WILL STUDY

इंटरमीडिएट करना अब हुआ आसान !

PHYSICS

अध्याय – 10

तरंग प्रकाशिकी

हाय दोस्तो,

अगर आपने मेरा दोनो चैनल सब्सक्राइब नहीं किया है तो कर ले एक चैनल पर मैं गणित पढ़ता हूं और दूसरी चैनल पर हम भौतिकी, रसायन, जीव विज्ञान और अन्य टॉपिक के महत्वपूर्ण प्रश्न बताया जाता है। अगर आप आपको इस नोट्स में कोई दिक्कत होता है तो आप हमसे संपर्क कर सकते है और मुझे इंस्टाग्राम पर फॉलो भी कर सकते है।

MATH SOLUTIONS

Follow us on Instagram

WILL STUDY SUBSCRIBE to I WILL STUDY

Chapter - 10

तरंग - प्रकाशिकी

(1.) तरंगाग्र :- माध्यम में स्थित वह पृष्ठ जिसपर स्थित सभी कण किसी भी समय समान कला में होते हैं, तरंगाग्र कहलाता है।

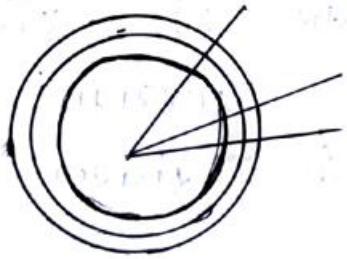
तरंगाग्र तीन प्रकार के होते हैं।

(i) गोलीय तरंगाग्र

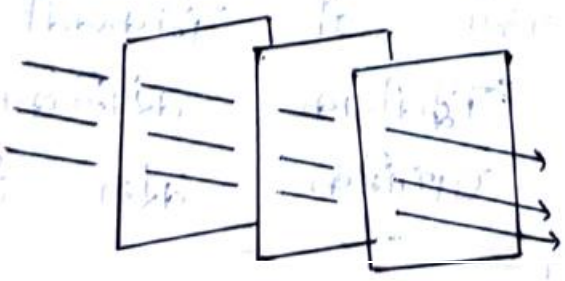
(ii) समतल तरंगाग्र

(iii) बेलनाकार तरंगाग्र

गोलीय तरंगाग्र :- यदि तरंग स्रोत बिन्दुवत है तो बने वाले तरंगाग्र गोलीय तरंगाग्र कहलाता है।



समतल तरंगाग्र :- गोलीय या बेलनाकार तरंगाग्र लम्बी दूरियाँ तय करने के बाद समतल तरंगाग्र कहलाता है।



SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
WILL STUDY
vist to "www.ncertvipnote.com"

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

बेलनाकार तरंगाग्र :- यदि तरंग स्रोत रेखीय है तो माध्यम मे बनने वाला तरंगाग्र बेलनाकार तरंगाग्र कहलाता है।

हाइगेंस का तरंग सिद्धान्त :- इस सिद्धान्त के अनुसार, प्रकाश की तरंग प्रकृति होती है तथा तरंगो का संचरण तरंगाग्र व द्वितीयक तरंगिकाओ के रूप मे होता है। इस सिद्धान्त द्वारा प्रकाश के परावर्तन, अपवर्तन, व्यतीकरण तथा विवर्तन को समझा जा सकता है।

हाइगेंस के द्वितीयक तरंगिका सिद्धान्त :-

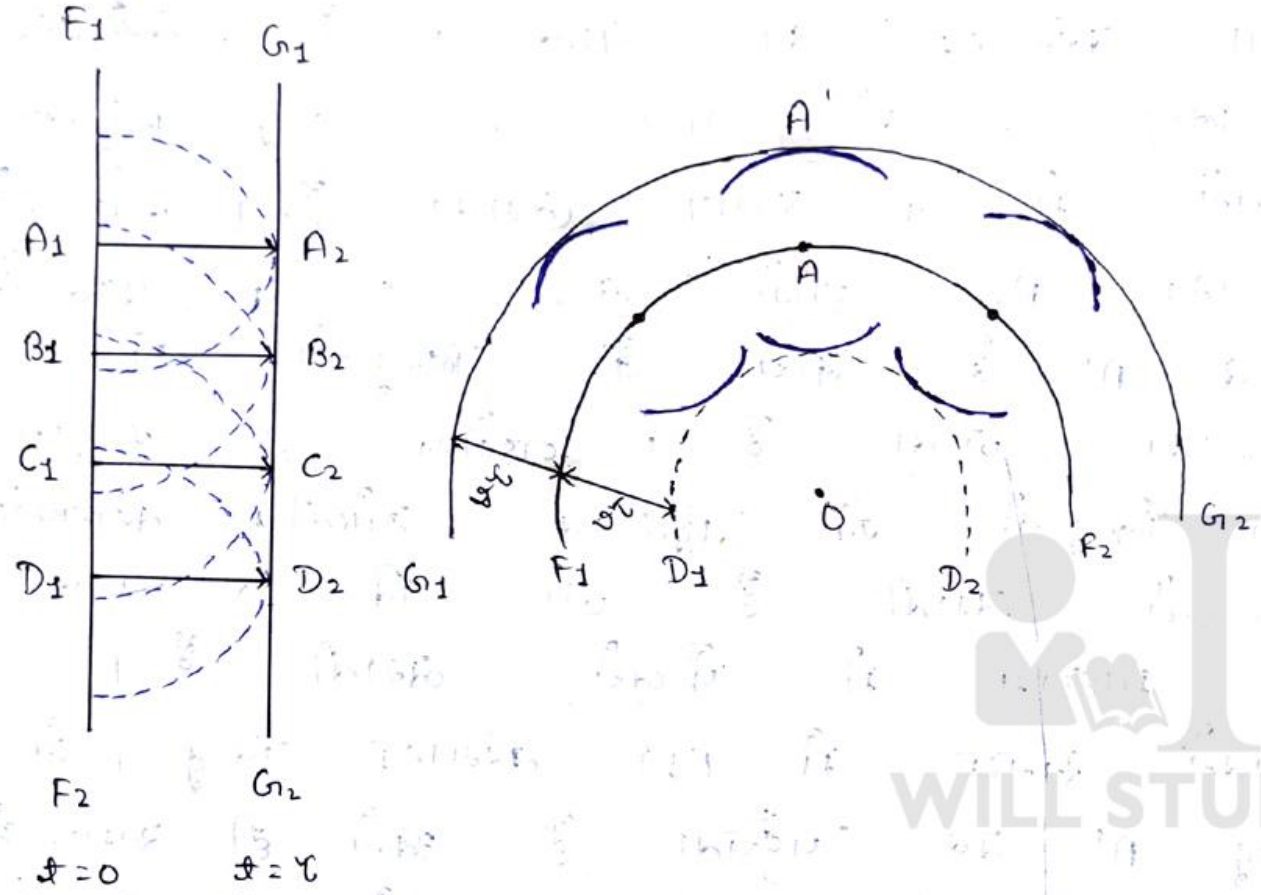
(i) जब कोई कम्पन स्त्रोत तरंगे उत्पन्न करता है तो उसके चारो ओर माध्यम (ईथर) के कण कम्पन करने लगते है। माध्यम का वह पृष्ठ जिसमे स्थित सभी कण एक ही कला मे कम्पन कर रहे होते है, तरंगाग्र कहलाता है। समान माध्यम मे किसी तरंग का तरंगाग्र, तरंग के संचरण की दिशा मे लम्बवत होता है।

