36 प्रकाश का व्यतिकरण

व्यतिकरण

समान आवृत्ति तथा नियत कलान्तर (कला सम्बद्ध) के तरंगों के अध्यारोपण से ऊर्जा पुनर्वितरण इस प्रकार होता है कि किन्हीं बिन्दुओं पर तीव्रता अधिकतम तथा किन्हीं बिन्दुओं पर न्यूनतम होती है, इस प्रभाव को व्यतिकरण कहते हैं।

अध्यारोपण का सिद्धान्त

$$y = y_1 + y_2 + ... + y_n$$

दो तरंगें $y_1 = a \sin \omega t$

तथा $y_2 = b \sin (\omega t + \phi)$

परिणामी आयाम $A = (a^2 + b^2 + 2ab \cos \phi)^{1/2}$

$$\tan \theta = \frac{b \sin \phi}{a + b \cos \phi}$$

($\theta \rightarrow y$ तथा y_1 के मध्य कलान्तर)

तीव्रता $I \propto A^2$

$\therefore$ $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} \cos \phi$

यदि $a = b = a_0$, तो $I_1 = I_2 = I_0$

$\therefore$ $A = 2a_0 \cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$

और $I = 4I_0 \cos^2\left(\frac{\phi}{2}\right)$

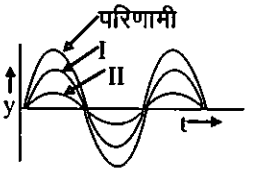
संपोषी व्यतिकरण

(a) यदि कलान्तर $\phi = 0, 2\pi, ... 2n\pi$

पथान्तर $\Delta P = 0, \lambda, 2\lambda ..... n\lambda.$

$A = A_{max} = (a + b)$,

$I = I_{max} = \left(\sqrt{I_1} + \sqrt{I_2}\right)^2$



(b) यदि $a = b = a_0$, $I_1 = I_2 = I_0$

$A_{max} = 2a_0$ तथा $I_{max} = 4I_0$.

विनाशी व्यतिकरण

(a) यदि कलान्तर

$$\phi = \pi, 3\pi, = (2n + 1)\pi$$

या पथान्तर

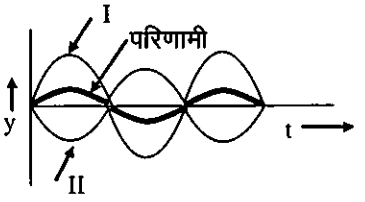
$$\Delta P = \frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, ... = (2n + 1)\frac{\lambda}{2}$$

$$A = A_{min} = (a - b)$$

$$I = I_{min} = \left(\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2}\right)^2$$

(b) यदि $a = b = a_0$, $I_1 = I_2 = I_0$

$$A_{min} = 0, I_{min} = 0$$



कला सम्बद्ध स्त्रोत

दो आदर्श एकसमान स्त्रोत जिनमें निम्न समानताएँ हों :

(a) समान आयाम.

(b) समान आवृत्ति

(c) नियत कलान्तर कला सम्बद्ध स्त्रोत कहलाते हैं।

कला सम्बद्ध स्त्रोत प्राप्त करने की विधियाँ

(a) तरंगाग्र के विभाजन द्वारा।

(b) आयाम के विभाजन द्वारा।

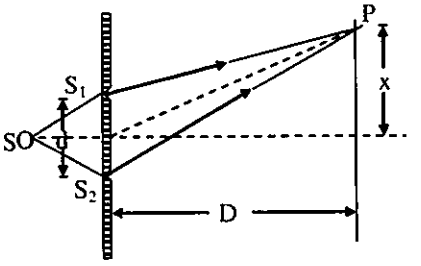
स्थायी व्यतिकरण के लिये आवश्यक प्रतिबन्ध

(a) कला सम्बद्ध तरंगें

(b) उत्तम विपर्यास के लिये तरंगों के आयाम लगभग बराबर तथा

(c) समान ध्रुवण प्रकृति

फ्रिन्जों की स्थिति तथा फ्रिन्ज की चौड़ाई (यंग द्विछिद्र रेखा प्रयोग)



(a) फ्रिन्ज चौड़ाई

$$\beta = \frac{\lambda D}{d}$$ (चमकीली एवं काली फ्रिन्जों के लिये समान)

(b) पर्दे पर nवीं दीप्त फ्रिन्ज की स्थिति

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

(c) पर्दे पर nवीं अदीप्त फ्रिन्ज की स्थिति

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

(d) फ्रिन्ज की चौड़ाई

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

(e) फ्रिन्ज दृश्यता

$$Q = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} = \frac{2\sqrt{I_1 I_2}}{I_1 + I_2}$$

(f) फ्रिन्जों की आकृति आकाश में अतिपरवलयक होती है तथा पर्दे पर इनके कटान सरल रेखीय फ्रिन्जों के रूप में प्राप्त होते हैं।

(g) यदि सम्पूर्ण प्रयोग जल में किया जाये तो β घट जाता है।

किसी एक तरंग के पथ में पारदर्शी पतली पट्टिका को रखने पर उत्पन्न प्रभाव

पतली पट्टिका के रखने पर उत्पन्न अतिरिक्त पथान्तर $= (\mu - 1)\,t$.

