પ્રકાશશાસ્ત્ર અને આધુનિક ભૌતિકશાસ્ત્ર

પ્રકાશશાસ્ત્ર: પ્રકાશ અને વિદ્યુતચુંબકીય તરંગોનો અભ્યાસ

નિયમિત સપાટી પરથી થતું પરાવર્તન : જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ લિસી કે ચળકતી સપાટી પર આપાત થાય છે ત્યારે તે પ્રકાશનું કિરણ તે જ માધ્યમમાં પાછું ફરે છે. પ્રકાશના કિરણની આવી સપાટી પરથી પાછા વળવાની ઘટનાને પ્રકાશનું પરાવર્તન કહે છે.

પરાવર્તનના નિયમો:

1. આપાત કિરણ અને પરાવર્તિત કિરણ અને લંબ એક જ સમતલમાં હોય છે.
2. આપતકિરણ અને પરાવર્તિત કિરણ બંને લંબની સામસામેની દિશામાં હોય છે.
3. આપતકોણ અને પરાવર્તન કોણના મૂલ્યો સમાન હોય છે.
4. લંબદિશામાં આપાત થતું કિરણ તે જ દિશામ પરાવર્તન પામે છે.

<u>પ્રકાશનું વક્રીભવન</u>

આપણો સામાન્ય અનુભવ છે કે પ્રકાશનું કિરણ સુરેખ માર્ગે ગતિ કરે છે પરંતુ, જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ એક માધ્યમમાંથી બીજા માધ્યમમાં જાય છે ત્યારે તે બે માધ્યમને છૂટી પાડતી સપાટી આગળથી વાંકું વળે છે. પ્રકાશના આ વાંકા વળવાની ઘટનાને પ્રકાશનું વક્રીભવન કહે છે.

આપણે જાણીએ છીએ કે પ્રકાશ એ લંબગત તરંગ છે, આથી જ્યારે તે એક માધ્યમમાંથી બીજા માધ્યમમાં ગતિ કરે ત્યારે તેનો વેગ બદલાય છે. આમ જો તે પાતળા માધ્યમમાંથી ઘટ્ટ માધ્યમમાં દાખલ થાય ત્યારે તેનો વેગ ઘટે છે.

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ I હવા જેવા પાતળા માધ્યમમાંથી કાચ જેવા ઘટ્ટ માધ્યમમાં દાખલ થાય ત્યારે તેનો વેગ ઘટવાને કારણે કાચની સપાટીને દોરેલા લંબ PQ થી લંબ તરફ વાંકું વળે છે. હવે વક્રીભૂત કિરણ R જ્યારે કાચ જેવા માધ્યમમાંથી હવા જેવા પાતળા માધ્યમમાં દાખલ થાય ત્યારે તેનો વેગ વધવાને કારણે તે લંબથી દૂર જાય છે. અહીં i એ આપાતકોણ અને r એ વક્રીભૂતકોણ છે.

<u>સ્નેલનો નિયમ:</u> જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ એક માધ્યમમાંથી બીજા માધ્યમમાં ગતિ કરે ત્યારે તેમના આપાતકોણ i અને વક્રીભૂતકોણ r માટે $\frac{\sin i}{\sin r}$ નો ગુણોત્તર અચળ રહે છે.

$$\mu = \frac{\sin i}{\sin r} = \text{અચળ}$$

μ ને માધ્યમનો વક્રીભવનાંક કહે છે

ધારો કે એક માધ્યમનો વક્રીભવનાંક μ_1 છે અને બીજા માધ્યમનો વક્રીભવનાંક μ_2 છે. તો μ_{21} ને માધાયમ 1 ની સાપેક્ષે માધ્યમ 2 નો વક્રીભવનાંક કહે છે.

$$\mu_{21} = \frac{\sin i}{\sin r} = \text{અચળ}$$

નિરપેક્ષ અને સાપેક્ષ વક્રીભવનાંક:

નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક: શૂન્યાવકાશની સાપેક્ષે માધ્યમના વક્રીભવનાંકને નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક કહે છે.

નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંકને માધાયમના ફક્ત વક્રીભવનાંક તરીકે જ ઓળખવામાં આવે છે.

નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક: શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશના વેગ અને માધ્યમમાં પ્રકાશના વેગના ગુણોત્તરને તે માધ્યમનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક અથવા (માત્ર) વક્રીભવનાંક કહે છે.

$$\mu = \frac{\text{શૂન્યાવકાશમાં પ્રકાશનો વેગ}}{\text{માધ્યમમાં પ્રકાશનો વેગ}} \ldots\ldots\ldots\ldots..(1)$$

$$\eta = \frac{c}{v} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

સાપેક્ષ વક્રીભવનાંક: કોઈ એક માધ્યમની સાપેક્ષે બીજા માધ્યમના વક્રીભવનાંકને સાપેક્ષ વક્રીભવનાંક કહે છે.

ધારો કે એક માધ્યમ – 1 નો વક્રીભવનાંક η_1 છે અને બીજા માધ્યમ – 2 નો વક્રીભવનાંક η_2 છે.

હવે જો માધ્યમ – 1 માં પ્રકાશનો વેગ v_1 હોય તો તેનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક,

$$\eta_1 = \frac{c}{v_1} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

આ જ રીતે હવે જો માધ્યમ – 2 માં પ્રકાશનો વેગ v_2 હોય તો તેનો નિરપેક્ષ વક્રીભવનાંક,

$$\eta_2 = \frac{c}{v_2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

હવે સમીકરણ (4) અને (3) નો ગુણોત્તર લેતાં,

$$\therefore \eta_{21} = \frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{c/v_1}{c/v_2} = \frac{c}{v_1} \times \frac{v_2}{c}$$

$$\therefore \eta_{21} = \frac{v_2}{v_1} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (5)$$

η_{21} ને માધ્યમ – 1 ની સાપેક્ષે માધ્યમ – 2 નો સાપેક્ષ વક્રીભવનાંક કહે છે.

આ જ રીતે માધ્યમ – 2 ની સાપેક્ષે માધ્યમ – 1 નો સાપેક્ષ વક્રીભવનાંક,

$$\therefore \eta_{12} = \frac{v_1}{v_2} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (6)$$

હવે સમીકરણ (5) અને (6) નો ગુણાકાર લેતાં,

$$\eta_{21} \times \eta_{12} = \frac{v_2}{v_1} \times \frac{v_1}{v_2}$$

$$\therefore \eta_{21} \times \eta_{12} = 1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7)$$

$$\therefore \eta_{21} = \frac{1}{\eta_{12}} \Leftrightarrow \eta_{12} = \frac{1}{\eta_{21}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8)$$

ઉપરોક્ત સમીકરણનો ઉપયોગ કરીને પાણી(water) માંથી કાચ(glass) માં વક્રીભવન પામતા પ્રકાશના કિરણ માટે

$$\therefore \eta_{gw} = \frac{\eta_g}{\eta_w}$$

$$\therefore \eta_{gw} = \frac{1}{\eta_{wg}} \Leftrightarrow \eta_{wg} = \frac{1}{\eta_{gw}}$$

હવે સ્નેલના નિયમ પરથી આ બાબતોનો સમનવ્ય કરતાં,

$$\eta_{21} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\therefore \eta_1 \sin i = \eta_2 \sin r \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9)$$

ઉપરોક્ત સમીકરણ (9) ને સ્નેલના નિયમનું વિસ્તૃત સ્વરૂપ કહે છે.

