Toppersnotes

Unleash the topper in you

IIT - JEE

JEE MAIN & ADVANCED

NATIONAL TESTING AGENCY

भौतिक विज्ञान

भाग – 4

SIERRA INNOVATIONS

विषय सूची

तरंग प्रकाशिकी

हाइगेन का तरंग सिद्धांत :→ हाइगेन के अनुसार प्रकाश की प्रकृति तरंगीय होती है इन यांत्रिक तरंगो को संचरण के लिए माध्यम की आवश्यकता होती है। अतः हाइगेन ने एक सर्वव्यापी माध्यम ईथर की कल्पना की और कहा कि इस माध्यम में वे सभी गुण विद्यमान है जो कि तरंग संचरण के लिए आवश्यक होते है।

→ ईथर का प्रत्यास्था गुणांक सर्वाधिक व घनत्व न्यूनतम होता है।

→ ईथर माध्यम मे प्रकाश का वेग = $\sqrt{\frac{\text{प्रत्यास्था गुणांक}}{\text{घनत्व}}}$

हाइगेन के तरंग सिद्धांत के अनुसार प्रकाश का संचरण ~~तरंग~~ तरंगाग्र के रूप में होता है। इस सिद्धांत से इन्होने परावर्तन, अपवर्तन, व्यतीकरण, विवर्तन, ध्रुवण आदि की सफलता पूर्वक व्याख्या की

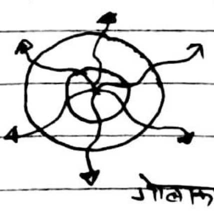
तरंगाग्र (wave front) :→ किसी स्रोत के चारों ओर खींचा गया वह काल्पनिक पृष्ठ जिसके प्रत्येक बिंदु पर प्रकाश समान रूप से कम्पित होता है तरंगाग्र कहलाता है,

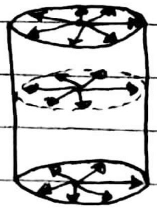
→ स्रोत की प्रकृति के आधार पर तरंगाग्र तीन प्रकार के होते है
(1) गोलाकार (2) बेलनाकार (3) समतल

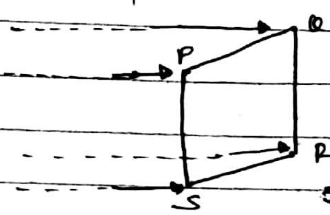
(1) **गोलाकार** :→ यदि प्रकाश स्रोत बिंदुवत रूप में होता है तो उससे बनने वाला तरंगाग्र गोलकार आकृति का होता है,

(2) **बेलनाकार** :→ यदि प्रकाश स्रोत एक संकीर्ण सुत के रूप में हो तो बनने वाला तरंगाग्र बेलनाकार होता है

(3) **समतल** :→ इसमें प्रकाश स्रोत की आकृति निश्चित नही होती। यदि प्रकाश स्रोत अनंत दूरी पर स्थित होता है तो उससे बनने वाला तरंगाग्र समतल आकृति का होगा चाहे स्रोत की आकृति बिंदुवत या रेखीय हो।


गोलाकार


बेलनाकार



समतल

हाइगेन का द्वितीय तरंग सिद्धांत

Point - I इसके अनुसार प्रकाश की प्रकृति तरंगीय होती है

Point - II प्रकाश का संचरण सभी संभव दिशाओ मे तरंगाग्र के रूप मे होता है

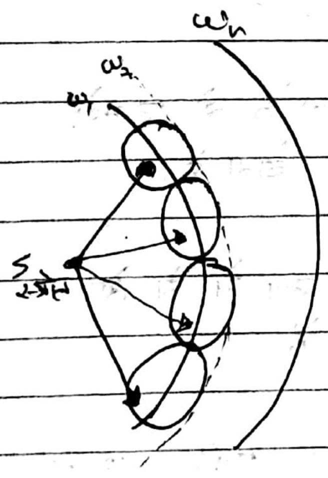
Point - III तरंगाग्र के लंबवत खीची गई रेखा प्रकाश संचरण की दिशा को व्यक्त करती है जिसे प्रकाश की किरण कहते है

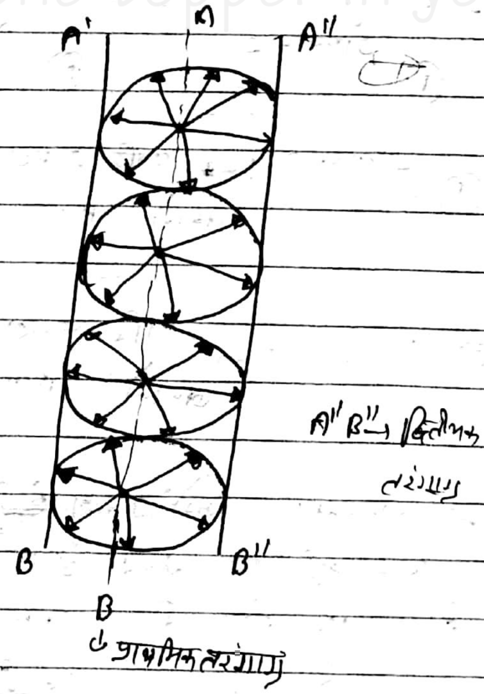
Point - IV स्रोत से निकलने वाली तरंगो को प्राथमिक तरंगिकाये कहते है

