B.Sc. Sem-2 P-201 U-2

Refraction Through Lenses:

Principal foci, Least Possible Distance Between an object & its real image in a convex lens, Derivation Produced by a thin lens, Equivalent Focal length of two thin lenses separated by a finite distance , Cardinal points of an optical system, Principal foci and focal planes , Principal points and principal planes, Nodal point, Aberrations, Spherical aberration in a lens, Chromatic aberration, Related Examples & Problem

Interference:

Interference in thin films, Interference due to reflected light, Interference due to transmitted light, Newton's rings, Determination of the wavelength of sodium light using Newton's Rings, Refractive index of a liquid Newton's Rings, Related Examples & Problem

Basic Reference:

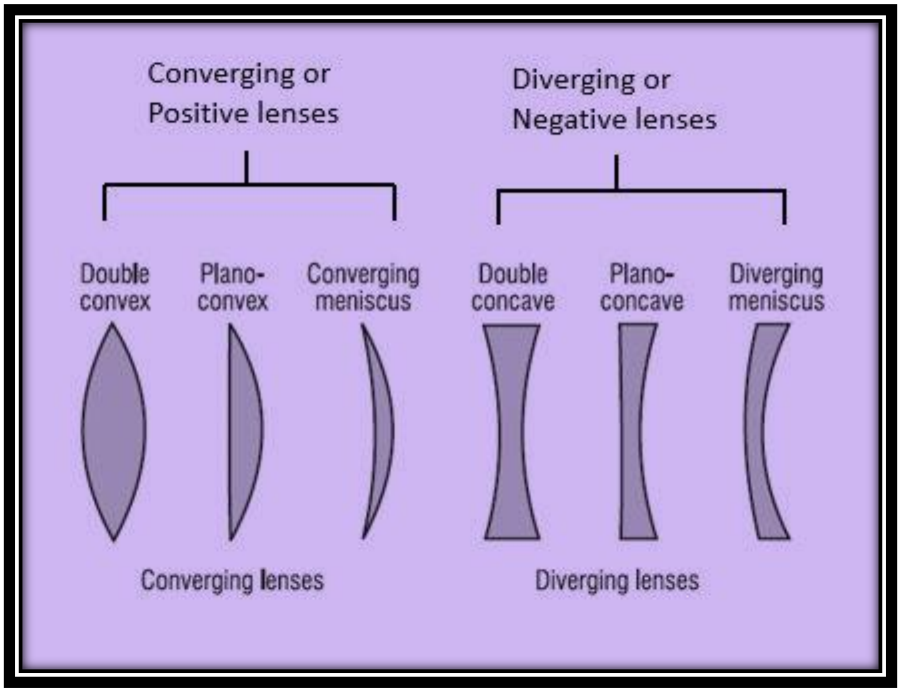
A Textbook of OPTIC by N. Subramanyam & Brij lal (S. Chand & Company Ltd.)

Chapter 1

લેન્સથી થતું વક્રિભવન (Refraction Through Lenses)

1.1લેન્સ એટલે શું ?(What is Lens?)

લેન્સ એ એક એવી રચના છે કે જેના દ્વારા પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન થાય છે. જેમાં આ રચના ને ઘેરતી બે સપાટી દ્વારા પ્રકાશનું વક્રિભવન થવાથી પ્રતિબિંબની રચના થાય છે. સામાન્ય રીતે લેન્સ કાચનો અને તેની બંને બાજુએ વક્રાકાર સપાટીથી બનેલો હોય છે. કાચની જગ્યાએ લેન્સ માટે કોઇપણ પારદર્શક પદાર્થ પણ વાપરી શકાય છે. જેવાકે ક્વાર્ટઝ ફ્યુઝડ સીલીકા, પ્લાસ્ટીક, પોલીથીલીન, એક્રેલીક વગેરે. લેન્સને ઘેરતી બંને સપાટીની આકારને અનુરૂપ જુદાજુદા પ્રકારના લેન્સ બનાવવામાં આવે છે. જેમાંના મુખ્યત્વે નીચે દર્શાવેલ લેન્સનો આપણે મહતમ ઉપયોગ કરીએ છીએ.



આકૃતિ-(1.1)

1.2.લેન્સ માટે વપરાતા કેટલાક પ્રચલીત શબ્દો(Some useful words for lens):

૧. લેન્સની વક્રસપાટીની ત્રિજ્યાને લેન્સની વક્રતા ત્રિજ્યા R કહેવામાં આવે છે.

૨.વક્રતા ત્રિજ્યા R ના વ્યસ્તને લેન્સની વક્રતા $C(C = 1/R)$ કહેવામાં આવે છે.

૩.લેન્સની બંને સપાટીને અનુરૂપ મળતી વક્રતાત્રિજ્યાના કેન્દ્રોને જોડતી રેખાને લેન્સની પ્રધાન અક્ષ કહેવામાં આવે છે.

૪.લેન્સની વક્રિભવન ઉત્પન્ન કરતી બંને સપાટીના જે બિંદુંમાંથી પ્રધાન અક્ષ પસાર થાય છે તે બિંદુને $Front\ vertex$ અને $Back\ vertex$ કહેવામાં આવે છે.

૫.બહિર્ગોળ લેન્સના કિસ્સામાં લેન્સની પ્રધાન અક્ષને સમાંતર આપત થતા કિરણને લેન્સની બીજી બાજુ એ જે સ્થાન પર કેન્દ્રીત થાય તે બિંદુને કેન્દ્રબિંદુ$(Principal\ focus\ or\ focal\ point)$ કહેવાય છે.

૬.લેન્સની મધ્યમાં પ્રધાન અક્ષ પર આવેલ બિંદુ કે જેમાંથી પ્રકાશ પસાર થતા તેનું વક્રિભવન થતું નથી તે બિંદુને $optical\ centre\ C$ કહેવાય છે.

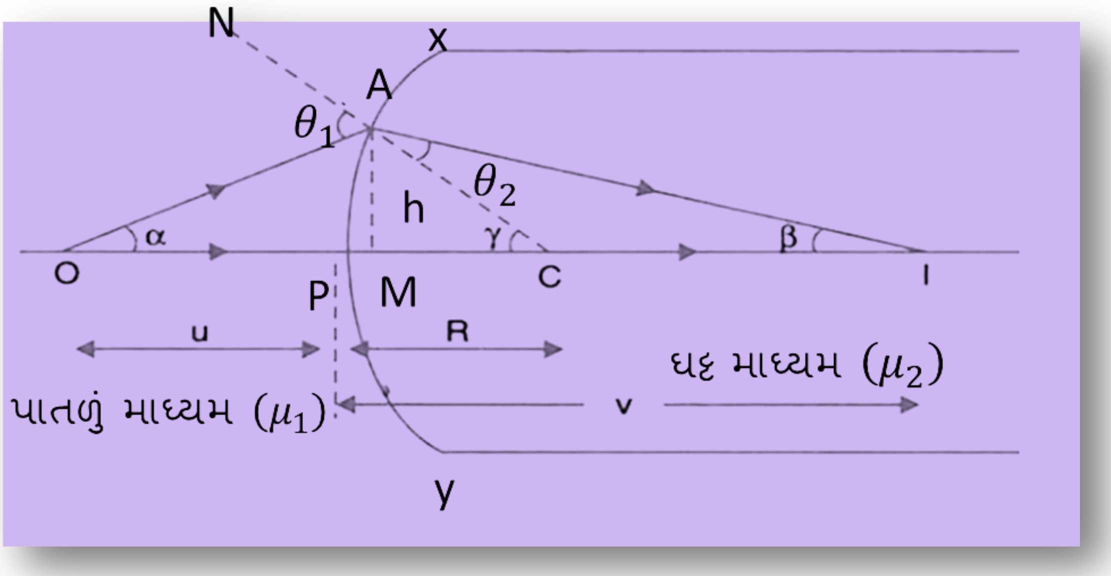
૭.લેન્સના optical $centre$ થી principal focus વચ્ચેના અંતરને કેન્દ્રલંબાઇ$(focal\ length\ F)$ કહેવાય છે.

૮.લેન્સની પ્રધાન અક્ષને લંબ અને કેન્દ્રબિંદુ માંથી પસાર થતા તલને $focal\ plane$ કહેવાય છે.

૯.બહિર્ગોળ લેન્સમાં લેન્સની જે બાજુ પ્રધાન અક્ષ પર વસ્તુ મૂકેલ હોય ત્યાંથી લેન્સના $front\ vertex$ સુધીના અંતરને વસ્તુ અંતર u કહેવાય છે. અને જ્યાં પ્રતિબિંબ મળે છે ત્યાંથી $back\ vertex$ સુધીના અંતરને પ્રતિબિંબ અંતર v કહેવાય છે અને વસ્તુ અંતરને હંમેશા ઋણ લેવામાં આવે છે.

૧૦.લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ (f) ના વ્યસ્તને લેન્સનો પાવર p કહેવાય છે.

1.3. લેન્સથી થતું વક્રિભવન(Refraction Through Lenses) અથવા લેન્સ માટેનો ગોસીયન સંબંધ (Gaussian relation for lens)



આકૃતિ-(1.2)

આકૃતિ-(1.2)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે O બિંદુ પાસેથી પ્રકાશ ઉત્પન્ન થઇ I બિંદુએ OAI દિશામાં વક્રિભૂત થઇ એકત્રિત થાય છે. તો આકૃતિ પરથી કહી શકાય કે ΔOAC અને ΔACI

માટે $\theta_1 = \alpha + \gamma$ અને $\gamma = \beta + \theta_2$ -------------(1)

પરંતુ વક્રિભવનના નિયમ મુજબ $\mu_1 sin\theta_1 = \mu_2 sin\theta_2$ -------------(2)

તેમજ α, β અને γ ના ટેન્જન્ટનું મૂલ્ય

$\tan\alpha = \frac{h}{u+\delta}$, $tan\beta = \frac{h}{v-\delta}$ અને $\tan\gamma = \frac{\Box}{R-\delta}$ ------------(3)

પરંતુ θ_1 અને θ_2 બંને કોણોનું મૂલ્ય ખૂબ નાનું હોવાથી,

$\mu_1\theta_1 = \mu_2\theta_2$ ---------------(4)

સમી.(4) ને સમી. (1) સાથે સાંકળતા

$\theta_2 = \frac{\mu_1}{\mu_2}(\alpha + \gamma)$

આ સમી.ને સમી.(2) માં મૂકતાં

$\mu_1\alpha + \mu_2\beta = (\mu_2 - \mu_1)\gamma$ ----------(5)

હવે જો $\tan\alpha = \alpha$, $\tan\beta = \beta$ અને $\tan\gamma = \gamma$ એમ સરેરાશ મૂલ્યો લઇએ ને δ નું મૂલ્ય ખૂબ નાનું હોવાથી અવગણીએ તો,

$\alpha = \frac{h}{u}, \beta = \frac{h}{v}$ અને $\gamma \frac{\square}{R}$ ----------(6)

આ સમી.(6) ને સમી. (5) માં મૂકી અને સામાન્ય અવયવ h વડે ભાગાકાર કરતાં

$\frac{\mu_1}{u} + \frac{\mu_2}{v} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$ -------------(7)

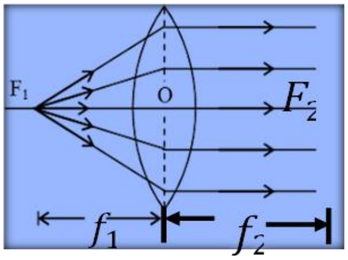
સમી.(7) માં u ની સંજ્ઞા $-ve$ અને v તેજ R ની સંજ્ઞા $+ve$ લેતાં

$\frac{\mu_2}{v} - \frac{\mu_1}{u} = \frac{\mu_2 - \mu_1}{R}$ ---------(8)

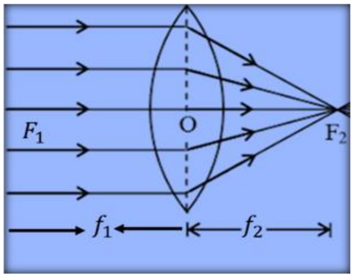
સમી.(8) ને એક વક્રસપાટી માટેનો ગોસીયન સંબંધ કહેવાય છે.

1.4. લેન્સના મુખ્યકેન્દ્રબિંદુનું સ્થાન(Position of the principal foci):

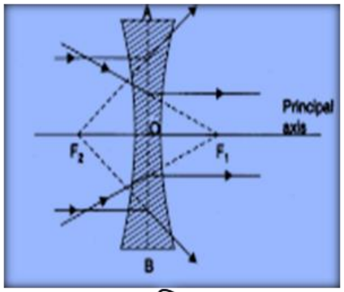
લેન્સની બંને સપાટી એક સ્વતંત્ર કેન્દ્રબિંદુ તેમજ કેન્દ્રતલ ધરાવે છે. તેમજ લેન્સને પણ પોતાના બે કેન્દ્રબિંદુઓઅને બે કેન્દ્રતલો હોય છે. લેન્સના કેન્દ્રબિંદુઓ અને કેન્દ્રતલોને પ્રધાન કેન્દ્રો અને પ્રધાન તલ કહેવાય છે. આ પ્રધાન કેન્દ્રો અને પ્રધાન તલો નીચે મુજબ મેળવવામાં આવે છે.



આકૃતિ-3a



આકૃતિ-3b



આકૃતિ-3c

(1)હવે જો બિંદુવત વસ્તુને લેન્સની પ્રધાનઅક્ષ પર એવા સ્થાન પર મૂકેલ હોય કે તેમાંથી ઉદભવતો પ્રકાશ લેન્સ દ્વારા વક્રિભવન પામી લેન્સની બીજી તરફ સમાંતર કિરણો રૂપે મળે (આકૃતિ(3a)) તો બિંદુવત વસ્તુના આ સ્થાનને લેન્સનું પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્ર બિંદુ F_1 કહેવાય છે. અને લેન્સના ઓપ્ટીકલ સેન્ટરથી આ બિંદુ વચ્ચેના અંતરે પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્રલંબાઇ f_1 કહેવાય છે. f_1 ને નીચે મુજબ મેળવી શકાય છે.

જાણીએ છીએ કે $\left(\frac{1}{v}-\frac{1}{u}\right)=(\mu-1)\left[\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right]$ -----------(9)

સમી.(9) માં $u=-f_1$ અને $v=\propto$ મૂકતાં,

$$\left(\frac{1}{\propto}-\frac{1}{-f_1}\right)=(\mu-1)\left[\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right]$$

$$\therefore\ \frac{1}{f_1}=(\mu-1)\left[\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right] \quad \text{---------(10)}$$

આ પ્રથમ મુખ્યકેન્દ્રબિંદુમાંથી પસાર થતું અને લેન્સની પ્રધાનઅક્ષને લંબ રહેલ તલને લેન્સનું પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્રતલ કહેવાય છે.

(2)હવે જો આકૃતિ(3b) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે વસ્તુ લેન્સથી અનંત અંતરે હોય અને તેનું પ્રધાન અક્ષ પર મળતું પ્રતિબિંબ જે બિંદુ એ રચાય તે બિંદુને લેન્સનું દ્વિતિય મુખ્ય કેન્દ્ર બિંદુF_2 કહેવાય છે. અને આ દ્વિતિય મુખ્ય કેન્દ્ર બિંદુ અને લેન્સના ઓપ્ટીકલ સેન્ટર વચ્ચેના અંતરને દ્વિતિય મુખ્ય કેન્દ્રલંબાઇ f_2 કહેવાય છે. માટે સમી.(9) માં $u=\propto$ અને $v=f_2$ મૂકતાં,

$$\frac{1}{f_2}-\frac{1}{\propto}=(\mu-1)\left[\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right]$$

$$\therefore\ \frac{1}{f_2}=(\mu-1)\left[\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2}\right] \quad \text{-----------(11)}$$

આ દ્વિતિય મુખ્ય કેન્દ્ર બિંદુમાંથી પસાર થતું અને લેન્સની પ્રધાન અક્ષને લંબ રહેલ તલને દ્વિતિય મુખ્ય કેન્દ્રતલ કહેવાય છે.

સમી. (10) અને (11) સમી. પરથી $f_1=f_2$ ---------(12)

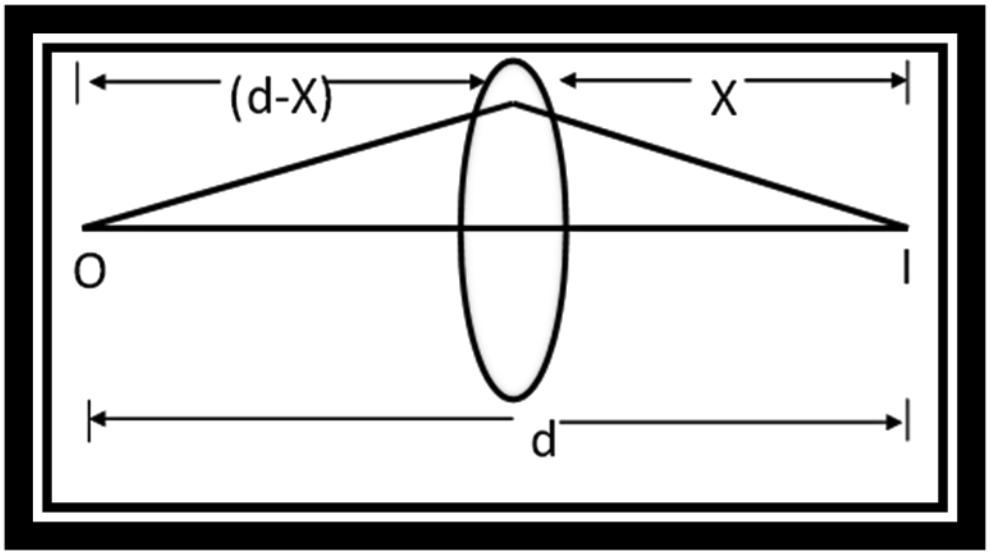
તેથી હવામાં આવેલ દરેક પાતળા લેન્સને બંને બાજુ એ એક એક એમ બે મુખ્ય કેન્દ્ર બિંદુઓ રહેલા હોય છે. આ બંને બિંદુનું લેન્સથી અંતર સમાન હોય છે.

આપણે જોયું કે બહિર્ગોળ લેન્સની દ્રિતિય મુખ્ય કેન્દ્રલંબાઇ f_2 ધન છે. અને પ્રથમ મુખ્યકેન્દ્રલંબાઇf_1 ઋણ છે. પરંતુ આકૃતિ (3c) મુજબ અંતર્ગોળ લેન્સમાં તેના થી વિરૂધ્ધ જોવા મળે છે. પરંતુ દરેક પ્રકારના પાતળા લેન્સમાં બંને કેન્દ્રલંબાઇનું સરખું મળતું હોવાથી લેન્સની ફક્ત એકજ કેન્દ્રલંબાઇ દર્શાવાય છે. અને તે પણ દ્રિતિય કેન્દ્રલંબાઇ દર્શાવાય છે માટે બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇને ધન $(+ve)$દર્શાવાય છે. અને અંતર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇને ઋણ $(-ve)$ દર્શાવાય છે. અને

સમી. $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = (\mu - 1)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right]$ ને બંને પ્રકારના લેન્સ માટે વાપરી શકાય છે. તેથી તેનું લેન્સનું સમી. કહેવાય છે.

1.5 બહિર્ગોળ લેન્સ માટે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબનું શક્ય લઘુતમ અંતર (Least possible distance between an object and its real image in convex lens):

જાણીએ છીએ કે બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા વસ્તુનું વાસ્તવિક અથવા આભાસી પ્રતિબિંબ મળે છે. અને તે વસ્તુના લેન્સથી સ્થાન પર આધારીત છે. હવે જો બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા વાસ્તવીક પ્રતિબિંબ જ મેળવવું હોય તો તે માટે આપણે દર્શાવીશું કે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું અંતર $4f$ બરાબર અથવા તેનાથી વધારે હોવું જોઇએ.



આકૃતિ-(1.4)

હવે જો આકૃતિ-(1.4)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે I એ વસ્તુ O નું બહિર્ગોળ લેન્સ દ્વારા મળતું પ્રતિબિંબ હોય અને પ્રતિબિંબ અંતરને X દ્વારા અને વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેના અંતરને d દ્વારા દર્શાવીએ તો વસ્તુ અંતર $(d - X)$ થશે. માટે $v = X$ અને $u = (d - X)$ લઇ અને લેન્સના સમી.માં મૂકતાં,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{X} + \frac{1}{d-X}$$

$$\therefore \frac{(d-X)+X}{X(D-X)} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{d}{X(d-X)} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore \frac{d}{Xd-X^2} = \frac{1}{f}$$

$$\therefore fd = Xd - X^2$$

$$\therefore X^2 - Xd + fd = 0$$

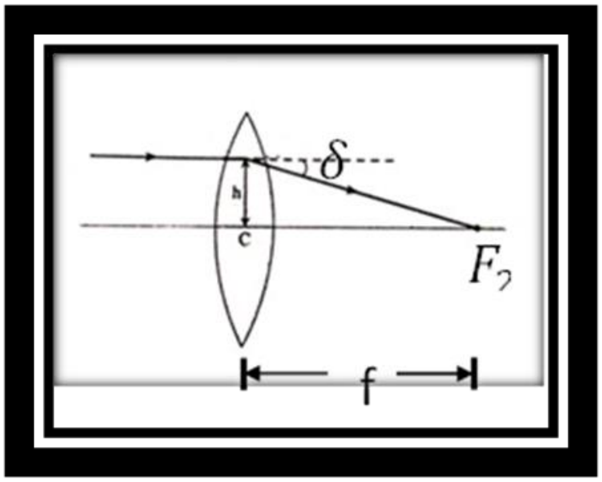
હવે જો વાસ્તવીક પ્રતિબિંબ હોય તો ઉપરના દ્રિઘાત સમી.નું વર્ગમૂળ વાસ્તવીક સંખ્યા હોય.

$\therefore d^2 - 4fd > 0$ અથવા $d > 4f$ ----------(13)

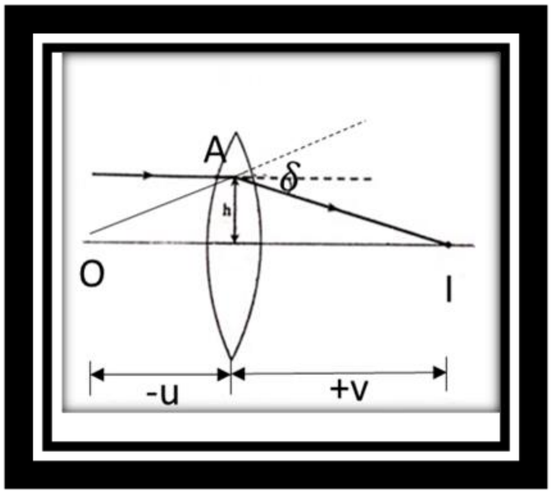
તેથી સમી. પરથી કહી શકાય કે બહિર્ગોળ લેન્સ માટે વસ્તુ અને વાસ્તવિક પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું ન્યુનતમ અંતર $4f$ થવું જોઇએ.

1.6 પાતળા લેન્સ વડે થતું વિચલન(Deviation by a thin lens):

લેન્સની રચના ઘણા બધા પ્રિઝમ એક બીજા પર ગોઠવાયેલ હોય તે રીતે બનેલી હોય છે. લેન્સનું કાર્ય આપાત પ્રકાશ કિરણનું વિચલન કરવાનું છે. તેથી એ જાણવું જરૂરી છે કે લેન્સના કોઇ એક નિશ્ચિત ભાગ દ્વારા કેટલું વિચલન થાય છે.