(ii) माध्यम मे जहाँ भी तरंगाग्र पहुँचता है, वहाँ पर स्थित प्रत्येक कण एक नया तरंग स्त्रोत बन जाता है। जिसमे नई तरंगे सभी दिशाओ मे निकलती है। इन तरंगो को द्वितीयक तरंगिकाएँ कहते है। द्वितीयक तरंगिकाएँ प्राथमिक तरंग के चाल से ही आगे बढ़ते है।

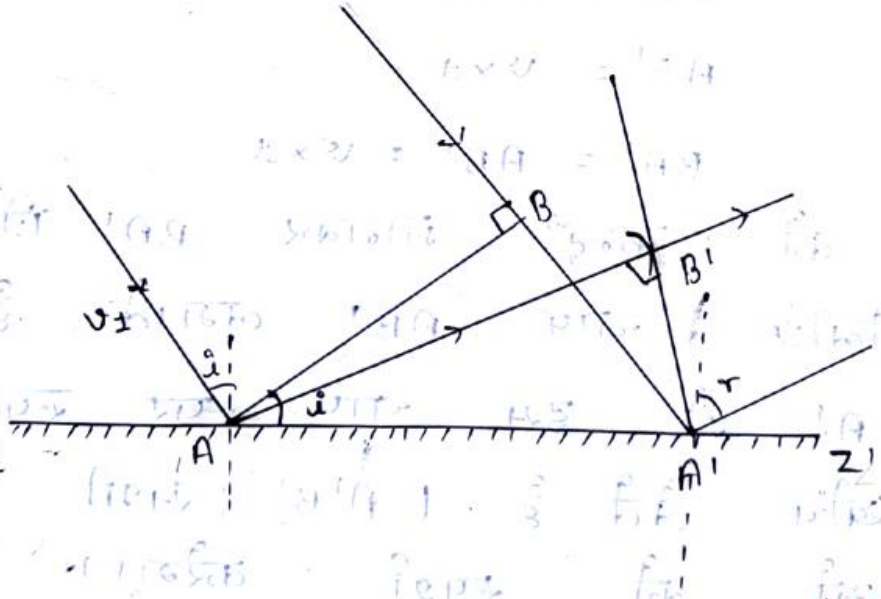
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

vist to "www.ncertvipnote.com"

(iii) किसी क्षण सभी द्वितीयक तरंगिकाओं को स्पर्श करता हुआ खींचा गया पृष्ठ अर्थात् एन्वलोप (envelope) उस क्षण तरंगाग्र की नवीन स्थिति को प्रदर्शित करता है।



हाइगेंस के द्वितीयक तरंगिकाओं के सिद्धान्त के आधार पर परावर्तन के नियम की व्याख्या.



SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
WILL STUDY
vist to "www.ncertvipnote.com"

माना zz' एक परावर्तक पृष्ठ है जिसपर समतल तरंगाग्र AB तिरछा आपतित होता है। माना $t = 0$ समय पर तरंगाग्र पृष्ठ zz' को बिन्दु A पर स्पर्श करता है। माना तरंगाग्र की चाल v है, तरंगाग्र के बिन्दु B को पृष्ठ के बिन्दु A' तक पहुँचने में t समय लगता है। ज्यों-ज्यों तरंगाग्र AB आगे बढ़ता है वह पृष्ठ के A व A' के बीच के बिन्दुओं से टकराता जाता है। हाइगेंस के अनुसार इन बिन्दुओं से द्वितीयक गोलीय तरंगिकाएँ निकलने लगती हैं जो कि v चाल से माध्यम में फैलने लगती हैं। जितने समय में (t) तरंगाग्र बिन्दु B से बिन्दु A' तक पहुँचता है उतने ही समय में द्वितीयक तरंगिका बिन्दु A से चलकर B' पर पहुँचेगी।

अतः $BA' = v \times t$

$AB' = v \times t$

$BA' = AB' = v \times t$

बिन्दु A को केन्द्र मानकर BA' त्रिज्या का एक गोलीय चाप AB' लगाते हैं तथा बिन्दु A' से इस चाप पर स्पर्श रेखा A'B' खींच लेते हैं। A'B' सभी द्वितीयक तरंगिकाओं को स्पर्श करेगा।

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
WILL STUDY
vist to "www.ncertvipnote.com"

हाइगेंस के अनुसार A'B' परावर्तित तरंगाग्र होगा।

समकोण त्रिभुज ABA' तथा समकोण $\Delta AB'A'$ में,

$BA' = AB'$

$AA' = AA'$ (उभयनिष्ठ भुजा)

$\angle ABA' = \angle AB'A' = 90°$

$\Delta ABA' \cong AB'A'$

अत: $\angle BAA' = \angle B'A'A$

इनसे स्पष्ट है कि आपतित तरंगाग्र AB तथा परावर्तित तरंगाग्र A'B' परावर्तक पृष्ठ ZZ' के साथ बराबर कोण बनाते हैं। चूंकि किरणें सदैव तरंगाग्र के लम्बवत होती हैं। अत: आपतित तथा परावर्तित किरणें ZZ' पर खींचे गए आभिलम्ब से बराबर कोण बनाती हैं। अर्थात् आपतन कोण = परावर्तन कोण यही परावर्तन का प्रथम नियम है।

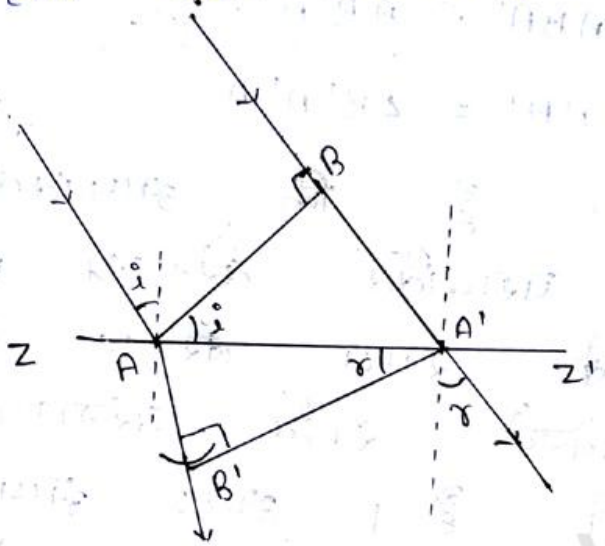
∵ AB, A'B' व ZZ' कागज के तल में हैं। अत: इनपर खींचा गया आभिलम्ब भी एक ही तल में होंगे। स्पष्ट है आपतित किरण, परावर्तित किरण तथा आपतन बिन्दु पर खींचा गया आभिलम्ब तीनों एक ही तल में हैं। यह परावर्तन का द्वितीय नियम है।

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
WILL STUDY
vist to "www.ncertvipnote.com"

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

हाइगेंस के द्वितीयक तरंगिकाओं के सिद्धान्त द्वारा अपवर्तन की व्याख्या :-

जब कोई तरंग एक समांग माध्यम से दूसरे समांग माध्यम से जाती है तो वह अपने मार्ग से विचलित हो जाती है, इस घटना को अपवर्तन कहते है। इसमे तरंग की चाल तथा तरंगदैर्ध्य दोनो बदल जाती है परन्तु आवृत्ति नही बदलती।