Point - V प्राथमिक तरंगिकाओ से बनने वाला तरंगाग्र प्राथमिक तरंगाग्र कहलाता है

Point VIth प्राथमिक तरंगाग्र का प्रत्येक बिंदु नई तरंगिकाओ के लिए स्रोत का कार्य करता है।

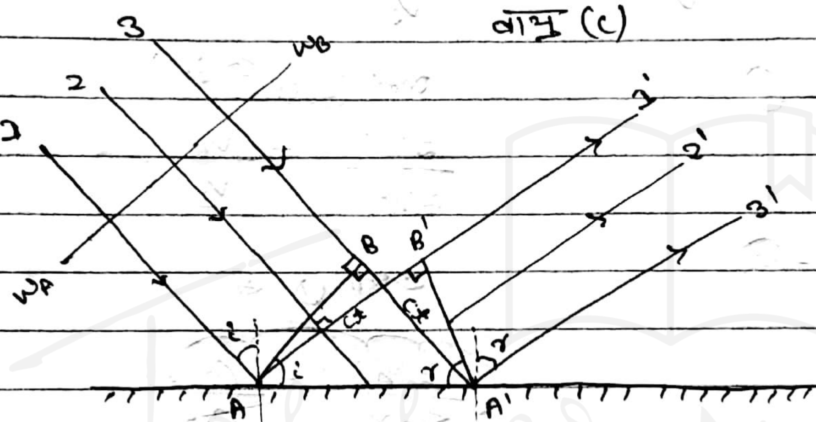
Point VIIth प्राथमिक तरंगाग्र के प्रत्येक बिंदु से निकलने वाली तरंगिकाए द्वितीयक तरंगिकाए कहलाती है। जिनसे बनने वाले तरंगाग्र के अग्र भाग में खीची गई स्पर्श रेखा से बनने वाला तरंगाग्र द्वितीयक तरंगाग्र कहलाता है।

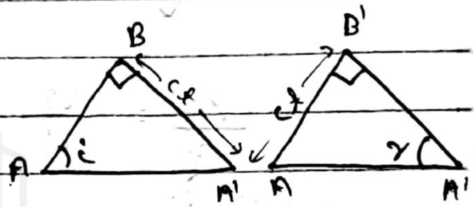




हाइगेन के तरंग सिद्धांत से परावर्तन की व्याख्या :→

माना एक समतल तरंगाग्र परावर्तक सतह AA' पर i कोण पर आपतित होता है। जब प्रकाश AB की किरण 1 बिंदु A पर आपतित होती है तब प्रकाश की किरण 3 बिंदु B पर स्थित होती है। प्रकाश की किरण 3 को B से A' तक आने मे माना t समय लगता है तब तक प्रकाश की किरण 1 बिंदु A से परावर्तित होकर ct दूरी तय कर चुकी होती है।





AB = आपतित तरंगाग्र

$A'B'$ = परावर्तित तरंगाग्र

$\triangle ABA'$ व $AA'B'$ में

$AA' = AA'$

$\angle B = \angle B' = 90°$

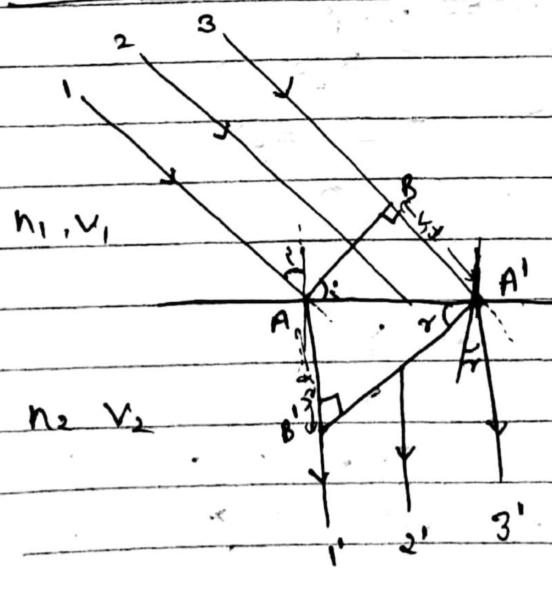
$BA' = AB' = ct$

SAS नियम से $\triangle ABA' \cong \triangle AB'A'$

$\angle i = \angle r$

अतः स्पष्ट है कि तरंग सिद्धांत से परावर्तन की व्याख्या की जा सकती है।

अपवर्तन की व्याख्या :→



$AB \rightarrow$ आपतित तरंगाग्र

$A'B' \rightarrow$ अपवर्तित तरंगाग्र

माना एक समतल तरंगाग्र अपवर्तक सतह AA' पर i कोण पर आपतित होता है। जब प्रकाश की किरण 1 बिंदु A पर आपतित होती है तब प्रकाश की किरण 3 बिंदु B पर स्थित होती है। प्रकाश की किरण 3 को B से A' तक आने में माना t समय लगता है। तब प्रकाश की किरण 1 A से अपवर्तित होकर Ct दूरी तय कर चुकी होती है।