આકૃતિ(1.5a)



આકૃતિ(1.5b)

હવે જો કોઇ એક એકરંગી પ્રકાશનું કિરણ પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સની પ્રધાન અક્ષને સમાંતર લેન્સ પર કોઇ એક બિંદુA પર આપાત થાય. અને A બિંદુ લેન્સના પ્રધાનકેન્દ્રથી h ઊંચાઇએ આવેલ હોય અને જો લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ f હોય તો આ કિરણ લેન્સમાંથી પસાર થઇ લેન્સની બીજી બાજુના કેન્દ્રબિંદુ F_2પર કેન્દ્રીત થશે. જે આકૃતિ-(1.5a)માં દર્શાવેલ છે. તેથી કિરણના પથમાં લેન્સને કારણે થતુ વિચલન

$\tan\delta = \frac{h}{f}$

પરંતુ δ નું મૂલ્ય ખૂબજ નાનું હોવાથી $\tan\delta = \delta$ લેતાં,

$\delta = \frac{h}{f}$ ---------(14)

હવે જો આકૃતિ-(1.5b)માં દર્શાવ્યા મુજબ જો પ્રકાશ કિરણ પ્રધાન અક્ષ પર રહેલ કોઇ બિંદુO પરથી ઉદભવતી અને લેન્સ દ્વારા વિચલન પામી બિંદુI પર કેન્દ્રિત થતું હોય તો લેન્સના A બિંદુએ થી થતુ OAકિરણનું વિચલન

$\delta = \angle AOL + \angle AIL$

$\therefore \delta = \frac{h}{-u} + \frac{h}{+v} = h\left[\frac{1}{v} - \frac{1}{u}\right] = +h\left[\frac{1}{f}\right]$

$\therefore \delta = \frac{h}{f}$ --------(15)

ઉપર મુજબ બંને સ્થિતિમાં સમી. સરખા જ મળતા હોવાથી કહી શકાય કે લેન્સ દ્વારા થતું વિચલન એ વસ્તુના સ્થાન પર આધારીત નથી પરંતુ લેન્સના જે બિંદુ એ આપાત થાય છે તે બિંદુની કેન્દ્ર બિંદુથી ઊંચાઇ h અને લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ f પર આધારીત છે.

1.7 લેન્સનો પાવર(Power of a lens):

પ્રકાશના સમાંતર કિરણજૂથને અભિસૃત કે અપસૃત કરવાની લેન્સની ક્ષમતાને લેન્સનો પાવર કહે છે. વધારે કેન્દ્રલંબાઇવાળા બહિર્ગોળ લેન્સ પ્રકાશના કિરણ જૂથને ઓછો કેન્દ્રિત(અભિસૃત) કરે છે. જ્યારે ઓછી કેન્દ્રલંબાઇવાળા બહિર્ગોળ લેન્સ પ્રકાશના કિરણોને વધારે કેન્દ્રિત(અભિસૃત) કરે છે. આથી બહિર્ગોળ લેન્સના પાવરને $(+Ve)$ ધન લેવામાં આવે છે. ઓછી કેન્દ્રલંબાઇવાળા બહિર્ગોળ લેન્સનો પાવર વધારે હોય છે.

અંતર્ગોળ લેન્સ પ્રકાશના કિરણોને વિકેન્દ્રિત(અપસૃત) કરે છે.તેથી તેના પાવરને $(-Ve)$ ઋણ ગણવામાં આવે છે. **લેન્સના પાવરના એકમને ડાયોપ્ટર(dioptre)D કહે છે.**

$$\text{પાવર}(P) = \frac{1}{\text{લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ(મીટરમાં)}}$$

$$\text{પાવર}(P) = \frac{1}{f}$$

આમ, જો બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્ર લંબાઇ 1 મીટર હોય તો પાવર=+1ડાયોપ્ટર અને કેન્દ્રલંબાઇ 2 મીટર હોય તો તેનો પાવર=+1/2 ડાયોપ્ટર થશે.

જો f_1 અને f_2 કેન્દ્રલંબાઇવાળા બે લેન્સ એકબીજાના સંપર્કમાં હોય તો,

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$$

$$P = P_1 + P_2$$

જ્યાં P_1 અને P_2 એ બંને લેન્સનો પાવર છે જ્યારે P એ બંને લેન્સનો સમતુલ્ય પાવર છે.

હવે જો f_1 અને f_2 કેન્દ્રલંબાઇવાળા સમાક્ષીય લેન્સને d અંતરે મૂક્લ હોય તથા f એ બંને લેન્સના તંત્રની સમતુલ્ય કેન્દ્રલંબાઇ હોય તો,

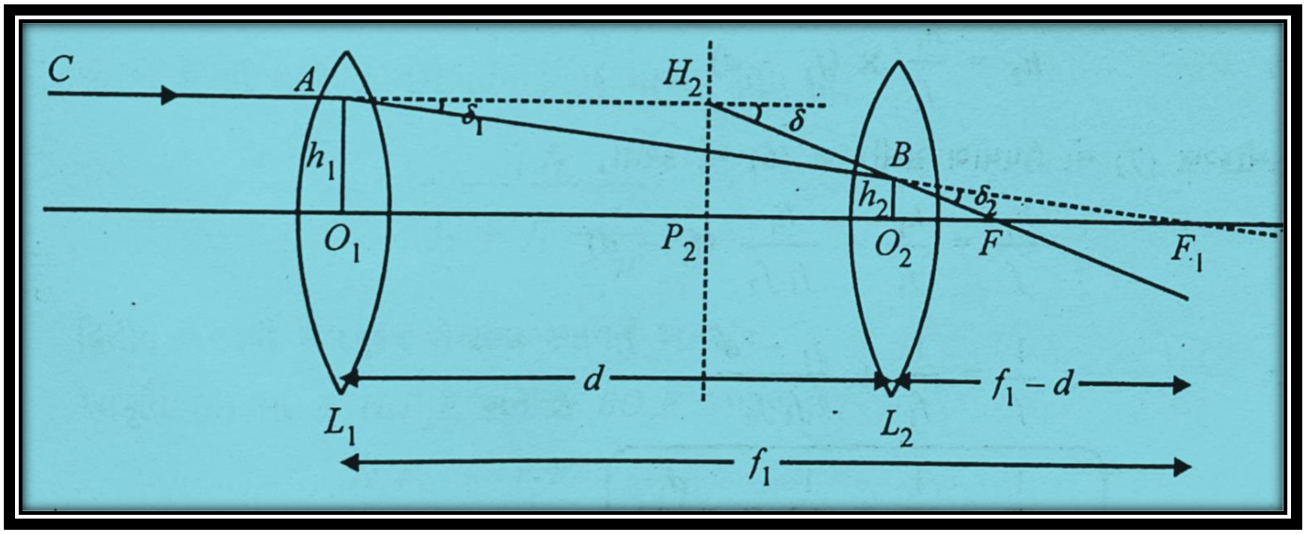
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$$

$$P = P_1 + P_2 - dP_1P_2$$

P એ સમતુલ્ય પાવર છે.

1.8 નિયત અંતરે મૂકેલા બે લેન્સના ક્ષેત્રની સમતુલ્ય કેન્દ્ર લંબાઇ (Equivalent focal length of two lenses separated by finite distance):

જ્યારે બે પાતળા લેન્સને એક સમાન અક્ષ પર મૂકવામાં આવે છે ત્યારે પહેલા લેન્સ વડે મળતું પ્રતિબિંબ એ બીજા લેન્સ માટે વસ્તુની ગરજ સારે છે. આમ, બંને લેન્સ એક સંયુક્ત પ્રણાલી બનાવી અને વસ્તુનું અંતિમ પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન કરે છે.



આકૃતિ-(1.6)

એ સમજવા માટે આકૃતિ-(1.6)માં દર્શાવ્યા મુજબ ધારોકે બે પાતળા લેન્સ L_1 અને L_2 ને d જેટલા અંતરે એક જ અક્ષ પર ગોઠવેલ છે અને તે બંને લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ અનુક્રમે f_1 અને f_2 છે. હવે આ બંને લેન્સ દ્વારા સંયુક્તપણે મળતી અસરને આપણે એક લેન્સ દ્વારા મળતી અસરના રૂપમાં કલ્પના કરી અને તેને સમતુલ્ય લેન્સ મેળવી શકીએ. એ ત્યારે શક્ય બને કે જ્યારે બંને લેન્સ દ્વારા મળતા પ્રતિબિંબ જેવું જ પ્રતિબિંબ સમતુલ્ય લેન્સ દ્વારા મળે અને આ રીતે મળતા સમતુલ્ય લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇને સમતુલ્ય કેન્દ્રલંબાઇ f કહેવામાં આવે તે માટેનું સમી. નીચે મુજબ મેળવી શકાય.

હવે જો CA એ એક એકરંગી પ્રકાશનું કિરણ પ્રધાન અક્ષને સમાંતર પહેલા લેન્સ L_1પર h_1 ઊંચાઇએ આપાત થાય તો તે L_1 લેન્સ દ્વારા A બિંદુ પાસેથી δ_1 જેટલા કોણે વાંકું વળશે અને આમ

આ કિરણ CA, L_1 દ્વારા વક્રિભવન પામી F_1 તરફ આગળ વધશે. તેથી L_1 લેન્સ દ્વારા ઉદભવતું વિચલન

$\delta_1 = \frac{h_1}{f_1}$

હવે L_1 લેન્સથી ઉદભવતું AB કિરણ બીજા લેન્સ L_2પર h_2 જેટલી ઊંચાઇએ આપાત થશે. અને તેથી લેન્સ L_2 દ્વારા તે કિરણ δ_2 જેટલા કોણે વક્રિભવન પામી અને પ્રધાન અક્ષ પર F બિંદુએ પહોંચશે. તેથી પ્રધાન અક્ષને સમાંતર આપાત થતું કિરણ CAએ બંને લેન્સની પ્રણાલી દ્વારા F બિંદુંએ પહોંચશે.તેથી બિંદુF ને બંને લેન્સની પ્રણાલીનું દ્વિતિય કેન્દ્રબિંદુ કહેવાય છે હવે બીજા લેન્સ દ્વારા ઉદભવતું વિચલન

$\delta_2 = \frac{h_2}{f_2}$

હવે જો આપાત કિરણ CA ને તેના પ્રસરણની દિશામાંજ લંબાવીએ અને નિર્ગમન કિરણ BF ને તેની પાછળની બાજુએ લંબાવીએ તો તે બંને કિરણો H_2 બિંદુ એ એક બીજા પર સંપાત થશે. તેથી જો H_2બિંદુએ P_2 લેન્સ મૂકવામાં આવે કે જેથી કેન્દ્રલંબાઇ f હોય તો P_2 લેન્સ દ્વારા પ્રતિબિંબ મળશે તે બંને લેન્સ દ્વારા મળતા પ્રતિબિંબ જેવું જ હશે. તેથી P_2 લેન્સને સમતુલ્ય લેન્સ કહેવાય છે. અને આ પરિણામી લેન્સ દ્વારા મળતુ વિચલન $\delta = \frac{h_1}{f}$ થશે.

સમતુલ્ય(equivalent) લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ

હવે L_1 લેન્સ વડે મળતું વિચલન $\delta_1 = \frac{h_1}{f_1}$

અને L_2 લેન્સ દ્વારા મળતું વિચલન $\delta_2 = \frac{h_2}{f_2}$

પરંતુ $\delta = \delta_1 + \delta_2$

$\therefore \frac{h_1}{f} = \frac{h_1}{f_1} + \frac{h_2}{f_2}$ ---------(16)

હવે ΔAO_1F_1 અને ΔBO_2F_2 બંને સમાન ત્રિકોણ છે.

$\therefore \frac{AO_1}{O_1F_1} = \frac{BO_2}{O_2F_2}$

અથવા $\frac{h_1}{f_1} = \frac{h_2}{f_1 - d}$ ---------(17)

અથવા $h_2 = \frac{h_1(f_1-d)}{f_1}$ ------(18)

સમી.(16) માં સમી. (18) ની કિંમત મૂકતાં

$$\frac{h_1}{f} = \frac{h_1}{f_1} + \frac{h_1(f_1-d)}{f_1 f_2}$$

$$\therefore \frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad \text{----------(19)}$$

માટે પરીણામી સમતુલ્ય કેન્દ્રલંબાઇ

$$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d} \quad \text{---------(20)}$$

અથવા $f = \frac{-f_1 f_2}{\Delta}$ --------(21)

જ્યાં $\Delta = d - (f_1 + f_2)$ છે અને તેને બે લેન્સ વચ્ચેનો **પ્રકાશીય અંતરાલ**(optical interval) કહેવામાં આવે છે.

1.9 કાર્ડિનલ બિંદુઓ (Cardinal points of optical system):

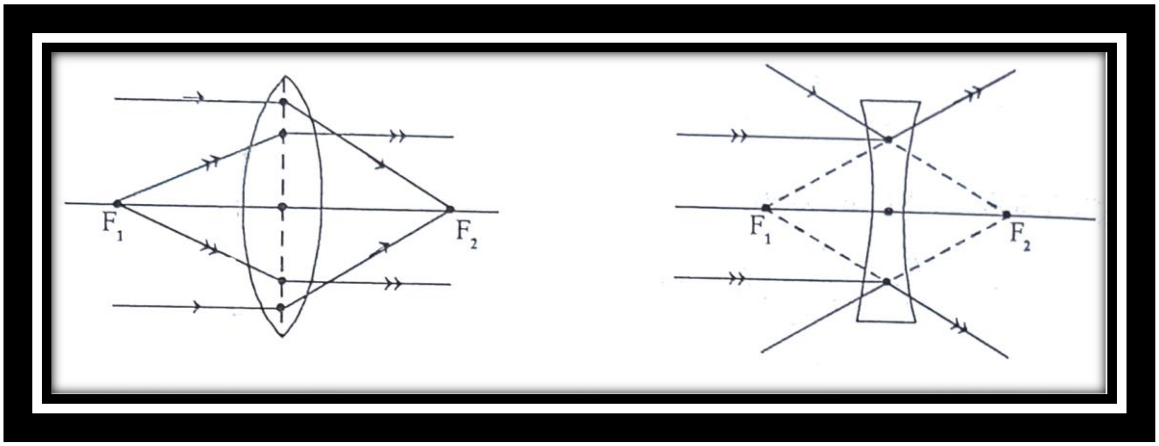
પાતળા લેન્સથી થતા વક્રીભવનમાં પ્રતિબિંબનું સ્થાન તેના બે મુખ્ય કેન્દ્રોનો ઉપયોગ કરી જાણી શકીએ.આ વખતે લેન્સની જાડાઇને ધ્યાનમાં લેતા નથી.

પરંતુ જાડો લેન્સ હોય અથવા બે કે બે કરતાં વધારે લેન્સના બનેલા તંત્રમાં લેન્સની જાડાઇ અને દરેક લેન્સથી થતું વિચલન ધ્યાનમાં લેવામાં આવે છે. દરેક લેન્સથી થતું વિચલન જાણવું મુશ્કેલ છે. આથી આ મુશ્કેલી દૂર કરવા માટે 1841માં ગૉસ નામના વૈજ્ઞાનિકે જણાવ્યું કે બે કે બે કરતાં વધારે લેન્સનું બનેલું તંત્ર એક એકમ તરીકે કામ કરે છે. તેને એલ લેન્સથી થતા વક્રીભવનના નિયમો લાગુ પાડી શકાય. લેન્સના તંત્રમાં સૈધ્ધાંતિક રીતે અક્ષને લંબ બે સમતલો નક્કી કરવામાં આવે છે. તેમના મુખ્ય અક્ષ સાથેના છેદનબિંદુને મુખ્ય બિંદુઓ અથવા ગૉસ બિંદુઓ કહેવામાં આવે છે. વાસ્તવમાં બે મુખ્ય કેન્દ્રો, બે મુખ્ય બિંદુઓ તથા બે નોડલ બિંદુઓ મળી કુલ છ બિંદુઓ મળે છે. આ છ બિંદુઓને કાર્ડિનલ બિંદુઓ કહે છે. આ કાર્ડિનલ બિંદુઓની મદદથી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ જાણી શકાય છે.

મુખ્ય કેન્દ્રો અને ફોકલ સમતલો(Principal foci and focal planes):

ધારો કે જાડો લેન્સ અથવા નિયત અંતરે રહેલા બે સમાક્ષીય લેન્સ પર અક્ષના કોઇ બિંદુથી આવતું કિરણ લેન્સથી વક્રીભવન પામી અક્ષને સમાંતર બને તો F_1 ના સ્થાનને પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્ર કહે છે. પ્રતિબિંબ અનંત અંતરે મળશે. $(v = \propto)$

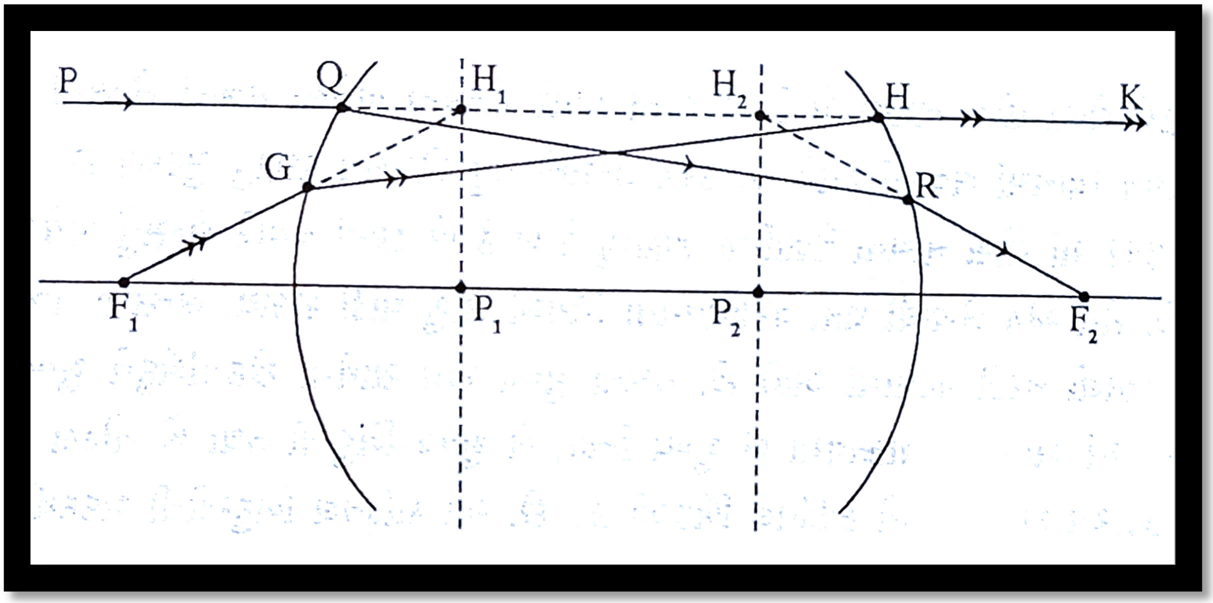
હવે અક્ષને સમાંતર કિરણ લેન્સ પર આપાત કરતાં તે વક્રીભવન અક્ષના F_2 બિંદુએ આવે છે. F_2 ને લેન્સનું દ્વિતિય મુખ્ય કેન્દ્ર$(Second\ principal\ foci)$ કહે છે. તે અનંત અંતરે રહેલ વસ્તુના પ્રતિબિંબનું સ્થાન છે. પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્ર F_1 માંથી પસાર થતા તથા અક્ષને લંબ આવેલ સમતલને પ્રથમ ફોકલ સમતલ કહે છે. તે જ રીતે દ્વિતિય મુખ્ય કેન્દ્ર F_2માંથી પસાર થતા અને અક્ષને લંબ આવેલ સમતલને દ્વિતિય ફોકલ સમતલ કહે છે.(આકૃતિ-(1.7))



આકૃતિ-(1.7)

મુખ્ય બિંદુઓ અને મુખ્ય સમતલો(Principal points and principal planes):

ધારો કે જાડો લેન્સ અથવા સમ-અક્ષીય બે લેન્સનું તંત્ર છે. F_1 અનેF_2 એ તેમના મુખ્યકેન્દ્રો છે. અક્ષને સમાંતર હોય તેવું કિરણ PQ લેન્સ પર Q બિંદુએ આપાત થાય છે. લેન્સ વડે તેનું વક્રીભવન થતાં RF_2માર્ગે નિર્ગમ પામી દ્વિતિય મુખ્યકેન્દ્ર F_2 માંથી પસાર થાય છે.(આકૃતિ-(1.8))



આકૃતિ-(1.8)

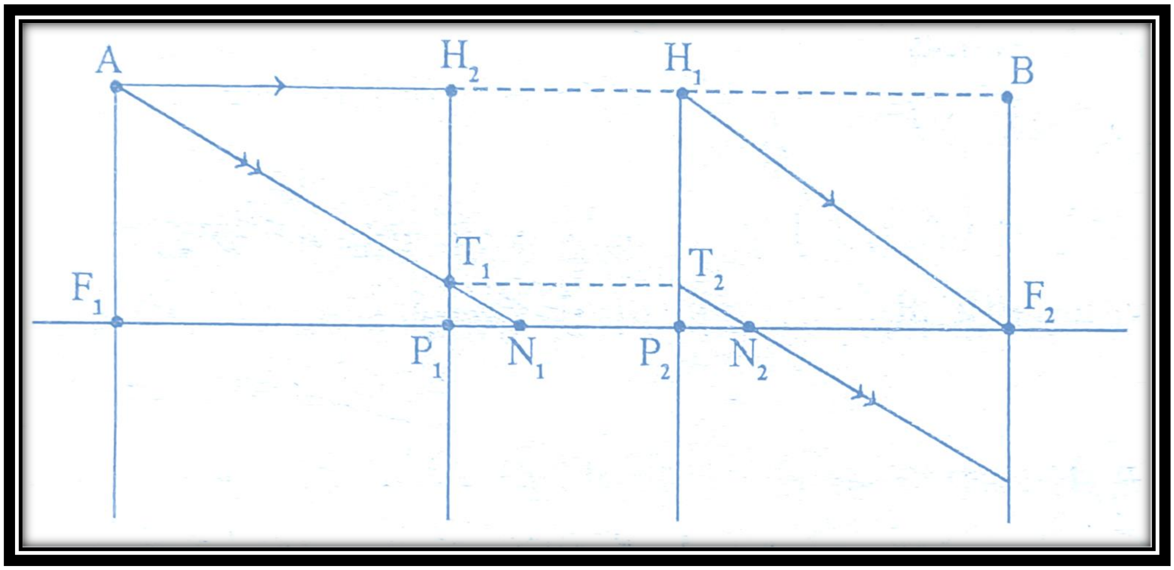
આપાત કિરણને આગળ તરફ અને નિર્ગમ કિરણને પાછળ તરફ લંબાવતાં તે H_2 બિંદુએ છેદે છે. H_2માંથી પસાર થતા અને મુખ્ય અક્ષને લંબ હોય તેવું સમતલ અક્ષને P_2 બિંદુએ છેદે છે. P_2 ને દ્રિતિય મુખ્યબિંદુ કહે છે. અને H_2P_2 માંથી પસાર થતા સમતલને દ્રિતિય મુખ્ય સમતલ કહે છે.

