23

312hi23

प्रकाशीय यंत्र

हमें अपने आस-पास के संसार के बारे में अधिकांश सूचना अपनी आँखों से प्राप्त होती है। किन्तु जैसा कि आप जानते हैं, हमारी आँख की कुछ सीमाएं हैं। बहुत दूरस्थ वस्तुएँ जैसे तारे, ग्रह आदि हमें इतने छोटे दिखाई देते हैं कि हमें उनका विस्तृत विवरण नहीं मिल पाता। इसी प्रकार बहुत छोटी वस्तुएं जैसे पराग कण, जीवाणु, विषाणु आदि भी नंगी आँख से नहीं दिखाई देते साथ ही हम जो कुछ देखते हैं उसका स्थाई विवरण आँखों में नहीं रहता, सिवाय उसके जो हम याद रख पाते हैं। अत: आप पूछ सकते हैं कि हम बहुत सूक्ष्म और बहुत दूरस्थ वस्तुओं को कैसे देख सकते हैं? इसके लिए प्रयुक्त होने वाली विशेष युक्तियों को प्रकाशीय यंत्र कहते हैं। इस पाठ में दो महत्वपूर्ण प्रकाशीय यंत्रों, सूक्ष्मदर्शी व दूरबीन (टेलीस्कोप) के बारे में अध्ययन करेंगे। जैसा कि आप अवश्य जानते होंगे, सूक्ष्मदर्शी छोटी वस्तुओं को आवर्धित करता है, जबकि दूरबीन का दूरस्थ वस्तुओं को देखने के लिए उपयोग होता है। इन साधित्रों का डिजाइन आवश्यकता पर निर्भर करता है। (पाठ 20 में लेंसों तथा दर्पणों द्वारा प्रतिबिम्ब बनाने के संबंध में प्राप्त ज्ञान आपकों इन यंत्रों की कार्यप्रणाली समझने में सहायक होगा। किसी सूक्ष्मदर्शी की उपयोगिता उसकी आवर्धन क्षमता और विभेदन क्षमता से निर्धारित होती है। दूरबीन के लिए मूल शब्द विभेदन क्षमता है। आपने हब्बल दूरबीन के बारे में पढ़ा होगा, जिसका उपयोग वैज्ञानिकों द्वारा दूरस्थ मंदाकिनियों का विस्तृत विवरण प्राप्त करने और हमारे सौरमंडल के बाहर जीवन-धारणीय ग्रह की खोज के लिए किया जा रहा है।

उद्देश्य

इस पाठ के अध्ययन के प्रश्चात आप:

- *सरल व संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की कार्य प्रणाली की व्याख्या कर सकेंगे;*
- *सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता के लिए व्यंजक व्युत्पन्न कर सकेंगे;*
- *रेखीय और कोणीय आवर्धन में भेद कर पाएंगे;*
- *अपवर्ती तथा परावर्ती दूरबीनों के कार्य के सिद्धांत की व्याख्या कर सकेंगे; और*
- *आँख, दूरबीन तथा सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता का परिकलन कर सकेंगे;*

23.1 सूक्ष्मदर्शी

पाठ 20 में आप लेंसों तथा दर्पणों द्वारा प्रतिबिम्बों की रचना का ज्ञान प्राप्त कर चुके हैं। यदि आप एक उत्तल लेंस लें और उसे इस पेज के ऊपर कुछ दूरी पर पकड़े रहें तो आप अक्षरों/शब्दों का प्रतिबिम्ब देखेंगे। यदि आप लेंस को इस पेज के पास लाते रहें तो इस पर छपे अक्षर आवधि 'त होते दिखाई देंगे क्योंकि लेंस से उनका आवर्धित, आभासी तथा सीधा प्रतिबिम्ब बन रहा है। यह लेंस वास्तव में एक आवर्धक लेंस या सरल सूक्ष्मदर्शी का कार्य कर रहा है। आपने किसी डाक्टर को किसी बच्चे के शरीर पर खसरे रोग की जांच करते हुए इस प्रकार के लेंस का उपयोग करते देखा होगा। घड़ी साज तथा जौहरी, घड़ियो के छोटे-छोटे पुर्जा को तथा गहनों पर किए गए महीन काम के आवर्धन के लिए इसका उपयोग करते हैं। आप एक उत्तल लैंस लेकर सूर्य के प्रकाश को एक कागज के टुकड़े पर फोकस कर सकते हैं। आज देखेंगे कि कुछ समय पश्चात् कागज जलने लगता है। अत: उत्तल लेंस से आग लगाई जा सकती है। इसी कारण जंगल में खाली काँच की बोतलों को छोड़ना खतरनाक है। बोतलों पर पड़ने वाला सूर्य का प्रकाश जंगल की सूखी पत्तियों पर फोकस होकर उन्हें जला सकता है। कभी-कभी इससे जंगलों में आग लग जाती है, जिससे जंगल के बहुत बड़े भाग और 1 अथवा रिहायसी इलाके नष्ट हो जाते हैं। इस प्रकार की आग आस्ट्रेलिया, इन्डोनेशिया तथा संयुक्त राज्य अमेरिका में बहुत बार लगती रहती है।

आसपास की वस्तुओं को बीस गुना तक आवर्धित करने के लिए सरल सूक्ष्मदर्शी के रूप में उत्तल लेंस उपयुक्त होता है। अधिक आवर्धन के लिए संयुक्त सूक्ष्मदर्शी का उपयोग किया जाता है जो मूलत: दो लैंसों का संयोजन है। भौतिकी प्रयोगशाला में आवर्धक लैंस का उपयोग चल-सूक्ष्मदर्शी और स्पेक्ट्रोमीटर के साथ लगे वर्नियर पैमाने को पढ़ने के लिए होता है।

सरल और संयुक्त सूक्ष्म दर्शियों का अध्ययन करते समय हमें (i) निकट बिन्दु, (ii) सुस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी, (iii) कोणीय आवर्धन या आवर्धन क्षमता, (iv) सामान्य समायोजन जैसे पदों के बारे में जानना आवश्यक है। आइए पहले हम इनको परिभाषित करें।

(i) **निकट बिन्दु** आँख से न्यूनतम दूरी है जहां पर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब आंख के लेंस द्वारा रेटिना (दृष्टिपटल) पर बनता है। निकट बिन्दु प्रत्येक व्यक्ति के लिए समान नहीं होता तथा यह व्यक्ति की आयु के साथ बदलता रहता है। कम आयु 10 साल से कम में निकट बिन्दु 7-8 cm तक हो सकता है। वृद्धावस्था में निकट बिन्दु अधिक दूर हो जाता है, जैसे 100-200 cm या इससे भी अधिक। इस कारण बच्चे अपनी पुस्तकों को पढ़ने के लिए आंखों के निकट रखते हैं और वृद्ध लोग पुस्तक या समाचार पत्र पढ़ने के लिए उसे आंखों से दूर रखते हैं।

(ii) **सुस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी** वह निकटतम दूरी है जहां तक मानव नेत्र (आंख) किसी वस्तु को बगैर किसी तनाव के स्पष्ट देख सकता है। सामान्य मानव नेत्र के लिए यह दूरी 25 सेमी ली जाती है।