$\because n \propto \frac{1}{v} \rightarrow n_1 = \frac{c}{v_1}$ $\quad n_2 = \frac{c}{v_2}$

$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$ —— (1)

$\Delta AA'B$ में

$\sin i = \frac{BA'}{AA'} = \frac{v_1 t}{AA'}$ —— (2)

$\Delta AA'B'$ में

$\sin r = \frac{AB'}{AA'}$

$\sin r = \frac{v_2 t}{AA'}$ —— (3)

समी (2) व (3) से

$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$

समी (1) से

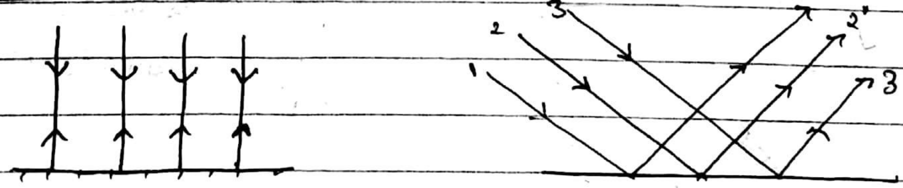
$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$

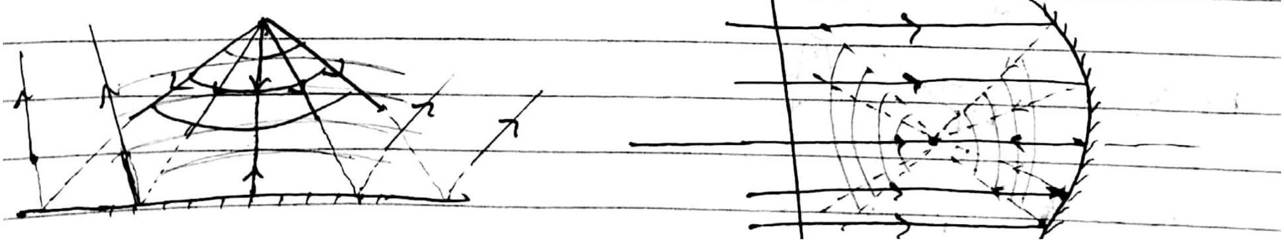
या

$n_1 \sin i = n_2 \sin r$

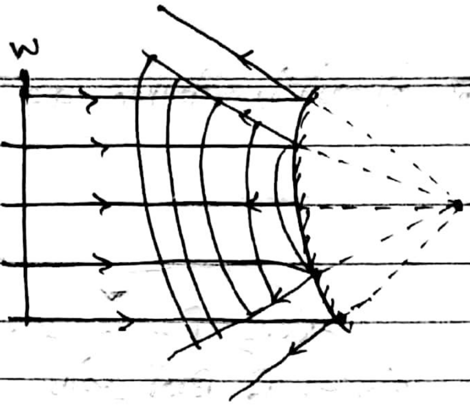
उपरोक्त समी स्नेल के नियम को व्यक्त करता है अतः तरंग सिद्धांत से अपवर्तन की व्याख्या की जा सकती है।

* समतल तरंगाग्र का दर्पण व लैंस के प्रति व्यवहार :→

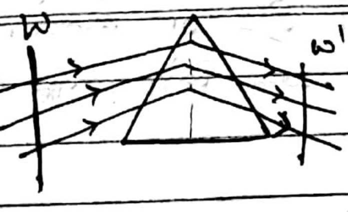




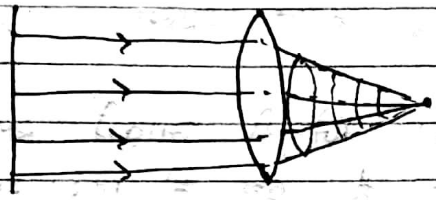
(5)



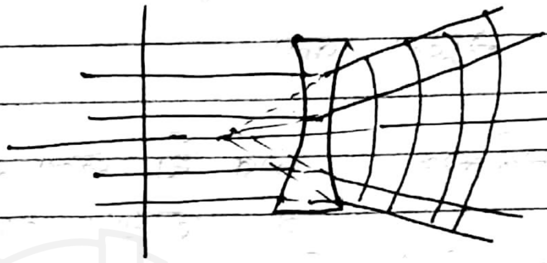
(6)