બીજું કિરણ લેન્સ (અથવા તંત્ર)ના પ્રથમ મુખ્ય કેન્દ્ર F_1 માંથી નીકળી લેન્સના S બિંદુએ આપાત થાય છે તેનું વક્રીભવન થતાં TW માર્ગે અક્ષને સમાંતર નિર્ગમ પામે છે. F_1S અને TW ને લંબાવતાં તે H_1 બિંદુએ છે છે. H_1 માંથી અક્ષને લંબ આવેલ સમતલ H_1P_1 ને લેન્સનું દ્રિતિય મુખ્ય સમતલ કહે છે. જ્યારે H_1P_1 ના અક્ષ સાથે છેદનબિંદુ P_1 ને લેન્સનું પ્રથમ મુખ્ય બિંદુ કહે છે. બંને આપાત કિરણો H_1તરફ આપાત થાય છે. અને નિર્ગમ કિરણો H_2 માંથી આવતા જણાય છે તેથી H_2 એ H_1 નું પ્રતિબિંબ બને છે. H_1 અને H_2 એ એકબીજાના અનુબધ્ધ (*conjugate*) બિંદુઓ તથા H_1P_1 અને H_2P_2 એ અનુબધ્ધ સમતલો છે. વળી, $H_1P_1 = H_2P_2$હોવાથી સમતલની પાર્શ્વિક મોટવણી +1 છે.

નોડલ બિંદુઓ(Nodal points):

આકૃતિ-(1.9) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે H_1P_1 અને H_2P_2એ અનુક્રમે પ્રથમ અને દ્રિતિય મુખ્ય સમતલ તથા AF_1અને BF_1 એ અનુક્રમે પ્રથમ અને દ્રિતિય ફોકલ સમતલ છે. ધારોકે પ્રથમ ફોકલ સમતલ

AF_1 પર બિંદુ A છે. A માંથી અક્ષને સમાંતર આપાત થયેલ કિરણ AH_1 બે લેન્સના તંત્રમાંથી નિર્ગમ પામીને $H_1P_1 = H_2P_2$ થાય તે રીતે H_2 બિંદુમાંથી નીકળીને H_2F_2 દિશામાં જાય છે. અને દ્વિતિય મુખ્ય કેન્દ્ર F_2 માંથી પસાર થાય છે.



આકૃતિ-(1.9)

Aમાંથી નીકળતું બીજુ કિરણ AT_1 નિર્ગમ કિરણ H_2F_2 ને સમાંતર નીકળી પ્રથમ મુખ્ય સમતલ પર T_1 બિંદુએ આપાત થઇ $T_1P_1 = T_2P_2$ થાય તે રીતે T_2 માંથી H_2F_2 ને સમાંતર નિર્ગમ થાય છે.

આમ, આપાત કિરણ AT_1 અને નિર્ગમ કિરણ T_2R ના અક્ષ સાથેના છેદનબિંદુઓ N_1 અને N_2 એ બે નોડલ બિંદુઓના સ્થાન દર્શાવે છે. N_1 અને N_2 એ બે અનુબધ્ધ બિંદુઓની જોડ છે.

આપાત કિરણ AN_1 અને અનુબધ્ધ નિર્ગમ કિરણ T_2R ને સમાંતર છે.

આકૃતિ પરથી $\tan\alpha_1 = \tan\alpha_2$

$\Delta T_1P_1N_1$અને $\Delta T_2P_2N_2$ માટે, $T_1P_1 = T_2P_2$

$\angle T_1N_1P_1 = \angle T_2N_2P_2 = \alpha$

$P_1N_1 = P_2N_2$

N_1P_1 ને બંને બાજુ ઉમેરતાં, $P_1N_1 + N_1P_2 = P_2N_2 + N_1P_2$

$P_1P_2 = N_1N_2$

એટલે કે બે નોડલ બિંદુઓ વચ્ચેનું અંતર બે મુખ્ય બિંદુઓ વચ્ચેના અંતર જેટલુ હોય છે. હવે, ΔAF_1N_1 અને $\Delta H_2P_2F_2$ નો વિચાર કરતાં,

$AF_1 = H_2P_2$ તથા $\angle AN_1F_1 = \angle H_2F_2P_2$ હોવાથી,

$F_1N_1 = P_2F_2$

$F_1P_1 + P_1N_1 = P_2F_2$

$P_1N_1 = P_2F_2 - F_1P_1$

પરંતુ, $P_1N_1 = P_2N_2$ હોવાથી,

$P_2F_2 = +f_2$ અને $P_1F_1 = -f_1$

$\therefore\ P_1N_1 = P_2N_2 = (f_1 + f_2)$

લેન્સના તંત્રના બંને તરફના માધ્યમો સમાન હોય તો,

$\therefore\ f_2 = f_1$

$\therefore\ P_1N_1 = P_2N_2 = 0$

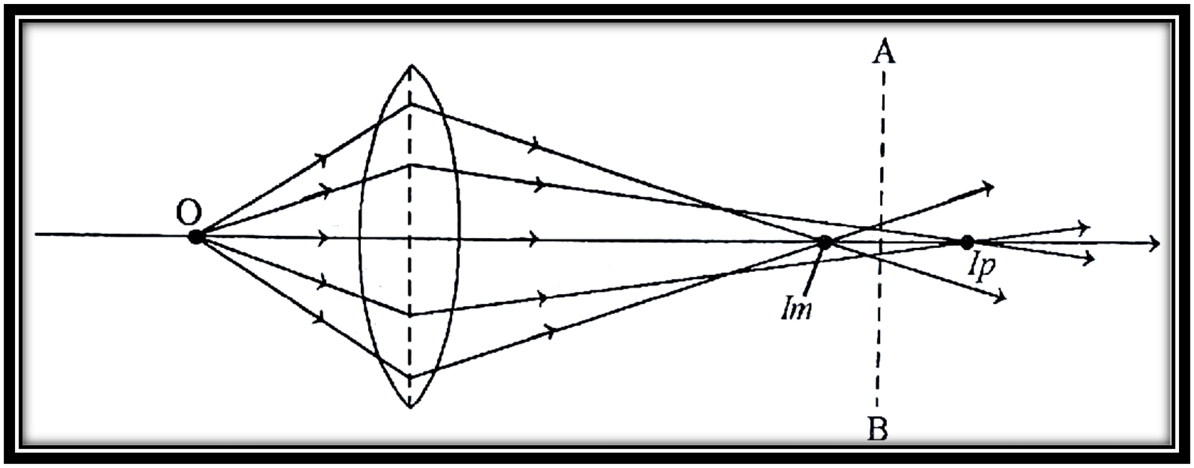
આમ, લેન્સના તંત્રના બંને તરફના માધ્યમો સમાન હોય તો નોડલ બિંદુઓ મુખ્ય બિંદુઓ પર જ સંપાત થાય છે. નોડલ બિંદુમાંથી પસાર થતા અને અક્ષને લંબ સમતલોને નોડલ સમતલો કહે છે.

1.10 વિપથન (Aberrations)

વસ્તુનું લેન્સ વડે જે પ્રતિબિંબ મળે છે તે લેન્સની અમુક ખામીઓના કારણે તેના આકાર,કદ અને સ્થાન કરતાં કંઇક જુદું હોય છે. સ્પષ્ટ હોતું નથી. લેન્સની આ ખામીને વિપથન કહે છે.

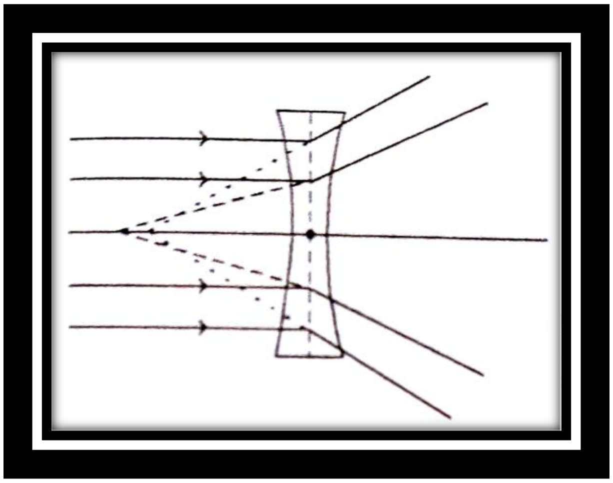
લેન્સ વડે થતા વિપથનને બે ભાગમાં વહેંચવામાં આવે છે.(1) ગોળીય વિપથન(Spherical Aberrations) (2) વર્ણ વિપથન(Chromatic Aberrations)

(1)ગોળીય વિપથન(Spherical Aberrations):



આકૃતિ-(1.10)

લેન્સથી થતું ગોળીય વિપથન આકૃતિ-(1.10)માં બતાવેલ છે. અક્ષ પરના બિદુવત ઉદગમ O માંથી નીકળી લેન્સની કિનારી તરફ જતા કિરણો$(marginal\ rays)I_m$ અને અક્ષ નજીકના કિરણો $(Paraxial)I_p$ સ્થાને પ્રતિબિંબ રચે છે.



આકૃતિ-(1.11)

આકૃતિ-(1.11) પરથી સ્પષ્ટ છે કે અક્ષની નજીકના કિરણો અક્ષથી દૂરના કિરણો કરતાં લેન્સથી દૂર પ્રતિબિંબ રચે છે. આથી પ્રતિબિંબ સ્પ્ષ્ટ હોતું નથી. આમ છતાં પડદાને બીજા સ્થાને બદલે AB સ્થાને અક્ષને લંબરૂપે મૂકવામાં આવે તો પ્રતિબિંબ સૌથી નાના વર્તુળાકાર રૂપમાં દેખાશે. બીજા કોઇ પણ સ્થાને આ વર્તુળ આકારનો વ્યાસ AB કરતાં વધુ હોય છે. આ AB વ્યાસના વર્તુળને

ન્યુનતમ અસ્પષ્ટતાવૃત$(Circle\ of\ least\ confusion)$ કહે છે. અહીં પ્રતિબિંબ સૌથી વધુ સ્પષ્ટ હોય છે.

એક જ બિંદુમાંથી નીકળી લેન્સના જુદાજુદા ભાગ પર આવતા કિરણોને એક જ બિંદુએ કેન્દ્રિત ન કરી શકવાની લેન્સની ખામીને લેન્સની ગોળીય વિપથનની ખામી કહે છે. $I_m I_p$ અંતર સંગત ગોળીય વિપથનનું માપ છે. ન્યૂનતમ અસ્પષ્ટતાવૃતની ત્રિજ્યા$(\frac{AB}{2})$એ પાર્શ્વિક ગોળીય વિપથન $(Lateral\ spherical\ aberration)$નું માપ છે.

લેન્સનું મુખ $(aperture)$ તેની કેન્દ્રલંબાઇ કરતાં મોટું હોય તો આ પ્રકારની ખામી ઉદભવે છે. લેન્સના કેન્દ્રથી જુદી જુદી ત્રિજ્યાના વલયો$(anmular\ zones)$ ની કેન્દ્ર લંબાઇ જુદી જુદી હોય છે. એક સરખી હોતી નથી.તેથી આ પ્રકારની ખામી ઉદભવે છે. ગોળીય વિપથન વસ્તુઅંતર પર આધાર રાખે છે. તે (આશરે) આપાતકિરણના અક્ષથી અંતરના વર્ગ પર આધાર રાખે છે.

બહિર્ગોળ લેન્સ વડે મળતું ગોળીય વિપથન ધન અને અંતર્ગોળ લેન્સ વડે મળતું ગોળીય વિપથન ઋણ હોય છે.

માત્ર જાણકારી માટે

[ગોળીય વિપથન ઘટાડવા માટેની રીતો:

(1) **Stopsની રીત**: આ રીતમાં કોઇ અપારદર્શક દ્રવ્યથી ક્યાં તો કેન્દ્રિય અથવા લેન્સની ધાર પાસેના પેરિફેરીયલ ગોળીય વિસ્તારોને ઢાંકી દઇએ અથવા કાંતો માત્ર પેરિફેરીયલ કે પછી પેરેક્સિયલ કિરણો જ લેન્સમાંથી પસાર થઇ શકે છે. લેન્સના અસરકારક ક્ષેત્રફળમાં ઘટાડો થાય છે. અને પરિણામે પ્રતિબિંબ ઓછું પ્રકાશિત મળે છે અને પ્રતિબિંબની વિગતો પણ ઓછી થાય છે.

(2) **Cross લેન્સની રીત**: ગોળીય વિપથન લેન્સની વક્રીભવનકારક સપાટીઓની વક્રતા ત્રિજ્યા પર આધાર રાખે છે. આ હકીકતનો ઉપયોગ ગોળીય વિપથન ઘટાડવામાં કરી શકાય. જો બાઇ-કોન્વેક્સ (દ્વિબહિર્ગોળ)લેન્સની વક્રીભવકારક સપાટીઓની ત્રિજ્યાઓ નીચે આપેલ ગુણોતરમાં હોય તો એવું સાબિત કરી શકાય છે કે ગોળીય વિપથન ઘણું ઓછું મળે છે.

$$\frac{R_1}{R_2} = -\frac{\mu(2\mu+1)}{2\mu^2-\mu-4}$$

જ્યાં $\mu =$ લેન્સના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક. અહીં R_1 જે સપાટી પર આપાતકિરણ પ્રથમ આપાત થાય છે તે સપાટીની વક્રતા ત્રિજ્યા છે.

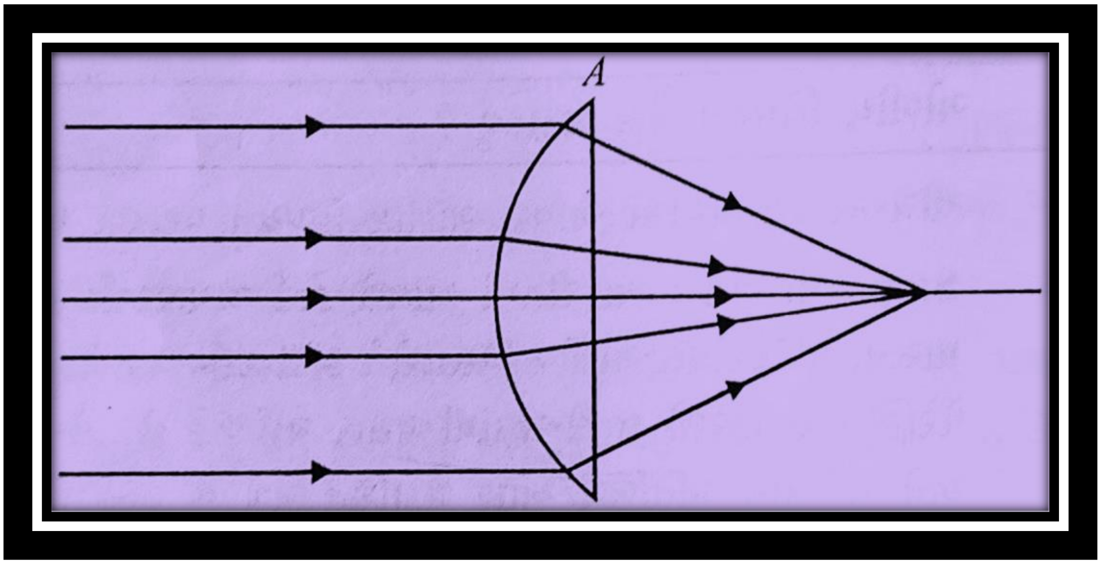
જો $\mu = 1.5$ હોય તો,

$\frac{R_2}{R_1} = \frac{1}{6}$ (મૂલ્ય)

$6R_2 = R_1$

એટલે કે આપાતકિરણ સામેની સપાટીની વક્રતા ત્રિજ્યા વધારે મોટી જોઇએ.

3.પ્લેનો કોન્વેક્સ લેન્સનો ઉપયોગ:



આકૃતિ-(1.12)

આકૃતિ-(1.12)માં બતાવ્યા પ્રમાણે પ્લેનો કોન્વેક્સ લેન્સનો ઉપયોગ કરીને ગોળીય વિપથન ઘટાડી શકાય છે. અગાઉ જોઇ ગયા તે પ્રમાણે માર્જિનલ કિરણોનું પેરેક્સિયલ કિરણો કરતાં વધારે વિચલન થવાથી ગોળીય વિપથન ઉત્પન્ન થાય છે.આ હકીકત દર્શાવે છે કે ગોળીય વિપથન ઓછું કરવા માટે માર્જિનલ કિરણોનું વિચલન ઘટાડવું જોઇએ.

આકૃતિ(12)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે અક્ષને સમાંતર માર્જિનલ કિરણ લેન્સમાં એવી દિશામાં દાખલ થાય છે કે જેથી તે સૌથી મોટા પ્રિઝમ કોણવાળા પ્રિઝમને લગભગ લંબરૂપે આપાત થાય (A પાસે) આથી, આવું કિરણ ઓછું વિચલન અનુભવે છે. મધ્ય ભાગના કિરણોનું વિચલન તો ઓછું જ છે.તેથી આવી સ્થિતિમાં લઘુતમ ગોળીય વિપથન ઉદભવે છે.

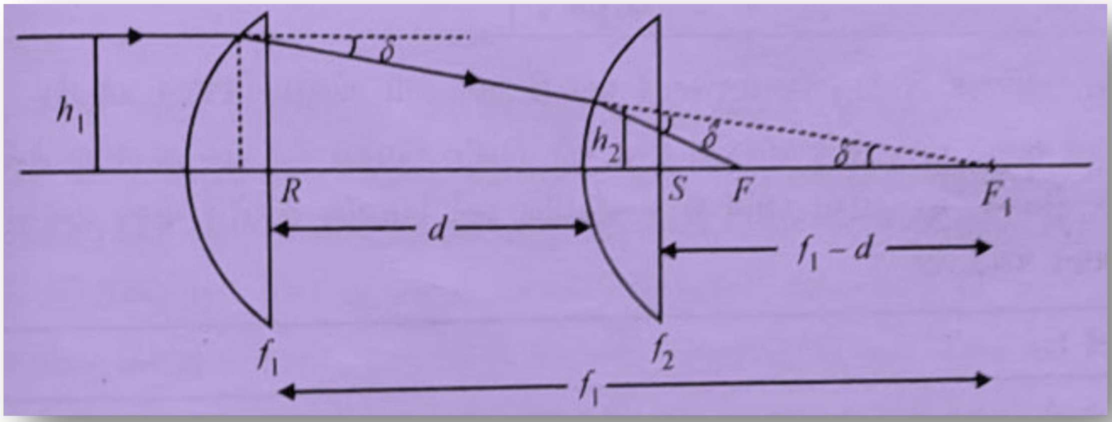
લેન્સનો આકાર- અવયવ :

લેન્સની બે વક્રીભવનકારક સપાટીઓની વક્રતા ત્રિજ્યાઓના ગુણોતરનું મૂલ્ય ગોળીય વિપથનની માત્રા નક્કી કરવામાં અગત્યનું છે. R_1 અને R_2 ના સંદર્ભમાં ગોળીય વિપથનની માત્રાનો અભ્યાસ કરી શકીએ. આમ કરવા માટે આકાર-અવયવ તરીકે ઓળખાતીએક રાશિ q ને નીચે પ્રમાણે વ્યાખ્યાયિત કરતાં

$$q = \frac{R_1 + R_2}{R_2 - R_1}$$

બે પ્લેનો કોન્વેક્સ લેન્સનો ઉપયોગ:

આ રીતમાં બે પ્લેનો કોન્વેક્સ લેન્સોને એકબીજાથી એવા અંતરે મૂકવામાં આવે છે કે જેથી તેઓ સમાન વિચલન પેદા કરે. જે નીચે આકૃતિ-(1.13)માં દર્શાવી છે.



આકૃતિ-(1.13)

અહીં લેન્સોની કેન્દ્રલંબાઇઓ અનુક્રમે અને છે. આકૃતિમાં જરૂરી જુદા જુદા અંતરો દર્શાવ્યા છે. બંને લેન્સ વડે મળતા વિચલનો સમાન છે.

$$\delta = \frac{h_1}{f_1} = \frac{h_2}{f_1 - d} = \frac{h_2}{f_2}$$

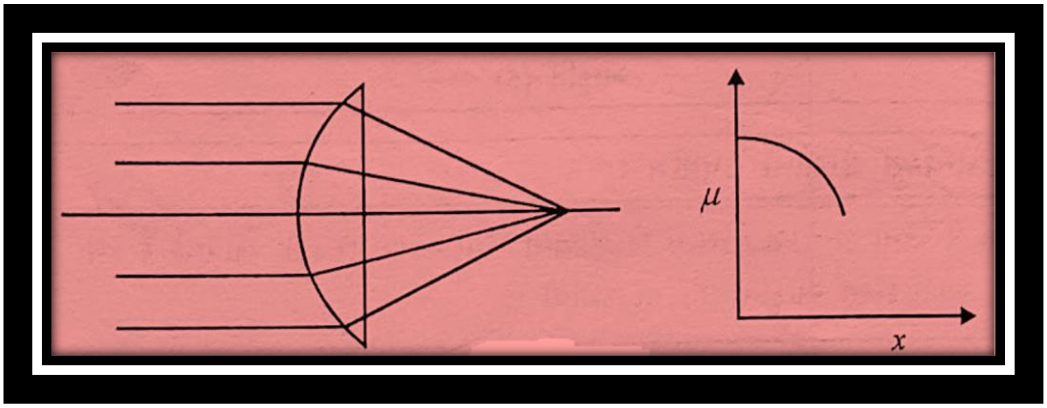
$$\therefore\ f_1 - d = f_2$$

$$\therefore f_1 - f_2 = d$$

આમ, લઘુતમ ગોળીય વિપથન મેળવવા માટે બે પ્લેનો કોન્વેક્સ લેન્સો વચ્ચેનું અંતર તેમની કેન્દ્રલંબાઇઓના તફાવત જેટલું રાખવું જોઇએ.

GRIN લેન્સો:

એવા લેન્સો તૈયાર કરી શકીએ કે જેના બિંદુએ બિંદુએ વક્રીભવનાંક જુદાં જુદાં હોય. આવા લેન્સોને વક્રીભવનાંકનો ગ્રેડિયન્ટ (Gradient of Refractive Index (n) હોય. આવા અસમાંગ માધ્યમવાળા લેન્સોને ગ્રિન (GRIN) લેન્સો કહે છે.



આકૃતિ-(1.14)

આવો એક GRIN લેન્સ આકૃતિ(14)માં દર્શાવ્યો છે. અહીં વક્રીભવનાંક સતત રીતે વક્રસપાટી તરફથી પ્લેન સપાટી તરફ ઘટતો જાય છે. વક્રીભવનાંકથી પ્લેન સપાટી તરફના અંતર સાથે કેવી રીતે ઘટે છે તે આકૃતિ-(1.14)માં ગ્રાફ વડે દર્શાવેલ છે.]