વક્રીભવનાંકનું મહત્વ: જેમ માધ્યમ પ્રકાશિય રીતે વધુ ઘટ્ટ તેમ તે માધ્યમનો વક્રીભવનાંક વધારે.

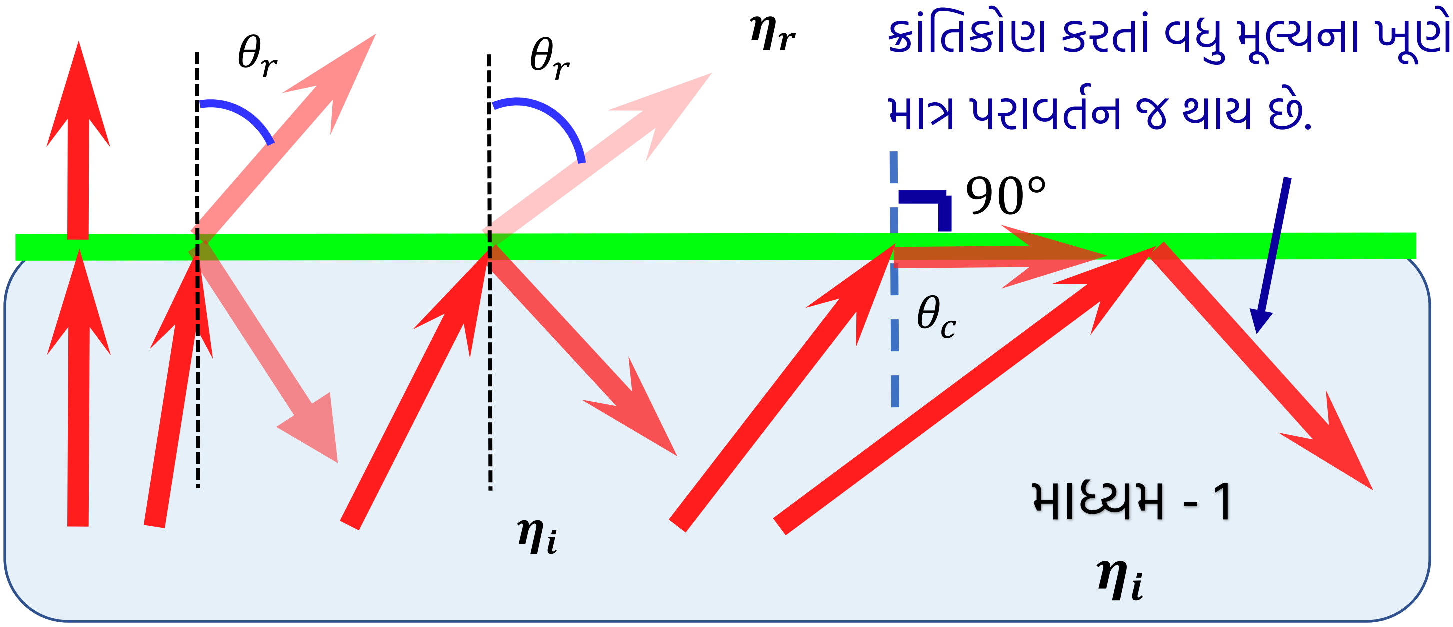
પ્રકાશનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન:

આ ઘટના વક્રીભવનના સિધ્ધાંત પર કાર્ય કરે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે બે મધ્યમોને જુદી પાડતી સપાટી આગળથી પ્રકાશનું કિરણ આંશિક પરાવર્તન અને

આંશિક વક્રીભવન પામે છે, પરંતુ, કેટલાંક સંજોગોમાં પ્રકાશનું કિરણ માત્ર પરાવર્તન જ પામે છે.

આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ એક પાત્રમાં ચોખ્ખું પાણી ભરેલ છે. પાત્રના તળિયે એક પ્રકાશનું ઉદ્‌ગમ s રાખેલ છે. તેમાંથી નીકળતા ચાર કિરણો દર્શાવેલ છે.

કિરણ – 1 એ પાણીની સપાટી લંબરૂપે આપાત થતું કિરણ વક્રીભવન પામતું નથી.



જેમ જેમ આપાત કોણ θ_i ક્રમશ: વધારવામાં આવે તેમ તેનો વક્રીભૂત કોણ θ_r વધતો જાય છે.

કોઈ ચોક્કસ ખૂણે θ_c પર આપાત થતા કિરણ માટે વક્રીભૂત કોણ θ_r નું મૂલ્ય 90° થાય છે. આથી, આ કિરણ બે માધ્યમને જુદી પાડતી સપાટીને સમાંતર ગતિ કરે છે.

ક્રાંતિકોણ: આપાતકોણના જે મૂલ્ય માટે વક્રીભૂતકોણનું મૂલ્ય 90° થાય તેવા આપાતકોણના મૂલ્યને ક્રાંતિકોણ કહે છે.

પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન: પ્રકાશનું કિરણ જ્યારે ઘટ્ટ માધ્યમાંથી પાતળા માધ્યમમાં દાખલ થાય ત્યારે જો આપાતકોણનું મૂલ્ય ક્રાંતિકોણ કરતાં વધારે હોય તો પ્રકાશનું વક્રીભવન થવાને બદલે માત્ર પરાવર્તન જ થાય છે. આ ઘટનાને પ્રકાશનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન કહે છે.

ઉદાહરણ:

1. **ગરમ વાતાવરણમાં રણપ્રદેશમાં અથવા ડામરના રસ્તા પર મૃગજળનો આભાસ થાય છે.**
2. **ધ્રુવપ્રદેશ જ્યાં હંમેશા બરફ છવાયેલો રહે છે ત્યાં નાવિકોને સ્ટીમર અથવા જહાજ હવામાં ઉંધા લટકતા દેખાય છે.**
3. **હીરાનો ઝગમગાહટ**
4. **પાણીમાં રાખેલી કાચની ખાલી કસનળી (ટેસ્ટટ્યુબ) ચળકે છે.**
5. **વાહનના કાચમાં પડેલી તિરાડ પણ આ જ કારણે ચળકે છે.**

ઉપયોગિતાઓ:

1. **ફાઈબર ઓપ્ટિકલ કેબલ**
2. SLR **કેમેરા**
3. **એન્ડોસ્કોપ** (Endoscope)
4. **પેરિસ્કોપ (**Periscope)
5. **બાયનોક્યુલર** (Binoculars)
6. **પ્રિઝમ** (Prisms)

ક્રાંતિ કોણ (Critical Angle): આપાતકોણના જે મૂલ્ય માટે વક્રીભૂતકોણનું મૂલ્ય 90° થાય તેવા આપાતકોણના મૂલ્યને ક્રાંતિકોણ કહે છે.

ઉપર દર્શાવેલી આકૃતિ મુજબ જે માધ્યમમાંથી પ્રકાશનું કિરણ આપાત થાય છે તે માધ્યમની વક્રીભવનાંક η_i અને આપાત કોણ θ_i લઈએ અને જે માધ્યમમાં આ પ્રકાશના કિરણનું વક્રીભવન થાય છે તે માધ્યમનો વક્રીભવનાંક η_r અને આપાત કોણ θ_r લેવામાં આવે તો સ્નેલના નિયમ મુજબ,

$$\eta_i \sin\theta_i = \eta_r \sin\theta_r$$

હવે જ્યારે આપાતકોણ θ_i નું મૂલ્ય ક્રાંતિકોણ θ_c જેટલું થાય છે $\theta_i = \theta_c$, ત્યારે પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન થાય છે અને વક્રીભૂત કોણ $\theta_r = 90°$ થાય આથી,

$$\therefore \eta_i \sin\theta_c = \eta_r \sin 90°$$

$$\therefore \eta_i \sin\theta_c = \eta_r(1)$$

$$\therefore \eta_i \sin\theta_c = \eta_r$$

$$\therefore \sin\theta_c = \frac{\eta_r}{\eta_i}$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{\eta_r}{\eta_i}\right)$$

ઉપરોક્ત સમીકરણ ક્રાંતિકોણનું મૂલ્ય આપે છે.