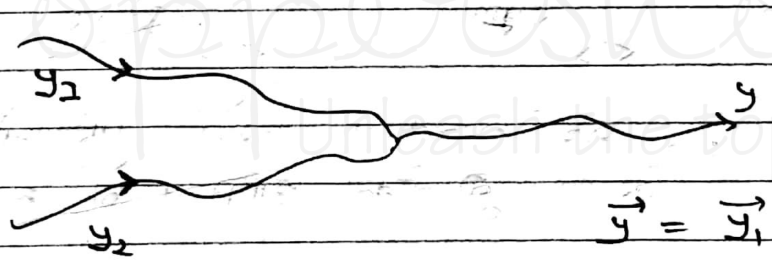
(7)



(8)



अध्यारोपण का सिद्धांत :→ जब दो या दो से अधिक तरंगे एक ही दिशा में चलती हुई किसी माध्यम में अध्यारोपित होती है तो प्राप्त परिणामी तरंग का विस्थापन दोनो तरंगो के विस्थापनो के सदिश योग के बराबर होता है।



$$\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2$$

for n wave $\vec{y} = \vec{y}_1 + \vec{y}_2 - - - \vec{y}_n$

* कला संबद्ध स्रोत वे स्रोत जिनसे निकलने वाली तरंगो के मध्य कलांतर शून्य अथवा समय के साथ नियत हो कला संबंध स्रोत कहलाते है
  प्रकृति के कोई भी दो स्रोत कला संबद्ध नही हो सकते है

* कला असंबद्ध स्रोत :→ कलांतर समय के साथ अपरिवर्तित हो

* कला संबद्ध स्रोत प्राप्त करने की विधियां :→ दो अलग -2 स्रोत से निकलने वाली तरंगो के मध्य कला संबद्धता नही होती किन्तु एक ही स्रोत से निकलने वाली तरंगे कला संबद्ध होती है

अतः एक ही स्रोत से निकलने वाली तरंगो को दो भागो मे विभाजित कर कला संबद्ध स्रोत प्राप्त किये जाते है।

कला संबद्ध स्रोत

आयाम विभाजन द्वारा
→ माइकल्सन व्यतिकरणमापी
→ न्यूटन वलय

तरंगाग्र विभाजन द्वारा
→ यंग का द्वि झिर्री प्रयोग
→ फ्रेनेल द्विप्रिज्म

व्यतीकरण

जब दो कला संबद्ध तरंगे जिनकी आवृति समान व आयाम लगभग समान है एक ही दिशा में संचरित होती हुई माध्यम के किसी बिंदु पर अध्यारोपित होती है तो माध्यम के किन्ही बिंदुओ पर परिणामी तरंग का विस्थापन व तीव्रता अधिकतम तथा किन्ही बिंदुओ पर न्यूनतम प्राप्त होता है। इस घटना को व्यतीकरण कहते है।

व्यतीकरण के प्रकार
(i) सम्पोषी
(ii) विनाशी

(1) सम्पोषी व्यतिकरण :→ वह व्यतीकरण जिसमें परिणामी तरंग का विस्थापन व तीव्रता अधिकतम होती है इसे सम्पोषी व्यतीकरण कहते है

इस व्यतीकरण मे कलांतर का मान शुन्य / 2π का पूर्ण गुणज होता है।

R_{max} I_{max}

$\phi = 0, 2\pi, 4\pi ---- 2n\pi$

$\Delta = \lambda, 2\lambda, 3\lambda ---- n\lambda$

कलांतर $= \frac{2\pi}{\lambda}$ (पथांतर)

(2) विनाशी व्यतीकरण :→ वह व्यतीकरण जिसमे परिणामी तरंग का विस्थापन व तीव्रता न्यूनतम होती है इसे विनाशी व्यतीकरण कहते है

इस व्यतीकरण मे कलांतर का मान $(2n-1)\pi$ का गुणज होता है

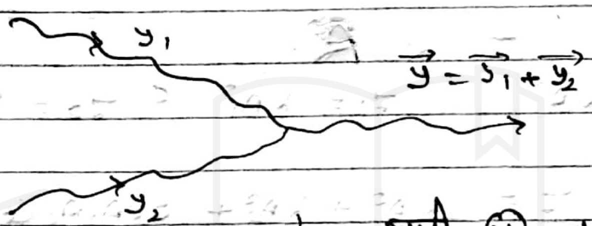
R_{min} $\quad$ I_{min}

$\phi = \pi, 3\pi, 5\pi \; ---- \; (2n-1)\pi \quad \forall\, n = 1,2,3,4 ---$

$\Delta = \lambda/2, \; 3\lambda/2, \; 5\lambda/2 \; --- \; (2n-1)\lambda/2 \quad \forall\, n = 1,2,3 ---$