(2) વર્ણ વિપથન(Chromatic Aberrations):

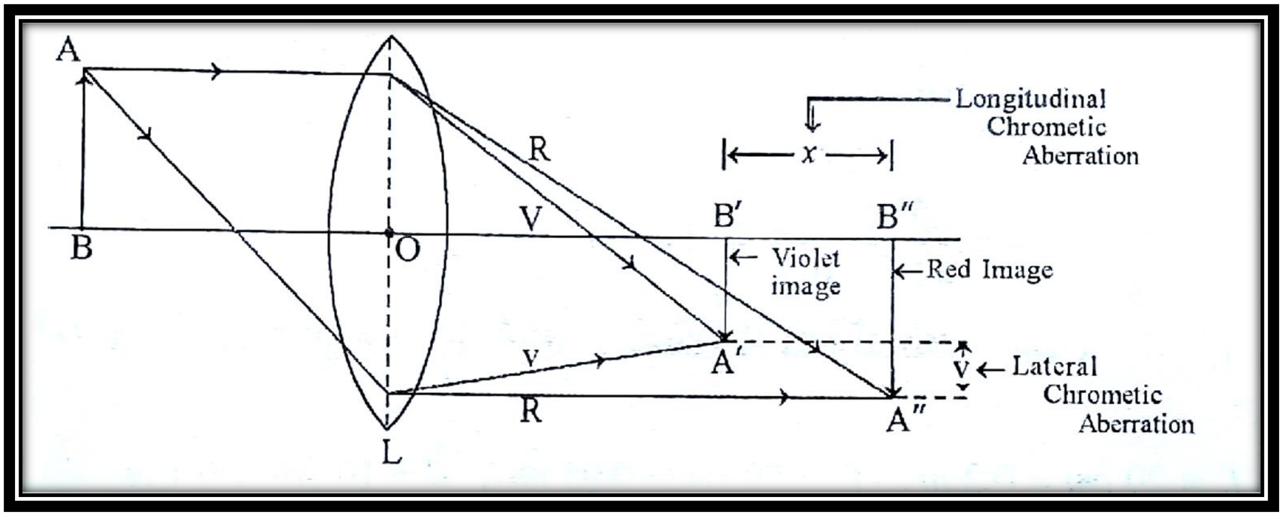
લેન્સના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક જુદીજુદી તરંગ લંબાઇના કિરણો માટે જુદો જુદો હોય છે

એટલે કે $\lambda_R > \lambda_r$ $\quad \therefore \mu_R < \mu_r$

વળી, $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left[\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_1}\right]$

$\therefore \; f_\mu > f_v$

આમ, જુદી જુદી તરંગ લંબાઇના કિરણ માટે તેની કેન્દ્રલંબાઇ જુદી જુદી હોય છે. પ્રતિબિંબની મોટવણી લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ પર આધાર રાખે છે. તથા પ્રતિબિંબનું કદ જુદી જુદી તરંગ લંબાઇ માટે જુદૃ જુદૃ હોય છે.



આકૃતિ-(1.15)

લેન્સથી થતું વર્ણવિપથન આકૃતિ-(1.15)માં દર્શાવેલ છે. વસ્તુ AB માંથી લેન્સ પર આપાત થતાં પ્રકાશ(શ્વેત)ના $A'B'$ અને $A''B''$ અનુક્રમે જાંબલી અને રાતા રંગના પ્રતિબિંબ છે. જાંબલી રંગનું પ્રતિબિંબ રાતા રંગના પ્રતિબિંબ કરતાં લેન્સની વધારે નજીક મળે છે.આકૃત્માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે x એ સંગત વર્ણ વિપથનની ખામીનું માપ અને y એ પાર્શ્વિક વર્ણવિપથનની ખામીનું માપ દર્શાવે છે. x અને y ના મૂલ્યો નાના હોવાથી જુદાં પ્રતિબિંબોને બદલે પ્રતિબિંબની કિનારી પાસે જ રંગો સળંગ દેખાય છે. પ્રતિબિંબનું કદ જાબંલીથી રાતા પ્રતિબિંબ તરફ જતાં વધતું જાય છે. આમ, શ્વેત પ્રકાશનાં જુદાં જુદાં રંગના કિરણો જુદું જુદું વિચલન અનુભવે છે. તેથી લેન્સથી જુદા જુદા અંતરે પ્રતિબિંબ રચે છે. આને કારણે પ્રતિબિંબની કિનારી રંગબેરંગી દેખાય છે. આમ, વસ્તુ રંગબેરંગી ન હોવા છતાં પ્રતિબિંબની કિનારી રંગબેરંગી દેખાય છે. આ ખામીને વર્ણવિપથનની ખામી કહે છે. લેન્સની આ ખામીને દૂર કરવાને $Achromatism$ કહે છે.

દાખલાઓ(Examples) :

1.10 cm અને 20 cm કેન્દ્રલંબાઇવાળા બે લેન્સને એકાક્ષીય રહે તેમ એકબીજાથી 5 cm અંતરે મૂક્યા છે તો સમતુલ્ય લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ શોધો.

જવાબ- $f = \frac{f_1 f_2}{f_1+f_2-d}$

$f = \frac{10\times20}{10+20-5} = \frac{10\times20}{25} = 8\ cm$

2. 10 cm અને 20 cm કેન્દ્રલંબાઇવાળા બે લેન્સને એકાક્ષીય રહે તેમ એકબીજાથી 5 cm અંતરે મૂક્યા છે તો બે લેન્સો વચ્ચે પ્રકાશીય અંતરાલ કેટલો છે ?

જવાબ- પ્રકાશીય અંતરાલ $\Delta = d - (f_1 + f_2) = 5 - (10 + 20) = -25\ cm$

3.1.5 વક્રીભવનાંકવાળા અને 40 cm વક્તાત્રિજ્યાવાળા સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ શોધો.

જવાબ- લેન્સ મેકરનું સમી. $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} - \frac{1}{v} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સ માટે $R_2 = \propto,\ \mu = 1.5, R_1 = 40cm$

$\frac{1}{f} = (1.5 - 1.0)\left(\frac{1}{40} - \frac{1}{\propto}\right)$

$\therefore\ \frac{1}{f} = (0.5) \times \left(\frac{1}{40} - 0\right) = \frac{0.5}{40}$

$\therefore f = \frac{40}{0.5} = 80cm$

4. 20 cm અને 5 cm કેન્દ્રલંબાઇવાળા બે બહિર્ગોળ લેન્સને 10 cm દૂર મૂકેલ છે તો આ સંયોજનનો પાવર શોધો.

જવાબ-$f_1 = 20cm = 0.2m, f_2 = 5cm = 0.05m, d = 10cm = 0.1m$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$

$\frac{1}{f} = \frac{1}{0.20} + \frac{1}{0.05} - \frac{0.1}{0.2\times0.05}$

$p = \frac{10}{2} + \frac{100}{5} - \frac{10\times100}{2\times5\times10}$

$p = 5 + 20 - 10 = 15\ diopter$

5. બે સમતલીય લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ $10\,cm$ અને $20\,cm$ છે. તેમને $5\,cm$ દૂર ગોઠવેલી છે. તો સમતુલ્ય લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ શોધો.

જવાબ-$f_1 = 10cm, f_2 = 20cm, d = 5cm$

$f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d}$

$f = \frac{10 \times 20}{10+20-5} = \frac{200}{25} = 8cm$

6. 1.5 વક્રીભવનાંકવાળા બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ $24\,cm$ છે. હવે જ્યારે બહિર્ગોળ લેન્સ ને પાણીમાં મૂકવામાં આવે તો લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ શોધો.

જવાબ-$a\mu g = 1.50, a\mu w = 1.33, w\mu a = \frac{1}{1.33}$

$w\mu g = w\mu a \times a\mu g = \frac{1.50}{1.33} = 1.125$

હવે, $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

લેન્સ હવામાં હોય ત્યારે $\frac{1}{24} = (1.5 - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ ------------(1)

લેન્સ પાણીમાં હોય ત્યારે $\frac{1}{f} = (1.125 - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ ------------(2)

સમી.(1) અને (2)વડે ભાગતાં, $\frac{f}{24} = \frac{0.5}{0.125}$

$\therefore f = 96cm$

No.	1 માર્ક્સ (ગુણ)ના પ્રશ્નો	Ans
1	લેન્સનું સમીકરણ_____(Equation of lens is_____) (a)$\frac{1}{f}=\frac{1}{u}-\frac{1}{v}$ (b)$\frac{1}{f}=\frac{1}{v}-\frac{1}{u}$ (c)$f=\frac{1}{u}-\frac{1}{v}$ (d)$f=\frac{1}{v}-\frac{1}{u}$	(b)
2	1.એક પાતળા લેન્સના અક્ષ પર રહેલ બિંદુવત વસ્તુમાંથી લેન્સ પર આપાત કે પેરેક્સિયલ કિરણ માટે $h=0.5$ સે.મી. અને લેન્સની લંબાઇ 50 સે.મી. તો વિચલન ....રેડિયન હોય.(In a paraxial ray incident from point object to the lens axis $h=0.5$ cm and focal length of lens is 50 cm then deviation is _____) (a)$35'$ (b) $50'$ (c) $45'$ (d) $55'$	(b)
	2. એક પાતળા લેન્સના અક્ષ પર રહેલ બિંદુવત વસ્તુમાંથી લેન્સ પર આપાત કે પેરેક્સિયલ કિરણ માટે $h=0.5$ સે.મી. અને લેન્સની લંબાઇ 25 સે.મી. તો વિચલન ....અંશ હોય.(In a paraxial ray incident from point object to the lens axis $h=0.5$ cm and focal length of lens is 25 cm then deviation is _____in degree) (a)0.02^0 (b) 1.15^0 (c) 2.0^0 (d) 2.15^0	(b)
3	સાચું વિધાન શોધો. (a) પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સના કિસ્સામાં સાચા પ્રતિબિંબ માટે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું લઘુતમ અંતર $4f$ હોવું જોઇએ. (b) પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સના કિસ્સામાં સાચા પ્રતિબિંબ માટે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું મહતમ અંતર $4f$ હોવું જોઇએ. (c) વિધાન(a) અંતર્ગોળ પાતળા લેન્સને પણ લાગુ પડે છે. (d) વિધાન (b) ગમે તે પ્રકારના લેન્સને લાગુ પડે છે.	(a)
4	એક પાતળા લેન્સની અક્ષ પર રહેલા બિંદુવત વસ્તુમાંથી લેન્સ પર આપાત થતા એક પેરેક્સિયલ કિરણ માટે $h=0.5\,cm$ છે. આ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ	(b)

$f = 25\ cm$ છે. તો વિચલન ----- અંશ હશે.

(a) 0.02^0 (b) 1.15^0 (c) 2.0^0 (d)2.15^0

5 હવામા એક પ્રકાશનું કિરણ 85મીટર અંતર કાપે તો 1.7 વક્રીભવનાંકવાળા માધ્યમાં ....મીટર અંતર કાપે.(The distance traveled by light ray in the air use 85 m then 1.7 refractive index given medium distance traveled by it ____m.)

(a)144.5 (b) 154.5 (c) 50 (d) 85

6 લઘુતમ વર્ણવિપથનમાં વર્તુળનો વ્યાસ શાના પર આધાર રાખે છે?

(Which factor depends on the diameter circle for a minimum chromatic aberrations ?)

7 કાર્ડિનલ બિંદુંઓનો ઉપયોગ જણાવો.(Write uses of cardinal points.)

8 લેન્સનું સંપર્ક બિંદું (ન્યૂટનના વલયો માટે) કેવું હશે ? (How will be the contact point of lens in Newton's ring ?) (b)

(a)સફેદ(white) (b)અપ્રકાશિત(dark) (c)પ્રકાશિત(bright) (d)રંગીન(Colouring)

9 લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ f હોય અથા વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ અંતર d હોય તો સાચું પ્રતિબિંબ મેળવવાની શરત ....(If the focal length of lens is f and distance between object and image is d then the condition to obtain real image is ___) (c)

(a)$d^2 > 4f$ (b)$d > 4f$ (c) $4d > f$ (d)$4d > f^2$

10 લેન્સના સમીકરણમાંની ભૌતિક રાશિ 'f' ક્યાંથી મપાય ?(From where can we measure the physical quantity 'f' in Len's equation ?) (c)

(a)દ્રિતીય નોડલ બિંદુંથી(Secondary Nodal point)

(b)દ્રિતીય લેન્સથી(Secondary Lens)

(c) દ્વિતિય મુખ્ય બિંદુંથી(Secondary Main point)

(d)એકેય નહીં (None)

11 કાર્ડિનલ બિંદુંઓની સંખ્યા .... હોય છે.(The number of Cardinal points are_____.) (a) 2 (b) 4 (c) 6 (d) 8 (c)

12 શ્વેત (સફેદ) પ્રકાશિત વસ્તુનું પ્રતિબંબ રંગીન દેખાવાનું કારણ (b)

(The reason for white light emerged on object the image appear colorful)

(a)લેન્સનું ગોળીય વિપથન(Lens' spherical aberrations)

(b)લેન્સનું વર્ણવિપથન(Lens' chromatic aberrations)

(c)લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ(Lens' focal length)

(d)વસ્તુનો આકાર(Shape of object)

13 લઘુતમ વર્ણવિપથનમાં વર્તુળનો વ્યાસ શાના પર આધાર રાખે છે ? કેન્દ્રલંબાઇ

(For minimum chromatic aberration diameter of circle depends on which?)

14 પ્રકાશીય પથ એટલે ....અને .... નો ગુણાકાર.

(Optical path means the multiplication of ____and ____)

(a)μ અને λ (b) f અને μ (c) λ અને d (d) f અને λ

15 μ વક્રીભવનાંક અને d જાડાઇ ધરાવતી કાચની પ્લેટમાંથી પસાર થતા પ્રકાશના કિરણને ....સમય લાગે. (પ્રકાશનો હવામાં વેગ=C)

(Light travel through a glass plate of thickness d and refractive index μ The time taken by light to pass the plate is _____(Velocity of light in air=C))

(a)$d/\mu C$ (b) $d\mu/C$ (c)$d/\mu^2 C$ (d) $\mu^2 d/C$

16 1.5વક્રીભવનાંકવાળા લેન્સની હવામાં કેન્દ્રલંબાઇ 20 છે. હવે તેને પાણીમાં

મૂકતાં તેની કેન્દ્રલંબાઇ ----------હોય.(The reflective index of lens is 1.5 with their focal length in air is 20 cm. If it is in the water find the focal length in the water.)

17 ગોળીય વિપથન કેવી રીતે દૂર કરી શકાય ?(How can remove the spherical aberration?)

18 અક્ષથી f કેન્દ્રલંબાઈવાળા લેન્સ ઉપર h ઊંચાઇએ આપાત થતા કિરણનું થતું વિચલન (b)

(a)$\frac{f}{h}$ (b) $\frac{h}{f}$ (c) $\frac{h^2}{f}$ (d) $\frac{h}{f^2}$

19 લેન્સનો પાવર (c)

(a)લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇના સમપ્રમાણમાં હોય.

(b)લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇના વર્ગના સમપ્રમાણમાં હોય.

(c)લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં હોય.

(d)લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ પર આધારિત નથી.

20 બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ 50 cm હોય તો તેનો પાવર (c)

(a)+50 D (b)-50 D (c) +2 D (d) -2 D

21 એકબીજાના સંપર્કમાં રહેલા બે લેન્સનો પાવર +12 D અને -12 D છે. તો બે લેન્સના સંયોજનની કેન્દ્રલંબાઇ (a)

(a)10 cm (b) 12.5 cm (c) 16.6 cm (d) 8.33 cm

22 d અંતરે રહેલ f_1 અને f_2 કેન્દ્રલંબાઇવાળા લેન્સ જે સમતુલ્ય લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ શોધવાનું સૂત્ર (c)

(a)$f = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2}$ (b) $\frac{1}{f} = f_1 + f_2 - \frac{d}{f_1 f_2}$

(c) $f = \frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2 - d}$ (d)$f = \frac{f_1 + f_2 - d}{f_1 f_2}$

23 કાર્ડિનલ બિંદુંઓ (a)

(a)2 મુખ્યકેન્દ્ર , 2 મુખ્યબિંદુ, 2 નોડલ બિંદુ.

(b)4 મુખ્યકેન્દ્ર , 2 મુખ્યબિંદુ, 1 નોડલ બિંદુ

(c)2 મુખ્યકેન્દ્ર , 1 મુખ્યબિંદુ, 1 નોડલ બિંદુ

(d)2 મુખ્યકેન્દ્ર , 1 મુખ્યબિંદુ, 2 નોડલ બિંદુ

24 λR અને λV અનુક્રમે રાતા અને જાંબલી કિરણની તરંગલંબાઇ હોય તો તેમની કેન્દ્રલંબાઇ fR અને fV નો સંબંધ. (b)

(a)$fR = fV$ (b) $fR > fV$ (c) $fR < fV$ (d) $fR^2 > fV^2$

25 જો એક પાતળા બહિર્ગોળ લેન્સ વડે મળતું વિચલન 0.15 રેડિયન અને તેને સમાંતર મૂકેલા બીજા પાટળા બહિર્ગોળ લેન્સથી તે જે કિરણનું વિચલન 0.17 રેડિયન હોય તો બંને લેન્સથી મળતું કુલ વિચલન .....હોય. (b)

(a)0.15×0.17 (b) $0.15 + 0.17$ (c) $0.17 - 0.15$ (d) $\frac{0.17}{0.15}$

26 બે પાતળા એક બીજાને સમાક્ષીય રીતે સમાંતર લેન્સો માટે પ્રકાશીય અંતરાલ નીચેના કયા સૂત્ર વડે અપાય છે ? (a)

(a)$d - (f_1 + f_2)$ (b)$d + (f_1 + f_2)$ (c)$d - f_1 + f_2$ (d)$d + \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

27 $20cm$ અને $25cm$ કેન્દ્રલંબાઇવાળા બે બહિર્ગોળ લેન્સ એકબીજાથી $10cm$ અંતરે મૂક્યા છે. આ બે લેન્સો વચ્ચે 1.5 વક્રિભવનાંકવાળું માધ્યમ છે. તો પ્રકાશીય અંતરાલ શોધો. (c)

(a)$38.3\ cm$ (b) $33.8\ cm$ (c) $-38.3\ cm$ (d) $-33.8\ cm$

28 $20cm$ અને $25cm$ કેન્દ્રલંબાઇવાળા બે બહિર્ગોળ લેન્સ એકબીજાથી $10cm$ અંતરે મૂક્યા છે. આ બે લેન્સો વચ્ચે 1.5 વક્રિભવનાંકવાળું માધ્યમ છે. તો સમતુલ્ય કેન્દ્રલંબાઇ શોધો. (b)

(a)$25\ cm$ (b) $13\ cm$ (c) $23\ cm$ (d) $32\ cm$

29 બે પાતળા લેન્સોની સંયુક્ત રચના માટે ન્યૂટનનું સૂત્ર $f_1 f_2 = x_1 x_2$ છે. અહીં... (c)

(a) f_1 અને f_2 પ્રથમ અને બીજા પાતળા લેન્સની અનુક્રમે કેન્દ્રલંબાઇ છે.

(b) x_1 અને x_2 અનુક્રમે વસ્તુ અને પ્રતિબિંબના પ્રથમ અને દ્રિતીય લેન્સથી અંતરો છે.

(c) f_1 અને f_2 લેન્સ તંત્રની અનુક્રમે પ્રથમ અને દ્રિતીય કેન્દ્રલંબાઇઓ છે.

(d)ઉપરનું સૂત્ર અંતર્ગોળ લેન્સો માટે સાચું નથી.

30 બે લેન્સના સંયોજનમાં ગૉસીયન સૂત્ર $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ છે. અહીં .... (d)

(a)વસ્તુ અંતર u પ્રથમ લેન્સથી મપાય છે.

(b)પ્રતિબિંબ અંતર v દ્રિતીય લેન્સથી મપાય છે.

(c)વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ અંતરો પ્રથમ મુખ્ય બિંદુથી મપાય છે.

(d)વસ્તુ અંતર પ્રથમ મુખ્ય બિંદુથી અને પ્રતિબિંબ અંતર દ્રિતીય મુખ્ય કેન્દ્રથી મપાય છે.

31 પાતળા લેન્સના તંત્ર માટે ગૉસીયન સૂત્રમાં આવતો f ક્યાંથી મપાય? (c)

(a)દ્રિતીય નોડલ બિંદુથી (b) દ્રિતીય લેન્સથી

(c) દ્રિતીય મુખ્ય બિંદુથી (d)બે લેન્સ વચ્ચેના મધ્ય બિંદુએથી

32 જ્યારે બે લેન્સોના કિસ્સામાં વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ અંતર બદલાય છે ત્યારે નીચેનામાંથી શું બદલાતું નથી ? (a)

(a)મુખ્ય સમતલોના સ્થાન

(b)વસ્તુ અને દ્રિતીય મુખ્ય સમતલ વચ્ચેનું અંતર

(c)પ્રતિબિંબ અને પ્રથમ મુખ્ય સમતલ વચ્ચેનું અંતર

(d)ઉપરના બધા વિધાનો સાચા છે.

33 એકરંગી એવા પેરેક્સિયલ અને પેરીફેરલ સમાંતર કિરણો વડે મળતું વિપથન .... વિપથન કહેવાય. (a)

(a)ગોળીય (b) વર્ણ (c) લઘુતમ (d) મહતમ

34 પાર્શ્વિય ગોળીય વિપથન શું છે ? (d)

(a)મહતમ મુંઝવણ વર્તુળની ત્રિજ્યા

(b)મહતમ મુંઝવણ વર્તુળનો વ્યાસ

(c)લઘુતમ મુંઝવણ વર્તુળનો વ્યાસ

(d) લઘુતમ મુંઝવણ વર્તુળની ત્રિજ્યા

35 સાચું/સાચા વિધાન આપો. (b)

(a)ગોળીય વિપથન વસ્તુઅંતરના વર્ગ પર આધાર રાખે છે.

(b)ગોળીય વિપથન આપાત કિરણના અક્ષથી અંતરના વર્ગ પર આધાર રાખે છે.

(c)પ્રતિબિંબના અંતરના વર્ગ પર આધાર રાખે છે.

(d)આપાત તરંગ લંબાઇઓના તફાવતો પર આધાર રાખે છે.

36 ગોળીય વિપથન ઘટાડવાની stop રીતમાં .... (d)

(a)લેન્સના માત્ર કેન્દ્રિય વિસ્તારને અપારદર્શક દ્રવ્ય વડે ઢાંકવામાં આવે છે.

(b)લેન્સના માત્ર પેરિફેરલ વિસ્તારને ઢાંકવામાં આવે છે.

(c) (a) અને (b)માં દર્શાવેલ બંને વિસ્તારો ઢાંકવામાં આવે છે.

(d) (a) અને (b)માં દર્શાવેલ કોઇ એક જ વિસ્તારને ઢાંકવામાં આવે છે.

37 જો દ્વિ બહિર્ગોળ લેન્સની આપાત કિરણવાળી વક્ર સપાટીની ત્રિજ્યા R_1અને સામેની બીજી સપાટીની વક્રતા ત્રિજ્યા R_2 હોય તો $\mu =$ 1.5વક્રિભવનાંકવાળા લેન્સ વડે ગોળીય વિપથન ઓછું મેળવવા માટે ... (c)

(a)$R_1 = R_2$ (b) $6R_1 = R_2$ (c) $R_1 = 6R_2$ (d) $R_1 = \mu R_2$

38 ગોળીય વિપથન ઘટાડવાની પ્લેનો કોન્વેક્સ લેંસની રીતમાં..... (c)

(a)માર્જિનલ કિરણોનું વિચલન થતું નથી.

(b)માર્જિનલ કિરણોનું વધારે વિચલન થાય છે.

(c)માર્જિનલ કિરણોનું ઓછું વિચલન થાય છે.

(d)પેરેક્સિયલ કિરણોનું વિચલન થતું જ નથી.