(iii) **कोणीय आवर्धन** किसी बिंब के प्रतिबिम्ब (सूक्ष्मदर्शी द्वारा देखे जाने पर) द्वारा आंख पर बने कोण तथा सुस्पष्ट दृष्टि (दर्शन) की अल्पतम दूरी पर स्थित बिंब द्वारा खाली आँख पर बने कोण के अनुपात को कोणीय आवर्धन कहते हैं। इसे सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता भी कहते हैं।

(iv) **सामान्य समायोजन:** जब प्रतिबिम्ब अनंत पर बनता है तो इसे रेटिना पर फोकस करने के लिए आंख पर न्यूनतम तनाव होता है। इसे सामान्य समायोजन कहते हैं।

(v) **रेखीय आवर्धन:** प्रतिबिम्ब व बिम्ब के साइजों (आमापों) का अनुपात होता है।

(vi) **दर्शन कोण:** किसी वस्तु द्वारा मनुष्य की आँख पर बने कोण को दर्शन कोण कहते हैं।

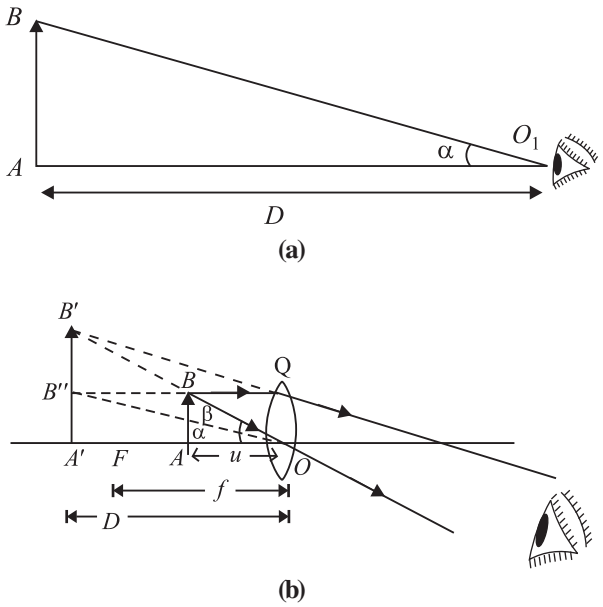
23.1.1 सरल सूक्ष्मदर्शी

जब कम फोकस दूरी के किसी उत्तल लेंस को, छोटी वस्तुओं का आवर्धित प्रतिबिम्ब देखने के लिए उपयोग किया जाता है तो उस लेंस को सरल सूक्ष्मदर्शी कहते हैं।

हम जानते हैं कि जब किसी बिंब को किसी उत्तल लेंस के फोकस और प्रकाशिक केन्द्र के बीच में कहीं रखा जाए तो उसका प्रतिबिम्ब आभासी, सीधा, आवर्धित तथा बिंब की ओर ही बनता है। व्यवहार में, ऐसे लेंस को आँख के पास ही रखा जाता है और बिंब की स्थिति को इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि प्रतिबिम्ब सुस्पष्ट दृष्टि से अल्पतम दूरी पर बने। चित्र 23.1 में इसका सचित्र उदाहरण दिया गया है। जिसमें F और O के बीच में एक बिंब AB रखा है। इसका आभासी प्रतिबिम्ब $A'B'$ बिंब की ओर ही बनता है। वस्तु की स्थिति को इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि प्रतिबिम्ब सुस्पष्ट दृष्टि की अलतम दूरी D पर बने।

सरल सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता

किसी प्रकाशिक यंत्र की आवर्धन क्षमता किसी बिंब के प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बने कोण और बिंब द्वारा आँख पर बने कोण का अनुपात है, जबकि दोनो सुस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी या निकट बिन्दु पर हों। इसे कोणीय आवर्धन भी कहते है और M से प्रकट करते हैं।



चित्र 23.1 : आवर्धक लेंस का कोणीय आवर्धन

चित्र 23.1 (a) और (b) से, एक सरल सूक्ष्मदर्शी का कोणीय आवर्धन $M = \frac{\angle A'OB'}{AO'B} = \frac{\beta}{\alpha}$। व्यवहार में, कोण α और β बहुत छोटे होते हैं। अतः हम उनके स्थान पर उनकी स्पर्शज्या का मान ले सकते हैं। अर्थात्

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} \qquad (23.1)$$

समान त्रिभुजों $A'OB'$ और AOB से हम लिख सकते हैं, $\tan\beta = \frac{A'B'}{A'O} = \frac{A'B'}{D}$ और

$\tan\alpha = \frac{A'B''}{A'O} = \frac{AB}{D}$। समीकरण (23.1) में $\tan\beta$ और $\tan\alpha$ का मान रखने पर, हमें प्राप्त होता है

$$M = \frac{A'B'}{D} \Big/ \frac{AB}{D} = \frac{A'B'}{AB}$$

चित्र 23.1 में समान त्रिभुजों AOB और $A'OB'$ में

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{A'O}{AO} \qquad (23.2)$$

चिह्नों की मानक प्रणाली के अनुसार,

$$A'O = -D$$

और $$AO = -u$$

अतः समीकरण (23.2) से हमें प्राप्त होता है,

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{D}{u} \qquad (23.3)$$

यदि सरल सूक्ष्मदर्शी के लेंस की फोकस दूरी f हो तो लेंस के सूत्र $\left(\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}\right)$ का उपयोग करने और $v = -D$, $u = -u$ और $f = +f$ रखने पर

$$\frac{1}{-D} - \frac{1}{-u} = \frac{1}{f}$$

या $$-\frac{1}{D} + \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$$

दोनों ओर D से गुणा करने पर तथा पदों को व्यवस्थित क्रम में लिखने पर

$$\frac{D}{u} = 1 + \frac{D}{f} \qquad (23.4)$$

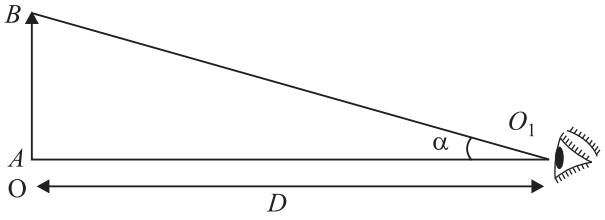
समीकरणों (23.3) तथा (23.4) को मिलाने पर हमें प्राप्त होता है

$$\frac{A'B'}{AB} = 1 + \frac{D}{f}$$

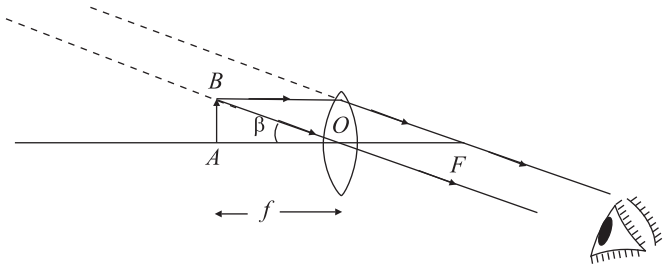
या $$M = 1 + \frac{D}{f} \qquad (23.5)$$