$\frac{\eta_r}{\eta_i}$ નું મૂલ્ય હંમેશા 1 થી નાનું હોવું જોઈએ. જો તેનું મૂલ્ય 1 થી વધે તો એવા મૂલ્યનું $\sin^{-1}$ મૂલ્ય મળી શકે નહીં. જેનો અર્થ એ થાય કે પ્રકાશનું કિરણ પાતળા

માધ્યમમાંથી ઘટ્ટ માધ્યમમાં જાય ત્યારે તેનું પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન શક્ય બનતું નથી.

પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન માટેની શરતો:

1. પ્રકાશનું કિરણ ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી પાતળા માધ્યમ તરફ ગતિ કરતું હોવું જોઈએ.
2. આપાતકોણનું મૂલ્ય (જે માધ્યમમાંથી પસાર થઈ રહ્યું હોય તે માધ્યમના) ક્રાંતિકોણના મૂલ્ય કરતાં વધારે હોવું જોઈએ.

<u>હવે કેટલાંક જાણીતા માધ્યમો માટે ક્રાંતિકોણના મૂલ્યો:</u> (આ માત્ર જાણકારી અને દાખલા માટે ગણતરી તરીકે આપેલ છે.)

પાણી અને હવા માટે ક્રાંતિકોણનું મૂલ્ય:

$$\eta_i = \eta_{water} = 1.33$$

$$\eta_r = \eta_{air} = 1.00$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{\eta_{air}}{\eta_{water}}\right)$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{1.33}\right)$$

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

$$\therefore \theta_c = 48.75° \leftarrow for\ water$$

કાચ અને હવા માટે ક્રાંતિકોણનું મૂલ્ય:

$$\eta_i = \eta_{glass} = 1.52$$

$$\eta_r = \eta_{air} = 1.00$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{\eta_{air}}{\eta_{glass}}\right)$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{1.52}\right)$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}(0.6578)$$

$$\therefore \theta_c = 41.13° \leftarrow for\ glass$$

હીરા અને હવા માટે ક્રાંતિકોણનું મૂલ્ય:

$$\eta_i = \eta_{diamond} = 2.42$$

$$\eta_r = \eta_{air} = 1.00$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{\eta_{air}}{\eta_{diamond}}\right)$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}\left(\frac{1.00}{2.42}\right)$$

$$\therefore \theta_c = \sin^{-1}(0.4132)$$

$$\therefore \theta_c = 24.40° \leftarrow for\ diamond$$

LASER

LASER એક એવી રચના છે જે વિકિરણના ઉદ્દીપ્ત ઉત્સર્જન દ્વારા ઉત્પન્ન થતા પ્રકાશના વિવર્ધન દ્વારા LASER નું ઉત્પાદન કરે છે.

LASER એ ઉપરના શબ્દોને જોડીને (Acronym) બનાવાયેલ શબ્દ છે. જેનું પુરૂ નામ નીચે મુજબ છે.

L: LIGHT

A: AMPLIFICATION by

S: STIMULATED

E: EMISSION of

R: RADIATION

સામાન્ય પ્રકાશનાં ગુણધર્મો

1. સામાન્ય પ્રકાશ એક કરતા વધુ તરંગલંબાઈઓ ધરાવે છે આથી તેને બહુરંગી પ્રકાશ (Polychromatic light) કહે છે.
2. પ્રકાશના સામાન્ય ઉદગમસ્થાનમાંથી ઉદ્ભવતાં પ્રકાશના કિરણો વચ્ચે કળાનો સંબંધ જળવાતો નથી. એટલે કે પ્રકાશનું દરેક કિરણ અલગ અલગ કળા ધરાવે છે. આથી તેઓ સુસંબંધ (Incoherence) હોતા નથી.
3. સામાન્ય પ્રકાશનું વિસ્ફારણ (Divergence) વધુ થાય છે એટલે કે જેમ જેમ અંતર વધે તેમ પ્રકાશનાં કિરણનો બધી દિશામાં ફેલાવો વધતો જાય છે આથી તેની તેજસ્વિતા અને તીવ્રતા ખુબ જ ઝડપથી ઘટતી જાય છે. આમ, સામાન્ય પ્રકાશ ઓછો એકદીશ (Low Directional) અને ઓછો કેન્દ્રિત (Low Focused) હોય છે.

LASER light ના ગુણધર્મો

1. LASER Light એક જ તરંગલંબાઈ ધરાવે છે આથી તેને એકરંગી પ્રકાશ (Monochromatic light) કહે છે.
2. LASER Light માં ઉદ્ભવતા પ્રકાશના કિરણો સમાન કળામાં હોય છે. એટલે કે તેઓ સુસંબંધ (Coherent) હોય છે.
3. LASER light નું બીમ અંતર વધતાં તેનું વિસ્ફારણ અતિશય ઓછું થાય છે. આથી તેની તેજસ્વિતા અને તીવ્રતા ઘણા લાંબા અંતર સુધી જળવાઈ રહે છે. આમ, LASER light વધુ એકદિશ (High Directional) અને વધુ કેન્દ્રિત (Highly Focused) હોય છે.

સામાન્ય પ્રકાશ અને LASER LIGHT નો તફાવત

સામાન્ય પ્રકાશ	LASER LIGHT
સામાન્ય પ્રકાશ શક્ય એટલી તમામ દિશાઓમાં તરંગમાળાઓનું ઉત્સર્જન કરે છે.	LASER light માત્ર એક જ દિશામાં તરંગમાળાઓનું ઉત્સર્જન કરે છે.
સામાન્ય પ્રકાશના ઉદગમસ્થાનમાંથી ઉત્સર્જન પામેલા પ્રકાશના તમામ ફોટોન (photon) સમાન કળામાં હોતા નથી.	LASER ઉદગમસ્થાનમાંથી ઉત્સર્જન પામેલા પ્રકાશના તમામ ફોટોન (photon) એકસમાન કળામાં હોય છે.
સામાન્ય પ્રકાશ બહુરંગી (Polychromatic) હોય છે.	LASER light એકરંગી (Monochromatic) હોય છે.
સામાન્ય પ્રકાશનાં વિસ્ફારણ (Divergence) નું મુલ્ય અતિશય વધારે હોય છે.	LASER light વિસ્ફારણ (Divergence) નું મુલ્ય અતિશય ઓછું હોય છે.
ઊંચા વિસ્ફારણનાં કારણે અંતર વધતાં સામાન્ય પ્રકાશની તેજસ્વિતા અને તીવ્રતા ઝડપથી ઘટે છે.	અતિશય ઓછા વિસ્ફારણનાં કારણે અંતર વધતાં LASER Light ની તેજસ્વિતા અને તીવ્રતા ઘણા લાંબા અંતર સુધી અચળ રહે છે.
સામાન્ય પ્રકાશનાં કિરણો એકબીજાને સમાંતર હોતા નથી.	Laser light નાં કિરણો એકબીજાને સમાંતર હોય છે.