माना ZZ' एक अपवर्तक पृष्ठ है जो दो माध्यमो को अलग-अलग करता है जिनमे तरंग की चाले क्रमश: v_1 व v_2 होता है। माना पहले माध्यम मे एक समतल तरंगाग्र AB तिरछा आपतित होता है तथा $t = 0$ समय तक यह अपवर्तक पृष्ठ ZZ' को बिन्दु A पर स्पर्श करता है तथा तरंगाग्र के बिन्दु B को सीमा पृष्ठ के बिन्दु A' तक पहुँचने मे t समय लगता है। तब

$$BA' = v_1 \times t$$

ज्यो-ज्यो AB आगे बढ़ता है, वह A व A' के बीच

vist to "www.ncertvipnote.com"

के बिन्दुओं से टकराता है। हाइगेंस के सिद्धान्त के अनुसार इन बिन्दुओं से द्वितीयक तरंगिकाएँ निकलने लगती है। जो पहले माध्यम v_1 चाल से तथा दूसरे माध्यम v_2 चाल से चलने लगती है। सबसे पहले बिन्दु A से द्वितीयक तरंगिका चलती है। तथा t सेकण्ड मे दूसरे माध्यम मे $AB' (= v_2 \times t)$ दूरी तय कर लेती है। ठीक इसी समय तरंगाग्र का बिन्दु B पहले माध्यम मे $BA' (= v_1 \times t)$ दूरी चलकर A' पर पहुँच जाता है। इस प्रकार,

$$AB' = v_2 \times t$$

$$BA' = v_1 \times t$$

माना दूसरा माध्यम पहले माध्यम के सापेक्ष सघन है। तब

$$v_2 < v_1$$

अत: $AB' < BA'$

अब बिन्दु A को केन्द्र मानकर AB' त्रिज्या का एक गोलीय चाप खींचते है तथा बिन्दु A' से चाप पर स्पर्श रेखा A'B' खींचते है। A'B' सभी द्वितीयक तरंगिकाओं को स्पर्श करेगा। अत: A'B' अपवर्तित तरंगाग्र होगा।

$\Delta ABA'$ मे

$$\sin i = \frac{BA'}{AA'} = \frac{v_1 \times t}{AA'}$$

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
I WILL STUDY
vist to "www.ncertvipnote.com"

$\Delta AB'A'$ मे,

$$\sin r = \frac{AB'}{AA'} = \frac{v_2 \times t}{AA'}$$

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

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

या

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\text{पहले माध्यम मे प्रकाश की चाल}}{\text{दूसरे माध्यम मे प्रकाश की चाल}}$$

अर्थात्

$$\boxed{\frac{\sin i}{\sin r} = \text{नियतांक}}$$

यही स्नैल का नियम है।

स्पष्ट है कि आपतित किरण, अपवर्तित किरण तथा आपतन बिन्दु पर खींचा गया अभिलम्ब तीनो एक ही तल मे होती है।

डॉप्लर प्रभाव :- यदि कोई माध्यम न हो तथा स्त्रोत प्रेक्षक से दूर हो तब बाद के तरंगाग्रो को प्रेक्षक तक पहुँचने मे अधिक दूर तक चलना पड़ता है और इसलिए वे अधिक समय लेते है। इस प्रकार दो उ-तरोतर तरंगाग्रो के प्रेक्षक तक पहुँचने मे लगने वाले समय की अपेक्षा अधिक होता है। जब स्त्रोत प्रेक्षक से दूर जाता है तो प्रेक्षक द्वारा मापी जाने वाली आवृत्ति मे कमी होगी। आवृत्ति के इसी कमी अथवा अधिकता का प्रभाव डॉप्लर प्रभाव कहलाता है।

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

तरंगदैर्ध्य मे डॉप्लर प्रभाव के कारण होने वाली इस वृद्धि को अभिरक्त विस्थापन कहते है।

प्रकाशिय पथ :- यदि कोई प्रकाश किरण किसी ऐसे माध्यम मे d दूरी तय करे जिसका निर्वात के सापेक्ष अपवर्तनांक n है तब गुणन n×d प्रकाश किरण द्वारा तय किया गया प्रकाशिय पथ कहलाता है।

प्रकाश के एक माध्यम से दूसरे माध्यम मे जाने पर तरंगदैर्ध्य पर प्रभाव :-

जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम मे जाता है तो उसकी आवृत्ति नही बदलती परन्तु उसकी चाल और तरंगदैर्ध्य बदल जाती है। यदि प्रकाश की चाल c तथा तरंगदैर्ध्य λ हो तब,

$$c = \nu \lambda \quad \text{———} \quad (1)$$

यदि जल मे प्रकाश की चाल v तथा तरंगदैर्ध्य λ_{w} हो तो,

$$v = \nu \cdot \lambda_w \quad \text{———} \quad (2)$$

समी० (1) ÷ समी० (2)

$$\frac{c}{v} = \frac{\nu\lambda}{\nu\lambda_w}$$

$$\frac{c}{v} = \frac{\lambda}{\lambda_w}$$

परन्तु $\frac{c}{v} = n$, वायु के सापेक्ष जल का अपवर्तनांक है।

WILL STUDY

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

अतः $n = \frac{\lambda}{\lambda_w}$

$$\boxed{\lambda_w = \frac{\lambda}{n}}$$ m

व्यतिकरण :- दो तरंगो का व्यतिकरण —

जब किसी माध्यम मे एक ही आवृत्ति की दो तरंगे एक-साथ एक ही दिशा मे चलती है तो उनके अध्यारोपण से माध्यम के विभिन्न बिन्दुओ पर परिणामी तीव्रता उन तरंगो की अलग-अलग तीव्रताओ के योग से भिन्न होती है। माध्यम के कुछ बिन्दुओ पर परिणामी तरंग की तीव्रता बहुत अधिक पाई जाती है जबकि कुछ बिन्दुओ पर बहुत कम अथवा शून्य रहती है। इस घटना को व्यतिकरण कहते है।

जिन बिन्दुओ पर तीव्रता अधिकतम होती है उन बिन्दुओ पर हुए व्यतिकरण को समपोषी संपोषी व्यतिकरण कहते है। जिन बिन्दुओ पर तीव्रता लगभग शून्य होती है उन बिन्दुओ पर हुए व्यतिकरण को विनाशी व्यतिकरण कहते है।

परिणामी तीव्रता :- माना एक ही आवृत्ति की दो सरल आवर्त प्रगामी तरंगे एक ही दिशा मे चल रही है। माना कि उनके आयाम a_1 व a_2 है तथा माध्यम के किसी बिन्दु पर उनके बीच कलान्तर ϕ है। यदि उस बिन्दु पर इन तरंगो

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

के कारण विस्थापन y_1 व y_2 है। तब,

$$y_1 = a_1 \sin(\omega t - kx) \quad \text{——— (1)}$$

$$y_2 = a_2 \sin(\omega t - kx + \phi) \quad \text{——— (2)}$$

अध्यारोपण के सिद्धान्त से,

$$y = y_1 + y_2$$

$$y = a_1 \sin(\omega t - kx) + a_2 \sin(\omega t - kx + \phi)$$

सूत्र :- $\sin(A+B) = \sin A \cos B + \cos A \sin B$

$$y = a_1 \sin(\omega t - kx) + a_2 \{\sin(\omega t - kx)\cos\phi + \cos(\omega t - kx)\sin\theta\}$$

$$y = a_1 \sin(\omega t - kx) + a_2 \sin(\omega t - kx)\cos\phi + a_2 \cos(\omega t - kx)\sin\phi$$

$$y = \sin(\omega t - kx)(a_1 + a_2\cos\phi) + \cos(\omega t - kx) \cdot a_2 \sin\phi \quad \text{——— (3)}$$