व्यतीकरण का गणितीय विश्लेषण :→

माना दो कला संबंद्ध तरंगे जिनकी आवृत्ति ω है व आयाम A_1 व A_2 है तथा इनके मध्य कलांतर ϕ है एक ही दिशा में संचरित होती हुई किसी माध्यम में अध्यारोपित होती है।



$y_1 = A_1 \sin\omega t$

$y_2 = A_2 \sin(\omega t + \phi)$

अध्यारोपण सिद्धांत से

$y = y_1 + y_2$

$y = A_1 \sin\omega t + A_2 \sin(\omega t + \phi)$

$y = A_1 \sin\omega t + A_2 \sin\omega t \cos\phi + A_2 \cos\omega t \sin\phi$

~~$y = (A_1 + A_2)\cos\phi$~~

$y = (A_1 + A_2\cos\phi)\sin\omega t + A_2 \sin\phi \cos\omega t \quad -(1)$

माना

$A_1 + A_2\cos\phi = R\cos\theta \quad -(2)$

$A_2 \sin\phi = R\sin\theta \quad -(3)$

समी (1), (2) व (3) से

$y = R\cos\theta \sin\omega t + R\sin\theta\cos\omega t$

$y = R\sin(\omega t + \theta) \quad -(4)$

समी (4) परिणामी तरंग के विस्थापन समीकरण को व्यक्त करता है जहां $R \rightarrow$ परिणामी तरंग का आयाम व $\theta \rightarrow$ कलांतर है।

→ परिणामी तरंग का आयाम

समी (2) व (3) को वर्ग कर जोड़ने पर

$R^2 = (A_1 + A_2\cos\phi)^2 + A_2^2 \sin^2\phi$

$R^2 = A_1^2 + A_2^2\cos^2\phi + 2A_1A_2\cos\phi + A_2^2\sin^2\phi$

$R = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\phi} \quad -(5)$

परिणामी तरंग का कलांतर

समी (2) व (3) से

$$\tan\theta = \frac{A_2 \sin\phi}{A_1 + A_2 \cos\phi}$$

$$\boxed{\phi = \tan^{-1}\left(\frac{A_2 \sin\phi}{A_1 + A_2 \cos\phi}\right)} \rightarrow (6)$$

तीव्रता ∵ तीव्रता $\propto$ (आयाम)^2

$$I \propto R^2$$

$$I = KR^2 \qquad I_1 = KA_1^2 \qquad I_2 = KA_2^2$$

समी (5) से

$$I = KA_1^2 + KA_2^2 + 2KA_1A_2\cos\phi$$

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\phi \rightarrow (7)$$

संपोषी व्यतीकरण | विनाशी व्यतीकरण

$\phi = 2n\pi \quad \Delta = n\lambda \quad \cos(2n\pi) = 1$

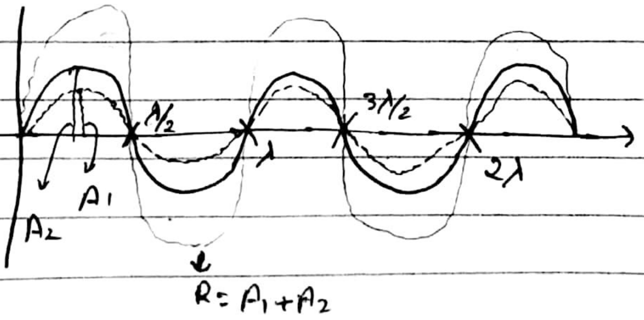
समी (5) से

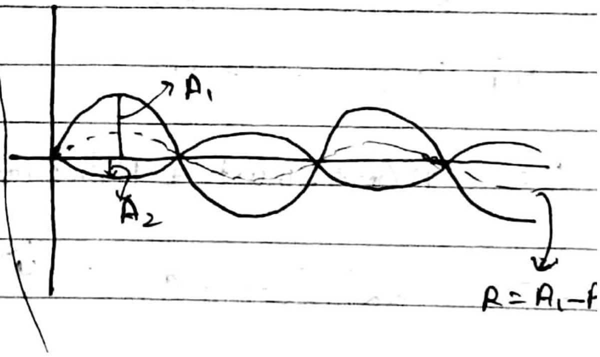
$$R = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\phi} \quad \because \cos\phi = 1$$

$$R = R_1 + R_2 \quad \text{maxx}$$

समी (7) से $\quad I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}$

$$I = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2 \quad \text{maxx}$$





→ संपोषी

Note ① $R = A_1 + A_2$ $\qquad I = (\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2$

$A_1 = A_2 = A_0$ $\qquad I_1 = I_2 = I_0$

$R = 2A_0$ $\qquad \boxed{I = 4I_0}$

② विनाशी

$R = 0 = I$

व

② $A_1 = A_2$ $\qquad \phi \neq 0$

$R = 2A_0 \cos(\phi/2)$

$I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\pi\Delta}{\lambda}\right)$