इस परिणाम से हम देखते है कि उत्तल लेंस की फोकस दूरी जितनी कम होगी उतना ही अधिक सरल सूक्ष्मदर्शी का कोणीय आवर्धन या आवर्धन क्षमता का मान होगा।

सामान्य समायोजन : इस दशा में, प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है। सरल सूक्ष्मदर्शी कीआवध न क्षमता को प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बने कोण और आँख पर बिंब द्वारा बनाए गए कोण के अनुपात से परिभाषित किया जाता है, जबकि बिंब D दूरी पर रखा हो। चित्र 23.1 (a) में प्रतिबिम्ब को स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी (D) पर रखा दिखाया गया है।



(a)



(b)

चित्र 23.2 : सामान्य संयोजन के लिए प्रतिबिम्ब का बनना

आँख पर बिंब पर व प्रतिबिम्ब द्वारा बने कोण क्रमशः α और β हैं। आवर्धन क्षमता की परिभाषा के अनुसार

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

व्यवहार में कोण α और β छोटे हैं, अतः पहले की भांति उनके स्थान पर हम उनकी स्पर्शज्या लिख सकते हैं। तब

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

अर्थात्

$$= \frac{AB}{AO} \Big/ \frac{AB}{AO_1}$$

$$= \frac{AO_1}{AO} = \frac{D}{f}$$

या

$$M = \frac{D}{f} \qquad (23.6)$$

ध्यान रखिए कि सामान्य समायोजन में, प्रतिबिम्ब को देखना अधिक आरामदेह होता है? आपकी अवधारणओं को स्पष्ट करने के लिए, अब हम आपको एक उदाहरण देते हैं, जिसमें एक प्रश्न को हल किया गया है। इसे ध्यानपूर्वक पढ़िए।

उदाहरण 23.1: उस सरल सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता का परिकलन कीजिए जिसकी फोकस दूरी 2.5 cm है।

हल: : किसी सरल सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता समीकरण (23.5) के अनुसार,

$$M = 1 + \frac{D}{f}$$

इसमें $D = 25$ cm और $f = 2.5$cm, रखने पर हम पाते हैं:

$$M = 1 + \frac{25}{2.5} = 1 + 10 = 11$$

23.1.2 A संयुक्त सूक्ष्मदर्शी

संयुक्त सूक्ष्मदर्शी में दो उत्तल लेंस होते हैं। एक कम द्वारक और कम फोकस दूरी का उत्तल लेंस बिंब की ओर होता है अभिदृश्यक कहलाता है। अभिदृश्यक और दूसरा लैंस जो कम फोकस दूरी किन्तु अधिक द्वारक का आँख की ओर होता है अभिदृश्यक और नेत्रिका को एक नली के दो सिरों पर इस प्रकार लगाया जाता है कि उनकी अक्ष एक ही हो।

जब बिंब को अभिदृश्यक F और 2 F के बीच रखा जाता है तो अभिदृश्यक के दूसरी ओर 2F से आगे एक वास्तविक, उल्टा व आवर्धित प्रतिबिम्ब बनता है। यह प्रतिबिम्ब नेत्रिका के लिए बिंब का कार्य करता है और फिर नेत्रिका सरल सूक्ष्मदर्शी की भांति कार्य करती है। नेत्रिका को इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि यह प्रतिबिम्ब नेत्रिका के फोकस और प्रकाशिक केन्द्र के बीच में रहे, जिससे आवर्धित प्रतिबिम्ब नेत्रिका से सुस्पष्ट दृष्टि के अल्पतम दूरी पर बने।

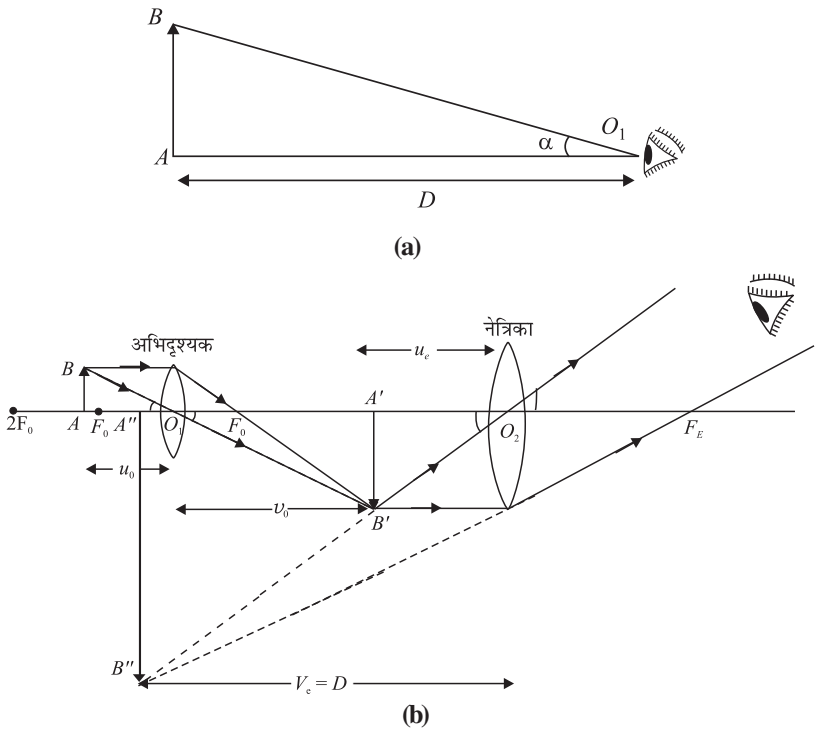
संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता

संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता को अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बने कोण और बिंब द्वारा आँख पर बने कोण के अनुपात से परिभाषित किया जाता है जबकि दोनो सुस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी पर हों। इसे M से निर्दिष्ट किया जाता है। चित्र 23.3 से हम लिख सकते हैं

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

चूँकि α और β बहुत छोटे कोण हैं, इनके स्थान पर हम इनके स्पर्शज्या को ले सकते हैं, जिससे

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$



चित्र 23.3 : ***संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना, जब अंतिम प्रतिबिम्ब सुस्पष्ट दृष्टि से अल्पतम दूरी पर बने।***

$$M = \frac{A''B''}{D} \Big/ \frac{AB}{D}$$

$$\Rightarrow \quad M = \frac{A''B''}{AB} = \frac{A''B''}{A'B'} \cdot \frac{A'B'}{AB}$$