माना $a_1 + a_2 \cos\phi = R\cos\theta$ ——— (4)

$$a_2 \sin\phi = R\sin\theta \quad \text{——— (5)}$$

समी० (3) से,

$$y = \sin(\omega t - kx) R\cos\theta + \cos(\omega t - kx) R\sin\theta$$

$$y = R[\sin(\omega t - kx)\cos\theta + \cos\theta(\omega t - kx)\sin\theta]$$

$$y = R\sin(\omega t - kx + \theta) \quad \text{——— (6)}$$

यह समीकरण भी समीकरण (1) व (2) के समान है। अतः उस बिन्दु पर परिणामी विस्थापन एक ऐसी तरंग के कारण है जिसका आयाम R है।

समी० (4) व समी० (5) का वर्ग करके जोड़ने पर

$$R^2\cos^2\theta + R^2\sin^2\theta = (a_1 + a_2\cos\phi)^2 + (a_2\sin\phi)^2$$

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
I WILL STUDY

$R^2 (\cos^2\theta + \sin^2\theta) = a_1^2 + a_2^2 \cos^2\phi + 2a_1 a_2 \cos\phi + a_2^2 \sin\phi$

$R^2 = a_1^2 + a_2^2 + 2a_1 a_2 \cos\phi$

चूँकि तीव्रता, आयाम के वर्ग के अनुक्रमानुपाती होता है। अतः $I = KR^2$, $I_1 = Ka_1^2$, $I_2 = Ka_2^2$

$$\frac{I}{K} = \frac{I_1}{K} + \frac{I_2}{K} + 2\sqrt{\frac{I_1}{K}} \cdot \sqrt{\frac{I_2}{K}} \cos\phi$$

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

किसी बिन्दु पर परिणामी तीव्रता उस बिन्दु पर मिलने वाली दोनों तरंगों के बीच कलान्तर ϕ पर निर्भर है।

संपोषी व्यतिकरण :- किसी बिन्दु पर अधिकतम तीव्रता अर्थात् संपोषी व्यतिकरण के लिए $\cos\phi = 1$

अर्थात् $\phi = 0, 2\pi, 4\pi, 6\pi \ldots\ldots$

या $\phi = 2n\pi$, जहाँ $n = 0, 1, 2, 3 \ldots\ldots$

तब $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2}$

$I = (\sqrt{I_1})^2 + (\sqrt{I_2})^2 + 2\sqrt{I_1 \cdot I_2}$

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

$I = (\sqrt{Ka_1^2} + \sqrt{Ka_2^2})^2$

$I_{max} = K(a_1 + a_2)^2$

अतः जब तरंगों के बीच कलान्तर $0, 2\pi, 4\pi \ldots\ldots$ है तब परिणामी तरंग का

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

आयाम दोनों तरंगों के आयाम के योगफल के बराबर होता है।

विनाशी व्यतिकरण :- किसी बिन्दु पर न्यूनतम तीव्रता अर्थात विनाशी व्यतिकरण के लिए $\cos\phi = -1$

$\phi = \pi, 3\pi, 5\pi$ ----

$\phi = n\pi$ जहाँ $n = 1, 3, 5$ ----

अत: $I = I_1 + I_2 - 2\sqrt{I_1 \cdot I_2}$

$I = (\sqrt{I_1})^2 + (\sqrt{I_2})^2 - 2\sqrt{I_1 \cdot I_2}$

$I = (\sqrt{I_1} - \sqrt{I_2})^2$

$I = (\sqrt{Ka_1^2} - \sqrt{Ka_2^2})^2$

$I_{min} = K(a_1 - a_2)^2$

अत: जब तरंगो के बीच कलान्तर $\pi, 3\pi, 5\pi$ --- होता है तब उन तरंगो की परिणामी तरंग का आयाम दोनो तरंगो के आयाम के अन्तर के बराबर होता है।

Ques- दो तरंगें जिनके दोलन आयाम 3mm तथा 4mm है, एक माध्यम मे एक ही दिशा मे चल रही है। इनका अधिकतम तथा न्यूनतम परिणामी आयाम ज्ञात कीजिए।

Soln:- $a_1 = 3mm$

$a_2 = 4mm$

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

$R_{max} = a_1 + a_2$

$= 3 + 4$

$R_{max} = 7\,mm$

$R_{min} = a_2 - a_1$

$= 4 - 3$

$R_{min} = 1\,mm$

कला सम्बद्ध स्रोत :- यदि हम किसी प्रकार प्रकाश के एक ही मूल स्रोत से दो स्रोत बनाते है तो एक स्रोत की कला मे परिवर्तन होने के साथ दूसरे की कला मे वैसा ही परिवर्तन हो। इस प्रकार ऐसे स्रोत को जिनके बीच कलान्तर नियत हो अर्थात समय के साथ न बदले, कला सम्बद्ध स्रोत कहते है।