$I = 4I_0 \cos^2(\phi/2)$

$I = I_{max} \cos^2(\phi/2)$

③ $\frac{A_1}{A_2}$ $\qquad \frac{I_1}{I_2}$ $\qquad \frac{I_{max}}{I_{min}}$

(A) यदि A_1/A_2 दिया गया है।

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2 \qquad \frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(A_1 + A_2)^2}{(A_1 - A_2)^2}$$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \left(\frac{A_1/A_2 + 1}{A_1/A_2 - 1}\right)^2$$

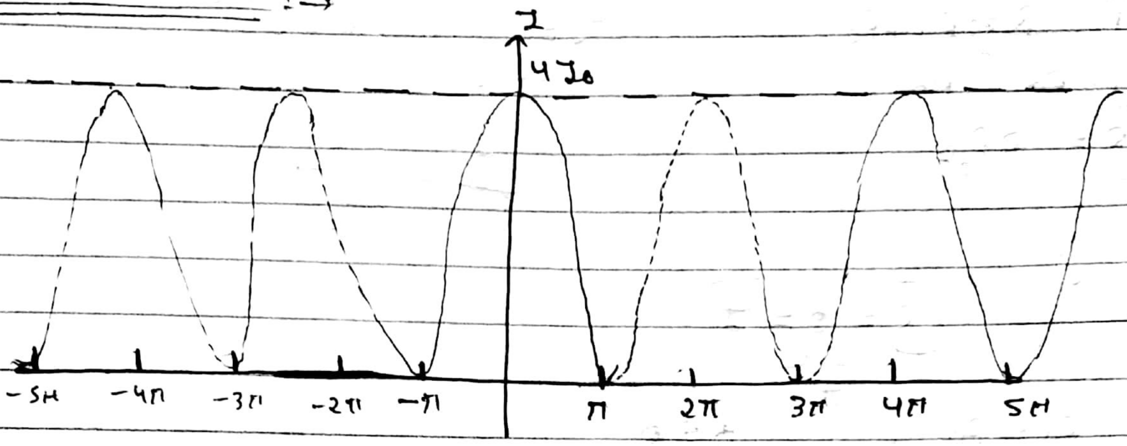
(B) यदि I_1/I_2 दिया गया है।

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{\sqrt{I_1}}{\sqrt{I_2}} \qquad \frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2})^2}{(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2})^2}$$

(C) $\frac{I_{max}}{I_{min}}$ दिया गया हो

$$\frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{\sqrt{I_{max}} + \sqrt{I_{min}}}{\sqrt{I_{max}} - \sqrt{I_{min}}}\right)^2 \qquad \frac{A_1}{A_2} = \frac{\sqrt{I_{max}} + \sqrt{I_{min}}}{\sqrt{I_{max}} - \sqrt{I_{min}}}$$

ऊर्जा/तीव्रता वितरण ग्राफ :→



Q यदि दो तरंगो के आयामो का अनुपात 3/2 है तो उनकी तीव्रता तथा अधिकतम व न्यूनतम तीव्रता का अनुपात

Ans $\frac{A_1}{A_2} = 3/2$ $\qquad \frac{I_1}{I_2} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 = 9/4$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \left(\frac{3/2+1}{3/2-1}\right)^2 = \frac{25/4}{1/4} = 25/1$$

Q यदि I_{max} व I_{min} का अनुपात 81/16 है तो A_1/A_2 व I_1/I_2 =

Ans $\cancel{\frac{81}{16} = \left(\frac{A_1/A_2+1}{A_1/A_2-1}\right)^2}$ $\quad \frac{A_1}{A_2} = \frac{\sqrt{81}+\sqrt{16}}{\sqrt{81}-\sqrt{16}} = \frac{9+4}{9-4} = \frac{13}{5}$

$$\& \quad \frac{I_1}{I_2} = 169/25$$

Q यदि दो कला संबद्ध तरंग की तीव्रताओ का अनुपात β है तो ज्ञात करो $\frac{I_{max} + I_{min}}{I_{max} - I_{min}} = ?$

Ans $\frac{I_{max}}{I_{min}} = \left(\frac{\sqrt{\beta}+1}{\sqrt{\beta}-1}\right)^2 = \frac{\beta+1+2\sqrt{\beta}}{\beta+1-2\sqrt{\beta}} =$ योगान्तरानुपात से

$$\frac{I_{max} + I_{min}}{I_{max} - I_{min}} = \frac{\beta+1}{2\sqrt{\beta}}$$

Q यदि दो कला संबद्ध तरंगो में λ पथांतर पर तीव्रता K इकाई है तो $\lambda/3$ पथांतर पर तीव्रता क्या होगी

Ans $I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\Delta\pi}{\lambda}\right)$

$K = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\lambda\pi}{\lambda}\right)$

$K = 4I_0$

$I_{(\lambda/3)} = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\lambda}{3} \times \frac{\pi}{\lambda}\right)$

$I_{(\lambda/3)} = 4I_0 \cos^2(\pi/3)$

$I_{(\lambda/3)} = 4I_0 \times \frac{1}{4} = I_0$

$I_{(\lambda/3)} = K/4$

Q $y_1 = A \sin(\omega t - \pi/4)$ $y_2 = 2A \sin(\omega t + \pi/4)$

तो परिणामी तीव्रता = ?