समान त्रिभुजों $A''B''O_2$ और $A'B'O_2$ से हम लिख सकते हैं,

$$\frac{A''B''}{A'B'} = \frac{A''O_2}{A'O_2} = \frac{D}{u_e}$$

साथ ही समान त्रिभुजों $A'B'O_1$ तथा ABO से हमें प्राप्त होता है।

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{v_o}{u_o}$$

ध्यान दीजिए कि $m_e = \frac{A''B''}{A'B'}$ नेत्रिका द्वारा उत्पन्न आवर्धन है, और $m_o = \frac{A'B'}{AB}$ अभिदृश्यक द्वारा उत्पन्न आवर्धन है। अत:

$$M = \frac{D}{u_e} \cdot \frac{v_o}{u_o} = m_e \times m_o \qquad (23.7)$$

पाठ 20 से लेंस सूत्र के अनुसार, नेत्रिका के लिए हम लिख सकते हैं

$$\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$

दोनों ओर v_e से गुणा करने पर, हमें प्राप्त होता है

$$\frac{v_e}{v_e} - \frac{v_e}{u_e} = \frac{v_e}{f_e}$$

$$\Rightarrow \quad \frac{v_e}{u_e} = 1 - \frac{v_e}{f_e}$$

क्योंकि चिह्नों की परिपाटी के अनुसार f_e धनात्मक है और $v_e = -D$ हम लिख सकते हैं

$$m_e = \frac{v_e}{u_e} = 1 + \frac{D}{f_e} \qquad (23.8)$$

समीकरणों (23.7) और 923.8) को मिलाने पर, हमें प्राप्त होता है।

$$M = \frac{v_o}{u_o} \times \left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$$

व्यवहारिक रुप में, अभिदृश्यक की फोकस दूरी बहुत कम होती है और बिंब AB अभिदृश्यक के फोकस के ठीक पीछे रखा जाता है। अर्थात्

$$\therefore \quad u_o \approx f_0$$

चूँकि नेत्रिका की फोकस दूरी भी बहुत कम होती है। प्रतिबिम्ब $A'B'$ की अभिदृश्यक से दूरी लगभग सूक्ष्मदर्शी की नलिका की लम्बाई (L) के बराबर है, अर्थात्

$$v_o \approx L$$

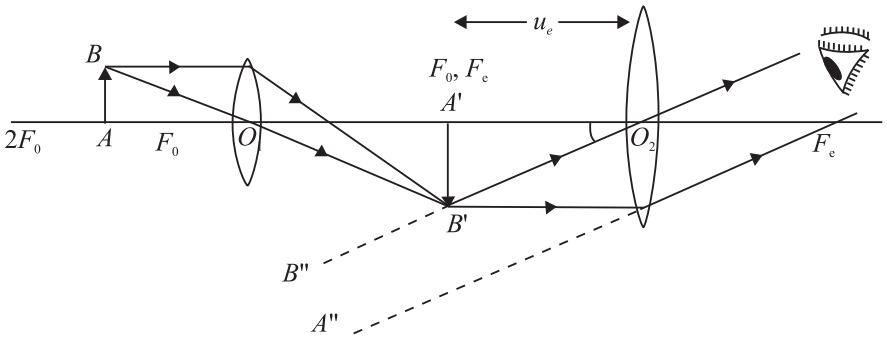
अत: आवर्धन क्षमता को सूक्ष्मदर्शी से संबंधित प्राचलों (पैरामीटरों) के पदों में इस प्रकार लिखा जा सकता है,

$$M = \frac{L}{f_0}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right) \qquad (23.10)$$

सामान्य समायोजन में आवर्धन क्षमता : इस दशा में अंतिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है। जैसा हम पहले देख चुके हैं, संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता को निम्न प्रकार लिखा जा सकता है,

$$M = m_o \times m_e$$

$$= \frac{v_o}{u_o}\left(\frac{D}{f_e}\right)$$



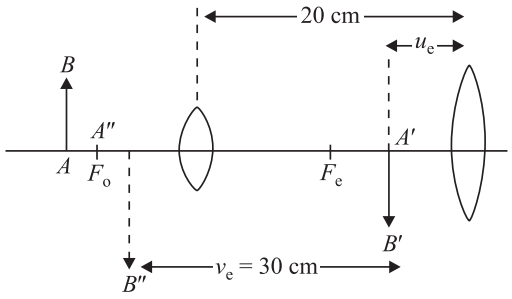
चित्र 23.4 : समान्य समायोजन में संयुक्त सूक्ष्मदर्शी

अब आप एक आंकिक प्रश्न को देखिए

उदाहरण 23.2 : किसी संयुक्त सूक्ष्मदर्शी के अभिदृश्यक की फोकस दूरी 2 cm और नेत्रिका की फोकस दूरी 5 cm है। दो लेंसों के केन्द्र के बीच की दूरी 20 cm है। यदि अंतिम प्रतिबिम्ब नेत्रिका से 30 cm दूरी पर बनता है तो सूक्ष्मदर्शी का आवर्धन ज्ञात कीजिए।

हल : अभिदृश्यक के लिए $f_o = 2$ cm और $f_e = 5$ cm। नेत्रिका के लिए $v_e = -30$ cm और $f_e = 5$ cm। हम v_e का मान निम्न समीकरण से ज्ञात कर पाते हैं।

$$\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$$



हल करने पर $u_e = -\frac{30}{7}$ cm

अभिदृश्यक के लिए

$$v_o = 20 - \frac{30}{7}$$

$$= \frac{110}{7} \text{ cm}$$

निम्न सूत्र का प्रयोग करने पर,

$$\frac{1}{v_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o}$$

हमें प्राप्त होता है

$$\frac{1}{110/7} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{2}$$

या $u_o = -\frac{110}{48}$ cm

अभिदृश्यक की आवर्धन क्षमता

$$m_o = \frac{v_o}{u_o} = \frac{110/7}{-110/48} = -\frac{48}{7}$$

नेत्रिका के कारण आवर्धन

$$m_o = \frac{v_e}{u_e} = \frac{-30/1}{-30/7} = 7$$

अत: संयुक्त सूक्ष्मदर्शी का आवर्धन

$$M = (m_o)(m_e)$$

$$= \left(-\frac{48}{7}\right)(7) = -48$$

पाठगत प्रश्न 23.1

1. (i) सरल सूक्ष्मदर्शी और (ii) संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्बों की प्रकृति कैसी होती है?
2. आवर्धन और आवर्धन क्षमता में क्या अंतर है?
3. किसी सरल सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता 11 है। इसकी फोकस दूरी कितनी होगी?
4. यदि आपके पास 100 cm तथा 4 cm फोकस दूरी के दो उत्तल लेंस हों तो इनमें से किसे आप संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की नेत्रिका बनाने के लिए चुनेंगे और क्यों?
5. संयुक्त सूक्ष्मदर्शी के अभिदृश्यक तथा नेत्रिका दोनों की ही फोकस दूरी कम क्यों होनी चाहिए?