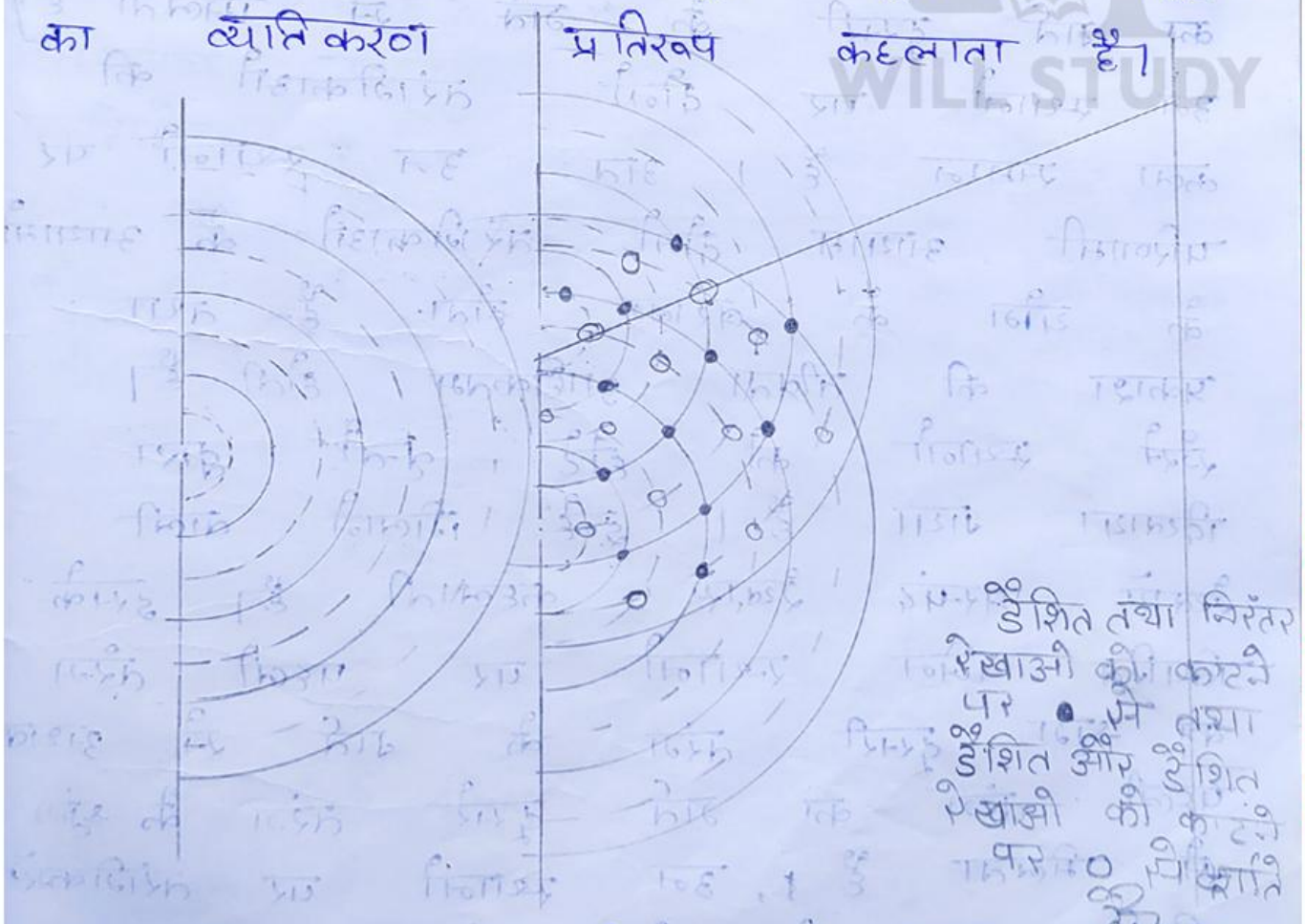
यंग का व्यतिकरण सम्बंधी प्रयोग :-

सर थामस यंग ने सन् 1801 ई० मे प्रकाश के व्यतिकरण को द्विक रेखा छिद्र के द्वारा प्रयोगात्मक रूप से दिखाया। इसमे एक परदा L है जिसमे एक रेखा छिद्र S है। इस परदे से आगे कुछ दूरी पर एक दूसरा परदा m है। जिसमे पास - पास दो रेखा छिद्र S_1 व S_2 है।

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

ये दोनों रेखा छिद्र, पहले रेखा छिद्र S की सीध में न होकर ऊपर-नीचे है तथा रेखा छिद्र S से समान दूरियों पर है। परदे m के आगे कुछ दूरी पर एक तीसरा पर्दा N है। जब रेखा छिद्र S पर एक वर्णी प्रकाश डालते है तो परदे पर समान चौड़ाई की दीप्त तथा अदीप्त पट्टीयाँ एकान्तर क्रम में दिखाई देती है। दीप्त पट्टी के स्थानो को B से तथा अदीप्त पट्टी के स्थानो को D से प्रदर्शित करते है। इन पाट्टियों को फ्रिंजे कहते है। तथा फ्रिंजो का यह समूह द्विक रेखा छिद्र का व्यतिकरण प्रतिरूप कहलाता है।



SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

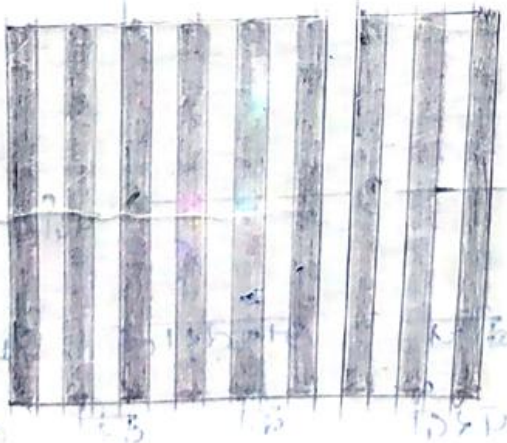
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

रेखा छिद्र S से एक तरंगाग्र चलता है जब यह तरंगाग्र परदा M पर पहुँचता है तो रेखा छिद्र S_1 व S_2 नए प्रकाश स्रोतों का कार्य करने लगते है तथा इनसे द्वितीयक तरंगिकाएँ निकलकर प्रत्येक दिशा मे निकलने लगते है। ये तरंगीकाएँ परदे M व N के बीच एक - दूसरे से मिलती है। S_1 व S_2 को केन्द्र मानकर अविछिन्न (continuous) तथा विछिन्न (dotted) चाप कि खींचे गए है। अविछिन्न चाप तरंगिकाओं के स्त्रिंगो श्रृंगों तथा विछिन्न चाप गर्तो को प्रदर्शित करता है। जिन स्थानो पर एक तरंगीका का श्रृंग दूसरी के श्रृंग से अथवा पहली का गर्त दूसरी के गर्त से मिलता है, उन स्थानो पर दोनो तरंगीकाओं की कला समान है। अत: उन स्थानो पर परिणामी आयाम दोनो तरंगिकाओ के आयामो के योग के बराबर होता है तथा प्रकाश की तीव्रता अधिकतम होती है। ऐसे स्थानो को छोटे वृत्तो द्वारा दिखाया गया है। इन्हें मिलाने वाली रेखाएँ प्रस्पंद रेखाएँ कहलाती है। इसके विपरित जिन स्थानो पर पहली तरंग का श्रृंग दूसरी तरंग के गर्त से अथवा पहली तरंग का गर्त दूसरे तरंग के श्रृंग से मिलता है, उन स्थानो पर तरंगिकाएँ विपरित कला मे होती है। अत: उन

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
WILL STUDY

स्थानों पर परिणामी आयाम दोनों तरंगिकाओं के आयामों के अन्तर के बराबर होता है। यदि तरंगिकाओं के आयाम एक-दूसरे के बराबर है तो परिणामी आयाम शून्य होता है। अत: वहाँ प्रकाश की तीव्रता भी शून्य होती है। इन्हें मिलाने वाली रेखाएँ निस्पंद रेखाएँ कहलाती है। अत: परदे N पर दिप्त तथा अदीप्त (bright and dark) पाट्टियाँ एकान्तर क्रम से दिखाई देती है।

रेखा छिद्र S पर बारी-बारी से अलग-अलग रंगों के प्रकाश डाले तो दिप्त पट्टियाँ उन्ही रंगों की दिखाई देती है तथा पाट्टियों की चौड़ाई अलग-अलग होती है। लाल-प्रकाश द्वारा बनी व्यतिकरण पाट्टियाँ नीले प्रकाश की व्यतिकरण पाट्टियों से चौड़ी होती है। यह इस बात का सूचक है कि लाल प्रकाश की तरंगदैर्ध्य नीले प्रकाश के तरंगदैर्ध्य से बड़ी होती है।