LASER – ઉપયોગો

મેડીકલ ક્ષેત્રે (Medical Field):

1. કિડનીમાંથી પથરી દૂર કરવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
2. શરીરના લીવર જેવા ભાગો કે જેમાંથી વધુ પ્રમાણમાં લોહી વહેતું હોય તેવા અંગોમાં blood-less સર્જરી માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
3. મગજ જેવા નાજુક અને સંવેદનશીલ અંગોની અત્યંત જટિલ સર્જરીમાં LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
4. ચહેરા પર રહેલા ખીલ, મસા, ડાઘ, કરચલીઓ, ઘા, સ્ટ્રેચ માર્ક, જન્મ સમયનું ચિહ્ન કે શરીરના અન્ય ભાગે રહેલા ટેટુ અને અનવાંછિત વાળના કાયમી નિકાલ માટે પણ LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
5. દાંતની સફાઈ કરી તેને સફેદ અને ચકચકિત બનાવવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
6. શરીરમાં થયેલી કેન્સર ગાંઠની સારવાર અને સર્જરી માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
7. આંખોના નંબર દૂર કરવા, કીકીની વક્રતાત્રિજ્યાના સુધાર અને આંખની અન્ય સર્જરી માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
8. મેડીકલ ક્ષેત્રે અંગોની સર્જારી માટે વાપરતા સ્કાલપેલ ની જગ્યાએ 0.5 μm જેટલી જાડાઈ ધરાવતું LASER બીમ ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે.

ઔદ્યોગિક ક્ષેત્રે (Industry Field):

1. Welding: એકબીજા સાથે સામાન્ય વેલ્ડિંગ વડે ન જોડાઇ શકતી ધાતુઓના વેલ્ડિંગ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
2. Drilling: મોટી જાડાઇ ધરાવતી ધાતુઓની sheetમાં ડ્રીલિંગ કરી ચોક્કસ માપના છિદ્ર બનાવવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
3. Cutting: ધાતુઓ ઉપરાંત કાચ અને ક્વાર્ટ્ઝ જેવા સ્ફટિકને સુરેખ કાપવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
4. Engraving: ધાતુઓ પર લખાણ, લોગો (Logo), ચામડાના રમકડા, વાંસ જેવા પદાર્થો પર ચિત્ર કે લખાણ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
5. Marking: ઇલેક્ટ્રોનિક્સ ક્ષેત્રે વાપરતા ટ્રાન્ઝીસ્ટર, IC ચીપ જેવા સુક્ષ્મ ભાગો પર જે તે ભાગની માહિતીદર્શક લખાણ શાહી કે અન્ય કેમિકલ વડે થઇ શકે નહિ. આવું લખાણ કરવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
6. Fine shaping & Sharpening: ધાતુઓના ઓજારના સૂક્ષ્મ આકાર આપવા માટે તેમજ તેની ધાર બનાવવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
7. Powder Coating: ધાતુઓ પર રક્ષણાત્મક પડ – પાઉડર કોટિંગ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
8. Hardening: ધાતુઓના બનેલા ઓજારોને તૂટે નહીં એવા સખત બનાવવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
9. Quality checking: ધાતુઓના બનેલા ઓજારોમાં આંતરિક તપાસ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
10. Electronics: માર્કેટમાં વપરાતા બારકોડ સ્કેનર, થમ્બ સ્કેનર, રેટિના સ્કેનર, ATM મશીન, LASER પ્રિંટર, CD-DVD પ્લેયર માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.

11. Communication: ઓપ્ટીકલ ફાઇબરમાં થતા સંદેશા-પ્રસારણ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
12. Photolithography: ઇલેક્ટ્રોનિક્સ ભાગો માટે અત્યંત જરૂરી એવા PCB બોર્ડનાં પ્રિન્ટીંગ માટે માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
13. Civil Engineering: મકાનોના ફ્લોરિંગ (ભોંયતળિયા)ના લેવલ, સર્વેના માપ, લાંબી ટનલના સીધા ખોદકામ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
14. Chemical Industry: કેટલીક ચોક્કસ રાસાયણિક પ્રકિયાને શરૂ કરવા તેમજ ઝડપી બનાવવા LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
15. Holography: 3D હોલોગ્રામ બનાવવા માટે માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
16. Film Industry: ફિલ્મોની રીલ પર સબટાઇટલ લખવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
17. Automobile Industry: વાહનોનાં ટાયરનાં એકદમ સચોટ Alignment (સીધ-નિર્ધારણ) માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
18. LASER Crystal: પારદર્શક પ્લાસ્ટિક અથવા કાચના બ્લોકની અંદર લખાણ કે ચિત્ર બનાવવા (Bubblegram) માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
19. OLED: ટેલીવિઝન અને મોબાઇલની OLED સ્ક્રીનનાં ઉત્પાદનમાં LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
20. Garment Industry: કાપડ ઉધોગમાં જથ્થાબંધ કાપડને એકસાથે ચોક્કસ માપમાં અને આકારમાં કાપવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
21. 3D Scan: જુના સ્થાપત્યો, ઐતહાસિક ચીજવસ્તુઓના ગહન અભ્યાસ માટે વપરાતા 3D સ્કેનમાં LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
22. Accelerometer: અત્યંત વેગથી પરિભ્રમણ કરતી વસ્તુના પરીભ્રમણ કે કોણીય વેગ માપવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.

Science and Technology (વિજ્ઞાન ક્ષેત્રે):

1. બ્રાઉનિયન ગતિના અભ્યાસ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
2. પ્રકાશનો વેગ શોધવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
3. પદાર્થમાં રહેલા અણુઓની સંખ્યા ગણવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
4. વાતાવરણમાં રહલા પ્રદુષિત વાયુઓના અભ્યાસ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
5. પૃથ્વીનો પરિભ્રમણનો દર ચોક્કસાઈપૂર્વક જાણવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
6. ખગોળશાસ્ત્રમાં અવકાશીય પદાર્થોની હાઈ-રેઝોલ્યુશન તસવીર લેવા માટે Guide Star (સંદર્ભ તારો) તરીકે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
7. પરમાણુઓના સંલયન (Nuclear Fusion) માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
8. ઉપગ્રહને ભૂ-સ્થિર (Geo-stationary) કક્ષામાં ચોક્કસાઈપૂર્વક ગોઠવવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
9. સુર્યમાળામાં રહલા તમામ ગ્રહો અને તેમના ઉપગ્રહોનું ચોક્કસ સ્થાન અને તેમનું અંતર માપવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
10. પુથ્વી પર આવી પડેલા બાહ્ય અવકાશીય પદાર્થોના 3D સ્કેન માટે LASERનો ઉપયોગ થાય છે.
11. અન્ય ગ્રહો પર મોકલેલ અવકાશયાન જે તે ગ્રહના જમીનમાં રહેલા તત્વો અને વાતાવરણના બંધારણમાં રહેલા વાયુઓના અભ્યાસ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
12. પૃથ્વીનાં રીમોટ સેન્સીંગ માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.