23.2 दूरदर्शक (दूरबीन)

दूरदर्शक का उपयोग दूरस्थ वस्तुओं, जैसे खगोलीय और पार्थिव पिंडों को देखने के लिए होता है। इनमें से कुछ पिंड (या वस्तुएं) हो सकता है नंगी आंख से न दिखाई दें। दूरस्थ वस्तुओं द्वारा आंख पर बना दर्शनकोण इतना छोटा होता है कि हम वस्तु का अनुभव ही नहीं कर सकते। दूरबीनों का उपयोग दर्शन कोण को बढ़ा देता है तथा प्रतिबिम्ब को आंख के निकट ला देता है। मुख्यत: दो प्रकार के दूरदर्शकों का सामान्यत: उपयोग होता है: अपवर्ती दूरदर्शक और परावर्ती दूरदर्शक। अब हम इन पर चर्चा करेंगे।

23.2.1 अपवर्ती दूरदर्शक

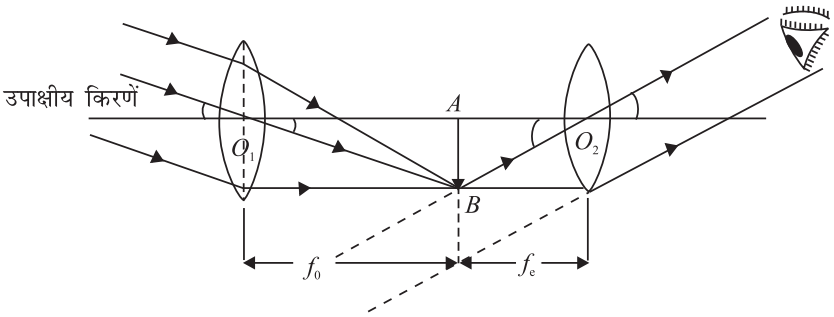
अपवर्ती-दूरदर्शक भी दो प्रकार के होते है:

- **खगोलीय दूरदर्शक:** इनका उपयोग खेगोलीय या आकाशीय पिंडों के प्रेक्षण के लिए होता है।
- **पार्थिव दूरदर्शक:** इनका उपयोग पृथ्वी पर दूर स्थित वस्तुओं को देखने के लिए किया जाता है। इन्हें देखने के लिए यह आवश्यक है कि हमें सीधा प्रतिबिम्ब दिखाई दे। गैलीलियो का दूरदर्शक भी पृथ्वी पर दूर स्थित वस्तुओं को देखने के लिए प्रयुक्त होता है।

  खगोलीय दूरदर्शक उल्टा तथा आभासी प्रतिबिम्ब बनाता है। चूँकि खगोलीय पिंड गोल होते हैं अत: उनके प्रतिबिम्ब के उल्टे होने का प्रेक्षण पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। इस दूरदर्शक में दो लेंसों का एक तंत्र होता है। वस्तु की ओर के लेंस को *अभिदृश्यक* कहते हैं। इसका द्वारक और फोकस दूरी (f_o) दोनों अधिक होते हैं। दूसरा लेंस, जो आँख की ओर होता है, नेत्रिका कहलाता हैं इसका द्वारक और फोकस दूरी (f_e) दोनों ही कम होते हैं। अभिदृश्यक और नेत्रिका धातु की समाक्ष नलियों में लगे होते हैं।

अभिदृश्यक दूरस्थत बिंब का अपने फोकस तल पर एक वास्तविक और छोटा प्रतिबिम्ब बनाता है। नेत्रिका के लिए यह प्रतिबिम्ब वस्तु का काम करता है और नेत्रिका से इसका एक आवर्धित व आभासी प्रतिबिम्ब बन जाता है। नेत्रिका को आगे-पीछे खिसका कर, इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि अन्तिम प्रतिबिम्ब अनंत पर बने। (इस व्यवस्था को सामान्य समायोजन कहते हैं।) नेत्रिका को इस प्रकार भी व्यवस्थित किया जा सकता है कि अन्तिम प्रतिबिम्ब सुस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी पर बने।

जब अन्तिम प्रतिबिम्ब अनंत पर बनता है (सामान्य समायोजन), खगोलीय पिंड से आने वाली उपाक्षीय किरणें एक दूसरे के समान्तर होती हैं, और मुख्य अक्ष से α (अल्फा) कोण बनाती हैं। ये किरणें अभिदृश्यक से गुजरने के पश्चात्, उसके फोकस तल पर एक वास्तविक और छोटा प्रतिबिम्ब बनाती हैं। इस स्थिति में, नेत्रिका की स्थिति को इस प्रकार समायोजित किया जाता है कि अंतिम प्रतिबिम्ब अनंत पर बने।



चित्र 23.6 : खगोलीय दूरदर्शक का कार्य-सिद्धांत

आवर्धक क्षमता : दूरदर्शक की आवर्धन क्षमता की परिभाषा इस प्रकार की जाती है: यह दूरदर्शक द्वारा देखे जाने पर, प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बनाए गए कोण β और बिंब द्वारा अभिदृश्यक पर बनाए गए कोण का अनुपात है। जब वस्तु तथा प्रतिबिम्ब दोनों अनंत पर हो। इसे *कोणीय आवर्धन* भी कहते है और इसे M से निर्दिष्ट किया जाता है। परिभाषा के अनुसार

$$M = \frac{\beta}{\alpha}$$

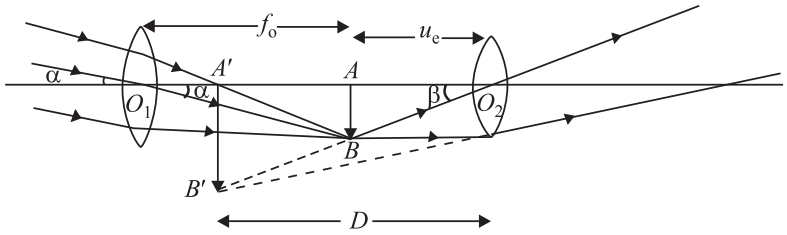
क्योंकि ये दोनों कोण बहुत छोटे हैं, अत: इनके स्थान पर इनकी स्पर्शज्या लिख सकते हैं,

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} = \frac{AB/AO_2}{AB/AO_1} = \frac{AO_1}{AO_2}$$

$$= \frac{f_o}{f_e} \qquad (23.11)$$

इससे यह स्पष्ट होता है कि सामान्य समायोजन में किसी दूरदर्शक की आवर्धक समायोजन में किसी दूरदर्शक की आवर्धक क्षमता अधिक होगी यदि अभिदृश्यक की फोकस दूरी अधिक हो और नेत्रिका की फोकस दूरी कम हो। सामान्य समायोजन में दूरदर्शक की लम्बाई $(f_o + f_e)$ होती है।

(b) ***जब अन्तिम प्रतिबिम्ब सुस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी*** पर बनता है, तो सुदूर खगोलीय पिंडों से आने वाली उपाक्षीय किरणें मुख्य अक्ष से α कोण बनाती हैं। अभिदृश्यक से अपवर्तन के पश्चात् ये किरणें दूसरी ओर एक वास्तविक और उल्टा प्रतिबिम्ब AB बनाती हैं। नेत्रिका की स्थिति का समायोजन इस प्रकार किया जाता है कि इससे अन्तिम प्रतिबिम्ब सुपस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी पर बने।



