ 11.11માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વર્તુળાકાર છિદ્રનું પડદા (MN) પર સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ મેળવો.
- પાત્રમાંના લગભગ 2 L સ્વચ્છ પાણીમાં 200 g સોડિયમ થાયોસલ્ફેટ (હાઇપો)ને ઓગાળો. આ પાણીમાં લગભગ 1થી 2 mL સાંદ્ર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઉમેરો. તમે શું અવલોકન કર્યું ?

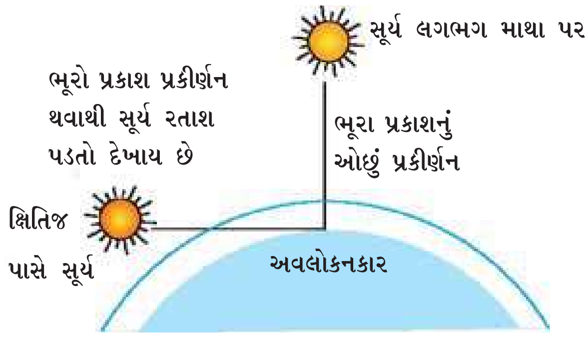
લગભગ 2થી 3 મિનિટમાં તમે સલ્ફરના અતિસૂક્ષ્મ કણો અવક્ષેપિત થતા જોશો. સલ્ફરના કણો બનવાનું શરૂ થતાં તમને કાચના પાત્રની ત્રણ બાજુઓથી જોતાં ભૂરા રંગનો પ્રકાશ દેખાય છે. અતિસૂક્ષ્મ સલ્ફરના કણો વડે ટૂંકી તરંગલંબાઈના પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન થવાને કારણે આ જોવા મળે છે. કાચના પાત્રની જે બાજુ પૂંઠાના વર્તુળાકાર છિદ્ર તરફ છે તે બાજુએ ઊભા રહી પાત્રમાંથી નિર્ગમ પામતા પ્રકાશના રંગોનું અવલોકન કરો. તમને જોઈને આશ્ચર્ય થશે કે, પડદા પર પહેલા નારંગી–લાલ રંગ અને પછી ચમકતો કિરમજી–લાલ રંગ જોવા મળે છે.



આકૃતિ 11.11
કલિલ દ્રાવણમાં પ્રકાશના પ્રકીર્ણનનું અવલોકન કરવા માટેની ગોઠવણ

આ પ્રવૃત્તિ પ્રકાશનું પ્રકીર્ણન દર્શાવે છે, જેનાથી તમને આકાશનો ભૂરો રંગ અને સૂર્યોદય અથવા સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્યનો લાલાશપડતો દેખાવ સમજવામાં મદદ મળે છે.

ક્ષિતિજ પાસે સૂર્યમાંથી આવતો પ્રકાશ વાતાવરણમાં હવાના ઘટ્ટ આવરણમાંથી વધારે અંતર કાપીને આપણી આંખમાં પ્રવેશે છે (આકૃતિ 11.12). પરંતુ મધ્યાહ્‌ને રહેલા સૂર્યમાંથી આવતા પ્રકાશને પ્રમાણમાં ઓછું અંતર કાપવું પડે છે. બપોરે સૂર્ય સફેદ દેખાય છે કેમકે માત્ર થોડાક જ ભૂરા અને જાંબલી રંગનું પ્રકીર્ણન થાય છે. ક્ષિતિજ પાસે ભૂરો પ્રકાશ અને ટૂંકી તરંગલંબાઈના પ્રકાશનો મોટો ભાગ કણો વડે પ્રકીર્ણન પામે છે. આથી, આપણી આંખો સુધી પહોંચતો પ્રકાશ મોટી તરંગલંબાઈનો હોય છે. આનાથી સૂર્યનો લાલાશપડતો દેખાવ ઉત્પન્ન થાય છે.



આકૃતિ 11.12
સૂર્યોદય અને સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્યનો લાલાશપડતો દેખાવ

તમે શીખ્યાં કે

- દૂરની અને નજીકની વસ્તુઓને સ્પષ્ટપણે જોવા માટે આંખના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈમાં ફેરફાર કરીને ફોકસ કરવાની ક્ષમતાને આંખની સમાવેશ ક્ષમતા કહે છે.
- જે લઘુતમ અંતરે આંખના લેન્સ વડે તણાવ વગર વસ્તુને સ્પષ્ટ જોઈ શકાય, તે અંતરને સ્પષ્ટ દૃષ્ટિઅંતર અથવા આંખનું નજીકબિંદુ કહે છે. સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતી પુખ્ત વ્યક્તિ માટે આ અંતરનું મૂલ્ય 25 cm જેટલું હોય છે.
- આંખોની વક્રીકારક ખામીઓ સામાન્યપણે માયોપીઆ, હાઇપરમેટ્રોપીઆ અને પ્રેસબાયોપીયા છે. માયોપીઆ (લઘુદૃષ્ટિની ખામી – દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટલની આગળ રચાય)ને યોગ્ય પાવર ધરાવતા અંતર્ગોળ લેન્સથી નિવારી શકાય છે. હાઇપરમેટ્રોપીઆ (ગુરુદૃષ્ટિની 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 અને સૂર્યોદય તથા સૂર્યાસ્ત સમયે સૂર્યનો રતાશપડતો રંગ જોવા મળે છે.

સ્વાધ્યાય

1. આંખના લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈમાં ફેરફાર કરીને માનવ–આંખ વિવિધ અંતરે રાખેલી વસ્તુઓને સ્પષ્ટ જોઈ શકે છે. આવું

(a) પ્રેસબાયોપીઆ

(b) સમાવેશ ક્ષમતા

(c) લઘુદૃષ્ટિ

(d) ગુરુદૃષ્ટિ ......ને લીધે થાય છે.

2. માનવ-આંખ પોતાના આ ભાગ પર પ્રતિબિંબ રચે છે.

(a) પારદર્શકપટલ (b) આઈરિસ (કનિનીકા)

(c) કીકી (d) નેત્રપટલ (રેટિના)

3. સામાન્ય દૃષ્ટિ ધરાવતી પુખ્ત વ્યક્તિ માટે સ્પષ્ટ દૃષ્ટિઅંતર 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) આઈરિસ

5. એક વ્યક્તિને દૂરની દૃષ્ટિનું નિવારણ કરવા માટે –5.5 ડાયોપ્ટર પાવરનો લેન્સ જરૂર પડે છે. તેને નજીકની દૃષ્ટિનું નિવારણ કરવા માટે +1.5 ડાયોપ્ટર પાવરનો લેન્સ જોઈએ છે. (i) દૂરદૃષ્ટિ અને (ii) લઘુદૃષ્ટિના નિવારણ માટે જરૂરી લેન્સની કેન્દ્રલંબાઈ શું હશે ?