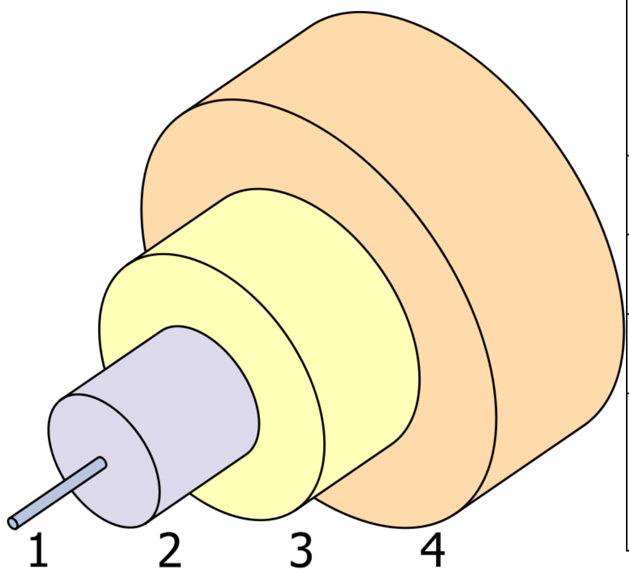
Military & Defense filed (સંરક્ષણ ક્ષેત્રે):

1. LASER રેંજ ફાઈન્ડર દુર રહેલા પદાર્થોનું અંતર માપવા માટે LASERનો ઉપયોગ થાય છે.
2. LIDAR: દુશ્મન તરફથી આવતા અત્યંત ઝડપી મિસાઈલનું સ્થાન અને વેગ જાણવા માટે LASERનો ઉપયોગ થાય છે.
3. Tactical High Energy Lasers: દુશ્મન તરફથી આવતા મિસાઈલ, વિમાન કે ડ્રોનને તોડી પાડવા માટે અત્યંત ઉર્જા ધરાવતા Tactical High Energy LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
4. સૈનિકો દ્વારા વપરાતી રાઈફલ કે સ્નાઈપર ગનમાં સચોટ નિશાન લેવા માટે LASERનો ઉપયોગ થાય છે.
5. Ring LASER Gyroscope: દુરથી આવતા પદાર્થોનાં પરિભ્રમણનો ખૂણો જાણવા માટે LASERનો ઉપયોગ થાય છે.
6. રાત્રી દરમિયાન અન્ય વિસ્તારમાં જાસુસી સર્વેક્ષણ માટે ચોક્કસ ટાર્ગેટને ગુપ્ત રીતે પ્રકાશિત કરવા માટે LASERનો ઉપયોગ થાય છે.
7. ગેલીયમ આર્સેનાઈડ ડાયોડ લેસર પ્રતિબંધિત વિસ્તારમાં અદૃશ્ય વાડ (Fence) રચવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
8. સૈનિકોને યુદ્ધાભ્યાસ માટે રણભુમી જેવી રચના કરવા માટે LASER નો ઉપયોગ થાય છે.
9. સંરક્ષણ માટે રેડીઓ તરંગો વપરાય છે જે તરંગોને આસાનીથી રીસીવ કરીને તેનું જામિંગ કરી શકાય છે. આના ઉપાય તરીકે મધ્ય રેંજ ($10\ \mu m$) ધરાવતા ઇન્ફ્રારેડ LASER દ્વારા થતા કોમ્યુનિકેશનમાં આવો ભય રહેતો નથી.

ઓપ્ટિકલ ફાઈબર

ઓપ્ટિકલ ફાઈબર:

- ઓપ્ટિકલ ફાઈબર એ માણસના વાળ જેટલી જાડાઈ ધરાવે છે.
- તે મુખ્યત્વે ડાઈ-ઇલેક્ટ્રીક દ્રવ્ય જેવાં કે ઉચ્ચ શુદ્ધતાવાળા કાચ અથવા પ્લાસ્ટિકનો બનેલો હોય છે.
- તેમાં પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન દ્વારા પ્રકાશના કિરણો એક છેડાથી બીજા છેડા સુધી વહન પામે છે.



Part No.	Part Name	Diameter
1	Core	$9\ \mu m$
2	Cladding	$125\ \mu m$
3	Coating	$250\ \mu m$
4	Buffer or jacket	$900\ \mu m$

ઓપ્ટિકલ ફાઈબરની રચના:

કોર (CORE):

- કોર એ સૌથી અંદરનો નળાકાર ભાગ છે
- તેનો વ્યાસ લગભગ 9 μm જેટલો હોય છે.
- આ ભાગ ડાઈ-ઇલેક્ટ્રીક દ્રવ્ય જેવાં કે ઉચ્ચ શુદ્ધતાવાળા કાચ અથવા પ્લાસ્ટિકનો બનેલો હોય છે.
- તેનો વક્રીભવનાંક ક્લેડિંગના વક્રીભવનાંક કરતાં વધારે હોય છે.
- પ્રકાશનું કિરણ કોરમાંથી જ પ્રસરણ પામીને બીજા છેડા સુધી પહોંચે છે.

ક્લેડિંગ (CLADDING):

- કોરની આજુબાજુના આવરણને ક્લેડિંગ કહે છે.
- તેનો વ્યાસ લગભગ 125 μm જેટલો હોય છે.
- તેનો વક્રીભવનાંક કોરના વક્રીભવનાંક કરતાં ઓછો હોય છે.
- તે પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન દ્વારા પ્રકાશના કિરણને કોર જ પ્રસરતું રાખે છે.
- કોર જેટલો મોટો હોય તેટલો વધુ પ્રકાશ કેબલમાં સમાઈ શકે છે, જે ઉચ્ચ ડેટા વહન સાથે સંબંધિત છે.

કોટિંગ (COATING):

- કોટિંગ એ ક્લેડિંગને બહારના સ્તરમાં બંધ રાખે છે.

- તેનો વ્યાસ લગભગ 250 μm જેટલો હોય છે.
- તે કોર અને ક્લેડિંગને મજબૂત કરવા, આંચકાને શોષવામાં મદદ કરવા અને કેબલના વધુ પડતા વળાંક સામે વધારાનું રક્ષણ પૂરું પાડવા માટેનું જરૂરી પ્લાસ્ટિક કોટિંગ છે.
- આનાથી કોર કે ક્લેડિંગના ગુણધર્મો પર તેની કોઈ અસર થતી નથી.

કેબલ જેકેટ (Cable Jacket):

- આ કેબલનું બાહ્ય પડ અથવા આવરણ છે.
- તેનો વ્યાસ લગભગ 900 μm જેટલો હોય છે.
- તેનો હેતુ કેબલને બાંધકામ કાર્ય, ફિશિંગ ગિયર અને ક્યારેક શાર્ક માછલી જેવા માનવસર્જિત અને કુદરતી જોખમોથી બચાવવાનો છે.

ACCEPATNCE ANGLE

એસેપ્ટન્સ એન્ગલ

આપણે જોયું છે કે પ્રકાશ કિરણ સંપૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તનને કારણે ઓપ્ટિકલ ફાઇબરમાં પ્રસરી શકે છે. આ આદર્શ સ્થિતિ છે. શું પ્રકાશ કિરણ માટે તમામ સંભવિત આપાત ખૂણા પર પ્રસરણ શક્ય છે? આ માટે પ્રકાશ કિરણને ઓપ્ટિકલ ફાઇબરમાં લોંચ કરવા સાથે સંબંધિત ભૂમિતિને ધ્યાનમાં લઈએ.