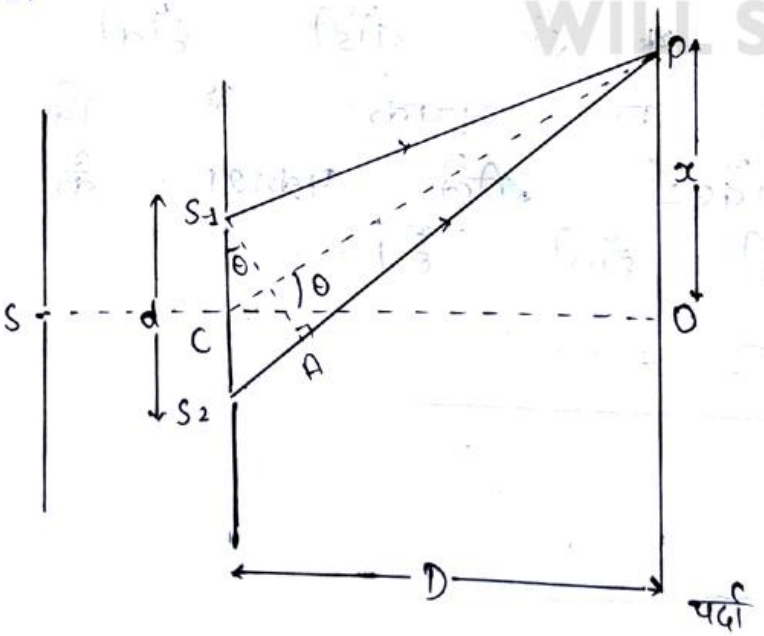


SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

फ्रिंज चौड़ाई नापकर प्रकाश की तरंगदैर्ध्य ज्ञात करना :-

माना S एक रेखा छिद्र है जो एक तप्त प्रकाश से दिप्त है। S_1 व S_2 एक-दूसरे के समीप दो रेखा छिद्र है जो रेखा छिद्र S के समान्तर है। तथा S से बराबर दूरियों पर है। S से चलने वाली प्रकाश तरंगे S_1 व S_2 पर समान कला में पहुँचती है। हाइगेंस के सिद्धान्त के अनुसार S_1 व S_2 नए प्रकाश स्त्रोतो का कार्य करते है। चुँकि इनके बीच कलान्तर नियत है। अत: S_1 व S_2 कला सम्बद्ध स्त्रोत है। S_1 व S_2 से द्वितीयक तरंगिकाएँ चलती है जो दूर स्थित परदे पर फ्रिन्जे बनाती है।



माना स्लिटो के बीच अन्तराल S_1 व $S_2 = d$
तथा स्लिटो से परदो की दूरी $CO = D$
माना परदे पर स्थित बिन्दु P पर एक

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

दीप्त फ्रिन्ज बनती है। माना रेखाछिद्र S_1 व S_2 का लम्ब अर्द्धक CO परदे पर बिन्दु O पर मिलता है तथा बिन्दु P की O से दूरी x है। S_1 व S_2 से चलने वाली तरंगे बिन्दु P पर पहुँचने के लिए S_1P व S_2P तय करती है। S_1 से S_2P पर लम्ब S_1A डाला। बिन्दु P पर दोनो तरंगो के बीच पथान्तर

ΔS_1S_2A तथा PCO समरूप है,

$$\frac{S_2A}{S_1S_2} = \frac{OP}{PC}$$

$$\frac{S_2A}{d} = \frac{x}{PC}$$

∵ दूरी CO, S_1 व S_2 की तुलना मे बहुत बड़ी है अत: CP को CO के बराबर ले सकते है। अत: $\frac{S_2A}{d} = \frac{x}{CO}$

$$\frac{S_2A}{d} = \frac{x}{D}$$

$$\boxed{\text{पथान्तर } S_2A = \frac{d}{D} \cdot x}$$

दीप्त फ्रिन्जो की स्थितियाँ :- प्रकाश की तीव्रता उन स्थानो पर अधिकतम होगी जहाँ व्यतिकरण करने वाली प्रकाश तरंगिकाओ के बीच पथान्तर 0, λ, 2λ, 3λ होगा। अत: दिप्त फ्रिन्ज के लिए $\frac{d}{D} \cdot x = m\lambda$ जहाँ $m = 0, 1, 2, 3 \ldots$

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
WILLSTUDY

$$x = m \cdot \frac{D}{d} \lambda$$

सूत्र मे $m = 0$ रखने पर केन्द्रीय दिप्त फ्रिन्ज की स्थीति, $m = 1$ पर पहले दिप्त फ्रिन्ज की स्थीति, $m = 2$ रखने पर दूसरे दिप्त फ्रिन्ज की स्थीति ---- प्राप्त होगी।

अदिप्त फ्रिन्जो की स्थितियाँ :- प्रकाश की तीव्रता न्यूनतम उन स्थानो पर होगी जहाँ तरंगिकाओ के बीच पथान्तर $\frac{\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{5\lambda}{2}$ ---- होगा।

अत: अदीप्त फ्रिन्ज के लिए –

$$\frac{d}{D} \cdot x = \left(m - \frac{1}{2}\right) \lambda$$

जहाँ $m = 1, 2, 3$ ---

$$x = \left(m - \frac{1}{2}\right) \frac{D}{d} \cdot \lambda$$

सूत्र मे $m = 1$ रखने पर प्रथम अदीप्त फ्रिन्ज की स्थीति, $m = 2$ रखने पर द्वितीय अदीप्त फ्रिन्ज की स्थीति --- प्राप्त होगी।

~~फ्रिन्ज~~ की चौड़ाई :- माना m वीं दीप्त फ्रिन्ज x_m तथा $(m+1)$ वीं दीप्त फ्रिन्ज की स्थीति x_{m+1} है

तब $x_m = m \frac{D}{d} \lambda$

$$x_{m+1} = (m+1) \frac{D}{d} \lambda$$

फ्रिन्ज चौ० $\omega = x_{m+1} - x_m$

$$\omega = (m+1)\frac{D}{d}\lambda - m\frac{D}{d}\lambda$$

$$\omega = [(m+1) - m]\frac{D}{d}\lambda$$

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

अत: स्पष्ट है कि दो क्रमागत दीप्त फ्रिन्जो तथा दो क्रमागत अदीप्त फ्रिन्जो के बीच चौड़ाई $\frac{D}{d}\lambda$ होगी।

दो क्रमागत फ्रिन्जो के बीच कोणीय दूरी अर्थात् कोणीय फ्रिन्ज चौड़ाई :—

$$\theta = \frac{\omega}{D}$$

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

$$\boxed{\theta = \frac{\lambda}{d}}$$

Ques- दो तरंगो की तीव्रताओ का अनुपात 25:16 है। उनके आयामो का अनुपात क्या है? यदि दोनो तरंगे व्यतिकरण उत्पन्न करती है तो महत्तम तथा न्यूनतम तीव्रताओ का अनुपात ज्ञात कीजिए।

Soln:- $\frac{I_1}{I_2} = \frac{25}{16}$

$\frac{a_1}{a_2} = ?$

$\frac{I_{max}}{I_{min}} = ?$

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
I WILL STUDY

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

$\because$ $I_1 = Ka_1^2$

$I_2 = Ka_2^2$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{Ka_1^2}{Ka_2^2}$$

$$\frac{25}{16} = \left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2$$

$$\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2 = \left(\frac{5}{4}\right)^2$$

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{5}{4}$$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{(a_1+a_2)^2}{(a_1-a_2)^2}$$

$$= \frac{(5k+4k)^2}{(5k-4k)^2}$$

$$= \frac{(9k)^2}{(k)^2}$$

$$= \frac{81k^2}{k^2}$$

$I_{max} : I_{min} = 81 : 1$

Ques- समान आवृत्ति की दो तरंगो के आयाम 3 : 1 के अनुपात मे है । व्यतिकरण क्षेत्र मे महत्तम तथा न्यूनतम आयामो और तीव्रताओ का अनुपात ज्ञात कीजिए ।