39 લેન્સના કિસ્સામાં ‘ આકાર-અવયવ’ ની વ્યાખ્યા......... સૂત્ર કડે આપવામાં આવે છે. (a)

(a)$q = \frac{R_1+R_2}{R_1R_2}$ (b) $q = \frac{R_1-R_2}{R_2+R_1}$ (c)$q = \frac{R_1R_2}{R_1-R_2}$ (d) $q = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}$

40 લઘુતમ ગોળીય વિપથન મેળવવા માટે બે પ્લેનો કોન્વેક્સ લેન્સ વચ્ચેનું અંતર $d =$....... રાખવું જોઇએ. (b)

(a)$f_1 + f_2$ (b) $f_1 - f_2$ (c) $\frac{f_1f_2}{f_1+f_2}$ (d) $\frac{f_1f_2}{f_1-f_2}$

41 લેન્સની મોટવણીના સૂત્ર $m = 1 + \frac{D}{f}$ માં D શું દર્શાવે છે ? (c)

(a)લેન્સનો વ્યાસ (b)વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું અંતર

(c)સ્પષ્ટ દ્રશ્ય અંતર (d)પ્રતિબિંબ અંતર

42 લેન્સના દ્રવ્યની વિભાજન શક્તિનું સૂત્ર ...... છે. (a)

(a)$\frac{\mu_v-\mu_r}{\mu-1}$ (b) $\frac{\mu_r-\mu_v}{f-1}$ (c) $\frac{f_v-f_r}{f-1}$ (d)ઉપરનામાંથી એક પણ નહીં.

43 અક્ષીય વર્ણવિપથન એ લેન્સની સરેરાશ કેન્દ્રલંબાઇ અને લેન્સના દ્રવ્યની વિભાજન શક્તિના ....જેટલું હોય છે. (c)

(a)સરવાળા (b)બાદબાકી (c) ગુણાકાર (d) ગુણોતર

44 પરિમિત વસ્તુઅંતર માટે અક્ષીય વર્ણવિપથન $v_r - v_v =$ ____ (a)

(a)$\frac{\omega v^2}{f}$ (b) $\frac{v\omega^2}{f}$ (c) $\frac{v\omega}{f}$ (d) $\frac{v\omega}{f^2}$

45 આપાત સમાંતર કિરણાવલી માટે, લઘુતમ વર્ણવિપથનના વર્તુળનો વ્યાસ $d = \frac{\omega D}{2}$ છે. અહીં .... (c)

(a)D= સ્પષ્ટ દ્રશ્ય અંતર (b) D=લેન્સ અને પ્રતિબિંબ વચ્ચેનું અંતર

(c)D=લેન્સનું દર્પણ મુખ (d) D=લેન્સની વિભાજન શક્તિ

46 GRIN lens means_______ (a)

(a)Gradient of Refractive Index (n)

(b)Greatest Refractive Index (n)

(c)General Refractive Index (n)

(d)Gandhinagar Region Industrial Number lens

No. 4 માર્ક્સ (ગુણ)ના પ્રશ્નો

1 કાર્ડિનલ બિંદુંઓ પર નોંધ લખો.(Write note on cardinal points.)

2 વિપથન એટલે શું ? લેન્સમાં ગોલિય વિપથનની ખામી વિશે ચર્ચા કરો.(What is aberration? Describe spherical aberration in a lens.)

3 1.નિયત અંતરે મૂકેલા બે લેન્સની સમતુલ્ય કેન્દ્ર લંબાઇનું સૂત્ર મેળવો.

(Obtain the equivalent focal length of two lens system placed in a uniform distance.)

2.બે લેન્સ વચ્ચેના પ્રકાશીય અંતરાલનું સૂત્ર મેળવો.(Obtain the optical distance between system of lenses.)

4 નોડલ બિંદુંઓ અને નોડલ સમતલો વિશે સમજૂતી આપો.(Explain Nodal points and Nodal plane.)

5 લેન્સમેકરનું સમીકરણ $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$ તારવો.

(Derive Lensmaker's equation $\frac{1}{f} = (\mu - 1)\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$).

No. **3 માર્ક્સ (ગુણ)ના પ્રશ્નો**

1 સાબિત કરો કે જો આપેલા પ્રકાશીય તંત્રની બંને બાજુ હવાનું માધ્યમ હોય તો મુખ્ય બિંદુંઓ અને નોડલબિંદુંઓ એકબીજા પર સંપાત હોય છે.(Prove that for given optical system in air medium principle points and Nodal points are imposed to each other.)

2 દર્શાવો કે બે મુખ્ય બિંદુંઓ વચ્ચેનું અંતર બે નોડલ બિંદુંઓ વચ્ચેના અંતર જેટલું હોય છે.(Show that " Distance between two principal points is equal to distance between two nodal points.")

3 લેન્સના કાર્ડિનલ બિંદુંઓ જણાવો. તથા યોગ્ય આકૃતિની મદદથી મુખ્યબિંદુંઓ અને મુખ્ય સમતલો સમજાવો.(Write the name of cardinal points and explain principal points and principal planes with proper figure.)

4 સાબિત કરો કે લઘુતમ વર્ણવિપથનના વર્તુળનો વ્યાસ લેન્સની વિભાજન શક્તિ અને દર્પણમુખ પર આધાર રાખે છે.(Prove that the minimum achromatic aberration of lens depend on aperture and dispersion power of it.)

No.	**2 માર્ક્સ (ગુણ)ના પ્રશ્નો**
1	લેન્સના પાવર વિશે ટૂંકમાં સમજાવો.(Explain powers of lens.)
2	લેન્સનો પાવર એટલે શું ? તેનો એકમ જણાવો. (What is power pf lens? Give unit it.)
3	પ્લેનો કોન્વેક્ષ અને પ્લેનો કોન્કેવ લેન્સની આકૃતિઓ દોરો. (Draw figures of Plano convex and Plano concave lenses.)
4	GRIN લેન્સ એટલે શું ?(What is GRIN lens?)
5	સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ શોધો. બહિર્ગોળ લેન્સની વક્રતા ત્રિજ્યા 20 સેમી. અને તેના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક 1.5 છે.(Find the focal length of plano convex lens. Radius of curvature is 20 cm and the refractive index of lens is 1.5.)
6	ગોળીય વિપથન અને વર્ણવિપથનની માત્ર આકૃતિ દોરો.(Draw only figure of spherical aberration and chromatic aberration of lens.)
7	લેન્સના સમતુલ્ય પાવરનું સૂત્ર લખો.(Write down an equation of equivalent power of lens.)
8	વિપથન એટલે શું ? (What is aberrations ?)

Chapter -2

વ્યતિકરણ(Interference)

2.1 પ્રસ્તાવના:

બે કે બે કરતાં વધારે તરંગોના સંપાતીકરણને લીધે ઉદભવતી ભૌતિક અસરને વ્યતિકરણ કહે છે.

સ્થિત વ્યતિકરણ :

જો કોઇ બિંદુએ સંપાત થતા તરંગો વચ્ચેનો પથતફાવત સમય સાથે અચળ રહેતો હોય અથવા તીવ્રતા અચળ રહેતી હોય તો તેવા વ્યતિકરણને સ્થિત વ્યતિકરણ કહે છે. તે માટેની શરતો નીચે પ્રમાણે છે.

(1)સ્થિત વ્યતિકરણ માટે ઉદગમ સુસંબંધ્ધ હોવા જોઇએ.

(2)સંપાત થતા તરંગોનો કંપવિસ્તાર સરખો હોવો જોઇએ.

(3)સંપાત તરંગોની તરંગલંબાઇ સરખી હોવી જોઇએ.

(4)બે ઉદગમો અત્યંત નજીક અને બારીક હોવા જોઇએ.

સુસંબંધ્ધ ઉદગમ:

જે ઉદગમમાંથી સમાન કળામાં તરંગો ઉત્સર્જિત થાય તેવા ઉદગમને સુસંબંધ ઉદગમ કહે છે. વ્યતિકરણ નીચેની બે રીતે મળે છે.

(1)તરંગઅગ્રના વિભાજનથી થતું વ્યતિકરણ :

આ પ્રકારના વ્યતિકરણમાં આપાત તરંગઅગ્રના કંપવિસ્તારનું વિભાજન થાય છે ત્યારબાદ તેનું પરાવર્તન અથવા વિવર્તન થતાં વ્યતિકરણ મળે છે. બાયપ્રિઝમ, લોઇડમીરરના પ્રયોગમાં આ પ્રકારનું વ્યતિકરણ થાય છે.

(2)કંપવિસ્તારના વિભાજનથી થતું વ્યતિકરણ:

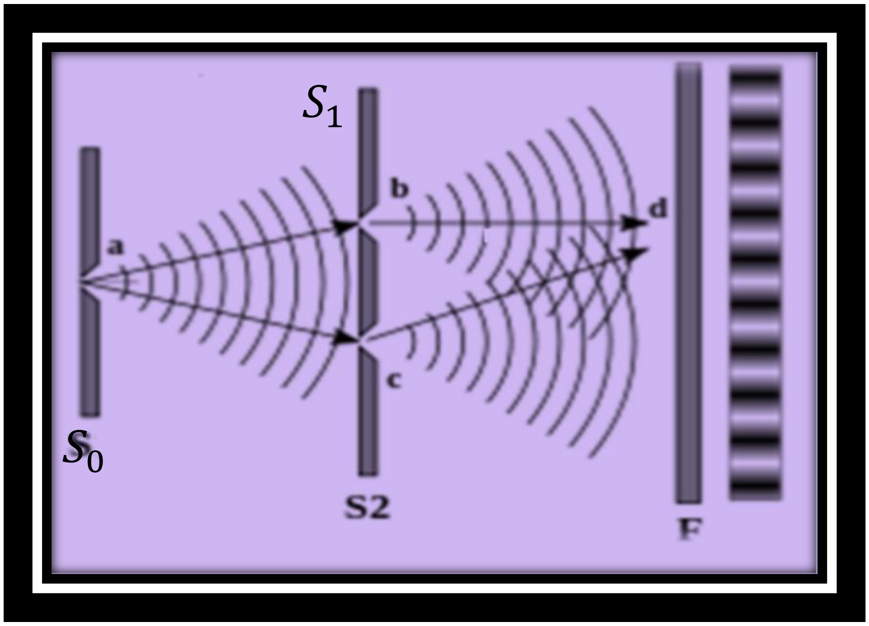
આ પ્રકારના વ્યતિકરણમાં આપાત તરંગના કંપવિસ્તારનું વિભાજન થાય છે. ત્યારબાદ તરંગનું પરાવર્તન અથવા વક્રીભવન થતાં આ પ્રકારનું વ્યતિકરણ મળે છે. ચોમાસામાં ડામરના રોડ પર પડેલ લુબ્રેકેટીંગ ઓઇલ પર પ્રકાશ આપાત થતાં રંગ-બેરંગી પટ્ટા દેખાય છે. તથા સાબુના દ્રાવણ પર સૂર્ય પ્રકાશ આપાત થતાં આ પ્રકારની ઘટના જોવા મળે છે.આમ,અહીં પ્રકાશ તરંગના કંપવિસ્તારના વિભાજનથી વ્યતિકરણ મળે છે. તે જે રીતે ન્યૂટન રીંગ(ન્યૂટનના વલયો), માઇકલસન ઇન્ટરફેરોમીટરના પ્રયોગમાં આ પ્રકારનું વ્યતિકરણ થાય છે.

માત્ર જાણકારી માટે

[સુસંબંધ્ધ ઉદગમસ્થાનો મેળવવાની રીત:

1.બિંદુવત ઉદગમ સ્થાનથી, સૈધ્ધાંતિક રીતે અનંત અંતરે વિસ્તરવા સમતલ તરંગ અગ્ર, તરંગની પ્રસરણ દિશાને લંબ એવું સમતલ (plane) હોય છે. આ તરંગ અગ્રના માર્ગમાં અપારદર્શક પડદો રાખી તેમાં બે સાંકડી સ્લિટ રાખવામાં આવે તો આ સ્લિટો બે સુસંબંધ્ધ ઉદગમસ્થાનો બને છે.

2.જો કોઇ સામાન્ય પ્રકાશ ઉદગમસ્થાન સામે એક સાંકડી સ્લિટ S_0 મૂકવામાં અને તેની સામે ખુબ પાસે હોય તેવી બે સાંકડી સ્લિટોવાળો S_1 અને S_2 પાસે પદદો રાખવામાં આવે તો બે સાંકડી સ્લિટ પર આપાત થતો પ્રકાશ એક જ બિંદુવત ઉદગમસ્થાનમાંથી આવતો હોવાથી આ બંને સ્લિટો સુસંબંધ્ધ ઉદગમસ્થાન બને છે. **(યંગનો પ્રયોગ)**

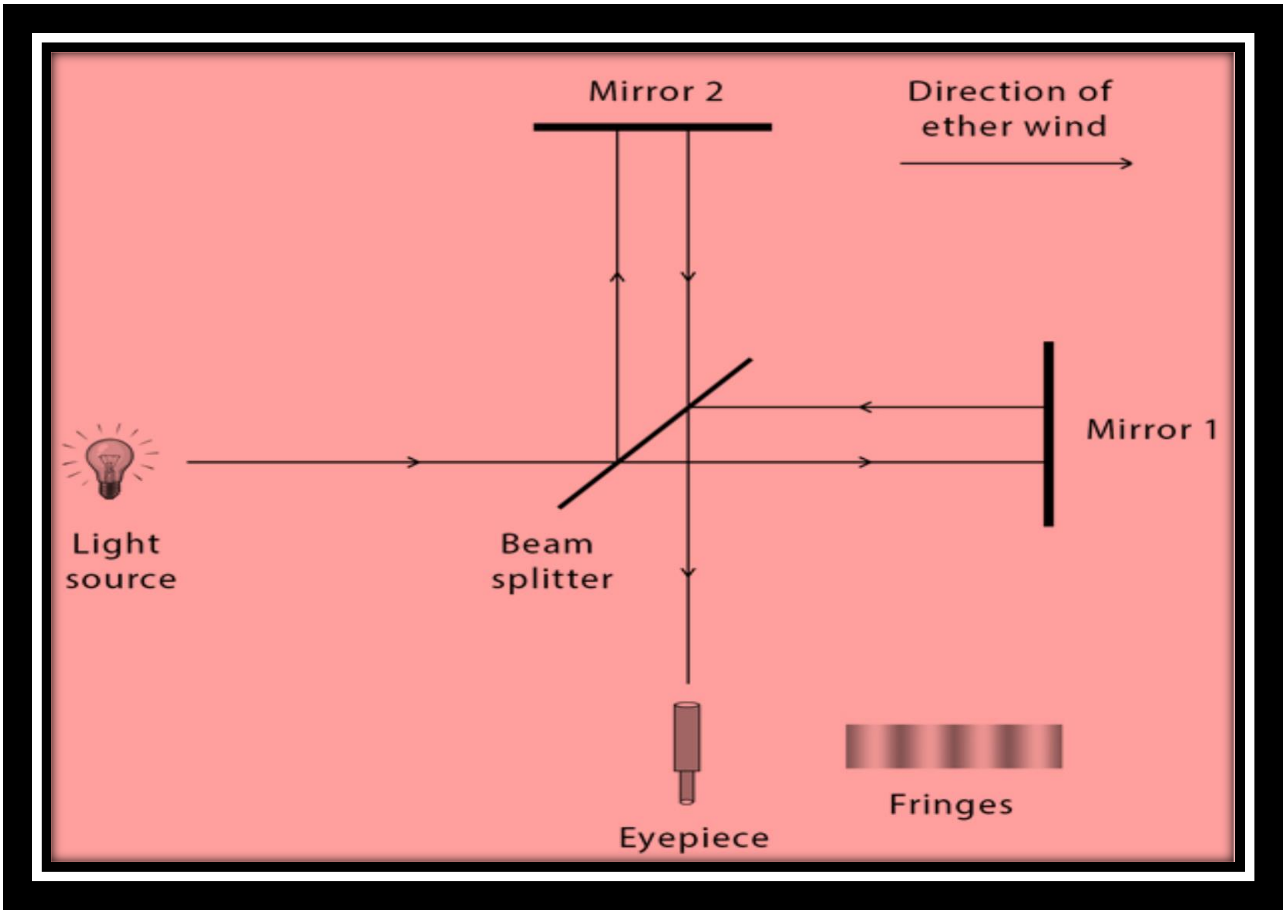


આકૃતિ-(2.1)

3.જો યંગના પ્રયોગમાં સ્લિટ S_0 ની પહોળાઇ ક્રમશઃ વધારવામાં આવે તો વ્યતિકરણ શલાકાઓના અધિકતમોની તીવ્રતા ક્રમશઃ ઘટતી જાય છે, અને ન્યૂનતમોની તીવ્રતા તદ્દન શૂન્ય ન રહેતાં ધીમે ધીમે તે વધતી જાય છે. ટૂંકમાં હવે શલાકાઓ સ્પષ્ટ રહેતી નથી. હવે જો S_0 ને બહુ જ પહોળા કરવામાં આવે તો મહતમની તીવ્રતા અને ન્યૂનતમ તીવ્રતા અનુક્રમે એવી રીતે ઘટે છે અને વધે છે કે જેથી પડદા પર શલાકાઓ અર્દશ્ય થઇ જાય છે. આ સ્થિતિમાં સ્લિટ બિંદુવત ઉદભવસ્થાન ગણી શકાય નહીં પરિણામે તેની પરના ઘણા બધા બિંદુઓ પરથી ઉત્સર્જાતા તરંગોનો વિચાર કરવો પડે. જો સમતલ તરંગ અગ્ર આપાત ન થાય તો સ્લિટ S_0 પરનાં બધાં બિંદુઓ કંઇ એક જ કળામાં કંપતાં નથી. આથી S_1 અને S_2 પર આવતા તરંગોની કળા સરખી હોતી નથી. અને વળી સમય સાથે બદલાયા કરે છે. આ સ્થિતિમાં S_1 અને S_2 ને સુસંબધ્ધ ઉદભવસ્થાનો ગણી શકાય તે સારુ S_0ની પહોળાઇ એટલી નાની હોવી જોઇએ કે જેથી તેને બિંદુવત ઉદગમસ્થાન ગણી શકાય અને S_0 પરના બીજા કળામાં ન કંપતાં બિંદુઓની ચિંતા કરવી પડે નહીં. જો બિંદુવત ની કળામાં કંઇ પણ ફેરફાર થાય તો તે ફેરફાર એકસરખો S_1 અને S_2 પર મળે છે. આથી S_1 અને S_2 વચ્ચે કળાનો તફાવત એકસરખો જળવાઇ રહે છે.

જ્યારે S_0 બિંદુવત ગણી શકાય ત્યારે S_1 અને S_2 સંપૂર્ણ સુસંબંધ્ધ હોય જ્યારે S_0 થોડી પહોળી હોય ત્યારે S_1 અને S_2 અંશતઃ સુસંગત હોય અને જ્યારે S_0 બહુ જ પહોળી હોય ત્યારે S_1 અને S_2 અસુસંબંધ્ધ ઉદભવસ્થનો હોય.

4. માઇક્લસન મોર્લેનો પ્રયોગ:



આકૃતિ-(2.2)

આકૃતિ-(2.2)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પ્રકાશ ઉદગમમાંથી નીકળતાં એકરંગી કિરણને 45 કોણે મૂકેલા ચાંદીનો અંશતઃ ઢોળ ચઢાવેલી કાચની તકતી પર આપાત થવા દેવામાં આવે તો આપાત કિરણના બે ભાગ થઇ એક ભાગ ચાંદીનો અંશતઃ ઢોળ ચઢાવેલી કાચની તકતી વડે પરાવર્તન પામી અરીસા-2 પર આપાત થઇ પાછો પરાવર્તન પામી ચાંદીનો અંશતઃ ઢોળ ચઢાવેલી કાચની તકતીમાથી પસાર થઇ આઇપીસ તરફ આગળ વધે છે. મૂળ આપાત કિરણનો બીજો ભાગ ચાંદીનો અંશતઃ ઢોળ ચઢાવેલી કાચની તકતીમાથી પસાર થઇ અરીસા-1 પરથી પરાવર્તન પામી પાછો ચાંદીનો અંશતઃ ઢોળ ચઢાવેલી કાચની તકતીમાંથી પરાવર્તન પામી આઇપીસ તરફ આગળ વધે છે. આઇપીસ તરફ આગળ વધતાં બંને કિરણો વચ્ચે કળાનો તફાવત એકસરખો જળવાઇ રહે છે. આ કિસ્સામાં જો આઇપીસ પાસે આવતાં કિરણો વચ્ચે પથતફાવત તેમના ગતિપથની સરખામણીમાં નાનો હોય તો સ્પષ્ટ વ્યતિકરણ મેળવી શકાય છે. બીજા શબ્દોમાં સંપૂર્ણ

સુસંબંધ્ધતાની સ્થિતિ મેળવી શકાય છે. જો પથ તફાવત ક્રમશઃ વધારતા જઇએ તો સંપૂર્ણ સુસંબંધ્ધતાની સ્થિતિમાંથી અંશતઃ સુસંબંધ્ધતાની સ્થિતિમાં થઇ છેવટે અસુસંબંધ્ધતાની સ્થિતિ મળે છે.

5.જો પ્રકાશ ઉદગમસ્થાનમાંના બધા જ ઇલેક્ટ્રોન એકીસાથે આપેલી બે ક્વૉન્ટમ સ્થિતિઓ વચ્ચે એક જ દિશામાં સંક્રાંતિ કરે તો તે દરેકને કારણે એકસરખી કળાવાળા તરંગો મળે અને પરિણામે સુસંબંધ્ધ કિરણવલીઓ મળી શકે. એવી પરિસ્થિતિ 'લેસર' ($Laser$)અને 'મેસર'($Maser$)માં સાકાર કરવામાં આવી છે.