- પ્રકાશનું કિરણ ફાઇબરની અક્ષની સાપેક્ષે ખૂણાના જે મહત્તમ મૂલ્ય સુધી વહન પામી શકે તેવા ખૂણાને એસેપ્ટન્સ એન્ગલ θ_a કહે છે.
- ધારો કે કોરનો વક્રીભવનાંક η_1 છે અને ક્લેડિંગનો વક્રીભવનાંક η_2 છે. જે માધ્યમમાંથી પ્રકાશનું કિરણ આપાત કરવામાં આવે છે તે માધ્યમનો વક્રીભવનાંક η_0 છે.
- ધારો કે આપાત કોણ θ_i છે અને વક્રીભૂતકોણ θ_r છે.
- કોર અને ક્લેડિંગને અલગ પાડતી સપાટી આગળનો ખૂણો ϕ છે.
- હવે ફાઇબરના લોન્ચિંગ વિસ્તાર પર સ્નેલનો નિયમ લાગુ પાડતા,

$$\eta_0 \sin\theta_i = \eta_1 \sin\theta_r$$

$$\therefore \frac{\sin\theta_i}{\sin\theta_r} = \frac{\eta_1}{\eta_0} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (1)$$

હવે $\Delta\, ABC$ માં,

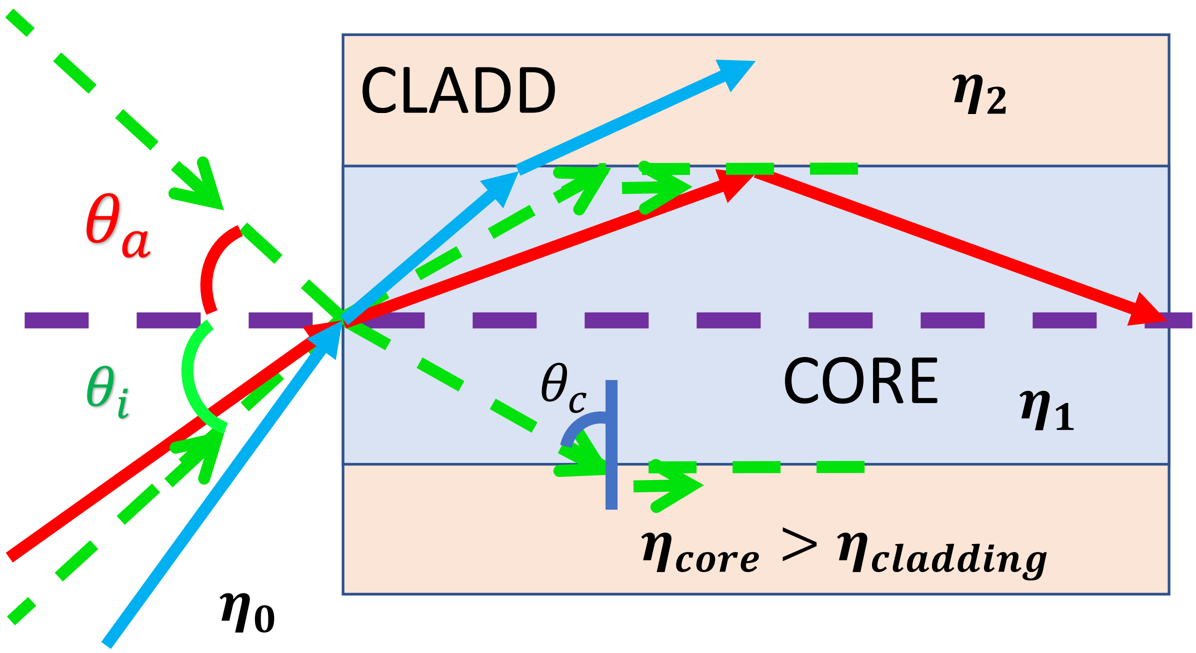
$$\theta_r + \phi = 90°$$

$$\therefore \theta_r = 90° - \phi$$

$$\therefore \sin\theta_r = \sin(90° - \phi) = \cos\phi \dots\dots\dots (2)$$

સમીકરણ (2) ની કિંમત (1) માં મૂકતાં,

$$\therefore \frac{\sin\theta_i}{\cos\phi} = \frac{\eta_1}{\eta_0}$$



$$\therefore \sin\theta_i = \frac{\eta_1}{\eta_0}\cos\phi \dots\dots\dots\dots\dots\dots (3)$$

- હવે આપાતકોણનું મૂલ્ય વધારતા જઈએ તો તેના કોઈ મહત્તમ મૂલ્ય $\theta_{i\,max}$ માટે $\phi = \phi_c$ થશે.

$$\therefore \sin\theta_{i\,max} = \frac{\eta_1}{\eta_0}\cos\phi_c \dots\dots\dots\dots\dots\dots (4)$$

- હવે કોર અને ક્લેડિંગની સપાટી આગળ સ્નેલનો નિયમ લાગુ પાડતા, ક્રાંતિકોણ એ આપાતકોણ બને છે અને વક્રીભૂત કોણનું મૂલ્ય 90° થશે. આથી,

$$\therefore \eta_1 \sin\phi_c = \eta_2 \sin 90°$$

$$\therefore \sin\phi_c = \frac{\eta_2}{\eta_1} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

- ત્રિકોણમિતિય સૂત્રનો ઉપયોગ કરતાં

$$\cos\phi_c = \sqrt{1-\sin^2\phi_c}$$

$$\therefore \cos\phi_c = \sqrt{1-\left(\frac{\eta_2}{\eta_1}\right)^2}$$

$$\therefore \cos\phi_c = \sqrt{\frac{{\eta_1}^2-{\eta_2}^2}{{\eta_1}^2}}$$

$$\therefore \cos\phi_c = \frac{1}{\eta_1}\sqrt{{\eta_1}^2-{\eta_2}^2} \;\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

સમીકરણ (6) ની કિંમત (4) માં મૂકતાં,

$$\therefore \sin\theta_{i\,max} = \frac{\eta_1}{\eta_0}\times\frac{1}{\eta_1}\sqrt{{\eta_1}^2-{\eta_2}^2}$$

$$\therefore \sin\theta_{i\,max} = \frac{1}{\eta_0}\sqrt{{\eta_1}^2-{\eta_2}^2} \;\ldots\ldots\ldots . (7)$$

- આપાત કિરણ મોટાભાગે હવામાંથી દાખલ થતું હોય છે આથી તેનો વક્રીભવનાંક $\eta_0 = 1.00$ લેતા અને $\theta_{i\,max} = \theta_0$ લખતાં

$$\therefore \sin\theta_0 = \sqrt{{\eta_1}^2-{\eta_2}^2} \;\ldots\ldots\ldots . (8)$$

$$\theta_0 = \sin^{-1}\left(\sqrt{{\eta_1}^2-{\eta_2}^2}\right) \;\ldots\ldots\ldots . (9)$$

θ_0 ને ઓપ્ટિકલ ફાઈબર માટે એસેપ્ટન્સ એન્ગલ (Acceptance Angle) કહે છે.

θ_0 થી વધુ મૂલ્યના આપતાકોણ માટે પ્રકાશના કિરણનું કિરણ કોરમાંથી ક્લેડિંગમાં વહન પામે છે જેન લીધે પ્રકાશિય ઉર્જાનો વ્યય થાય છે.

$$2\theta_0 = 2\sin^{-1}\left(\sqrt{{\eta_1}^2 - {\eta_2}^2}\right) \dots\dots\dots.(10)$$

$2\theta_0$ ને ઓપ્ટિકલ ફાઈબર માટે એસેપ્ટન્સ કૉન (Acceptance Cone) કહે છે જે આ શંકુ (Cone) માં આવતા પ્રકાશના તમામ કિરણો કોરમાંથી પૂર્ણ આંતરિક પરાવર્તન પામીને વહન પામે છે.