Soln:- $\frac{a_1}{a_2} = \frac{3}{1}$

$\frac{a_{max}}{a_{min}} = ?$ $\qquad$ $\frac{I_{max}}{I_{min}} = ?$

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

I WILL STUDY

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

$$\frac{a_{max}}{a_{min}} = \frac{a_1 + a_2}{a_1 - a_2}$$

$$= \frac{3k + 1k}{3k - 1k}$$

$$= \frac{4k}{2k}$$

$$= \frac{2}{1}$$

$$a_{max} : a_{min} = 2 : 1$$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \left(\frac{a_{max}}{a_{min}}\right)^2$$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \left(\frac{2}{1}\right)^2$$

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{4}{1}$$

$$I_{max} : I_{min} = 4 : 1$$

विवर्तन :- यदि किसी प्रकाश किरण को अवरोध अथवा छिद्र (अतिसूक्ष्म) से गुजारे तो अवरोध अथवा छिद्र के किनारो पर प्रकाश ऋजुरेखीय पथ से विचलित हो जाता है अर्थात् किनारो पर आंशिक रूप से प्रकाश मुड़ जाता है। अवरोध अथवा छिद्र के तिक्ष्ण किनारो पर प्रकाश के आंशिक रूप से मुड़ने को विवर्तन कहते है।

I WILL STUDY

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

एकल झिरी :- एकल झिरी द्वारा प्रकाश का विवर्तन देखने के लिए एक और काला पेन्ट की हुई बायोलॉजी की एक स्लाइड पर रेजर ब्लेड से हल्का सा दाब लगाकर एक बारिक झिल्ली खुरच लेते है।

एकल झिरी के कारण प्रकाश का विवर्तन :-

एकल झिरी द्वारा प्रकाश का विवर्तन देखने के लिए इस झिरी मे से कुछ मीटर की दूरी पर रखे एक जलते हुए लैंप के फिलामेन्ट को देखते है। लैम्प का फिलामेन्ट सीधा व ऊर्ध्वाधर होना चाहिए तथा झिरी को फिलामेन्ट के समान्तर रखना चाहिए। ऐसा करने पर हमे एक चौड़ी पट्टी दिखाई देती है जिसके दोनो ओर तीन - चार रंगीन परन्तु कम चौड़ी पाट्टियाँ होती है जिनकी तीव्रता लगातार घटती जाती है। यह झिरी का विवर्तन प्रतिरूप कहलाता है। झिरी जितनी बारिक होती है उसका विवर्तन प्रतिरूप उतना ही अधिक फैला होता है।

ज्यामितिय व्यवस्था :- हाइगेंस के तरंग सिद्धान्त के अनुसार झिरी AB के प्रत्येक बिन्दु से द्वितीयक तरंगिकाएँ सभी दिशाओ मे आगे की ओर बढ़ती थी। जो तरंगिकाएँ बिना विचलित हुए सीधा

निकल जाती है वे लेन्स द्वारा बिन्दु O पर फोकस होती है। चूँकि ये सीधी जाने वाली सभी तरंगिकाएँ एक ही कला में है। अतः केन्द्रीय बिन्दु O पर दीप्त बैण्ड बनाती है। इस बैण्ड को मुख्य उच्चीष्ठ कहते है।

जो तरंगिकाएँ झिरी AB से θ कोण पर विवर्तित होती है वे केन्द्रीय बिन्दु O से ऊपर बिन्दु P पर फोकस होती है। ये तरंगिकाएँ झिरी AB के विभिन्न भागो से एक ही कला में चलती है परन्तु बिन्दु P पर भिन्न-भिन्न कलाओ में पहुँचती है। माना AK, BK पर लम्ब है। तल AK से बिन्दु P तक प्रकाशिय पथ बराबर है। अतः बिन्दुओं A तथा B से चलने वाली तरंगिकाओं के बीच पथान्तर BK है।

माना $BK = \lambda$ जहाँ λ प्रयुक्त प्रकाश की तरंग दैर्ध्य है।

समकोण $\triangle AKB$ से,

$$\sin\theta = \frac{BK}{AB}$$

$$BK = AB\sin\theta$$

$$\lambda = e\sin\theta$$

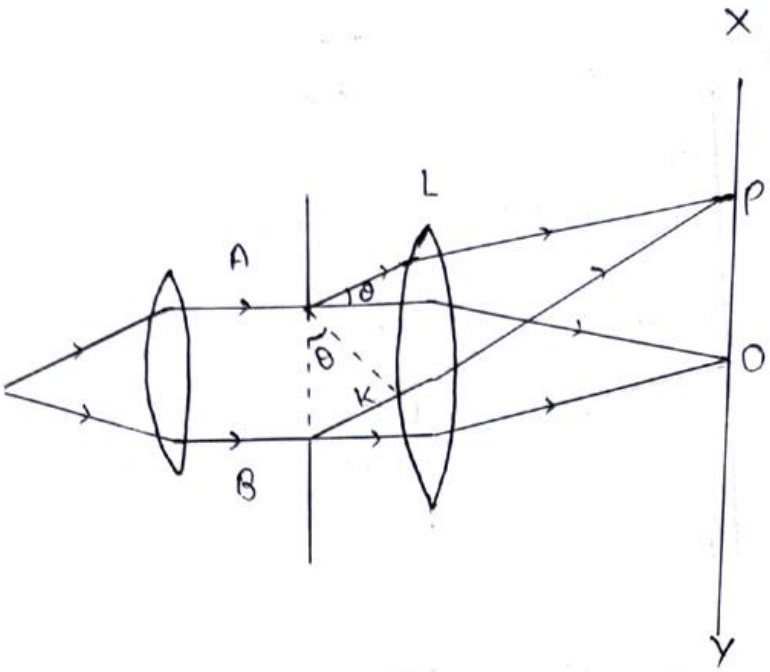
सभी ~~निम्निष्ठ~~ निम्नीष्ठों की स्थितियों के लिए,

$$\boxed{e\sin\theta = \pm m\lambda}$$ Question

जहाँ m एक पूर्णांक है अर्थात् $m = 1, 2, 3 - - -$

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL



दो उत्तरोत्तर निम्निष्ठो के बीच भी कुछ प्रकाश पहुँचता है जहाँ कम चमकीले उच्चीष्ठ बनते है। इन्हें गौड़ उच्चीष्ठ कहते है। इनकी मुख्य उच्चीष्ठ के दोनो ओर तीव्रता तेजी से गिरती जाती है। मुख्य उच्चीष्ठ तथा क्रमागत निम्निष्ठो की कोणीय ~~उच्चीष्ठ~~ स्थितियाँ निम्नवत् होगी।

$$e \sin\theta = m\lambda$$

$$\sin\theta = 0, \pm\frac{\lambda}{e}, \pm\frac{2\lambda}{e}, \pm\frac{3\lambda}{e}, ----$$