चित्र 23.7 :*D दूरी पर दूरदर्शक द्वारा बना प्रतिबिम्ब*

आवर्धन क्षमता: इसे D दूरी पर बने प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर अंतरित कोण और अनंत पर स्थित बिम्ब द्वारा आंख पर बने कोण के अनुपात से परिभाषित किया जाता है:

$$M = \frac{\beta}{\alpha} \approx \frac{\tan\beta}{\tan\alpha}$$

$$= \frac{AB/AO_2}{AB/AO_1} = \frac{AO_1}{AO_2}$$

$$= \frac{f_o}{u_e} \qquad (23.12)$$

क्योंकि नेत्रिका के लिए $\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$

हम लिख पाते हैं

$$\frac{1}{u_e} = \frac{1}{v_e} - \frac{1}{f_e}$$

$$= -\frac{1}{f_e}\left(1 - \frac{f_e}{v_e}\right)$$

या $$M = \frac{f_o}{u_e} = -\frac{f_o}{f_e}\left(1 - \frac{f_e}{v_e}\right) \qquad (23.13)$$

नए कार्तीय चिह्नों की परिपार्टी के अनुसार $f_o = +f_o$, $v_e = -D$, $f_e = +f_e$ अतः हम लिख सकते हैं

$$M = -\frac{f_o}{f_e}\left(1 + \frac{f_e}{D}\right) \qquad (23.14)$$

आवर्धन क्षमता का ऋणात्मक चिन्ह प्रदर्शित करता है कि अन्तिम प्रतिबिम्ब उल्टा और वास्तविक है। दूरदर्शक की आवर्धन क्षमता के लिए उपरोक्त व्यंजक से ज्ञात होता है कि सुस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी पर समायोजन में आवर्धन क्षमता, सामान्य समायोजन में आवर्धन क्षमता से अधिक होती है।

उदाहरण 23.3: किसी पार्थिव दूरदर्शक के अभिदृश्यक तथा नेत्रिका की फोकस दूरी क्रमशः 75 cm और 5 cm है। यदि अन्तिम प्रतिबिम्ब सुस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी पर बना हो तो, दूरदर्शक की आवर्धन क्षमता ज्ञात कीजिए।

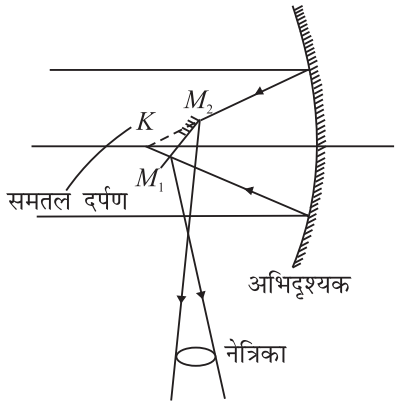
हल:

यहाँ $f_o = 75$ cm, $f_e = 5$ cm, $D = 25$ cm

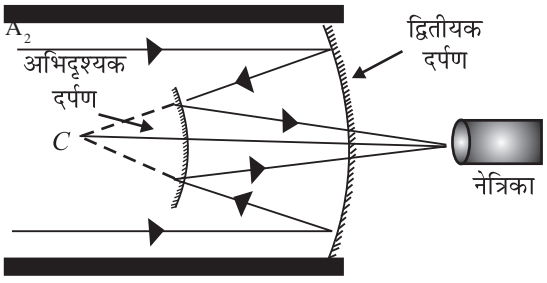
$$M = -\frac{f_o}{f_e}\left(1+\frac{f_e}{D}\right) = \frac{-75}{5}\left(1+\frac{5}{25}\right) = -18$$

23.2.2 परावर्ती दूरदर्शक (दूरबीन)

परावर्ती दूरदर्शक का उपयोग दूरस्थ तारों को देखने के लिए किया जाता है और इनकी प्रकाश संग्रह करने की क्षमता अधिक होती है ताकि अंतरिक्ष में स्थित धुंधले तारों का भी दीप्त प्रतिबिम्ब बन सके। इनका अभिदृश्यक बड़े द्वारक तथा अधिक फोकस दूरी का अवतल दर्पण होता है। यह अवतल दपर्ण परवलीय होने के कारण गोलीय विपथन (Spherical aberration) से मुक्त होता है।



चित्र 23.8 : न्यूटन का परावर्तक



चित्र 23.9 : केसेग्रेन का परावर्तक

दूरस्थ किसी पिंड से आने वाली किरणें अभिदृश्यक से परावर्तन के पश्चात् उसके फोकस तल उस पिंड का वास्तविक, छोटा व उल्टा प्रतिबिम्ब बनाएंगी, किन्तु, इससे पहले ही ये किरणों एक समतल दपर्ण द्वारा रोक कर परावर्तित कर दी जाती है। यह समतल दपर्ण M_1M_2 अभिदृश्यक के अवतल दपर्ण के मुख्य अक्ष से 45 अंश का कोण बनाता है। समतल दर्पण किरणों को विचलित कर नेत्रिका के सामने एक वास्तविक प्रतिबिम्ब बना देता है। नेत्रिका अवतल दर्पण की अक्ष के लम्बवत् होती है। नेत्रिका का कार्य किसी तारे का आवधि ंत व आभासी प्रतिबिम्ब बनाना होता है ताकि हमारी आंख उसे सुस्पष्ट देख सके।

टिप्पणियाँ

यदि अवतल दर्पण (अभिदृश्यक) की फोकस दूरी f_o हो तो परावर्तक दूरदर्शक की आवर्धक क्षमता

$$M = \frac{f_o}{f_e}$$

यदि अभिदृश्यक का व्यास D तथा आँख की पुतली का व्यास d हो तो द्युति अनुपात

$$B = D^2/d^2$$

दूसरे प्रकार का परावर्ती दूरदर्शक चित्र (23.9) में दिखाया गया है। इसको केसेग्रेन ने डिजाइन किया था। इसमें अभिदृश्यक के केन्द्र पर एक खिड़की बनी होती है। दूरस्थ तारे से आने वाली किरणें अवतल दर्पण (अर्थात् अभिदृश्यक) से परावर्तन के पश्चात् एक उत्तल दर्पण द्वारा अवरोधि त की जाती हैं और अन्तिम प्रतिबिम्ब को एक नेत्रिका द्वारा देखा जाता है।

अपवर्ती दूरदर्शक की तुलना में परावर्ती दूरदर्शक में कई लाभ हैं:

- चूँकि परावर्ती दूरदर्शक में अभिदृश्यक लेन्स नहीं वरन् दर्पण होताहै, अत: इसमें वर्ण विपणन नहीं होता। इस प्रकार दूरस्थ तारों से अभिदृश्यक तक पहुंचाने वाली भिन्न-भिन्न रंग की किरणें एक ही बिन्दु पर फोकसित होती हैं।
- क्योकि अवतल दर्पण परवलीय होता है, इसमें गोलीय विपणन नहीं होता और इससे सुस्पष्ट प्रतिबिम्ब बनता है।
- परावर्ती दूरदर्शकों का द्वारक अधिक होता है, जिसके कारण इनकी प्रकाश संग्रहण की क्षमता अधिक होती है। प्रतिबिम्ब की तीव्रता अभिदृश्यक के क्षेत्रफल की समानुपाती होती है:

  $$B \ \alpha \ \frac{\pi D^2}{4}$$

  जहाँ D अभिदृश्यक का व्यास है। यदि d आँख की पुतली का व्यास हो तो दूरदर्शक की तीव्रता B को दूरस्थ वस्तु से अभिदृश्यक द्वारा एकत्र प्रकाश और आँख द्वारा एकत्र प्रकाश की मात्र के अनुपात से परिभाषित किया जाता है।

  $$B = \frac{\pi D^2/4}{\pi d^2/4} = \frac{D^2}{d^2}$$

- परावर्ती दूरदर्शकों में प्रकाश का अवशोषण नगण्य होता है।
- परावर्ती दूरदर्शक के बड़े द्वारक के कारण हम सुदूर तारों को सूक्ष्म विवरण भी देख सकते हैं, और गहन अंतरिक्ष में अन्वेषण कर सकते हैं। यही कारण है कि हाल के वर्षों में खगोलज्ञों ने कई नए तारों और तारकीय निकायों की खोज की है। इस प्रकार की खोजों के विवरणों के बारे में आपको दैनिक समाचार पत्रों तथा विज्ञान-प्रत्रिकाओं में पढ़ना चाहिए।