6. લઘુદૃષ્ટિની ખામી ધરાવતી વ્યક્તિ માટે દૂરબિંદુ આંખની સામે 80 cm દૂર છે. આ ખામીનું નિવારણ કરવા માટે વપરાતા લેન્સનો પ્રકાર અને પાવર શું હશે ?

7. હાઈપરમેટ્રોપીઆનું નિવારણ કેવી રીતે થાય તે આકૃતિ દોરી દર્શાવો. એક ગુરુદૃષ્ટિની 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 ?

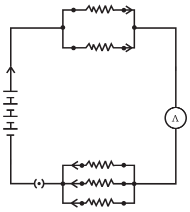
9. જ્યારે આપણે આંખથી કોઈ વસ્તુનું અંતર વધારીએ છીએ ત્યારે આંખમાં પ્રતિબિંબ–અંતરમાં શું ફરક પડે છે ?

10. તારાઓ કેમ ટમટમે છે ?

11. ગ્રહો કેમ ટમટમતા નથી તે સમજાવો.

12. વહેલી સવાર (સૂર્યોદય)ના સમયે સૂર્ય લાલાશપડતો કેમ દેખાય છે ?

13. કોઈ અંતરિક્ષયાત્રીને આકાશ ભૂરાના બદલે કાળું કેમ દેખાય છે ?



પ્રકરણ 12
વિદ્યુત (Electricity)

વિદ્યુતનું આધુનિક સમાજમાં મહત્ત્વપૂર્ણ સ્થાન છે. તે ઘરો, શાળાઓ, હૉસ્પિટલો તથા અન્ય સ્થળે વિવિધ ઉપયોગો માટે નિયંત્રિત કરી શકાય તેવી અને સુવિધાજનક ઊર્જાનું રૂપ છે. વિદ્યુત શાનાથી બને છે અને પરિપથમાં તે કેવી રીતે વહે છે ? કયાં પરિબળો પરિપથમાં વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહનું નિયંત્રણ અથવા નિયમન કરે છે ? પ્રસ્તુત પ્રકરણમાં આપણે આ પ્રશ્નોના ઉત્તર આપવા પ્રયત્ન કરીશું. આપણે વિદ્યુતપ્રવાહની ઉષ્મીય અસર અને તેની ઉપયોગિતાની પણ ચર્ચા કરીશું.

12.1 વિદ્યુતપ્રવાહ અને પરિપથ (Electric Current and Circuit)

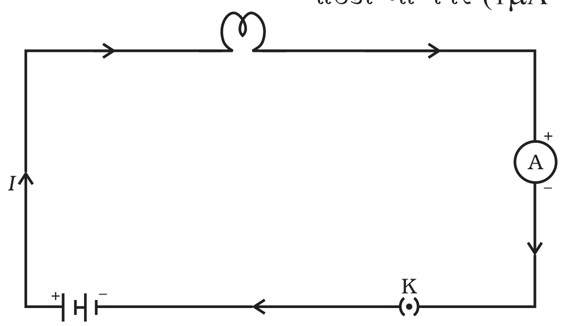
આપણે હવાના પ્રવાહ અને પાણીના પ્રવાહથી પરિચિત છીએ. આપણે જાણીએ છીએ કે, વહેતા પાણીથી નદીમાં પાણીનો પ્રવાહ રચાય છે. આ જ રીતે વાહકમાંથી (ઉદાહરણ તરીકે ધાતુના તારમાંથી) વિદ્યુતભાર વહેતો હોય ત્યારે આપણે કહીએ છીએ કે, વાહકમાં વિદ્યુતપ્રવાહ છે. આપણે જાણીએ છીએ કે કોઈ ટૉર્ચમાં સેલ(વિદ્યુતકોષ અથવા યોગ્ય ક્રમમાં ગોઠવેલ બૅટરી) ટૉર્ચના બલ્બને પ્રકાશિત કરવા માટે વિદ્યુતભારનો પ્રવાહ અથવા વિદ્યુતપ્રવાહ પૂરો પાડે છે. આપણે એ પણ જોયું છે કે ટૉર્ચ ત્યારે જ પ્રકાશ આપે છે જ્યારે સ્વિચ (કળ) ચાલુ (ON) હોય. સ્વિચ શું કાર્ય કરે છે ? સ્વિચ વિદ્યુતકોષ (Cell) તથા બલ્બ વચ્ચે વાહક–કડી પૂરી પાડે છે. વિદ્યુતપ્રવાહના સતત અને બંધ માર્ગને વિદ્યુત–પરિપથ કહે છે. હવે જો આ પરિપથ કોઈ સ્થાનેથી તૂટી જાય (અથવા ટૉર્ચની સ્વિચ બંધ (OFF) કરવામાં આવે) તો વિદ્યુતપ્રવાહ વહેતો બંધ થઈ જાય છે અને બલ્બ પ્રકાશિત થતો નથી.

આપણે વિદ્યુતપ્રવાહને કેવી રીતે રજૂ કરીએ છીએ ? આપેલ આડછેદ (ક્ષેત્રફળ)માંથી એકમ સમયમાં વહેતા વિદ્યુતભારના જથ્થાને વિદ્યુતપ્રવાહ તરીકે રજૂ કરાય છે. બીજા શબ્દોમાં તે વિદ્યુતભારના વહનનો દર છે. ધાતુના તારથી બનેલા વિદ્યુત–પરિપથમાં વિદ્યુતભારના પ્રવાહની રચના ઇલેક્ટ્રૉન કરે છે. પરંતુ જ્યારે સૌપ્રથમ વિદ્યુતની ઘટના જોવા મળી ત્યારે ઇલેક્ટ્રૉન વિશે કોઈ જાણકારી નહોતી. તેથી વિદ્યુપ્રવાહ ધન વિદ્યુતભારોની ગતિના કારણે રચાય છે તેમ માનવામાં આવ્યું અને ધન વિદ્યુતભારોની ગતિની દિશાને વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા તરીકે લેવામાં આવી. રૈવાજિક રીતે વિદ્યુત–પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા ઇલેક્ટ્રૉન કે જે ઋણભારિત છે, તેની ગતિની વિરુદ્ધ દિશામાં લેવામાં આવે છે.