Ans $\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{2}$ $\frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{4}$ $I_2 = 4I_1$

$I = (\sqrt{I_1})^2 + (\sqrt{I_2})^2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\phi$ $\phi = \pi/2$

$I = I_1 + 4I_1 = 5I_1$ हो जायेगी

अर्थात y_1 की तीव्रता की पाँच गुना

व्यतीकरण के लिए आवश्यक शर्तें :→

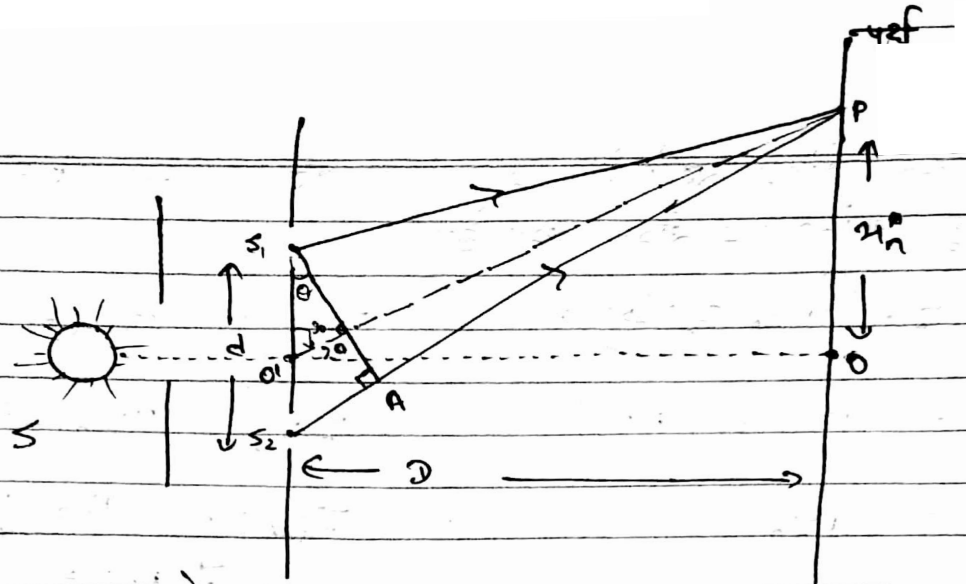
* दोनो प्रकाश स्त्रोत कला संबद्ध होने चाहिए।

1. दोनो तरंगो का आयाम लगभग समान होना चाहिए।
2. दोनो तरंगे एक ही दिशा में संचरित होनी चाहिए।
3. दोनो तरंगो की आवृति व तरंग दैर्ध्य समान होने चाहिए।
4. दोनो स्त्रोतो के बीच की दूरी अल्प होनी चाहिए।
5. यदि प्रकाश तरंगे ध्रुवित है तो इनके ध्रुवण तल समान होने चाहिए।

* यंग का द्विस्लिट प्रयोग :→
(द्विझिरी)

माना S एकवर्णी प्रकाश स्त्रोत है तथा S_1 व S_2 दो स्लिट है इन दोनो स्लिटो के बीच की दूरी d है ये दोनो स्लिट कला संबद्ध स्त्रोत की तरह कार्य करती है स्लिटो के तल व पर्दे के बीच की दूरी है।

?



ΔS_1S_2A में

$\sin\theta = \dfrac{S_2A}{S_1S_2}$

$\sin\theta = \dfrac{S_2A}{d}$

$S_2A = d\sin\theta$

$\because \theta$ अल्प है तो $\sin\theta \approx \theta$

$\boxed{S_2A = d\cdot\theta}$

$\Delta OO'P$ में

$\tan\theta = \dfrac{x_n}{D}$

$\tan\theta \approx \theta$

$\boxed{\theta = \dfrac{x_n}{D}}$

$\therefore S_2A = \dfrac{d\cdot x_n}{D}$ —— (1)

पथांतर $\Delta x = S_2P - S_1P$

$= S_2A + AP - S_1P$

$\because AP \approx S_1P$

$\Delta x = S_2P$

पथांतर $\Delta x = \dfrac{d\cdot x_n}{D}$ —— (2)