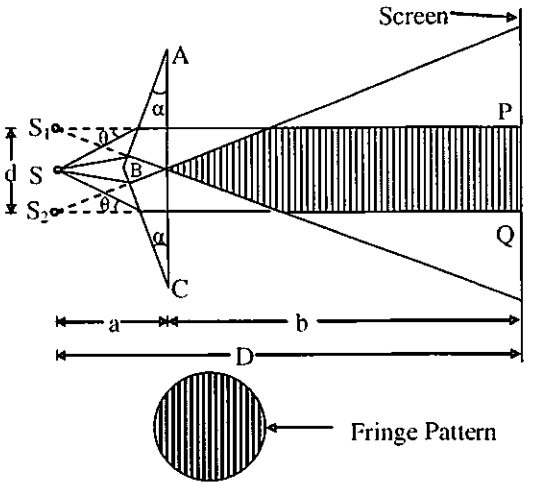
यदि केन्द्रीय फ्रिन्ज का विस्थापन n वीं दीप्त फ्रिन्ज के स्थान पर होता है, तो

$$(\mu - 1)\,t = n\lambda$$

यदि केन्द्रीय फ्रिन्ज का विस्थापन n वीं अदीप्त फ्रिन्ज के स्थान पर होता है, तो

$$(\mu - 1)\,t = (2n-1)\frac{\lambda}{2}$$

फ्रेनेल का द्विप्रिज्म



(a) प्रिज्म के दोनों भागों से अपवर्तन के कारण कला सम्बद्ध स्त्रोत उत्पन्न होते हैं।

(b) $d = 2a(\mu - 1)\alpha$

$D = (a + b)$, μ प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक तथा α प्रिज्म कोण है।

(c) $d = \sqrt{d_1 d_2}$, जहाँ d_1 तथा d_2 लेंस की दो संयुग्मी स्थितियों में कला सम्बद्ध स्त्रोतों के प्रतिबिम्बों के बीच की दूरियाँ हैं।

(d) $\beta = \frac{\lambda D}{d}$, $\lambda = \frac{\beta d}{D}$

(e) यदि सम्पूर्ण उपकरण को ${}_a\mu_m$ अपवर्तनांक के माध्यम में रखें तो d तथा λ दोनों परिवर्तन होते हैं –

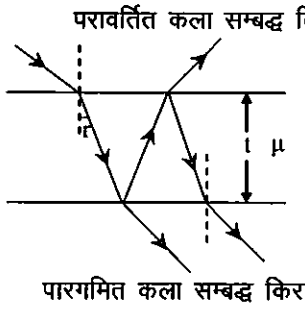
$$\beta_m = \frac{\lambda_m D}{d_m}$$

$$\lambda_m = \frac{\lambda_{air}}{{}_a\mu_m}$$

$$d_m = 2a({}_m\mu_g - 1)\alpha$$

(f) यदि सम्पूर्ण प्रयोग जल में किया जाये तो β बढ़ जाता है।

पतली फिल्म में व्यतिकरण



(a) फिल्म के ऊपरी तथा निचली सतह से परावर्तित तरंगों के अध्यारोपण से व्यतिकरण उत्पन्न होता है।

(b) परावर्तित तरंगों के मध्य उत्पन्न प्रभावी पथान्तर

$$\Delta P = 2\mu t \cos r + \frac{\lambda}{2} = n\lambda \text{ (अधिकतम तीव्रता के लिये)}$$

$$= (2n - 1)\frac{\lambda}{2} \text{ (न्यूनतम तीव्रता के लिये)}$$

$$\therefore \quad 2\mu t \cos r = (2n - 1)\frac{\lambda}{2} \text{ (न्यूनतम तीव्रता के लिये)}$$

$$= n\lambda \text{ (न्यूनतम)}$$

(c) यदि $t \approx 0$, अर्थात् फिल्म अत्यल्प मोटाई की हो तो, $\Delta P \approx 0$, अतः फिल्म परावर्तित प्रकाश में अदीप्त दिखाई देगी।