જો t સમયમાં વાહકના કોઈ આડછેદમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતભારનો જથ્થો Q હોય, તો આડછેદમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ I,

$$I = \frac{Q}{t} \qquad (12.1)$$

વિદ્યુતભારનો SI એકમ કુલંબ (C) છે, જે લગભગ 6×10^{18} ઇલેક્ટ્રૉનના વિદ્યુતભારને સમતુલ્ય છે. (આપણે જાણીએ છીએ કે ઇલેક્ટ્રૉન 1.6×10^{-19} C ઋણ વિદ્યુતભાર ધરાવે છે). ફ્રેન્ચ વૈજ્ઞાનિક એન્દ્રે-મેરી ઍમ્પિયર (1775-1836)ના નામ પરથી વિદ્યુતપ્રવાહનો એકમ ઍમ્પિયર (A) રાખવામાં આવ્યો છે. એક ઍમ્પિયર વિદ્યુતપ્રવાહની રચના એક સેકન્ડમાં એક કુલંબ વિદ્યુતભારના વહનથી થાય છે, એટલે કે 1 A = 1C/1s. નાના વિદ્યુતપ્રવાહને મિલિઍમ્પિયર (1 mA = 10^{-3}A) અથવા માઇક્રો ઍમ્પિયર (1μA = 10^{-6}A)માં રજૂ કરવામાં આવે છે. પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ માપવા માટે વપરાતા સાધનને એમીટર કહે છે. જે પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ માપવો હોય તેમાં તેને (એમીટરને) હંમેશાં શ્રેણીમાં જોડવામાં આવે છે. આકૃતિ 12.1 એક લાક્ષણિક વિદ્યુત–પરિપથની રેખાકૃતિ દર્શાવે છે, જેમાં એક સેલ, એક વિદ્યુતબલ્બ, એમીટર તથા કળ જોડેલ છે. અહીં નોંધો કે, પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ સેલના ધન છેડેથી ઋણ છેડા સુધી બલ્બ અને એમીટરમાં થઈને વહે છે.



આકૃતિ 12.1
વિદ્યુતકોષ, વિદ્યુતબલ્બ, એમીટર અને પ્લગ કળની મદદથી બનેલા વિદ્યુત-પરિપથની રેખાકૃતિ

ઉદાહરણ 12.1 : કોઈ વિદ્યુતબલ્બના ફિલામેન્ટ (તાર)માંથી 0.5 A વિદ્યુતપ્રવાહ 10 મિનિટ સુધી વહે છે, તો પરિપથમાં વહન પામતો વિદ્યુતભાર ગણો.

ઉકેલ :

આપણને આપવામાં આવ્યું છે, I = 0.5 A; t = 10 min = 600 s

સમીકરણ 12.1 પરથી,

$$Q = It$$
$$= 0.5\ A \times 600\ s$$
$$= 300\ C$$

પ્રશ્નો

1. વિદ્યુત–પરિપથનો અર્થ શું થાય ?
2. વિદ્યુતપ્રવાહના એકમને વ્યાખ્યાયિત કરો.
3. એક કુલંબ વિદ્યુતભારની રચના કરતા ઇલેક્ટ્રૉનની સંખ્યા ગણો.

વધુ જાણવા જેવું !

તારની અંદર વિદ્યુતભારનો 'પ્રવાહ'

કોઈ ધાતુ વિદ્યુતનું વહન કેવી રીતે કરે છે ? તમે એવું વિચારતાં હશો કે નીચી ઊર્જા ધરાવતા ઇલેક્ટ્રૉનને ઘન વાહકમાંથી પસાર થવામાં ખૂબ મુશ્કેલી પડતી હશે. ઘનની અંદર પરમાણુઓ એકબીજા સાથે જકડાયેલા હોય છે અને તેમની વચ્ચેનું અંતર ખૂબ ઓછું હોય છે. પરંતુ એવું જાણવા મળ્યું છે કે, ઇલેક્ટ્રૉન કોઈ ઘન સ્ફટિકમાંથી અડચણ વગર સરળતાથી ગતિ કરે છે, જાણે કે તેઓ શૂન્યાવકાશમાં હોય. પરંતુ વાહકમાં ઇલેક્ટ્રૉનની 'ગતિ' શૂન્યાવકાશમાં વિદ્યુતભારોની ગતિથી તદ્દન અલગ હોય છે. જ્યારે કોઈ વાહકમાંથી સ્થિર વિદ્યુતપ્રવાહ વહેતો હોય ત્યારે તેમાં ઇલેક્ટ્રૉન કંઈક સરેરાશ 'ડ્રિફ્ટવેગ'થી ગતિ કરતા હોય છે. સૂક્ષ્મ વિદ્યુતપ્રવાહ ધરાવતા વ્યવહારમાં વપરાતા તાંબાના તાર માટે ઇલેક્ટ્રૉનનો ડ્રિફ્ટવેગ તમે ગણી શકો છો અને વાસ્તવમાં તેનું મૂલ્ય 1 mm s^{-1} જેટલું સૂક્ષ્મ મળે છે, તો એવું કેમ થાય છે કે સ્વિચ ચાલુ (ON) કરતાં જ બલ્બ પ્રકાશ આપવા માંડે છે ? એવું નથી થઈ શકતું કે વિદ્યુતપ્રવાહ ત્યારે જ શરૂ થાય કે જ્યારે ઇલેક્ટ્રૉન વિદ્યુત સપ્લાય (Electric Supply)ના એક ધ્રુવથી જાતે બલ્બમાં થઈને બીજા ધ્રુવે પહોંચે, કેમકે કોઈ વાહક તારમાં ઇલેક્ટ્રૉનની ડ્રિફ્ટગતિ ખૂબ ધીમી પ્રક્રિયા હોય છે. વિદ્યુતપ્રવાહ વહનની વાસ્તવિક પ્રક્રિયાની ઝડપ પ્રકાશની ઝડપની નજીકની છે જે મંત્રમુગ્ધ કરનારી છે, પણ આ પુસ્તકનાં કાર્યક્ષેત્રની બહાર છે. શું તમે ઉચ્ચસ્તર પર આ પ્રશ્નના ઊંડાણમાં પહોંચવા માંગો છો ?