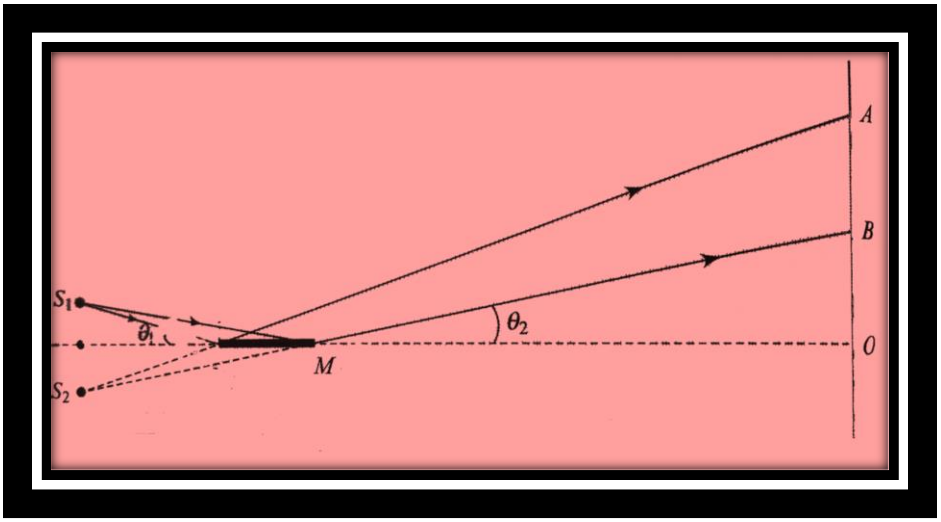
$\boldsymbol{LASER = \ Light\ Amplification\ by\ Stimulated\ Emission\ of\ Radiation}$

$\boldsymbol{MASER = Microwave\ Amplification\ by\ Stimulated\ Emission\ of\ Radiation.}$

આ સાધનોમાં ચોક્કસ પ્રકારના શક્તિસ્તરો (ક્વૉન્ટમ સ્થિતિઓ)ધરાવતાં પદાર્થના ઇલેક્ટ્રોનને ઓપ્ટીકલ પમ્પીંગની પ્રક્રિયા દ્વારા ચોક્કસ ક્વૉન્ટમ સ્થિતિમાં મોકલવામાં આવે છે. આ સ્થિતિમાં પદાર્થ પર ચોક્કસ યોગ્ય આવૃતિવાળું વિકિરણ કિરણ આપાત કરતાં પદાર્થના પરમાણુઓમાંથી ઉત્સજાયેલું વિકિરણ અને આપાત વિકિરણ એકીસાથે એક જ દિશામાં એકસરખી કળા સાથે બહાર આવે છે.(Stimulated emission) ઘન પદાર્થોના લેસર તૈયાર કરવામાં તેમાં અશુધ્ધ આયનોના શક્તિસ્તરોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

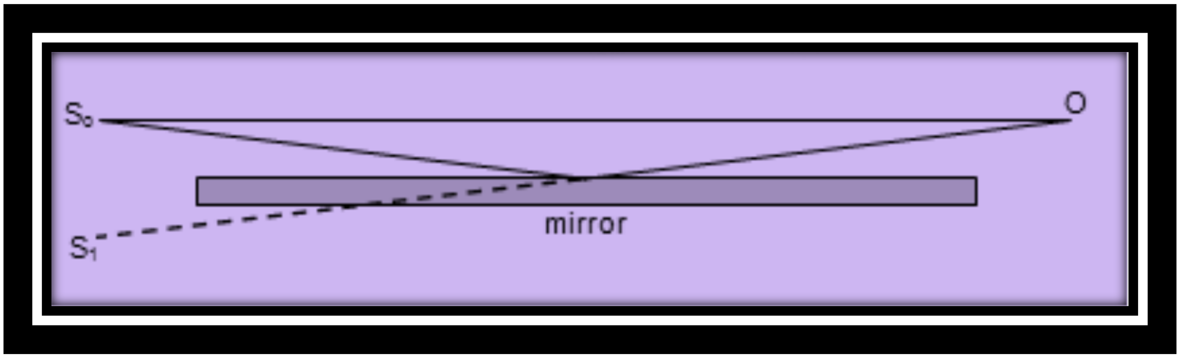
6.પાતળા સ્તરમાંથી પ્રકાશના કિરણનું વારંવાર પરાવર્તન(multiple reflection)કરવાથી પણ સુસંબંધ્ધતાની સ્થિતિ મેળવી શકાય.

7.**લોઇડનો અરીસો**:પાતળા માધ્યમમાં ગતિ કરતું કિરણ જ્યારે ઘટ્ટ માધ્યમની સપાટી પાસેથી પરાવર્તન પામે છે. ત્યારે પરાવર્તિત કિરણની કળામાં π જેટલો અથવા પથમાં $\lambda/2$ જેટલો ફેરફાર થાય છે. આ હકીકત લોઇડના અરીસા વડે સ્પષ્ટ રીતે ચકાસી શકાય છે.



આકૃતિ-(2.3)

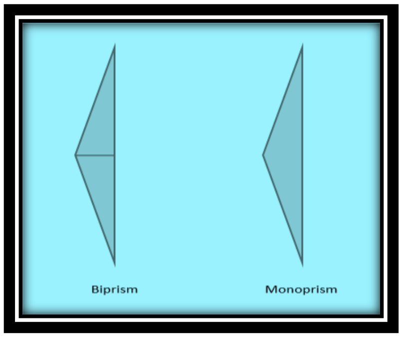
લોઇડનો અરીસો (M)આકૃતિ-(2.3)માં દર્શાવ્યો છે. અહીં સ્લિટ S_1 ને આ લંબચોરસ (પટ્ટી જેવા અરીસાની નાની ધારને સમાંતર) ગોઠવવામાં આવે છે. સ્લિટમાંથી નીકળતાં કિરણો અરીસાની પરાવર્તક સપાટી પરથી પરાવર્તન પામી પડદા પરના AB વિભાગમાં આપાત થાય છે, વળી પડદા પર આ જ વિભાગ પર સ્લિટમાંથી પ્રકાશ સીધેસીધો પણ આપાત થાય છે.AB વિભાગ પર પરાવર્તન પામીને આવતા કિરણો જાણે કે સ્લિટના આભાસી પ્રતિબિંબ S_2 માંથી આવતાં હોય તેમ ગણી શકાય છે. S_2 એ S_1 નું પ્રતિબિંબ હોવાથી S_1 અને S_2 સુસંબંધ્ધ ઉદગમો તરીકે વર્તે છે. પડદા પર વિભાગમાં સંપાત થતા ઉપરોક્ત બંને પ્રકારના કિરણોને લીધે વિભાગમાં વ્યતિકરણ શલાકાઓ મળે છે.



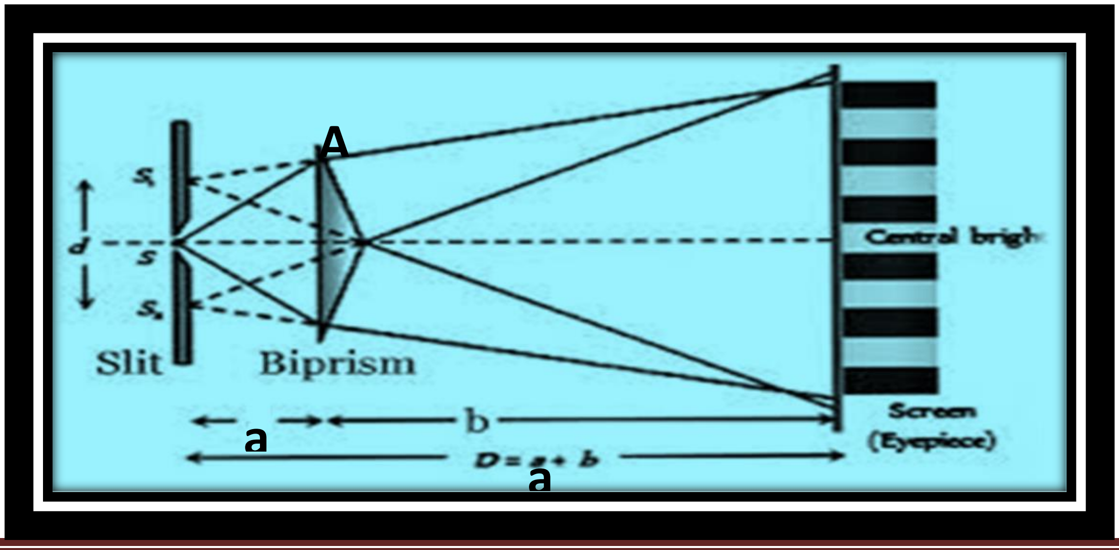
આકૃતિ-(2.4)

હવે આકૃતિ-(2.4)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે જો સ્લિટ S_0 ને અરીસાની પરાવર્તક સપાટીની નજીક એવી રીતે રાખવામાં આવે કે જેથી આકૃતિમાં દર્શાવ્યા પ્રમાણે ગોઠવેલ આઇપીસમાં પ્રથમ શલાકા અરીસાની તદ્દન નજીક જ મળે તો પ્રથમ શલાકા અપ્રકાશિત હોવાનું જણાય છે. આ શલાકા માટે જે બે કિરણો સંપાત થાય છે તે બંનેના પથ લગભગ સમાન છે. આથી અરીસા પરથી પરાવર્તન પામતા કિરણ $\lambda/2$ માં જેટલો પથતફાવત દાખલ થતો હોય તો જ ઉપરોક્ત બંને કિરણો વચ્ચે પથતફાવત $\lambda/2$ થાય અને પ્રથમ શલાકા અપ્રકાશિત દેખાય.

8.ફ્રેનેલ બાયપ્રિઝમ: ફ્રેનેલ બાયપ્રિઝમમાં તરંગ અગ્રનું વિભાજન કરી બે સુસંબધ્ધ ઉદગમો મેળવી શકાય છે. આકૃતિ-(2.5)માં ફ્રેનેલ બાયપ્રિઝમની રેખાકૃતિ આપેલ છે. જેમના પ્રિઝમ કોણ ખૂબ જ નાના (0.5^0 થી પણ નાના) હોય તેવા બે પ્રિઝમોના પાયાઓ એકબીજા સાથે સંપર્કમાં હોય તેવા આકારની કાચની તકતી એટલે જ બાયપ્રિઝમ. બે સમાંતર ધારવાળી તક્તિને ખાસ પ્રકારે ઘસીને આવી પ્લેટ તૈયાર કરાય છે.



આકૃતિ-(2.5)



આકૃતિ-(2.6)

આકૃતિ-(2.6)માં મધ્યસ્થ ધારને સમાંતરે ગોઠવેલ સ્લિટ S માંથી ઉદભવતા બે કિરણો બાયપ્રિઝમમાંથી પસાર થઇને પડદા પાસે કેવી રીતે સંપત થાય છે. તે દર્શાવ્યું છે. અહીં પર સંપાત થતા કિરણોમાંનું એક S_1 માંથી અને બીજું S_2 માંથી આવતું ગણી શકાય છે. વળી, S_1 અને S_2 બંને S માંથી મળતાં હોવાથી તેઓ સુસંબંધ્ધ ઉદગમો તરીકે વર્તે છે. આ યોજનામાં પડદા પર શલાકા પ્રકાશિત હોય છે. અહીં મળતા બે આભાસી ઉદગમો વચ્ચેનું અંતર d નીચેના સૂત્ર વડે અપાય છે.

$d = 2aA(n-1)$

જ્યાં $a =$ સ્લિટ અને બાયપ્રિઝમ વચ્ચેનું અંતર

$A =$પ્રિઝમકોણ

$n =$પ્રિઝમના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક]

વ્યતિકરણના બે પ્રકાર છે.(1)સહાયક વ્યતિકરણ (2) વિનાશક (અહાયક) વ્યતિકરણ

(1)સહાયક વ્યતિકરણ: જો કોઇ બિંદુએ સંપાત થતા તરંગો વચ્ચે કળાતફાવત $2n\pi$(જ્યાં$n = 0,1 \ldots..$) અથવા પથતફાવત $n\lambda$ હોય તો પરિણામી તરંગની તીવ્રતા મહતમ બને. તે બિંદુ પ્રકાશીત દેખાય. આ પ્રકારના વ્યતિકરણને **સહાયક વ્યતિકરણ કહે છે.** એટલે કે પ્રકાશ+પ્રકાશ= પ્રકાશ(સહાયક વ્યતિકરણ)

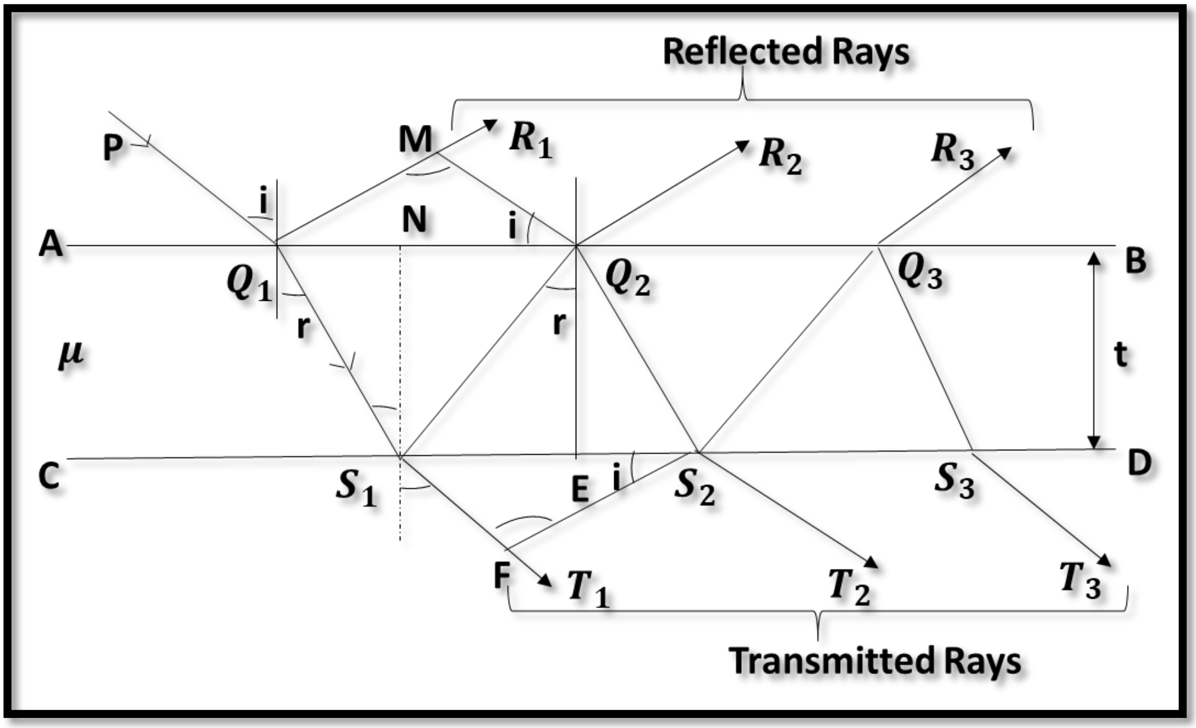
(2)વિનાશક વ્યતિકરણ: જો કોઇ બિંદુએ સંપાત થતા તરંગો વચ્ચે કળાતફાવત $(2n-1)\pi$(જ્યાં$n = 1,2 \ldots$) અથવા પથતફાવત $(2n-1)\lambda/2$ હોય તો પરિણામી તરંગની તીવ્રતા શૂન્ય કે લઘુતમ બને. આથી તે બિંદુ અપ્રકાશીત દેખાય. આ પ્રકારના વ્યતિકરણને **વિનાશક વ્યતિકરણ કહે છે.** એટલે કે પ્રકાશ+પ્રકાશ= અંધકાર(વિનાશક વ્યતિકરણ)

2.2 પાતળા સ્તરોથી થતું વ્યતિકરણ(Interference in Thin Films):

સાબુના દ્રાવણના પરપોટા પર શ્વેત પ્રકાશ આપાત થતાં રચાતાં રંગબેરંગી દ્રશ્યો આપણે જોયાં હશે. ચોમાસામાં ડામરના ભીના રસ્તા પર મોટરના લુબ્રિકેટીંગ ઓઇલનાં ટીપાં રસ્તા પર પડવાથી

રચાતા પાતળા સ્તરના રંગો પણ જોયા હશે. આવા રંગબેરંગી દ્રશ્યો પાતળા સ્તર વડે થતી પ્રકાશનીવ્યતિકરણની ઘટનાઓને આભારી છે. આ તો સામાન્ય રીતે અનુભવી શકાય તેવી રોજબરોજની ઘટનાની વાત થઇ. હકીકતમાં પાતળા સ્તરોનું ભૌતિકશાસ્ત્ર(Physics of Thin Films) આધુનિક વિજ્ઞાનમાં ટેકનોલોજીની દ્રષ્ટિએ ખૂબ જ અગત્યતા ધરાવે છે. પ્રયોગશાળામાં વેક્યુમ ડિપોઝિશન પધ્ધતિથી જુદાં જુદાં દ્રવ્યોના ઇચ્છિત જાડાઇના પાતળા સ્તરો તૈયાર કરી શકાય છે. આ સ્તરોની જાડાઇ થોડાક એન્ગસ્ટ્રોમથી શરૂ કરી થાડાક હજાર એન્ગસ્ટ્રોમ સુધી ખૂબ જ અકુશિત પરિસ્થિતિમાં તૈયાર કરી શકાય છે. આ પાતળા સ્તરો ટેકનોલોજીમાં અગત્યનાં છે પણ સાથે સાથે તેઓ દ્રવ્યના બંધારણના અભ્યાસમાં પણ અગત્યનું મહત્વ ધરાવે છે.

આપાત કિરણાવલી(Beam of Light)નું પાતળા સ્તર વડે આંશિક પરાવર્તન અને પારગમન થવાથી પાસે પાસે પરાવર્તન પામતાં તરંગો વચ્ચે તેમ જ પારગમિત થતાં તરંગો વચ્ચે વ્યતિકરણ રચાય છે. પાતળા સ્તરોથી થતું વ્યતિકરણ તરંગના કંપવિસ્તારના વિભાજનથી જોવા મળે છે.



આકૃતિ-(2.7)

આકૃતિ-(2.7)માં t જાડાઇ તથા μ વક્રીભવનાંકવાળું પાતળું સ્તર દર્શાવેલ છે. AB અને CD એ સમાંતર બે બાજુઓ છે. આ પાતળા સ્તરની આજુબાજુ હવાનું માધ્યમ છે. λ તરંગ લંબાઇવાળું પ્રકાશનું કિરણ PQ_1સપાટી AB પર Q_1 બિંદુએ આપાત થાય છે. Q_1 બિંદુએ તેનું અંશતઃ પરાવર્તન અને અંશતઃ વક્રીભવન થાય છે. પરાવર્તિત કિરણ Q_1R_1 માર્ગે પરાવર્તન વિભાગમાં જાય છે અને વક્રીભૂતકિરણ Q_1S_1 માર્ગે જાય છે. S_1 બિંદુએ ફરીથી તેનું અંશતઃ વક્રીભવન થતાં S_1T_1 કિરણ સ્વરૂપે પારગમિત વિભાગમાં દાખલ થાય છે. જ્યારે S_1 બિંદુએ પરાવર્તિત થયેલ કિરણ S_1Q_2 નું ફરીથી Q_2 બિંદુએ વક્રીભવન થતાં Q_1R_2 કિરણ પરાવર્તિત વિભાગમાં દાખલ થાય છે. આમ, આ ઘટનાનું પુનરાવર્તન થતાં $Q_1R_1, Q_2R_2, Q_3R_3, ...$કિરણો પરાવર્તિત વિભાગમાં મળે છે. જ્યારે $S_1T_1, S_2T_2, S_3T_3, ...$ કિરણો પારગમન વિભાગમાં મળે છે.

2.2.1 પરાવર્તિત વિભાગમાંથતું વ્યતિકરણ(Interference due to reflected light):

પરાવર્તિત વિભાગમાં થતું વ્યતિકરણ સમજવા માટે Q_1R_1 અને Q_2R_2કિરણ વચ્ચેનો પથતફાવત વિચારતાં,

ધારો કે i અને r અનુક્રમે આપાતકોણ અને વક્રીભૂતકોણ છે. Q_2M એ Q_1R_1 પર દોરેલ લંબ છે. તથા S_1N એ Q_1Q_2 પર દોરેલ લંબ છે. અહીં $Q_1N = NQ_2$ થશે.

Q_1M પછી Q_1R_1 અને Q_2R_2 કિરણના પથ સમાન બનશે.

કિરણો Q_1R_1 અને Q_2R_2 વચ્ચેનો પથતફાવત $= [Q_1S_1 + S_1Q_2]_{\text{સ્તરમાં}} - [Q_1M]_{\text{હવામાં}}$------(1)

$$= [2Q_1S_1]_{\text{સ્તરમાં}} - [Q_1M]_{\text{હવામાં}} \text{ ----------(2)}$$

પ્રકાશનું કિરણ જેટલા સમયમાં સ્તરના માધ્યમમાં અંતર કાપે તેટલા સમયમાં હવાના માધ્યમમાં અંતર કાપે તે અંતરને સમતુલ્ય પથલંબાઇ કહે છે.

ધારો કે t સમયમાં પ્રકાશના કિરણે સ્તરના માધ્યમમાં કાપેલ અંતર d_m હોય તથા તેનો વેગ v હોય તો $d_m = vt$ ---------(3)

હવામાં પ્રકાશના કિરણે કાપેલ અંતર $d_{air} = ct$ ----------(4)

$\frac{d_{air}}{d_m} = \frac{c}{v} = \mu$(સ્તરનો વક્રીભવનાંક) ---------(5)

$\therefore \quad d_{air} = \mu d_m$

પથતફાવત= $[2\mu Q_1 S_1]_{\text{સ્તર}} - [Q_1 M]_{\text{હવા}}$ ----------(6)

$\Delta Q_1 S_1 N$નો વિચાર કરતાં $\quad \text{Cos}\, r = \frac{S_1 N}{Q_1 S_1} = \frac{t}{Q_1 S_1}$

$\therefore\ Q_1 S_1 = \frac{t}{\text{Cos}\, r}$ -------------(7)

તથા $\Delta Q_1 Q_2 M$નો વિચાર કરતાં $\quad \text{Sin}\, i = \frac{Q_1 M}{Q_1 Q_2} = \frac{Q_1 M}{2 Q_1 N}$

$\therefore\ Q_1 M = 2 Q_1 N\, Sin\, i$ -----------(8)

અને $\Delta Q_1 S_1 N$ માં $\quad \tan r = \frac{Q_1 N}{S_1 N} = \frac{Q_1 N}{t}$

$\therefore\ Q_1 N = t \tan r$

$Q_1 N$નું મૂલ્ય સમીકરણ (8)માં મૂકતાં,

$Q_1 M = 2t \tan r\, Sin\, i$ ----------(9)

$\therefore\ Q_1 R_1$ અને $Q_2 R_2$ કિરણો વચ્ચેનો પથતફાવત $= \frac{2\mu t}{Cos\, r} - 2t \tan r\, Sin\, i$

$= \frac{2\mu t}{Cos\, r} - 2t \tan r\, \mu\, Sin\, r$ $\left(\because\right.$ સ્નેલના નિયમ પ્રમાણે $\left.\mu = \frac{Sin\, i}{Sin\, r}\right)$

$= \frac{2\mu t}{Cos\, r}\,(1 - Sin^2 r) = \frac{2\mu t}{Cos\, r} \cdot Cos^2 r$

પથતફાવત= $2\mu t\, Cos\, r$ --------------------(10)

હવે PQ_1 જ્યારે ઘટ્ટ માધ્યમની સપાટી પાસેથી પરાવર્તન પામે છે. ત્યારે સ્ટોકના નિયમ પ્રમાણે તેની કળામાં π નો ઘટાડો થાય છે. અથવા પથમાં $\lambda/2$ નો ઘટાડો થાય છે. તેથી $Q_1 R_1$ અને $Q_2 R_2$ કિરણો વચ્ચેનો પથતફાવત $\lambda/2$ જેટલો વધે છે.

$\therefore\ Q_1 R_1$ અને $Q_2 R_2$ કિરણો વચ્ચેનો પ્રકાશીય પથતફાવત $= 2\mu t\, Cos\, r + \lambda/2$

(1) કુલ પથતફાવત $= 2\mu t\, Cos\, r + \frac{\lambda}{2} = m\lambda$ (m = 0,1,......)

અથવા

$$2\mu t\, Cos\, r = (m - \tfrac{1}{2})\lambda$$

અથવા

$$2\mu t\ Cos\ r = (2m-1)\frac{\lambda}{2} \quad \text{-------------------(11)}$$

જ્યાં m=0,1,2,3 વગેરે પૂર્ણાંક હોય તો Q_1R_1 અને Q_2R_2 વચ્ચે સહાયક વ્યતિકરણ રચાશે. અને Q_1Q_2 વિભાગ પ્રકાશિત દેખાશે.

(2) $2\mu t\ Cos\ r + \frac{\lambda}{2} = (2m+1)\frac{\lambda}{2}$

અથવા

$2\mu t\ Cos\ r = m\lambda$ ---------------(12)

હોય તો Q_1R_1 અને Q_2R_2 વચ્ચે વિનાશક વ્યતિકરણ રચાશે. અને Q_1Q_2 ભાગ અપ્રકાશિત દેખાશે.