ન્યૂમેરિકલ એપર્ચર (Numerical Aperture): એસેપ્ટન્સ એન્ગલના sin મૂલ્યને તે ફાઈબર માટેનો ન્યૂમેરિકલ એપર્ચર કહેવાય છે.

$$N.A. = \sin\theta_0 = \sqrt{{\eta_1}^2 - {\eta_2}^2} \dots\dots\dots.(11)$$

સમીકરણ (6)ને ઉપયોગમાં લેતાં,

$$\therefore \cos\phi_c = \frac{1}{\eta_1}\sqrt{{\eta_1}^2 - {\eta_2}^2}$$

$$\therefore \eta_1\cos\phi_c = \sqrt{{\eta_1}^2 - {\eta_2}^2}$$

ઉપરોક્ત કિંમત સમી. (11) માં મૂકતાં,

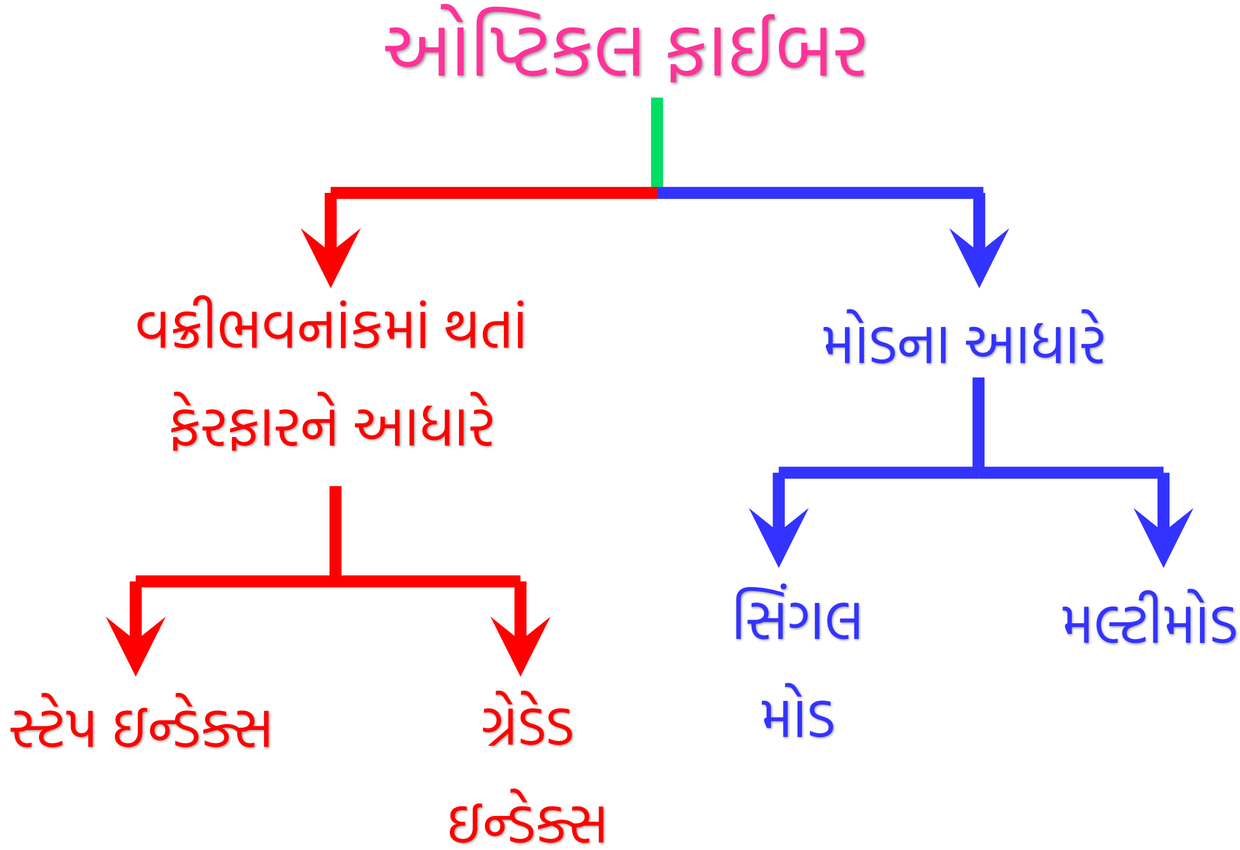
$$N.A. = \eta_1\cos\phi_c \dots\dots\dots.\dots(12)$$

ન્યૂમેરિકલ એપર્ચર એ ફાઈબરની પ્રકાશ એકત્ર કરવાની ક્ષમતા દર્શાવે છે.

તે માત્ર કોર અને ક્લેડિંગના વક્રીભવનાંકના મૂલ્યો પર જ આધાર રાખે છે.

ન્યૂમેરિકલ એપર્ચરનું મૂલ્ય જેમ વધારે તેમ પ્રકાશના સ્ત્રોતમાંથી પ્રકાશ સ્વીકારવાની ક્ષમતા વધારે.