12.2 વિદ્યુતસ્થિતિમાન અને વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત (Electric Potential and Potential Difference)

એવું શું છે જે વિદ્યુતભારને વહન કરાવે છે ? આ સમજવા માટે પાણીના પ્રવાહ સાથે સામ્યતા વિચારીએ. આદર્શ સમક્ષિતિજ નળીમાં પાણી વહન પામતું નથી, તેમ તાંબાના તારમાં વિદ્યુતભારો જાતે ગતિ કરતાં નથી. જો નળીના એક છેડાને ઊંચી સપાટી પર રાખેલ પાણીની ટાંકી સાથે જોડવામાં આવે તો નળીના બે છેડા વચ્ચે દબાણ–તફાવત રચાય છે, જેથી નળીના મુક્ત છેડામાંથી પાણી બહાર આવે છે અને વહે છે. ધાતુના વાહકતારમાં વિદ્યુતભારોના પ્રવાહ માટે ગુરુત્વાકર્ષણબળની કોઈ ભૂમિકા હોતી નથી. ઇલેક્ટ્રૉન ત્યારે જ ગતિ કરે છે જ્યારે વાહકમાં વિદ્યુતદબાણનો તફાવત કે જેને વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત કહે છે તે હોય. વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો આવો તફાવત એક કે એક કરતા વધુ વિદ્યુતકોષોની બનેલી બૅટરીથી મેળવી શકાય છે. કોષની અંદર થતી રાસાયણિક પ્રક્રિયા કોષના બે છેડા વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત ઉત્પન્ન કરે છે, આવું ત્યારે પણ થાય છે જ્યારે કોષમાંથી કોઈ વિદ્યુતપ્રવાહ લેવામાં ન આવતો હોય. જ્યારે વિદ્યુતકોષને વાહક પરિપથના ઘટક સાથે જોડવામાં આવે ત્યારે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત વાહકના વિદ્યુતભારોને ગતિમાં લાવે છે અને વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. કોઈ વિદ્યુત–પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ જાળવી રાખવા માટે કોષને તેની અંદર સંગ્રહ પામેલી રાસાયણિક ઊર્જા વાપરવી પડે છે.

કોઈ વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વિદ્યુત–પરિપથનાં કોઈ બે બિંદુ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત એકમ ધન વિદ્યુતભારને એક બિંદુથી બીજા બિંદુ સુધી લઈ જવા માટે કરવા પડતા કાર્ય તરીકે વ્યાખ્યાયિત કરવામાં આવે છે.

$$\text{બે બિંદુઓ વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત (V)} = \frac{\text{કરેલું કાર્ય(W)}}{\text{વિદ્યુતભાર (Q)}}$$

$$V = \frac{W}{Q} \qquad (12.2)$$

વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવતનો SI એકમ વોલ્ટ (V) છે, જે ઇટાલીના વિજ્ઞાની અલેઝાન્ડ્રો વોલ્ટા (1745-1827)ના નામ પરથી રાખવામાં આવ્યો છે. વિદ્યુતપ્રવાહધારિત વાહકમાં જો એક

કુલંબ વિદ્યુતભારને એક બિંદુથી બીજા બિંદુ સુધી લઈ જવા માટે કરવું પડતું કાર્ય 1 જૂલ હોય તો તે બિંદુઓ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત 1 વોલ્ટ કહેવાય. તેથી,

$$1 \text{ વોલ્ટ} = \frac{1 \text{ જૂલ}}{1 \text{ કુલંબ}} \tag{12.3}$$

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J C}^{-1}$$

વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત વોલ્ટમીટર નામના ઉપકરણની મદદથી માપવામાં આવે છે. વોલ્ટમીટરને હંમેશાં જે બિંદુઓ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત માપવાનો હોય તેમને સમાંતર જોડવામાં આવે છે.

ઉદાહરણ 12.2 : 12 V વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત ધરાવતાં બે બિંદુઓ વચ્ચે 2 C વિદ્યુતભારને લઈ જવા માટે કેટલું કાર્ય કરવું પડે ?

ઉકેલ :

V (= 12 V) વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત ધરાવતાં બે બિંદુઓ વચ્ચે વહેતા વિદ્યુતભાર Qનું મૂલ્ય 2 C છે. તેથી વિદ્યુતભારને લઈ જવા માટે કરવું પડતું કાર્ય (સમીકરણ 12.2 અનુસાર)

$$W = VQ$$

$$= 12 \text{ V} \times 2 \text{ C}$$

$$= 24 \text{ J}$$

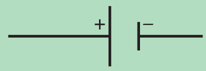
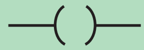
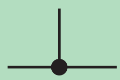
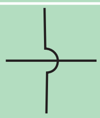
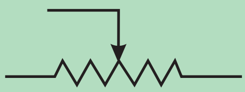
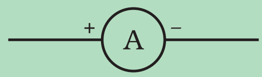
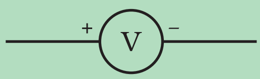
પ્રશ્નો

1. વાહકના બે છેડા વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત જાળવી રાખવામાં મદદ કરતા ઉપકરણનું નામ આપો.
2. બે બિંદુઓ વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત 1 V છે તેનો અર્થ શું થાય ?
3. 6 Vની બૅટરી તેમાંથી પસાર થતા દર 1 કુલંબ વિદ્યુતભારને કેટલી ઊર્જા આપે છે ?

12.3 પરિપથ આકૃતિ (Circuit Diagram)

આપણે જાણીએ છીએ કે વિદ્યુતપરિપથ, આકૃતિ 12.1માં દર્શાવ્યા મુજબ, એક વિદ્યુતકોષ (અથવા બૅટરી), એક કળ, વિદ્યુત ઘટક (અથવા ઘટકો) તથા જોડાણમાં લીધેલ તારથી બનેલ હોય છે. પરિપથનાં ઘટકોને પ્રણાલીગત સંકેતો દ્વારા દર્શાવી વિદ્યુત–પરિપથ દોરવો સરળ છે. કોષ્ટક 12.1માં સામાન્ય વ્યવહારમાં વપરાતા વિદ્યુત ઘટકોના પ્રણાલીગત સંકેતો દર્શાવેલ છે.

કોષ્ટક 12.1 પરિપથ આકૃતિમાં સામાન્ય રીતે વપરાતાં કેટલાંક ઘટકોની સંજ્ઞાઓ

ક્રમ	ઘટકો	સંજ્ઞાઓ
1	વિદ્યુતકોષ	
2	બૅટરી અથવા વિદ્યુતકોષોનું સંયોજન	
3	પ્લગકળ અથવા સ્વિચ (ખુલ્લી)	
4	પ્લગકળ અથવા સ્વિચ (બંધ)	
5	તારનું જોડાણ	
6	જોડાણ વગર એકબીજાને પસાર કરતા તાર	
7	વિદ્યુત–બલ્બ	**અથવા**
8	R અવરોધ ધરાવતો અવરોધક	
9	ચલિત અવરોધ અથવા રિઓસ્ટેટ	**અથવા** 
10	એમીટર	
11	વોલ્ટમીટર	

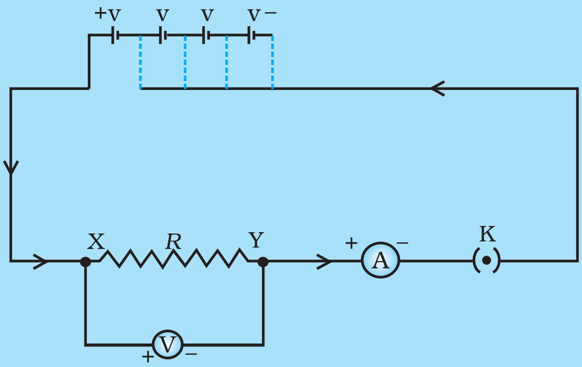
12.4 ઓહ્મનો નિયમ (Ohm's Law)

શું કોઈ વાહકના બે છેડા વચ્ચેના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત અને તેમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહ વચ્ચે કોઈ સંબંધ છે ? ચાલો, તેને એક પ્રવૃત્તિ દ્વારા સ્પષ્ટ કરીએ.