2.2.2 પારગમિત વિભાગમાંથતું વ્યતિકરણ(Interference due to transmitted light):

પારગમિત વિભાગમાં થતું વ્યતિકરણ સમજવા માટે t જાડાઇવાળા અને μ વક્રીભવનાંકવાળા પારદર્શક પાતળું સ્તરને ધ્યાનમાં લો. આકૃતિ-(2.7) માં સર્શાવ્યા પ્રમાણે આપાતકિરણ PQ_1 અંશઃત વક્રીભવન પામીને Q_1S_1 દિશામાં જાય છે. S_1 બિંદુએ ફરીથી તેનું અંશઃત વક્રીભવન થતાં S_1T_1 કિરણરૂપે પારગમન વિભાગમાં જાય છે. જ્યારે અંશઃત પરાવર્તિત કિરણ S_1Q_2 નું Q_2 બિંદુએ પરાવર્તન થતાં Q_2S_2 માર્ગે જઇ છેવટે S_2T_2 કિરણ રૂપે પારગમન વિભાગમાં પ્રસરણ પામે છે. આમ, S_1T_1 અને S_2T_2 કિરણો પારગમન વિભાગમાં નિર્ગમ કિરણો રૂપે મળે છે. તેઓ આગળ જતાં એકબીજા પર સંપાત થતાં વ્યતિકરણ ઉપજાવશે.

S_1T_1 અને S_2T_2 કિરણો વચ્ચેનો પથતફાવત શોધવો.

હવે S_1S_2 અને Q_2E લંબ દોરો તથા S_1T_1 પર S_2F લંબ દોરો.

$\therefore$ S_1T_1 અને S_2T_2 કિરણો વચ્ચેનો પથતફાવત

$= (S_1Q_2 + Q_2S_2)_{\text{સ્તરમાં}} - (S_1F)_{\text{હવામાં}}$

$= (2\mu S_1Q_2)_{\text{સ્તરમાં}} - (S_1F)_{\text{હવામાં}}$ -------------------(13)

હવે ΔS_1Q_2E નો વિચાર કરતાં

$Cos\ r = \frac{Q_2E}{S_1Q_2}$ $\therefore$ $S_1Q_2 = \frac{t}{Cos\ r}$ -----------------(14)

ΔS_1S_2Fમાં, $S_1F = S_1S_2Sin\ i$

$S_1F = 2S_1E\ Sin\ i$ $(\because S_1S_2 = 2S_1E)$ -----------(15)

તથા $\Delta S_1S_2Q_2$ માં $S_1E = Q_2E \tan r$

$S_1E = t \tan r$ -----------------(16)

S_1Eનું મૂલ્ય સમીકરણ (15) માં મૂકતાં,

$S_1F = 2t \tan r\ Sin\ i$

$S_1F = 2t \tan r\ \mu\ Sin\ r$ $\left(\because \mu = \frac{Sin\ i}{Sin\ r}\right)$

$S_1F = 2\mu t \cdot \tan r\ \cdot Sin\ r$ -------------------(17)

S_1Q_2અને S_1F નું મૂલ્ય સમીકરણ (13)માં મૂકતાં ,

S_1T_1અને S_2T_2 કિરણો વચ્ચેનો પથતફાવત $= \frac{2\mu t}{Cos\ r} - 2\mu t \tan r \cdot Sin\ r$

$= \frac{2\mu t}{Cos\ r} - \frac{2\mu t \cdot Sin^2r}{Cos\ r}$

$= \frac{2\mu t}{Cos\ r}(1 = Sin^2r)$

$= \frac{2\mu t}{Cos\ r} \cdot Cos^2r$

પથતફાવત $= 2\mu t\ Cos\ r$ --------------(18)

અહીં કિરણ ઘટ્ટ માધ્યમની સપાટી આગળથી પરાવર્તન થઇ પાતળા માધ્યમમાં જતું નથી આથી વધારાનો કોઇ પથતફાવત ઉમેરાશે નહીં.

પ્રકાશીય કુલ પથતફાવત$= 2\mu t\ Cos\ r$

હવે જો (1) કુલ પથતફાવત$= 2\mu t\ Cos\ r = m\lambda$ $(m = 0,1,2 \dots)$------------(19)

તો સહાયક વ્યતિકરણ સ્તર પ્રકાશિત દેખાશે.

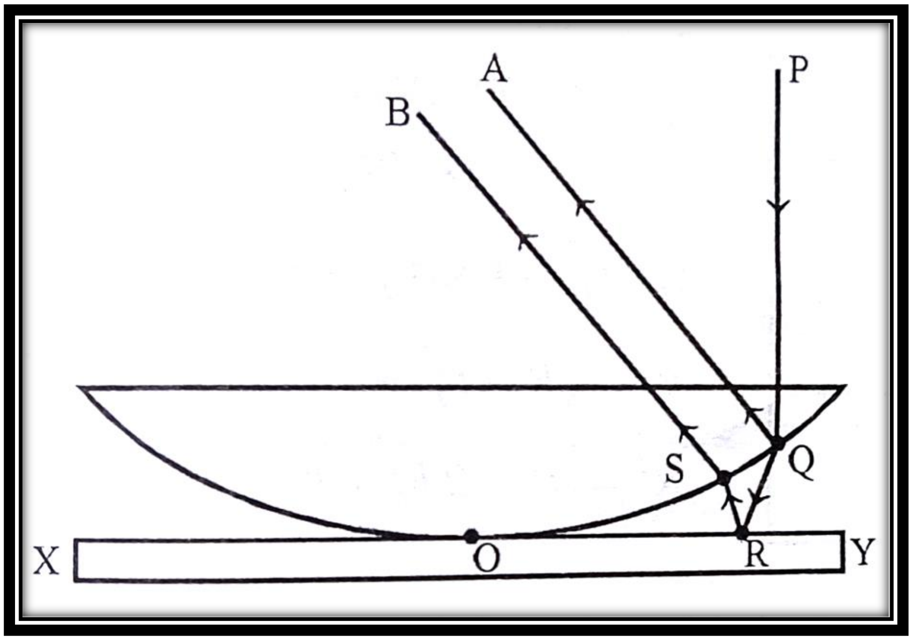
(2)કુલ પથતફાવત$= 2\mu t\ Cos\ r = (2m + 1)\lambda/2$ ------------(20)

વિનાશક વ્યતિકરણ થશે. સ્તર અપ્રકાશિત દેખાશે.

સમીકરણ (11) અને (12) તથા સમીકરણ(19) અને (20) પરથી કહી શકાય કે પરાવર્તિત વિભાગ અને પારગમિત વિભાગમાં થતુ વ્યતિકરણ એકબીજાની પૂરક ઘટના ઓ છે.

2.3 ન્યૂટનના વલયો(Newton's Rings):

પ્રકાશીય રીતે સમતલ કાચની તકતી ઉપર મોટી વક્રતા ત્રિજ્યાવાળો બહિર્ગોળ લેન્સ અથવા સમતલ બહિર્ગોળ લેન્સ મૂકતાં લેન્સ અને કાચની સમતલ તકતી વચ્ચે ફાચર આકારનું હવાનું સ્તર રચાય છે. લેન્સ અને તકતીના સંપર્ક બિંદુ આગળ હવાના સ્તરની જાડાઇ શૂન્ય હોય છે. જ્યારે સંપર્ક બિંદુથી સ્તરીય દિશામાં (ત્રિજ્યાવર્તી)માં જતા આ સ્તરની જાડાઇ નિયમિત રીતે વધતી જાય છે.સંપર્ક બિંદુથી એક સરખા અંતરે આવેલા બિંદુઓ પાસે સ્તરની જાડાઇ એકસરખી હોય છે. આ સઘળા બિંદુઓ એક વર્તુળ પર આવેલા હશે. આથી આ સઘળાં બિંદુંઓ પાસે વ્યતિકરણની સમાન શરત પળાતી હશે. તેથી આ વર્તુળો પ્રકાશિત અથવા અપ્રકાશિત હશે.



આકૃતિ-(2.8)

એકરંગી પ્રકાશનું કિરણ PQ લેન્સ પર Q બિંદુએ આપાત થતાં તેનું અંશઃત પરાવર્તન થતાં QA કિરણ મળે છે. તથા R બિંદુએ ફરીથી તેનું પરાવર્તન થતાં SB કિરણ મળે છે. QA અને SB કિરણો એકબીજા ઉપર સંપાત થતાં વ્યતિકરણ ઉપજાવસશે. જો લેન્સને એકરંગી સમાંતર કિરણો વડે

લંબરૂપે પ્રકાશિત કરવામાં આવે તો લેન્સની સમગ્ર સપાટી પર પ્રકાશના કિરણો આપાત થાય છે. દરેક બિંદુ કોઇને કોઇ વર્તુળ પર આવેલું હશે. આમ, જે વ્યતિકરણ ભાત દેખાશે તે પ્રકાશિત અને અપ્રકાશિત વલયોના રૂપમાં હશે.આ પ્રકારના વલયો સૌ પ્રથમ રોબર્ટ હુકે મેળવ્યા હતા. ત્યારબાદ સૈધ્ધાંતિક સમજૂતી સૌ પ્રથમ યંગ નામના વૈજ્ઞાનિકે તરંગવાદની મદદથી આપેલી તથા આ વલયોનો વિસ્તૃત અને ચોકસાઇ ભર્યો પ્રાયોગિક અભ્યાસ ન્યૂટને કર્યો આથી આ વલયો ન્યૂટનના વલયો તરીકે ઓળખાય છે.

સ્તર પરના બિંદુઓ Q અને Sએકબીજાથી ખૂબ જ નજીક હોય છે.તથા લેન્સની વક્રતા ત્રિજ્યા વધારે હોવાથી હવાના સ્તરનો QS ભાગ સમતલ કાચની તકતીને સમાંતર ગણી શકાય.

હવે Q બિંદુએ હવાના સ્તરની જાડાઇ t હોય તો QA અને SB કિરણો વચ્ચેનો ભૌમિતિક પથતફાવત $= 2\mu t\ Cos\ r$ -------------(21)

હવા માટે QS એ પ્લેટને સમાંતર છે. તથા લેન્સ પર લંબરૂપે પ્રકાશના કિરણો આપાત થતાં હોવાથી,

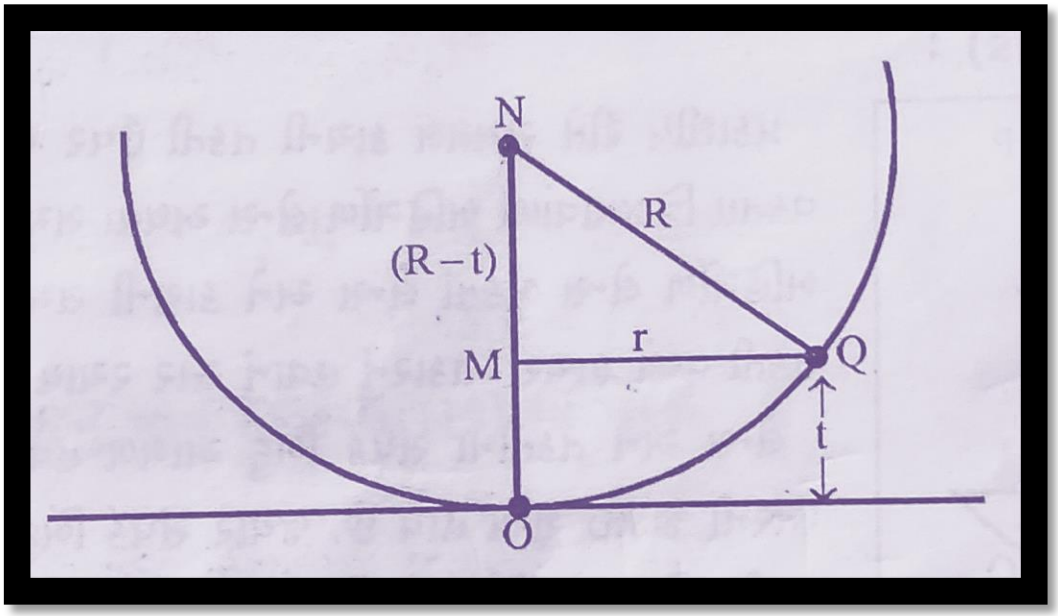
$$\therefore Cos\ r = 1$$

$$\therefore \text{ભૌમિતિક પથતફાવત} = 2t$$

QA કિરણ ઘટ્ટ માધ્યમની સપાટી આગળથી પરાવર્તન પામે છે. આથી $\lambda/2$ જેટલો પથતફાવત ઉમેરાશે.

$\therefore$ પ્રકાશીય પથતફાવત $= 2t + \lambda/2$ ------------------(22)

2t નું મૂલ્ય નકી કરવા નીચેની આકૃતિ(9) ધ્યાનમાં લેતાં



આકૃતિ-(2.9)

લેન્સની વક્રતાત્રિજ્યા$NO = R$ અને લેન્સનું વક્રતા કેન્દ્ર N છે.

$QM \perp NO$ દોરો.

ΔNMQ માટે

$(NQ)^2 = (NM)^2 + (MQ)^2$

$R^2 = (R-t)^2 + r^2$

$R^2 = R^2 - 2Rt + t^2 + r^2$

$\therefore 2Rt = t^2 + r^2$

$t^2 \ll r^2$ હોવાથી t^2 ને r^2 ની સરખામણીમાં અવગણી શકાય.

$\therefore\ 2Rt = r^2$

$\therefore 2t = \frac{r^2}{R}$ ------------(23)

$2t$ નું મૂલ્ય સમીકરણ (22) માં મૂકતાં

$\therefore$ પ્રકાશીય પથતફાવત $= \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$ ----------------(24)

2.4 ન્યૂટનના વલયોના ગુણધર્મો(Properties of Newton's Rings):

(1)ન્યૂટનના વલયમાં પ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા એકી પ્રાકૃતિક સંખ્યાના વર્ગમૂળને સમપ્રમાણમાં હોય છે.

સંપર્ક બિંદુO થી r_n અંતરે પથતફાવત

$\frac{r_n^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = n\lambda$ ---------------(25)

થતો હશે ત્યાં આવેલા સઘળાં બિંદુઓ પ્રકાશિત હશે એટલે કે આ શરત સંતોષાતા બિંદુઓ r_n ત્રિજ્યાનું પ્રકાશિત વલય રચશે તથા આ વલયની ત્રિજ્યા

$$\therefore r_n^2 = \left(n\lambda - \frac{\lambda}{2}\right) R$$

$$r_n^2 = (2n-1)\frac{\lambda R}{2}$$

n માં પ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા $r_n = \sqrt{(2n-1)}\sqrt{\frac{\lambda R}{2}}$ ------------(26)

સમીકરણ(26) માં $n = 1,2,3, \ldots.$ મૂકતાં અનુક્રમે 1,2,3 ક્રમાંકવાળા પ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા મળશે.

$r_1 = \sqrt{1}\sqrt{\frac{\lambda R}{2}}, \quad r_2 = \sqrt{3}\sqrt{\frac{\lambda R}{2}} \quad , r_3 = \sqrt{5}\sqrt{\frac{\lambda R}{2}}$

આમ, ન્યૂટનના વલયમાં પ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા એકી પ્રાકૃતિક સંખ્યાના વર્ગમૂળ્ના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

(2)ન્યૂટનનાં વલયો અપ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા પ્રાકૃતિક સંખ્યાના વર્ગમૂળના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

n ક્રમાંકવાળા અપ્રકાશિત વલયના ત્રિજ્યા r_n હોય તો

$\frac{r_n^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = (2n+1)\frac{\lambda}{2}$ -----------(27)

$\therefore \ r^n = n\lambda R$

$\therefore r_n = \sqrt{n}\sqrt{\lambda R}$

$n = 1,2,3,$ મૂકતાં અનુક્રમે 1, 2, 3 ક્રમાંકવાળા અપ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા મળશે.

$r_1 = \sqrt{1}\sqrt{\lambda R}, \ \ r_2 = \sqrt{2}\sqrt{\lambda R} \ , \ \ r_3 = \sqrt{3}\sqrt{\lambda R}$

આમ, ન્યૂટનના ક્રમિક અપ્રકાશિત વલયોની ત્રિજ્યા પ્રાકૃતિક સંખ્યાના વર્ગમૂળના સમપ્રમાણમાં હોય છે.

(3)લેન્સની સંપર્કબિંદુ પાસેની સ્થિતિ

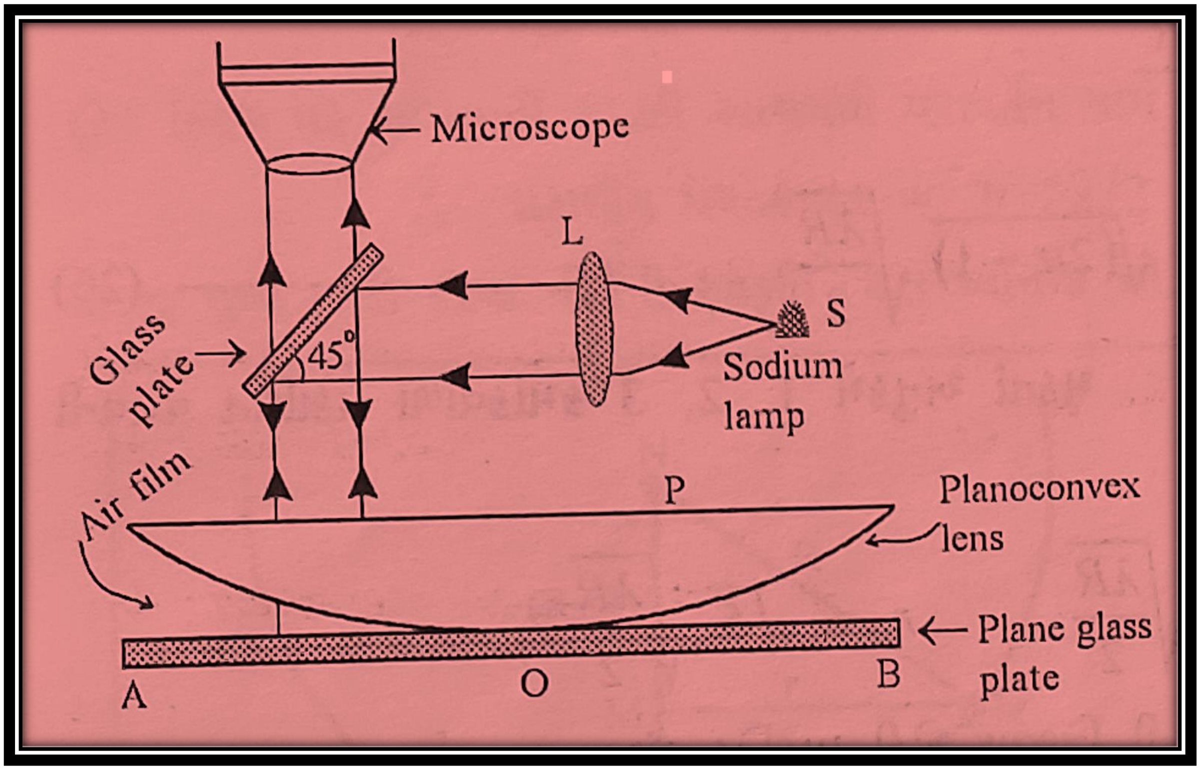
પ્રકાશિત કે અપ્રકાશિત બિંદુ હોવાનું કારણ તે બિંદુએ સંપાત થતા તરંગોનો પથતફાવત છે. ન્યૂટનના વલયો માટે પ્રકાશીય પથતફાવત $2t + \lambda/2$ સંપર્ક બિંદુએ લેન્સ અને કાચની પ્લેટ વચ્ચેની જાડાઇ શૂન્ય હોવાથી,$t = 0$

પથતફાવત = $\lambda/2$

સંપાત થતા કિરણો વચ્ચે $\lambda/2$ પથતફાવત રચાય (π કળા તફાવત) છે.આથી સંપર્ક બિંદુ અપ્રકાશિત હોય છે.

2.5 ન્યૂટનના વલયોની મદદથી એકરંગી પ્રકાશની તરંગ લંબાઇ શોધવી

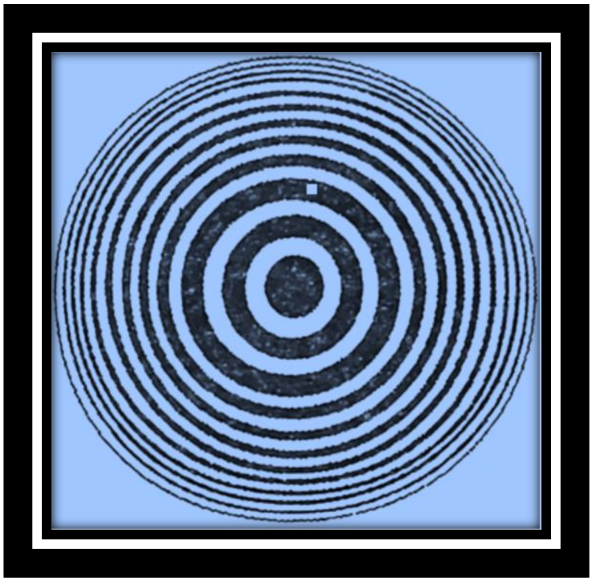
(Determination the wavelength of sodium light using Newton's Rings):



આકૃતિ-(2.10)

આકૃતિ-(2.10)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે બહિર્ગોળ લેન્સ (L) ને કાચની સમતલ પ્લેટP પર મૂકવામાં આવે છે. આથી બહિર્ગોળ લેન્સ અને કાચની સમતલ પ્લેટ વચ્ચે હવાનું સ્તર રચાય છે. સંપર્ક બિંદુએ હવાના સ્તરની જાડાઇ શૂન્ય હોય છે.તથા અરીય દિશામાં સ્તરની જાડાઇ વધતી જાય છે.

ઉદગમ સ્થાન S માંથી આવતા એકરંગી પ્રકાશના કિરણો 45^0 રહેલ કાચની પ્લેટ પર આપાત થતાં તે કિરણોને અધોદિશામાં લંબરૂપે પરાવર્તન કરશે. આ કિરણો લેન્સ પર લંબરૂપે આપાત થતાં તેનુ લેન્સની નીચેની સપાટી અને સમતલ કાચની ઉપરની પરથી પરાવર્તન થતાં મળતાં કિરણો એકબીજા પર સંપાત થતાં વ્યતિકરણની ઘટના ઉપજાવશે. જે આપેલ ચલ સૂક્ષ્મ દર્શકની મદદથી જોઇ શકાય છે. તથા તેના અવલોકન લઇ શકાય છે. અવલોકન નોંધતી વખતે લેન્સનું સંપર્ક બિંદુ અપ્રકાશિત રાખવું જોઇએ.



ધારો કે d_n એ n માં ક્રમનો અપ્રકાશિત વલયનો વ્યાસ છે.

$r_n^2 = n\lambda R$

$r_n = \frac{d_n}{2}$

$\left(\frac{d_n}{2}\right)^2 = n\lambda R$

$d_n^2 = 4n\lambda R$ -----------------(28)

તથા d_m એ m મા ક્રમનો અપ્રકાશિત વલયનો વ્યાસ હોય તો,

$d_m^2 = 4m\lambda R$ -------------------(29)

સમીકરણ (28)માંથી સમીકરણ (29) બાદ કરતાં,

$d_n^2 - d_m^2 = 4n\lambda R = 4m\lambda R$

$d_n^2 - d_m^2 = 4(n-m)\lambda R$

$\lambda = \frac{d_n^2 - d_m^2}{4(n-m)R}$ ----------------------(30)

R એ લેન્સની વક્રતા ત્રિજ્યા છે.