पाठगत प्रश्न 23.2

1. किसी दूरदर्शक की आवर्धन क्षमता पर क्या प्रभाव पड़ेगा यदि

   (a) अभिदृश्यक की फोकस दूरी बढ़ा दी जाए?_____

   _____

   (b) नेत्रिका की फोकस दूरी बढ़ा दी जाए? _____

   _____

2. किसी दूरदर्शक के अभिदृश्यक तथा नेत्रिका की फोकस दूरी क्रमशः 5 cm और 2 cm है। इसका आवर्धन कितना है?

3. अपवर्ती और परावर्ती दूरदर्शकों में एक अंतर लिखिए।

4. सामान्य समायोजन से क्या तात्पर्य है?

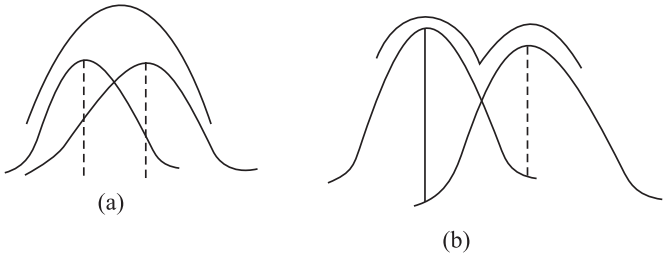
5. यदि किसी दूरदर्शक को उल्टा करके नेत्रिका को अभिदृश्यक की तरह काम में लाया जाए तो क्या वह एक सूक्ष्मदर्शी का काम करेगा?

23.3 विभेदन क्षमता: रेले का निकष (कसौटी)

पिछले पाठों में आप देख चुके हैं कि किसी बिन्दु स्रोत का प्रतिबिम्ब एक बिन्दु नहीं होता बल्कि उसका निश्चित साइज होता है जो एक विवर्तन पैटर्न से घिरा होता है। इसी प्रकार यदि दो बिन्दु आँख स्रोत पास-पास हों तो उनके द्वारा बने विवर्तन पैटर्न एक दूसरे पर आच्छादित हो सकते हैं और नंगी आँख द्वारा उन दोनों को सुस्पष्ट अलग-अलग देखना कठिन हो सकता है। किसी प्रकाशीय यंत्र की विभेदन क्षमता दो बहुत निकट स्थित बिन्दु वस्तुओं के प्रतिबिम्बों को सुस्पष्ट अलग-अलग कर पाने की योग्यता है। रेले ने सुझाव दिया था कि दो प्रतिबिम्बों को हम सुस्पष्ट अलग-अलग तब देख पाते हैं जब एक वस्तु के कारण विर्वतन पैटर्न का पहला निम्निष्ठ दूसरे के केन्द्रीय उच्चिष्ठ पर पड़े। इसे रेले का निकष या कसौटी कहते हैं।

यदि हम यह मान लें कि हमारी आंख की पुतली का व्यास लगभग 2 mm है तो दो बिन्दु सुस्पष्ट रूप से अलग-अलग तब दिखाई देंगे जब वे हमारी आंख पर लगभग एक मिनट का कोण बनाएंगे। इस कोण के व्युत्क्रम को आंख की विभेदन क्षमता कहा जाता है।

आइए, अब हम कुछ सामान्य प्रकाशिय यंत्रों की विभेदन क्षमता का परिकलन करें। हम अपनी चर्चा को दूरदर्शक से प्रारंभ करते हैं।



चित्र 23.10 : विभेदन के लिए रेले की कसौटी (निकष) a)जब कोणीय पृथक्कन θ से कम हो तो दो बिन्दु मिले हुए दिखाई देते हैं b) जब यह θ से अधिक हो तो दोनों बिदु सुस्पष्ट रूप से अलग-अलग दिखाई देते हैं।

किसी दूरदर्शक की विभेदन क्षमता, पास-पास स्थित दो दूर की वस्तुओं के दो अलग-अलग सुस्पष्ट प्रतिबिम्ब बनाने की उसकी सामर्थ्य है। इसे उन दो पास-पास स्थित, किन्तु, अलग-अलग सुस्पष्ट वस्तुओं (या पिडों) द्वारा अभिदृश्यक पर बनाए गए कोण के पदों में मापा जाता है, जिनके प्रतिबिम्ब दूरदर्शक में मात्र पृथक-पृथक दिखाई देते हैं। यह कोण दूरदर्शक की **विभेदन सीमा** कहलाता है। यदि दो सुस्पष्ट वस्तुओं द्वारा बना कोण इस कोण से कम हो तो दूरदर्शक वस्तुओं के प्रतिबिम्बों का विभेदन नहीं कर सकता। यह कोण जितना कम होगा, दूरदर्शक की विभेदन क्षमता उतनी ही अधिक होगी। इस प्रकार विभेदन सीमा के व्युत्क्रम से दूरदर्शक की विभेदन क्षमता प्राप्त होती है।

यदि λ प्रकाश की तरंगदैर्घ्य, D दूरदर्शक के अभिदृश्यक का व्यास और θ बिन्दु बिंब द्वारा अभिदृश्यक पर बना कोण हो तो दूरदर्शक की विभेदन सीमा (रेले की कसौटी या निकष) के अनुसार

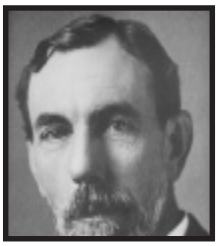
$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D}$$

अतः दूरदर्शक की विभेदन क्षमता :

$$(R.P)_T = \frac{1}{\theta} = \frac{D}{1.22\lambda} \qquad (23.15)$$

समीकरण (23.15) से स्पष्ट है कि अधिक विभेदन क्षमता के लिए अधिक द्वारक का अभिदृश्यक या कम तरंगदैर्ध्य के प्रकाश का उपयोग करना चाहिए।

लार्ड रेले
(1842 – 1919)



इंगलैण्ड के एसेक्स में स्थित विथाम में टर्लिंग प्लेस के द्वितीय बेरोन रेले से उत्पन्न जॉन स्ट्रट का अपने बाल्यकाल में बहुत खराब स्वास्थ्य था। लेकिन यह उसका सौभाग्य था कि एडवर्ड रैथ और स्टोक्स उसके शिक्षक थे। परिणामस्वरुप, 1865 में उन्होंने ट्राइपोज परीक्षा सीनियर रेंगलर के रुप में उत्तीर्ण की और स्मिथ्स पुरस्कार के प्रथम प्राप्तकर्ता बने।