પ્રવૃત્તિ 12.1

- આકૃતિ 12.2માં દર્શાવ્યા અનુસાર એક પરિપથ તૈયાર કરો. આ પરિપથમાં 0.5 m લાંબો નિક્રોમનો તાર XY, એક એમીટર, એક વોલ્ટમીટર તથા 1.5 Vનાં ચાર વિદ્યુતકોષ જોડો (નિક્રોમ એ નિકલ, ક્રોમિયમ, મૅંગેનીઝ અને લોખંડની મિશ્ર ધાતુ છે).

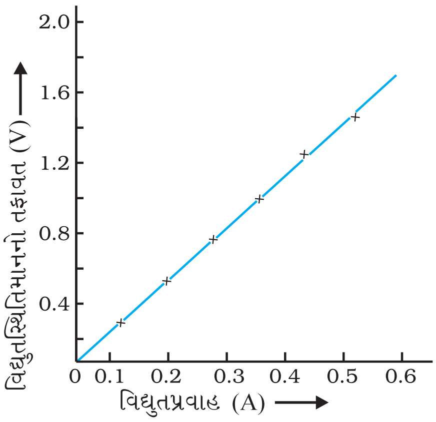
- સૌપ્રથમ પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પ્રાપ્તિસ્થાન તરીકે એક જ કોષ જોડો. પરિપથમાં નિક્રોમના તાર XYમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહ માટે એમીટરનું અવલોકન I અને તેના છેડા વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત V માટે વોલ્ટમીટરનું અવલોકન આપેલ કોષ્ટકમાં નોંધો.
- હવે પછી પરિપથમાં બે વિદ્યુતકોષ જોડો અને નિક્રોમના તારમાં પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહ અને તેના બે છેડા વચ્ચેના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત માટે અનુક્રમે એમીટર અને વોલ્ટમીટરનાં અવલોકન નોંધો.
- હવે, ત્રણ અને ચાર વિદ્યુતકોષ માટે ઉપરનાં પદોનું અલગથી પુનરાવર્તન કરો.
- વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત V અને વિદ્યુતપ્રવાહ I ની પ્રત્યેક જોડ માટે V અને Iનો ગુણોત્તર ગણો.



આકૃતિ 12.2 ઓહ્મના નિયમના અભ્યાસ માટેનો વિદ્યુત-પરિપથ

ક્રમ	પરિપથમાં ઉપયોગમાં લીધેલા વિદ્યુતકોષોની સંખ્યા	નિક્રોમના તારમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ I (એમ્પિયર)	નિક્રોમ તારના બે છેડા વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત V (વોલ્ટ)	$\frac{V}{I}$ (વોલ્ટ/એમ્પિયર)
1	1			
2	2			
3	3			
4	4			

- V વિરુદ્ધ I નો આલેખ દોરો અને તેનું સ્વરૂપ જુઓ.



આકૃતિ 12.3
નિક્રોમ તાર માટે V-I આલેખ. સુરેખ આલેખ દર્શાવે છે કે જેમ વિદ્યુતપ્રવાહ વધે છે તેમ તારના છેડા વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત રેખીય રીતે વધે છે. આ ઓહ્મનો નિયમ છે

આ પ્રવૃત્તિમાં તમને દરેક કિસ્સામાં V/Iનું મૂલ્ય લગભગ સમાન મળશે. આમ V-Iનો આલેખ ઊગમબિંદુમાંથી પસાર થતી સુરેખા હશે જે આકૃતિ 12.3માં દર્શાવેલ છે. આમ, V/I એ અચળ ગુણોત્તર છે.

1827માં જર્મન ભૌતિકશાસ્ત્રી જ્યોર્જ સીમોન ઓહ્મે (1787-1854) ધાતુના તારમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહ I અને તેના બે છેડા વચ્ચેના વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત વચ્ચેનો સંબંધ શોધ્યો. અચળ તાપમાને વાહકતારમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ તે વાહકના બે છેડા વચ્ચે લાગુ પાડેલા વિદ્યુતસ્થિતમાનના તફાવત Vના સમપ્રમાણમાં હોય છે આને ઓહ્મનો નિયમ કહે છે. બીજા શબ્દોમાં,

$$V \propto I \qquad (12.4)$$

અથવા $\frac{V}{I}$ = અચળ

= R

અથવા $V = IR \qquad (12.5)$

સમીકરણ (12.5)માં R એ આપેલ તાપમાને આપેલ ધાતુના તાર માટે અચળાંક છે અને તેને તેનો અવરોધ કહે છે. તે વાહકનો તેમાંથી પસાર થતા

વિદ્યુતભારનો વિરો ધ કરવાનો ગુણધર્મ છે. તેનો SI એકમ ઓહ્મ છે અને તેને ગ્રીક અક્ષર Ω વડે દર્શાવાય છે. ઓહ્મના નિયમ અનુસાર,

$$R = \frac{V}{I} \qquad (12.6)$$

જો વાહકના બે છેડા વચ્ચે વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત 1 V હોય અને તેમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ 1 A હોય, તો વાહકનો અવરોધ (R) 1 Ω છે. એટલે કે,

$$1 \text{ ઓહ્મ} = \frac{1 \text{ વોલ્ટ}}{1 \text{ ઍમ્પિયર}}$$

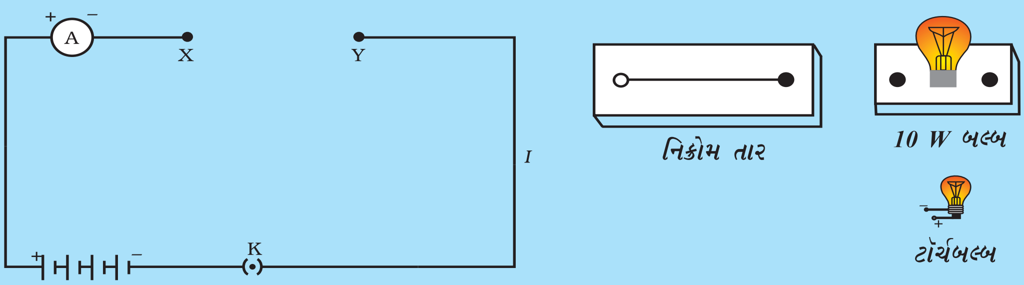
સમીકરણ (12.5) પરથી આપણને નીચે મુજબનો સંબંધ પણ મળે છે :