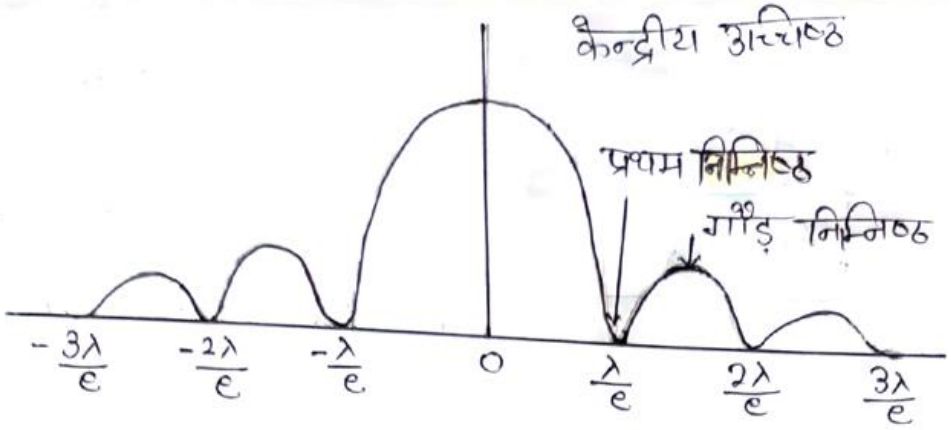
$\because$ θ अत्यन्त सूक्ष्म है अत: $\sin\theta = \theta$ तब

$$\theta = 0, \pm\frac{\lambda}{e}, \pm\frac{2\lambda}{e}, \pm\frac{3\lambda}{e}, -----$$

इस प्रकार गौड़ निम्निष्ठ की स्थितियाँ :-

$$+\frac{3\lambda}{2e}, \pm\frac{5\lambda}{2e}, \pm\frac{7\lambda}{2e} -----$$

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL



SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL

केन्द्रीय उच्चिष्ठ की कोणीय चौड़ाई :-

केन्द्रीय अथवा मुख्य उच्चिष्ठ की कोणीय चौड़ाई केन्द्रीय उच्चीष्ठ के दोनो ओर प्रथम निम्निष्ठो के बीच की कोणीय दूरी को कहते है।

$$2\theta = \frac{2\lambda}{e}$$

यदि झिरी से परदे की दूरी D है तब परदे पर केन्द्रीय उच्चिष्ठ की रैखिक चौड़ाई

$$2x = \frac{2\lambda}{e} \cdot D$$

किरण प्रकाशिकी की वैधता :- (फ्रेनल दूरी):-

किसी प्रकाश पुंज द्वारा विवर्तन के कारण विस्तारित होने से पूर्व तय की गई दूरी को फ्रेनल दूरी कहते है।

अथवा

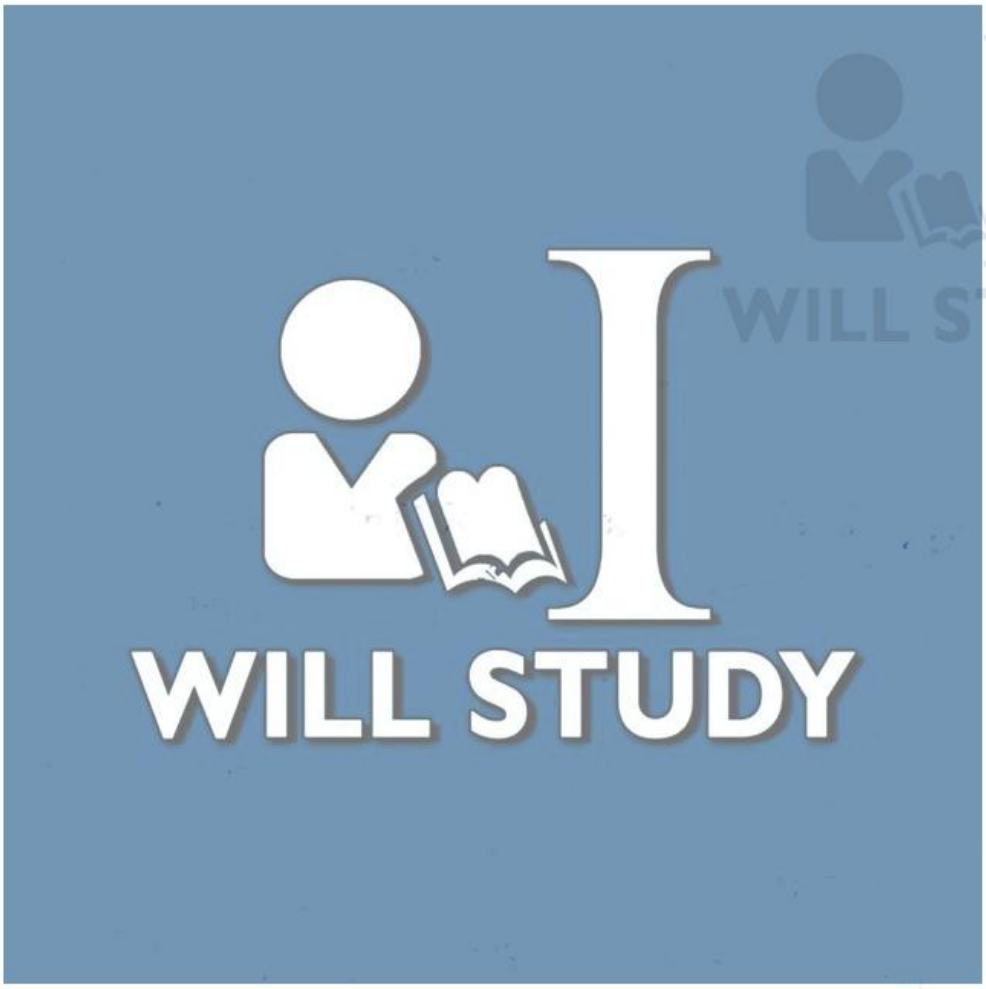
प्रकाश पुंज द्वारा तय की गई वह दूरी जिसपर विवर्तन के कारण विस्तार द्वारक का आकार से बड़ा हो जाता है, फ्रेनल दूरी कहलाता है।

SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
WILL STUDY

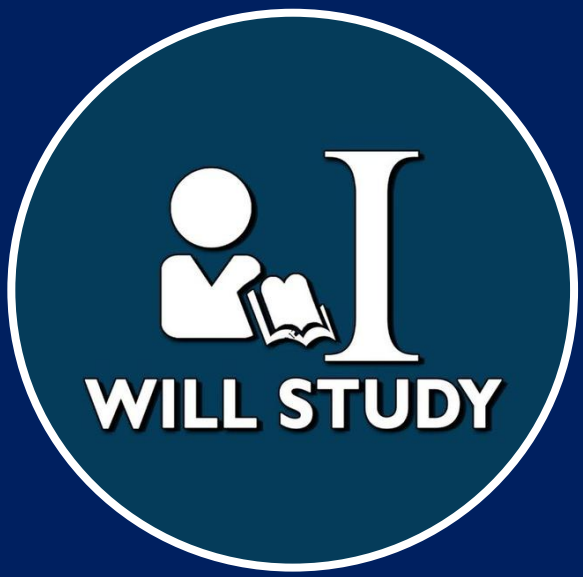
यदि z_f फ्रेनल दूरी हो तो,

$$z_f = \frac{e^2}{\lambda}$$

I WILL STUDY



SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL
SUBSCRIBE I WILL STUDY YOUTUBE CHANNEL



SUBSCRIBE

SUBSCRIBE

VISIT TO

NVN-OPEN

Also Read & Watch

Maths All Chapter Important Question

Maths Chapter-wise Solutions in Hindi

Study Motivation

Unsolved Paper Solutions

Click Here