સમીકરણ(30)ની મદદથી એકરંગી પ્રકાશની તરંગ લંબાઇ શોધી શકાય છે.

2.6 ન્યૂટનના વલયોની મદદથી પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક શોધવો.(Refractive Index of a Liquid using Newton's Rings):

આકૃતિ(10)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે પ્રયોગની ગોઠવણી કરી સૌ પ્રથમ બહિર્ગોળ લેન્સ અને કાચની સમતલ પ્લેટ વચ્ચે હવાનું સ્તર હોય ત્યારે ન્યૂટનના વલયો મેળવવામાં આવે છે. ચલ સુક્ષ્મદર્શકની મદદથી તેના અવલોકન લેવામાં આવે છે.

ધારો કે આ વખતે d_n અને d_m એ અનુક્રમે n માં અને m માં ક્રમના અપ્રકાશિત વલયના વ્યાસ હોય તો,

$$d_n^2 = 4n\lambda R$$
$$d_m^2 = 4m\lambda R$$
$$\lambda = \frac{d_n^2 - d_m^2}{4(n-m)R} \qquad \text{-----------------------(31)}$$

હવે, બહિર્ગોળ લેન્સ અને કાચની સમતલ પ્લેટ વચ્ચે આપેલ પ્રવાહી મૂકતાં લેન્સ અને કાચની પ્લેટ વચ્ચે પ્રવાહીનું સ્તર રચાશે. આ વખતે ન્યૂટનનાં વલયો મેળવી ચલ સુક્ષ્મદર્શકની મદદથી તેના અવલોકન નોંધવામાં આવે છે.

ધારોકે આ વખતે D_n અને D_m એ અનુક્રમે n માં અને m માં ક્રમના અપ્રકાશિત વલયોના વ્યાસ હોય તો,

$$D_n^2 = 4n\lambda' R$$
$$D_m^2 = 4m\lambda' R$$
$$\lambda' = \frac{D_n^2 - D_m^2}{4(n-m)R} \qquad \text{------------------(32)}$$

સમીકરણ (31) અને સમીકરણ(32)નો ગુણોતર લેતાં,

$$\frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{d_n^2 - d_m^2}{D_n^2 - D_m^2}$$

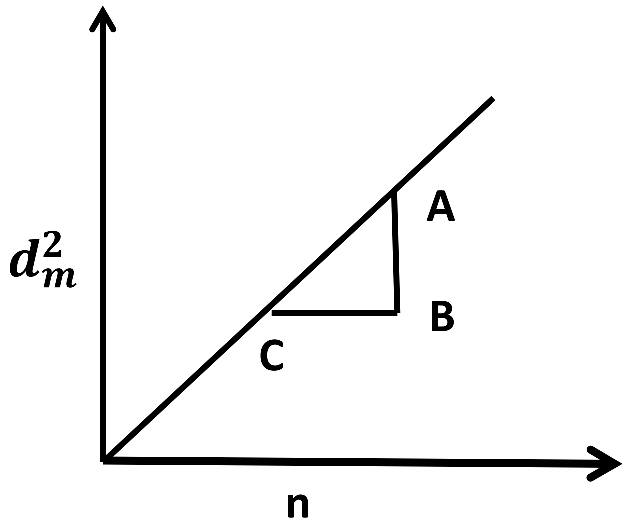
અહીં $\frac{\lambda}{\lambda'} = \mu =$ પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક

$$\mu = \frac{d_n^2 - d_m^2}{D_n^2 - D_m^2} \qquad \text{--------------------(33)}$$

સમીકરણ(33)ની મદદથી પ્રવાહીનોવક્રીભવનાંક μ શોધી શકાય છે.

ગ્રાફની મદદથી વક્રીભવનાંક શોધવો

ન્યૂટનના વલયના પ્રયોગમાં બહિર્ગોળ લેન્સ અને કાચની પ્લેટ વચ્ચે હવાનું સ્તર હોય ત્યારે જુદા જુદા ક્રમના(n) અપ્રકાશિત વલયોની ત્રિજ્યાd_n માપવામાં આવે છે. તથા લેન્સ અને કાચની પ્લેટ વચ્ચે પ્રવાહીનું સ્તર હોય ત્યારે જુદા જુદા ક્રમના (n)અપ્રકાશિત વલયોની ત્રિજ્યાD_n માપવામાં આવે છે. ત્યાર પછી $d_n^2 \rightarrow n$ તથા $D_n^2 \rightarrow n$ નો ગ્રાફ દોરતાં આકૃતિ-(2.11)માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે સુરેખ મળશે.



સુરેખનો ઢાળ $\Delta m = \frac{AB}{BC}$ (હવા માટે)

$\Delta m' = \frac{A'B'}{B'C'}$ (પ્રવાહી માટે)

પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક $\mu = \frac{\Delta m}{\Delta m'}$

આકૃતિ-(2.11)

No. 4 માર્ક્સ (ગુણ)ના પ્રશ્નો

1 પાતળા સ્તર વડે પરાવર્તન પામતા કિરણો માટે પથ તફાવતનું સૂત્ર મેળવો.(Derive equation of path difference for light reflected by thin film.)

2 ન્યૂટનના વલયોનો વાદ આપી પથતફાવતનું સૂત્ર મેળવો.(Derive equation of path difference for Newton's ring.)

3 પાતળા સ્તરો વડે થતા વ્યતિકરણમાં પારગમિત વિભાગમાં પથ તફાવતનું સૂત્ર મેળવો.(Obtain the formula of path difference in transmition region for thin layer interference.)

4 ન્યૂટનના વલયોની મદદથી પ્રવાહીની વક્રીભવનાંક શોધવાના પ્રયોગનું વર્ણન જરૂરી સૂત્ર મેળવીને કરો.(Deduce the formula for refractive index of liquid by using Newton's ring.)

5 ન્યૂટનના વલયો માટે પ્રાયોગિક ગોઠવણ સમજાવી એકરંગી પ્રકાશની તરંગલંબાઇ શોધવાનું સૂત્ર સાબિત કરો.(Explain experimental arrangement for Newton's rings and derive formula to find out wavelength of monochromatic light.)

6 વ્યતિકરણ એટલે શું? પાતળા સ્તરોથી થતું વ્યતિકરણ સમજાવી સહાયક અને વિનાશક શરતો મેળવો.(What is an interference? Explain it produced by thin layers and

obtain conditions for constructive and destructive interference.)

7 ન્યૂટનના વલયો સમજાવી. પ્રકાશિત અને અપ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યાનાં સૂત્રો મેળવો.(Explain Newton's rings and obtain the formula for bright and dark rings.)

8 ન્યૂટનના વલયોના વાદ સમજાવીને દર્શાવો કે ક્રમિક અપ્રકાશિત વલયોની ત્રિજ્યા પાકૃતિક સંખ્યાઓના વર્ગમૂળના સમપ્રમાણમાં હોય છે.(Explain the theory of Newton's ring and show the radius of dark fringes are proportion to their prime numbers.)

No.	1 માર્ક્સ (ગુણ)ના પ્રશ્નો	Ans
1	કલા સંબંધ ઉદગમસ્થાન એટલે શું?(Define coherent source.)	
2	2π કલા તફાવત= ....પથતફાવત $\left(\frac{\lambda}{2}, 2\lambda, \lambda\right)$ (2π phase difference =_____path difference.) $\left(\frac{\lambda}{2}, 2\lambda, \lambda\right)$	
3	1.ન્યૂટનના વલયોમાં સંપર્કબિંદું..........હોય છે(પ્રકાશિત/અપ્રકાશિત) (Contact point of lens in Newton's rings is ___.(bright/dark) 2.ન્યૂટન રીંગના પ્રયોગમાં લેન્સનું સંપર્કબિંદું અપ્રકાશિત હોય છે કેમ? (In Newton's ring experiment contact point of the lens is dark. Why?)	
4	વ્યતિકરણની ઘટના પ્રકાશના ક્યા સ્વભાવથી સમજાવી શકાય ? (By which nature of light we can explain phenomena of interference?)	
5	ન્યૂટનના વલયોમાં હવાને સ્થાને 1.3વક્રીભવનાંકવાળા પ્રવાહીનો ઉપયોગ કરતાં આઠમાં વલયનો વ્યાસ $0.087 \times 10^{-2}\,m$ મળે છે. તો હવામાં આ વલયનો વ્યાસ....... હોય.(In Newton's ring instead of air by using 1.3 refractive index liquid the diameters of 8th ring is $0.087 \times 10^{-2}\,m$ the diameter of it in air is _____.) (a) $0.087 \times 10^{-2}\,m$ (b)0.087mm (c) 1 mm (d) $10^{-2}\,mm$	(c)
6	વ્યતિકરણની ઘટના સમજાવનાર વૈજ્ઞાનિકનું નામ જણાવો.	(c)

(a)મેક્સવેલ (b)હ્યુઝીન (c)થોમસ યંગ (d)ન્યૂટન

(Give the name of scientist who explained interference.)

(a)Maxwell (b) Hyugjeen (c) Thomas Yang (d) Newton

7 ન્યૂટનના વલયના પ્રયોગમાં 10મા ક્રમની અપ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા-------(Radius of 10th dark ring in Newton's ring experiment is ____) (a)

(a)$\sqrt{10\lambda R}$ (b) $\sqrt{5\lambda R}$ (c) $10\sqrt{\lambda R}$ (d)$5\sqrt{\lambda R}$

8 ન્યૂટનના વલયોની મદદથી લેન્સની વક્રતા ત્રિજ્યા શોધવાનું સૂત્ર લખો.(Write formula to find radius of curvature of lens using Newton's ring.)

9 સ્થિત વ્યતિકરણ ની વ્યાખ્યા આપો.

(Give the definition of stationary interference.)

10 ન્યૂટનના વલયો માટે બીજા ક્રમની પ્રકાશિત અને અપ્રકાશિત વલયો માટે ત્રિજ્યાનો ગુણોતર ....મળે.(For a Newton's ring radius of second number light and dark fringes ratio are ____)

11 ન્યૂટનના વલયો માટે $dm^2 \rightarrow n$ ના આલેખનો ઢાળ .... મળે.

(The slop of graph for $dm^2 \rightarrow n$ for a Newton's ring is____)

12 વ્યતિકરણની ઘટના પ્રકાશના ક્યા સ્વભાવ(Nature) થી સમજાવી શકાય ? (b)

(a)પ્રકાશનો કણ સ્વભાવ (b)પ્રકાશનો તરંગ સ્વભાવ

(c)પ્રકાશનો લંબગત સ્વભાવ (d) પ્રકાશનો સંગત

13 સુસંબધ્ધ ઉદગમ એટલે શું ? (d)

(a)સરખી તરંગ લંબાઇવાળા તરંગો ઉત્સર્જિત કરે.

(b)સરખા કંપવિસ્તારવાળા તરંગો ઉત્સર્જિ કરે.

(c)સરખી આવૃતિ અને સરખો કંપવિસ્તારવાળા તરંગો ઉત્સર્જિત કરે.

(d)સરખી તરંગ લંબાઇવાળા અને સમાન કળામાં ઉત્સર્જિ થતા તરંગો.

14 નીચેના માંથી ક્યા ઉદગમ સુસંબધ્ધ છે ? (c)

(a) 60 વૉટ અને 100 વૉટના બલ્બ (b) 100 વૉટના બે બલ્બ

(c)બાયપ્રિઝમ દ્વારા મેળવેલ બે આભાસી ઉદગમ (d) બે સોડીયમ બલ્બ.

15 બે સુસંબધ્ધ ઉદગમથી ઉદભવતા તરંગો આપાત થતાં અપ્રકાશિત શલાકા મળતી હોય તો તરંગો વચ્ચેનો પથતફાવત (d)

(a)શૂન્ય (b) 2π (c) $2n\pi$ (d)$(2n-1)\pi$

16 1.5 વક્રીભવનાંકવાળા પાતળા સ્તર પર $6000A^0$ વાળો પ્રકાશ લંબ રૂપે આપાત કરતાં સ્તર અપ્રકાશિત મળે તો સ્તરની જાડાઇ શોધો. (b)

(a) $2000A^0$ (b) $4000A^0$ (c) $1000A^0$ (d)અનંત

17 બે એકરંગી પ્રકાશના તરંગો એક બિંદુએ સંપાત થતા બનતી વ્યતિકરણની ઘટનામાં સહાયક વ્યતિકરણ થવા માટે પથ તફાવત (c)

(a)$(2n-1)\lambda/4$ (b)$(2n-1)\lambda/2$ (c)$n\lambda$ (d)$(2n+1)\lambda/2$

18 પાતળા માધ્યમમાં પ્રસરતું પ્રકાશનું કિરણ ઘટ્ટ માધ્યમની સપાટી પર પરાવર્તન થતાં તેની કળામાં થતો ફેરફાર (c)

(a) π જેટલો વધે (b) 2πજેટલો ઘટે (c) π જેટલો ઘટે (d) 2πજેટલો વધે

19 પ્રકાશના કિરણને μવક્રીભવનાંકવાળા માધ્યમના d અંતરને સમતુલ્ય હવામાં અંતર (c)

(a)$\frac{d}{\mu}$ (b) $\frac{d^2}{\mu}$ (c) μd (d)$\mu^2 d$

20 પ્રકાશનું કિરણ 1.5 વક્રીભવનાંકવાળા માધ્યમમાં જેટલા સમયમાં 100 m અંતર કાપે તેટલા જ સમયમાં હવાના માધ્યમમાં કપાતું અંતર (b)

(a)110 m (b) 150 m (c) 120 m (d) 100m

21 ન્યૂટનના વલયોની મદદથી લેન્સની વક્રતા ત્રિજ્યા શોધવાનું સૂત્ર (b)

(a)$\frac{d_n^2-d_m^2}{\lambda}$ (b) $\frac{d_n^2-d_m^2}{4(n-m)R}$ (c) $\frac{d_n^2-d_m^2}{4nmR}$ (d)$\frac{d_n-d_m}{4(n-m)R}$

22 ન્યૂટનના વલયોના પ્રયોગમાં d_n અને d_m એ હવાના સ્તરમાં તથા D_nઅને D_m એ પ્રવાહીના સ્તરમાં અનુક્રમે n અને m ક્રમના વ્યાસ હોય તો પ્રવાહીના વક્રીભવનાંક શોધવાનું સૂત્ર (c)

(a)$\frac{D_n-D_m}{d_n-d_m}$ (b) $\frac{D_n^2-D_m^2}{d_n^2-d_m^2}$ (c) $\frac{d_n^2-d_m^2}{D_n^2-D_m^2}$ (d)$\frac{d_n^2 D_n^2}{d_m^2 D_m^2}$

23 પરાવર્તન વિભાગમાં પાતળા સ્તર વડે થતા વ્યતિકરણના કિસ્સામાં અનુક્રમે આવતા બે કિરણો વચ્ચે પથતફાવત ....હોય છે. (a)

(a) $2\mu t\cos r+\frac{\lambda}{2}$ (b) $2\mu t\sin r+\frac{\lambda}{2}$

(c) $2\mu t\cos r$ (d) $2\mu t\sin r$

24 પારગમન વિભાગમાં પાતળા સ્તર વડે થતા વ્યતિકરણના કિસ્સામાં અનુક્રમે આવતા બે કિરણો વચ્ચે પથતફાવત .... હોય છે. (b)

(a)$2\mu t\cos r+\frac{\lambda}{2}$ (b)$2\mu t\cos r$

(c) $2\mu t\sin r$ (d)$2\mu t\tan r$

25 પ્રકાશનું એક કિરણ t જાડાઇના પાતળા સ્તરમાંથી પસાર થાય છે. જો સ્તરના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક μ હોય તો કિરણના પથમાં થતો વધારો .....હોય છે. (d)

(a)μt (b) $\frac{\mu}{t}$ (c) $\frac{t}{\mu}$ (d)$(\mu-1)t$

26 ન્યૂટનના વલયોના કિસ્સામાં સંપર્ક બિંદુંથી r અંતરે પથતફાવત ..... હોય છે. R= વક્રસપાટીની ત્રિજ્યા (b)

(a)$\frac{r^2}{R}$ (b) $\frac{r^2}{R}+\frac{\lambda}{2}$ (c) $\frac{r}{R}+\frac{\lambda}{2}$ (d) $\frac{r}{R^2}$

27 ન્યૂટનના વલયોમાં n ક્રમાંકવાળા વલયની ત્રિજ્યા ....હોય છે. (b)

(a)$\sqrt{(2n-1)}\sqrt{\frac{\lambda R}{2}}$ (b)$\sqrt{n-1}\sqrt{\frac{\lambda R}{2}}$

(c)$\sqrt{(2n-1)}\sqrt{\lambda R}$ (d)$\sqrt{n-1}\sqrt{2\lambda R}$

28 ન્યૂટનના વલયોમાં n ક્રમાંકવાળા અપ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા ....હોય છે. (a)

(a)$\sqrt{n\lambda R}$ (b)$n\lambda R$ (c)$n^2\lambda R$ (d) $n\sqrt{\lambda R}$

29 ન્યૂટનના વલયો માટે જો $d^2n \rightarrow n$ નો આલેખ દોરીએ તો આલેખનો ઢાળ ---હોય છે. (c)

(a)$\frac{4R}{\lambda}$ (b) $\frac{4\lambda}{R}$ (c) $4\lambda R$ (d)$\frac{1}{4}$

30 એક સ્તરની લઘુતમ જાડાઇ કેટલી હોવી જોઇએ કે જેથી તે 589 nm પ્રકાશનું પ્રબળ પરાવર્તન કરી શકે ? સ્તરના દ્રવ્યનો વક્રીભવનાંક =12.5 છે. (b)

(a)589 nm (b) 118 nm (c) 395 nm (d) 811 nm

31 જ્યારે પાણીની સપાટી પર તેલનું ટીપું પથરાય છે ત્યારે રંગબેરંગી દ્રશ્ય ....ને કારણે જોવા મળે છે. (d)

(a)પ્રકાશના ડીસ્પર્સન (b)પ્રકાશના પરાવર્તન

(c)પ્રકાશના ધ્રુવીભવન (d)પ્રકાશના વ્યતિકરણ

No. 3 માર્ક્સ (ગુણ)ના પ્રશ્નો

1 સાબિત કરોકે ન્યૂટનના વલયોમાં ક્રમિક પ્રકાશિત વલયોની ત્રિજ્યા એકી પ્રાકૃતિક સંખ્યાના વર્ગમૂળને સમપ્રમાણમાં હોય છે.(Prove that the radius of consecutive Newton's bright rings are proportional to the square root of odd natural number.)

2 ન્યૂટનના વલયોમાં 10મા પ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા શોધો.(જ્યાં $\lambda = 5890A^0$, $R = 0.95$ મીટર)(Find the radius of 10th bright Newton's ring. (where $\lambda = 5890A^0$, $R = 0.95\, meter$)

3 બે સુસંબધ્ધ ઉદગમોમાંથી ઉત્સર્જાતા બે તરંગો $\lambda_1 = 20\sin(5t - 3r_1)$ અને $\lambda_2 = 5\sin(5t - 3r_2)$ છે પડદાના બિંદુંથી તેમના અંતર અનુક્રમે 0.7 એકમ અને 0.9 એકમ છે.તો આ બિંદુએ t=1 એકમ સમયે તેમનું પરિણામી સ્થાનાંતર શોધો તથા કળાતફાવત, પથતફાવત, તીવ્રતા શોધો.(Two coherence sources emit two waves $\lambda_1 = 20\sin(5t - 3r_1)$ and $\lambda_2 = 5\sin(5t - 3r_2)$ the distance from screen point are 0.7

and 0.9 unit. Calculate the resultant distance at time t=1 s also find phase difference path difference, intensity.)

4 ન્યૂટનના વલયના પ્રયોગમાં બે લેન્સની વક્રતાત્રિજ્યા 1 મીટર છે. પાંચમા વલયનો વ્યાસ 0.4 સેમી. અને નવમા વલયનો વ્યાસ 0.5 સેમી. છે તો પ્રકાશની તરંગલંબાઇ શોધો.(The radius of curvature of lens is 1 meter in Newton's ring experiment. The diameter of fifth and nineth are 0.4 cm and 0.5 cm respectively then find wavelength of light.)

5 ન્યૂટનના વલયોથી પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક (μ) શોધવાનું સૂત્ર મેળવો.

(Derive formula to find refractive index (μ) of liquid by using Newton's ring.)

6 1. $4000A^0$ તરંગલંબાઇના પ્રકાશથી મેળવેલા ન્યૂટનના વલયોમાં 10 મી અપ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા 0.2 સેમી. છે લેન્સની વક્રતા ત્રિજ્યા શોધો.(Newton's ring obtained using source of wavelength $4000A^0$. The radius of 10th dark ring is 0.2 cm. Find radius of curvature of lens.)

2. $5890A^0$ તરંગલંબાઇના પ્રકાશથી મેળવેલા ન્યૂટનના વલયોમાં 10 મી અપ્રકાશિત વલયની ત્રિજ્યા 0.3 સેમી. છે લેન્સની વક્રતા ત્રિજ્યા શોધો.(Newton's ring obtained using source of wavelength $5890A^0$. The radius of 10th dark ring is 0.3 cm. Find radius of curvature of lens.)

7 ન્યૂટનના વલયોના પ્રયોગમાં જ્યારે લેન્સ અને સમતલ પ્લેટ વચ્ચે હવાના સ્થાને પ્રવાહી મૂકવામાં આવે ત્યારે 10મા વલયનો વ્યાસ 1.5 સેમી. થી 1.35 સેમી. થાય છે તો પ્રવાહીનો વક્રીભવનાંક શોધો.

(In Newton's ring experiment the diameter of the 10th ring change from 1.5 cm. to 1.35 cm. when a liquid is introduced between the lens and plate. Calculate the refractive index of the liquid.)

No. 2 માર્ક્સ (ગુણ)ના પ્રશ્નો

1 સહાયક અને વિનાશક વ્યતિકરણની શરતો લખો.(Write conditions of constructive and distructive interference.)

2 ન્યૂટનના વલયોના કોઇ પણ બે ગુણધર્મો લખો.(Write any two properties of Newton's rings.)

3 ન્યૂટનના વલયોના બે ઉપયોગો જણાવો.(Write any two applications of Newton's rings.)

4 ન્યૂટનના વલયોમાં મળતો $d^2n \rightarrow n$ નો આલેખ દોરી સમજાવો.(plot graph of $d^2n \rightarrow n$ for Newton's rings.)

5 હવામાં રહેલા ગ્લિસરનના પાતળા સ્તર પર સૂર્યપ્રકાશ લંબરૂપે આપાત થતાં પરાવર્તિત પ્રકાશમાં તે પીળું દેખાય છે. તો આ સ્તરની તૃતીય લઘુતમ જાડાઇ કેટલી હોય ? ગ્લિસરીનનો વક્રીભવનાંક 1.42 છે.(A sun ray normal incident to glycerin layer on the air the reflected light shows yellow colour. How much thickness of minimum third layer should be ? refractive index of glycerin 1.42.)

6 ન્યૂતનના વલયોના પ્રયોગમાં ગ્રાફ $d^2 \rightarrow n$ ની મદદથી વક્રીભવનાંક કેવી રીતે શોધી શકાય ?(How can be find refractive index using graph $d^2 \rightarrow n$ in Newton's ring experiment?)

7 સુસંબધ્ધ ઉદગમસ્થાન એટલે શુ ?(What is coherent source?)