$$I = \frac{V}{R} \qquad (12.7)$$

સમીકરણ (12.7) પરથી સ્પષ્ટ છે કે, અવરોધકમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ તે અવરોધના મૂલ્યના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં છે. જો અવરોધનું મૂલ્ય બમણું કરવામાં આવે, તો વિદ્યુતપ્રવાહ અડધો થાય છે. કેટલાક પ્રાયોગિક કિસ્સામાં વિદ્યુતપરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહમાં વધારો કે ઘટાડો કરવો જરૂરી હોય છે. જે ઘટકની મદદથી વૉલ્ટેજનું પ્રાપ્તિસ્થાન બદલ્યા વગર વિદ્યુતપ્રવાહનું નિયમન કરી શકાય તેને ચલ અવરોધ કહે છે. વિદ્યુતપરિપથમાં પરિપથનો અવરોધ બદલવા માટે ઉપયોગમાં લેવાતા સાધનને રિઓસ્ટેટ (rheostat) કહે છે. હવે આપણે નીચેની પ્રવૃત્તિ દ્વારા વાહકના અવરોધનો અભ્યાસ કરીશું.

પ્રવૃત્તિ 12.2

- એક નિક્રોમનો તાર, એક ટૉર્ચ બલ્બ, એક 10 Wનો બલ્બ તથા એક એમીટર (0-5 A રેન્જનું) એક કળ તથા જોડાણ માટેના તાર લો.
- 1.5 Vના દરેક એવા ચાર સૂકા કોષ શ્રેણીમાં અને તેની સાથે એમીટર આકૃતિ 12.4માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જોડો અને XY અંતરાલ (gap) છોડી પરિપથ બનાવો.



આકૃતિ 12.4

- અંતરાલ XYમાં નિક્રોમનો તાર જોડી પરિપથ પૂર્ણ કરો. કળમાં પ્લગ ભરાવો. એમીટરનું અવલોકન નોંધો. કળમાંથી પ્લગ બહાર કાઢી લો. (**નોંધ :** પરિપથમાં વિદ્યુતપ્રવાહ માપ્યા પછી હંમેશાં પ્લગ કળમાંથી બહાર કાઢી લો.)
- અંતરાલ XYમાં નિક્રોમનાં તારની જગ્યાએ ટૉર્ચનો બલ્બ જોડો અને તેમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ એમીટરની મદદથી નોંધો.
- XY અંતરાલમાં 10 Wનો બલ્બ જોડી ઉપરનાં પદોનું પુનરાવર્તન કરો.
- શું XY અંતરાલમાં જોડેલ જુદાં–જુદાં ઘટકો માટે એમીટરનાં અવલોકન ભિન્ન મળે છે ? ઉપરનાં અવલોકનો શું દર્શાવે છે. ?
- તમે અંતરાલમાં કોઈ પણ દ્રવ્ય ઘટક જોડી પ્રવૃત્તિનું પુનરાવર્તન કરી શકો છો. દરેક કિસ્સા માટે એમીટરનું અવલોકન નોંધો. અવલોકનોનું વિશ્લેષણ કરો.

આ પ્રવૃત્તિમાં આપણને જણાય છે કે જુદાં–જુદાં ઘટકોમાં વિદ્યુતપ્રવાહ જુદો–જુદો છે. શા માટે જુદો છે ? કેટલાંક ઘટકો વિદ્યુતપ્રવાહને સરળ માર્ગ પૂરો પાડે છે, જ્યારે કેટલાક વહનને અવરોધે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે વિદ્યુતપરિપથમાં ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિ વિદ્યુતપ્રવાહનું નિર્માણ કરે

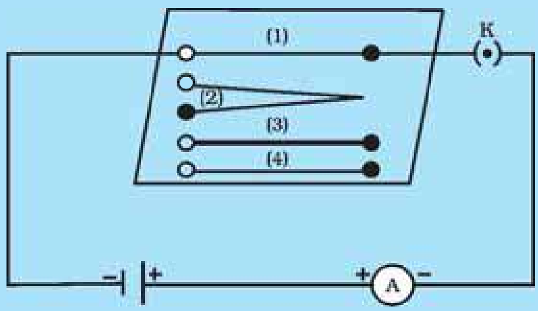
છે. જો કે ઇલેક્ટ્રૉન વાહકમાં ગતિ કરવા માટે પૂર્ણપણે સ્વતંત્ર હોતા નથી. જે પરમાણુઓ વચ્ચેથી તે ગતિ કરે છે તેમના આકર્ષણ દ્વારા તેમની ગતિ નિયંત્રિત થઈ જાય છે. આમ, વાહકમાં ઇલેક્ટ્રૉનની ગતિ તેના અવરોધ દ્વારા મંદ પડી જાય છે. આપેલ પરિમાણના વાહકોમાંથી જેનો અવરોધ ઓછો હોય તે સારો વાહક કહેવાય. જે વાહક ગણનાપાત્ર અવરોધ લગાડતો હોય તેને અવરોધક કહે છે. સમાન પરિમાણ ધરાવતા વાહકોમાંથી જેનો અવરોધ વધારે હોય તેને મંદ વાહક કહે છે. આ જ પરિમાણ ધરાવતો અવાહક આનાથી પણ વધુ અવરોધ લગાડે છે.

12.5 સુવાહકનો અવરોધ જેની પર આધાર રાખે છે તે પરિબળો

(Factors on which The Resistance of a Conductor Depends)

પ્રવૃત્તિ 12.3

- એક કોષ, એક એમીટર, (*l*) લંબાઈનો એક નિક્રોમનો તાર [જેને (1) દ્વારા દર્શાવેલ] અને એક કળને આકૃતિ 12.5 પ્રમાણે જોડી પરિપથ પૂર્ણ કરો.