~~यदि बिंदु P पर चमकीली फ्रिंज बने~~

Case-I

$\Delta x = n\lambda$ { संपोषी व्यतीकरण की शर्त।

$\dfrac{d x_n}{D} = n\lambda$

$x_n = \dfrac{n\lambda D}{d}$ { n वी चमकीली फ्रिंज के लिए }

$x_{n+1} = \dfrac{(n+1)\lambda D}{d}$ { n+1 वी चमकीली फ्रिंज के लिए }

~~यदि चमकीली फ्रिंज पर~~

~~Case-II~~

Case-II यदि बिंदु P पर काली फ्रिंज बने :→

$$\Delta x = (2n-1)\frac{\lambda}{2} \rightarrow$$ {विनाशी व्यतिकरण की शर्त}

$$\frac{d \cdot x_n}{D} = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

$$x_n = \frac{(2n-1)\lambda D}{2d}$$ nवी काली फ्रिंज के लिए

$$x_{n+1} = \frac{(2(n+1)-1)\lambda D}{2d} = \frac{(2n+2-1)\lambda D}{2d}$$

$$x_{n+1} = \frac{(2n+1)\lambda D}{2d}$$ n+1वी काली फ्रिंज के लिए

→ फ्रिंज चौड़ाई {β} :→ दो क्रमागत चमकीली या काली फ्रिंजो के बीच की दूरी को फ्रिंज चौड़ाई कहते है।

चमकीली फ्रिंजो के लिए :→

$$\beta = x_{n+1} - x_n$$

$$\frac{(n+1)\lambda}{d} - \frac{n\lambda D}{d}$$

$$\beta = \frac{n\lambda D}{d} + \frac{\lambda D}{d} - \frac{n\lambda D}{d}$$

$$\boxed{\beta = \frac{\lambda D}{d}}$$

काली फ्रिंजो के लिए

$$\beta = x_{n+1} - x_n$$

$$= \frac{(2n+1)\lambda D}{2d} - \frac{(2n-1)\lambda D}{2d}$$

$$= \frac{2n\lambda D}{2d} + \frac{\lambda D}{2d} - \frac{2n\lambda D}{2d} + \frac{\lambda D}{2d}$$

$$\boxed{\beta = \frac{\lambda D}{d}}$$

And Graph [illegible] तीव्रता वितरण

← RBSE →

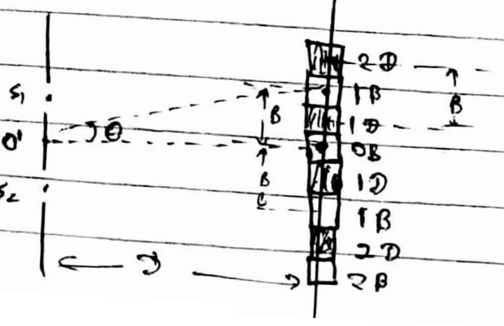
Note :→ कोणीय फ्रिंज चौड़ाई

कोणीय फ्रिंज चौड़ाई $\theta = \beta/D$

$$\theta = \frac{\lambda D/d}{D}$$

$\therefore \beta = \frac{\lambda D}{d}$

$\boxed{\theta = \lambda/d}$ most



महत्वपूर्ण बिंदु :→

① $\because \mu = c/v$ $\quad \left\{ \because v = n\lambda_m \text{ (माध्यम)}, \quad c = n\lambda \text{ (निर्वात)} \right\}$

$$\mu = \frac{n\lambda}{n\lambda_m}$$

$$\mu = \lambda/\lambda_m$$

$$\boxed{\lambda_m = \frac{\lambda}{\mu}}$$

$$\beta = \frac{\lambda D}{d} \text{ (निर्वात)} \qquad \beta_m = \frac{\lambda_m D}{d} \text{ (माध्यम)}$$

$$\beta_m = \frac{\lambda}{\mu}\frac{D}{d} \qquad \boxed{\beta_m = \frac{\beta}{\mu}}$$

$\beta \rightarrow$ निर्वात, μ mtr

② यंग के द्विस्लिट प्रयोग में परदे के किसी बिंदु पर λ_1 तरंगदैर्ध्य के लिए n_1 वी चमकीली फ्रिंज बनती है तथा उसी बिंदु पर λ_2 तरंगदैर्ध्य के लिए n_2 वी चमकीली फ्रिंज बनती है।

$$x_n = \frac{n\lambda D}{d} \qquad \therefore x_{n_1} = \frac{n_1\lambda_1 D}{d} \qquad x_{n_2} = \frac{n_2\lambda_2 D}{d}$$

$$\because x_{n_1} = x_{n_2} \qquad \frac{n_1\lambda_1 D}{d} = \frac{n_2\lambda_2 D}{d}$$

$$\boxed{n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2}$$

③ $\because \lambda_R > \lambda_V \qquad \because \beta \propto \lambda$

$$\beta_R > \beta_V$$

④ यंग के प्रयोग में एक वर्णी प्रकाश के स्थान पर श्वेत प्रकाश का उपयोग करने पर केन्द्रीय फ्रिंज श्वेत प्राप्त होती है। क्योंकि सभी रंगो के लिए केंद्र पर पथांतर शून्य होगा जिसके कारण सभी रंग अपनी-2 चमकीली