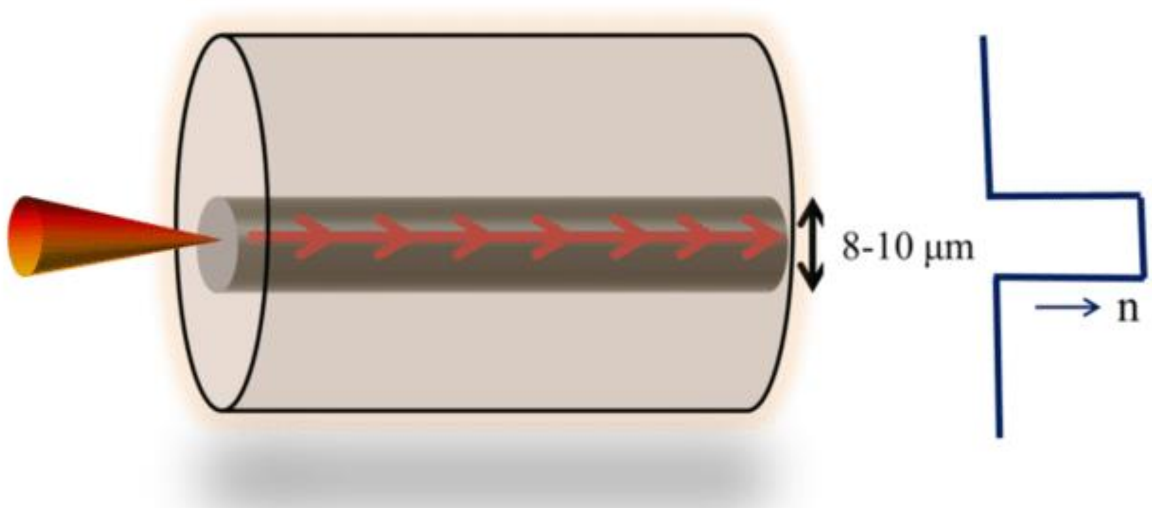
ઓપ્ટિકલ ફાઇબરના પ્રકાર



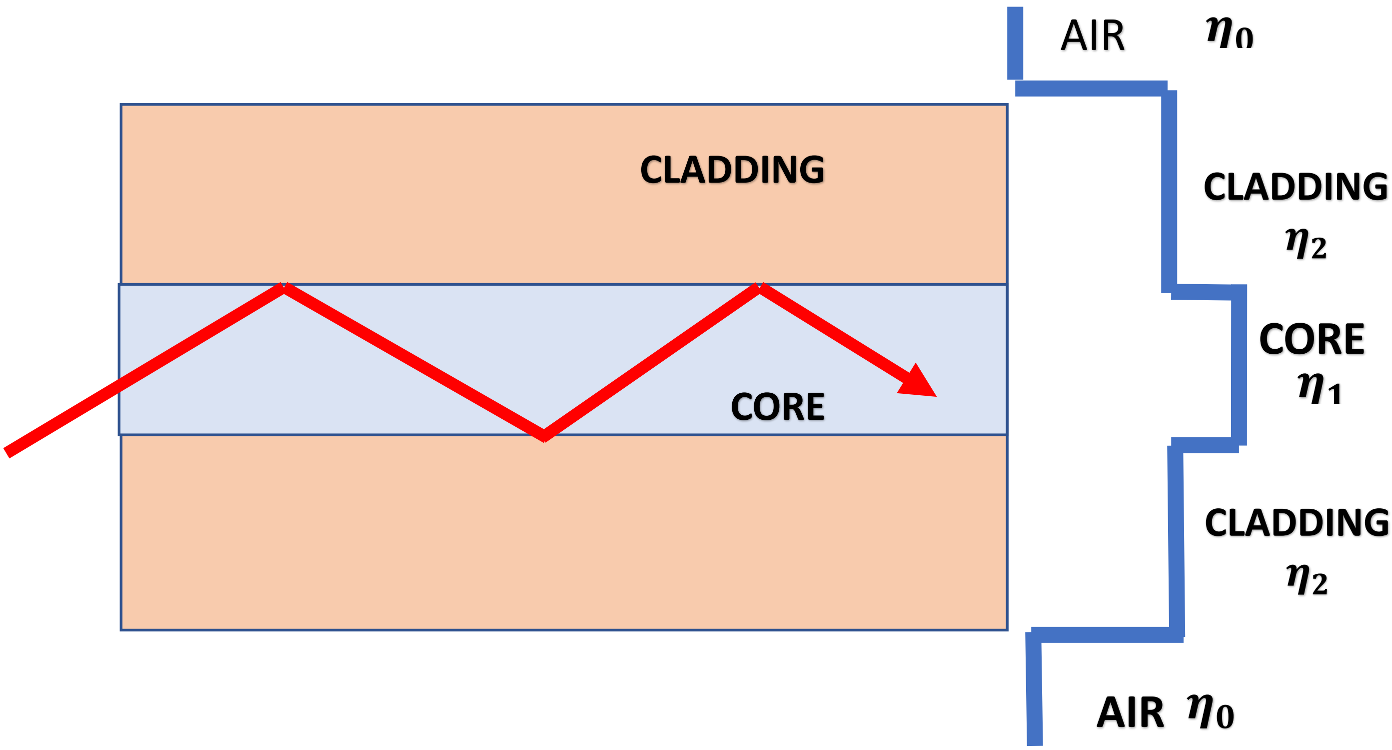
સ્ટેપ ઇન્ડેક્સ ઓપ્ટિકલ ફાઇબર:

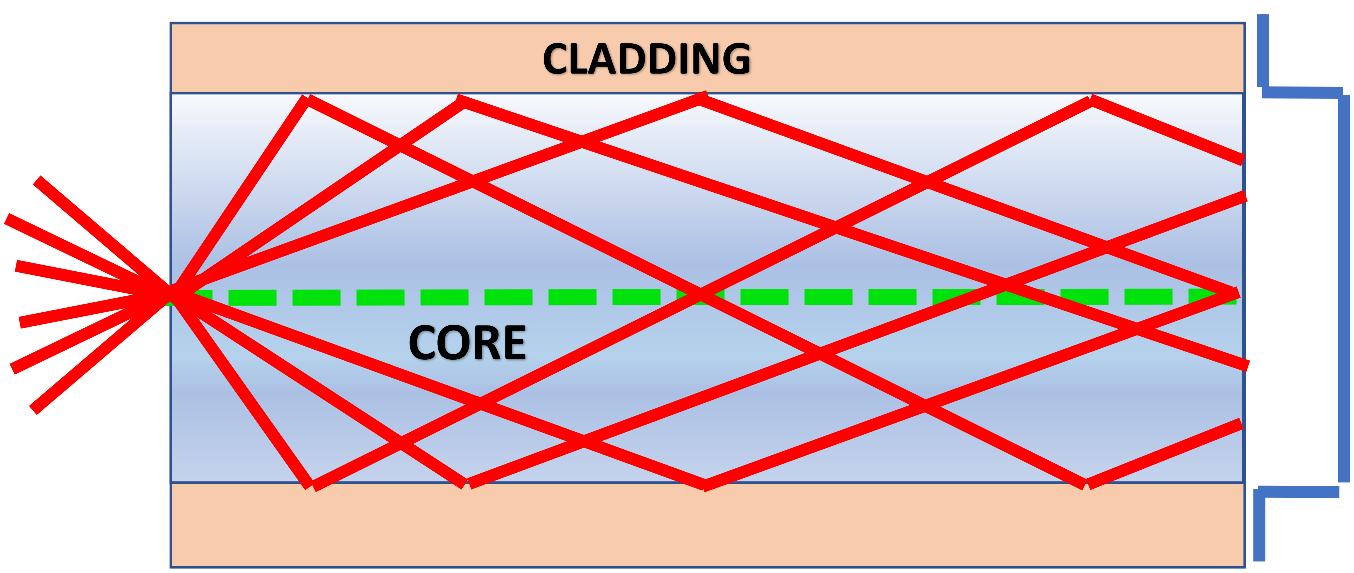
- સિંગલ મોડ કોરનો વ્યાસ 8 μm થી 10 μm જેટલો હોય છે.
- તેના ક્લેડિંગનો વ્યાસ 70 μm થી 125 μm જેટલો હોય છે.
- તેનો કોર સમાન વક્રીભવનાંક ધરાવે છે અને ક્લેડિંગના વક્રીભવનાંકમાં અચાનક ઘટાડો થાય છે.

- તેમાં પ્રકાશના કિરણો વાંકાચૂંકા (Zigzag) માર્ગે ગતિ કરે છે.
- તેમાંથી પસાર થતી વખતે પ્રકાશનું કિરણ દરેક પરાવર્તન વખતે ફાઇબરની અક્ષને ક્રોસ કરે છે.
- તેના બે પ્રકાર છે: (1) સિંગલ મોડ (2) મલ્ટી મોડ
- સિંગલ મોડ ફાઇબરની બેન્ડવિડ્થ 100 MHz જ્યારે મલ્ટીમોડની બેન્ડવિડ્થ 50 MHz હોય છે.
- સિંગલ મોડ ફાઇબરનો ઉપયોગ ટૂંકા અંતરના દૂર સંચાર માટે થાય છે.



સિંગલ-મોડ ફાઇબરમાં ઊંચી બેન્ડવિડ્થ હોય છે અને તે લાંબા-અંતરના નેટવર્કિંગ માટે સૌથી યોગ્ય પ્રકારનો ફાઇબર છે. તે, પણ, વિવિધ પ્રકારોમાં આવે છે, ફાઇબરમાં વિવિધ પ્રદેશો માટે ઑપ્ટિમાઇઝ કરવામાં આવે છે.


AIR η_0
CLADDING
CLADDING η_2
CORE
CORE η_1
CLADDING η_2
AIR η_0


CLADDING
CORE