આકૃતિ 12.5 વાહક તારનો અવરોધ કઈ બાબતો પર આધાર રાખે છે તેના અભ્યાસ માટેનો વિદ્યુત–પરિપથ

- હવે કળમાં પ્લગ ભરાવો. એમીટરમાં વિદ્યુતપ્રવાહ નોંધો.
- હવે નિક્રોમના આ તારને સ્થાને નિક્રોમનો બીજા તાર જોડો જેની જાડાઈ સમાન પણ લંબાઈ બે ગણી એટલે કે 2*l* હોય. [જેને આકૃતિ 12.5માં (2) વડે દર્શાવેલ છે].
- એમીટરનું અવલોકન નોંધો.
- હવે તેને સ્થાને *l* લંબાઈનો પણ જાડો નિક્રોમનો તાર ((3) દ્વારા દર્શાવેલ)ને જોડો. જાડા તારના આડછેદનું ક્ષેત્રફળ વધુ હોય છે. ફરીથી એમીટરમાંથી પસાર થતો વિદ્યુતપ્રવાહ નોંધો.
- નિક્રોમના તારની જગ્યાએ તાંબાના તાર (આકૃતિ 12.5માં (4) દ્વારા દર્શાવેલ)ને પરિપથમાં જોડો. ધારો કે આ તારની લંબાઈ અને આડછેદનું ક્ષેત્રફળ પ્રથમ નિક્રોમના તાર ((1) દ્વારા દર્શાવેલ) જેટલું છે. વિદ્યુતપ્રવાહનું અવલોકન નોંધો.
- દરેક કિસ્સામાં વિદ્યુતપ્રવાહનો તફાવત ધ્યાનથી જુઓ.
- શું વિદ્યુતપ્રવાહ વાહકની લંબાઈ પર આધાર રાખે છે ?
- શું વિદ્યુતપ્રવાહ વાહકના આડછેદ પર આધાર રાખે છે ?

એવું જોવા મળે છે કે તારની લંબાઈ બમણી કરતાં એમીટરનું અવલોકન અડધું થાય છે. પરિપથમાં સમાન લંબાઈનો જાડો તે જ દ્રવ્યનો બનેલો તાર વાપરતા વિદ્યુતપ્રવાહનું મૂલ્ય વધે છે. સમાન લંબાઈ તથા આડછેદનું ક્ષેત્રફળ ધરાવતો બીજા દ્રવ્યનો જાડો તાર વાપરતાં એમીટરનું અવલોકન બદલાય છે. ઓહ્મનો નિયમ [સમીકરણ (12.5)-(12.7)] લાગુ પાડતાં આપણને માલૂમ પડે છે કે વાહક તારનો અવરોધ (i) તેની લંબાઈ (ii) તેના આડછેદના ક્ષેત્રફળ (iii) તેના દ્રવ્યની જાત પર આધાર રાખે છે. ચોકસાઈપૂર્વકનાં માપન દર્શાવે છે કે એકસમાન વાહકનો અવરોધ તેની લંબાઈ

(l)ના સમપ્રમાણમાં અને આડછેદના ક્ષેત્રફળ (A)ના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય છે. એટલે કે,

$$R \propto l \quad (12.8)$$

અને $$R \propto \frac{1}{A} \quad (12.9)$$

સમીકરણ(12.8) અને (12.9)ને સંયોજિત કરતા,

$$R \propto \frac{l}{A}$$

અથવા $$R = \rho \frac{l}{A} \quad (12.10)$$

જ્યાં, ρ (રહો) સમપ્રમાણતા અચળાંક છે અને તેને વાહકના દ્રવ્યની વિદ્યુતઅવરોધકતા કહે છે. અવરોધકતાનો SI એકમ Ωm છે. તે દ્રવ્યનો લાક્ષણિક ગુણધર્મ છે. ધાતુઓ અને મિશ્રધાતુઓની અવરોધકતા ખૂબ ઓછી હોય છે અને તેનો વિસ્તાર 10^{-8} Ωm થી 10^{-6} Ωm છે. તે વિદ્યુતના સારા વાહકો છે. અવાહકો જેવા કે રબર અને કાચ જેવા અવાહકોની અવરોધકતાનો વિસ્તાર 10^{12} થી 10^{17} Ωm છે. દ્રવ્યનો અવરોધ અને અવરોધકતા બંને તાપમાન સાથે બદલાય છે.

કોષ્ટક 12.2માં આપણને જોવા મળે છે કે, મિશ્રધાતુની અવરોધકતા તેમની મૂળ ધાતુઓ કરતાં વધુ છે. મિશ્રધાતુઓ ઊંચા તાપમાને ત્વરિત ઑક્સિડાઇઝ (દહન) થતી નથી. આ કારણોસર તે વ્યવહારમાં વિદ્યુતઉષ્મીય સાધનોમાં વપરાય છે, જેવા કે ઇલેક્ટ્રિક ઇસ્ત્રી, ટોસ્ટર વગેરે. વિદ્યુત–બલ્બના ફિલામેન્ટ માટે એક માત્ર ટંગસ્ટનનો ઉપયોગ થાય છે, જ્યારે તાંબા અને ઍલ્યુમિનિયમનો ઉપયોગ વિદ્યુતપ્રવાહન વહન (transmission) કરતા તારોની બનાવટમાં થાય છે.

કોષ્ટક 12.2 20°C તાપમાને કેટલાંક દ્રવ્યોની અવરોધકતા*

	દ્રવ્ય	અવરોધકતા (Ωm)
વાહકો	ચાંદી	1.60×10^{-8}
	તાંબુ	1.62×10^{-8}
	ઍલ્યુમિનિયમ	2.63×10^{-8}
	ટંગસ્ટન	5.20×10^{-8}
	નિકલ	6.84×10^{-8}
	લોખંડ	10.0×10^{-8}
	ક્રોમિયમ	12.9×10^{-8}
	પારો	94.0×10^{-8}
	મૅંગેનીઝ	1.84×10^{-6}
મિશ્રધાતુઓ	કોન્સ્ટન્ટન (Cu અને Niની મિશ્રધાતુ)	49×10^{-6}
	મૅંગેનિન (Cu, Mn અને Niની મિશ્રધાતુ)	44×10^{-6}
	નિક્રોમ (Ni, Cr, Mn અને Feની મિશ્રધાતુ)	100×10^{-6}
અવાહકો	કાચ	$10^{10} - 10^{14}$
	સખત રબર	$10^{13} - 10^{16}$
	એબોનાઈટ	$10^{15} - 10^{17}$
	હીરો	$10^{12} - 10^{13}$
	કાગળ (સૂકો)	10^{12}

* તમારે આ મૂલ્યો યાદ રાખવાના નથી. તમે દાખલાઓ ગણતી વખતે આ મૂલ્યો ઉપયોગમાં લઈ શકો છો.

ઉદાહરણ 12.3

(a) જો વિદ્યુતબલ્બના ફિલામેન્ટનો અવરોધ 1200 Ω હોય અને તેને 220 Vનાં પ્રાપ્તિસ્થાન સાથે જોડવામાં આવે તો વિદ્યુતબલ્બ કેટલો વિદ્યુતપ્રવાહ ખેંચશે ? (b) વિદ્યુતહીટરની કૉઇલનો અવરોધ 100 Ω છે. તેને 220 Vનાં પ્રાપ્તિસ્થાન સાથે જોડતાં કેટલો વિદ્યુતપ્રવાહ ખેંચે ?

ઉકેલ

(a) આપણને આપવામાં આવ્યું છે કે, V = 220 V; R = 1200 Ω

સમીકરણ (12.6) પરથી, વિદ્યુતપ્રવાહ $I = \dfrac{220\ V}{1200\ \Omega} = 0.18\ A$

(b) આપણને આપવામાં આવ્યું છે કે, V = 220 V; R = 100 Ω

સમીકરણ (12.6) પરથી, વિદ્યુતપ્રવાહ $I = \dfrac{220\ V}{100\ \Omega} = 2.2\ A$

220 Vનાં સમાન વિદ્યુત પ્રાપ્તિસ્થાનમાંથી વિદ્યુતબલ્બ અને વિદ્યુતહીટર દ્વારા ખેંચાતા વિદ્યુતપ્રવાહના તફાવતો નોંધો !

ઉદાહરણ 12.4

એક વિદ્યુતહીટર પ્રાપ્તિસ્થાનમાંથી 4 A વિદ્યુતપ્રવાહ ખેંચે છે ત્યારે તેના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત 60 V છે. જો વિદ્યુતસ્થિતમાનનો તફાવત 120 V સુધી વધારવામાં આવે તો હીટર કેટલો પ્રવાહ ખેંચશે ?

ઉકેલ

આપણને આપવામાં આવ્યું છે કે, વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત V = 60 V, વિદ્યુતપ્રવાહ I = 4 A

ઓહ્‌મના નિયમ અનુસાર, $R = \dfrac{V}{I} = \dfrac{60\ V}{4\ A} = 15\ \Omega$

હવે, વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત 120 V કરતા, વિદ્યુતપ્રવાહ $I = \dfrac{V}{R} = \dfrac{120\ V}{15\ \Omega} = 8\ A$

આમ, હીટરમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ 8 A થઈ જાય છે.

ઉદાહરણ 12.5 :

ધાતુના 1 m લંબાઈ ધરાવતા તારનો 20°C તાપમાને અવરોધ 26 Ω છે. જો તારનો વ્યાસ 0.3 mm હોય, તો તે તાપમાને ધાતુની અવરોધકતા કેટલી ? કોષ્ટક 12.2નો ઉપયોગ કરી તારના દ્રવ્યનું પૂર્વાનુમાન કરો.

ઉકેલ

આપણને આપવામાં આવ્યું છે કે, અવરોધ R = 26 Ω, વ્યાસ d = 0.3 mm = 3×10^{-4} m તથા તારની લંબાઈ l = 1 m. આથી, સમીકરણ (12.10) પરથી આપેલ ધાતુના તારની અવરોધકતા

$$\rho = \frac{RA}{l} = \frac{R\pi d^2}{4l}$$

આપેલ કિંમતો મૂકતાં અવરોધકતા

$\rho = 1.84 \times 10^{-6}\ \Omega$ m મળે છે.

આમ, 20 °C તાપમાને આપેલ ધાતુના તારની અવરોધકતા $1.84 \times 10^{-6}\ \Omega$ m છે. કોષ્ટક 12.2 જોતાં આ મૅંગેનીઝની અવરોધકતા છે.

ઉદાહરણ 12.6

આપેલ દ્રવ્યના l લંબાઈ અને A આડછેદ ધરાવતા તારનો અવરોધ 4 Ω છે, તો આ જ દ્રવ્યના $\frac{l}{2}$ લંબાઈ અને 2 A આડછેદ ધરાવતા તારનો અવરોધ કેટલો ?

ઉકેલ

પ્રથમ તાર માટે

$$R_1 = \rho \frac{l}{A} = 4\ \Omega$$

બીજા તાર માટે

$$R_2 = \rho \frac{l/2}{2A} = \frac{1}{4} \rho \frac{l}{A}$$

$$R_2 = \frac{1}{4} R_1$$

$$R_2 = 1\ \Omega$$

આમ, નવા તારનો અવરોધ 1 Ω છે.

પ્રશ્નો

1. વાહકનો અવરોધ કઈ બાબતો પર આધાર રાખે છે ?
2. એક જ દ્રવ્યમાંથી બનેલા એક જાડા અને એક પાતળા તારને સમાન વિદ્યુતપ્રાપ્તિસ્થાન સાથે જોડતા કોનામાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ સરળતાથી વહેશે ? શા માટે ?
3. ધારો કે કોઈ વિદ્યુતઘટકના બે છેડા વચ્ચેનો વિદ્યુતસ્થિતિમાનનો તફાવત ઘટાડીને અગાઉના મૂલ્યનો અડધો કરતા તેનો અવરોધ તેનો તે જ રહે છે. તો વિદ્યુતઘટકમાંથી વહેતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં શો ફેરફાર થશે ?
4. શા માટે ટોસ્ટર તથા વિદ્યુતઈસ્ત્રીની કૉઈલ શુદ્ધ ધાતુની ન બનાવતા મિશ્રધાતુની બનાવવામાં આવે છે ?
5. નીચેના પ્રશ્નોના ઉત્તર કોષ્ટક 12.2માં આપેલ માહિતીની મદદથી આપો :
   (a) લોખંડ (Fe) તથા પારો (Hg)માંથી ક્યું વધારે સારું વાહક છે ?
   (b) ક્યું દ્રવ્ય શ્રેષ્ઠ વાહક છે ?

12.6 અવરોધકોના તંત્રનો અવરોધ (Resistance of a System of Resistors)

આગળના વિભાગમાં આપણે કેટલાક સરળ વિદ્યુત–પરિપથો વિશે શીખ્યાં. આપણે વાહકમાંથી વહેતો વિદ્યુતપ્રવાહ તેના અવરોધ અને બે છેડા વચ્ચે લાગુ પાડેલા વિદ્યુતસ્થિતિમાનના તફાવત પર કેવી રીતે આધાર રાખે છે તે જોયું. વિવિધ વિદ્યુત ઉપકરણોમાં આપણે ઘણી વાર અવરોધોનાં વિવિધ જોડાણોનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. તેથી આપણે આ અવરોધોનાં સંયોજનો પર ઓહ્મનો નિયમ કેવી રીતે લાગુ પાડી શકાય તે જોવા માગીએ છીએ.

અવરોધોને એકબીજા સાથે બે રીતે જોડી શકાય છે. આકૃતિ 12.6માં એક વિદ્યુત-પરિપથ દર્શાવેલ છે, જેમાં R_1, R_2, R_3 અવરોધ ધરાવતા ત્રણ અવરોધો એકબીજા સાથે ક્રમશઃ (એક પૂરો થાય ત્યાંથી બીજો શરૂ થાય તેમ) જોડેલા છે. અવરોધોના આવા જોડાણને શ્રેણી-જોડાણ કહે છે.