आपने आर्गन की खोज की, जिसके लिए उन्हें नोबेल पुरस्कार (1904) प्रदान किया गया। इसके अलावा रेले ने जलगतिकी, ऊष्मागतिकी, प्रकाशिकी एवं गणित के क्षेत्रों में भी व्यापक रुप से काम किया। उनका चल-तरंग सिद्धांत, जिसके अनुसार प्रत्यास्थ तरंगें किसी पृष्ठ द्वारा पथ-प्रदर्शित हो सकती हैं, ने भूकंप विज्ञान एवं इलेक्ट्रॉनिक संकेत संसाधन में अनुसंधान के मार्ग को प्रशस्त किया। अपने जीवन के बाद के वर्षों में, उन्होंने मनोविकार विज्ञान में शोध में भी रूचि दिखाई चंद्रमा तथा मंगल पर उनके नाम के क्रेटर उनके योगदानों के लिए अर्पित की जाने वाली श्रद्धांजलि के उदाहरण हैं।

उदाहरण 23.4: एक 3 cm के द्वारक का दूरदर्शक 80 m दूर स्थित एक खिड़की की जाली पर फोकस किया गया है। यदि जाली के दो तारों के बीच 2 mm की दूरी है तो दूरदर्शक तारों की इस जाली को सुस्पष्ट देख पाएगा या नहीं? प्रकाश की मध्यमान तरंगदैर्ध्य $\lambda = 5.5 \times 10^{-7}$ m

हल: दिया है, $\lambda = 5.5 \times 10^{-7}$ m और $D = 3$ cm $= 3 \times 10^{-2}$ m

अत: विभेदन की सीमा

$$\theta = \frac{1.22\lambda}{D} = \frac{1.22 \times 5.5 \times 10^{-7}\,\text{m}}{3 \times 10^{-2}\,\text{m}} = 2.236 \times 10^{-5}\ \text{rad}$$

यह दूरदर्शक जाली का विभेदन कर पाएगा यदि उसके द्वारा अभिदृश्यक पर बना कोण, विभेदन सीमा, θ, के बराबर या उससे अधिक हो जाली द्वारा अभिदृश्यक पर बना कोण

$$\alpha = \frac{\text{जाली में दो तारों के बीच की दुरी}}{\text{जाली से अभिदृश्यक की दूरी}}$$

$$= \frac{2\ \text{mm}}{80\ \text{m}} = \frac{2 \times 10^{-3}}{80\ \text{m}} = 2.5 \times 10^{-5}\ \text{rad}$$

क्योंकि 2.5×10^{-5} rad (रेडियन) विभेदन सीमा ($= 2.236 \times 10^{-5}$ रेडियन) से अधिक है, अत: दूरदर्शक जाली के तारों को अलग-अलग देख पाएगा।

23.3.2 सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता

किसी सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता, दो बहुत निकट स्थित वस्तुओं के अलग-अलग (सुस्पष्ट) प्रतिबिम्ब बना सकने की सामर्थ्य है। किसी सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता को उन दो वस्तुओं के बीच के न्यूनतम रेखीय पृथक्करण के पदों में मापा जाता है, जिन्हें सूक्ष्मदर्शी द्वारा मात्र अलग-अलग देखा जा सकता है। दो वस्तुओं के बीच की यह रेखीय-दूरी (पृथक्करण) सूक्ष्मदर्शी की विभेदन सीमा कहलाती है। जितना कम रेखीय पृथक्करण का मान होगा उतनी ही अधिक सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता होगी। इस प्रकार विभेदन सीमा के व्युत्क्रम से सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता प्राप्त होती हैं।

यदि वस्तु को प्रकाशित करने के लिए प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्ध्य λ, आंख पर बिन्दु स्रोत से प्रकाश के शंकु का अर्धकोण θ और वस्तु तथा अभिदृश्यक के बीच माध्यम का अपवर्तनांक n हो तो सूक्ष्मदर्शी की विभेदन सीमा के लिए व्यंजक होगा

$$d = \frac{\lambda}{2n\sin\theta} \qquad (23.16)$$

अत: सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता

$$(R.P)_m = \frac{2n\sin\theta}{\lambda}$$

(23.17)व्यंजक $2n\sin\theta$ को *आंकिक द्वारक* कहते हैं। किसी अभिदृश्यक के लिए इसका व्यवहार में अधिकतम मान 1.6 है। आंख के लिए यह मान 0.004 होता है।

समीकरण (23.17) से स्पष्ट है कि किसी सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता को आंकिक द्वारक बढ़ाकर और वस्तु को प्रकाशित करने के लिए कम तरंगदैर्ध्य के प्रकाश का उपयोग कर बढ़ाया जा सकता है। इसी कारण पराबैंगनी सूक्ष्मदर्शी और इलेक्ट्रॉन सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता बहुत अधिक होती है।

खगोल-विज्ञान में अनुप्रयोग

खगोलीय (या प्रकाशिक) दूरदर्शक तारे, ग्रहों और अन्य खगोलीय पिंडों के प्रेक्षण के लिए उपयोग में लाए जा सकते हैं। अधिक अच्छी विभेदन क्षमता के लिए प्रकाशिक दूरदर्शकों के अभिदृश्यकों का द्वारक अधिक बड़ा रखा जाता है। किंतु इतने बड़े लेंस को बनाना और उन्हें संभालना कठिन होता है। अत: अधिकतर खगोलीय दूरदर्शक में लेंसों के स्थान पर दर्पणों का उपयोग होता है। दर्पण समान प्रकाशीय गुणवत्ता के लेंसों से कम भारी होते हैं, इन्हें संभालना अधिक आसान होता है। भूतल पर स्थित खगोलीय दूरदर्शकों में प्रतिबिम्ब धुंधले (या अस्पष्ट) होते हैं, साथ ही पराबैगनी किरणें, एक्स किरणें, गामा किरणें आदि पृथ्वी के वायुमण्डल द्वारा अवशोषित हो जाती हैं। अत: उनका अध्ययन भूतल पर स्थित दूरदर्शकों से नहीं हो सकता। खगोलीय पिंडों से आने वाली इन किरणों के अध्ययन के लिए दूरदर्शकों को पृथ्वी के ऊपर, वायुमंडल में, कृत्रिम उपग्रहों में रख दिया जाता है। नासा का हब्बल दूरदर्शक ऐसे ही दूरदर्शक का एक उदाहरण है। चन्द्र एक्स किरण प्रेक्षण दूरदर्शक, कॉम्पटन एक्स-किरण प्रेक्षण दूरदर्शक और अवरक्त किरण दूरदर्शक हाल ही में अंतरिक्ष में स्थापित किए गए हैं।

पाठगत प्रश्न 23.3

1. किसी दूरदर्शक की विभेदन क्षमता को कैसे बढ़ाया जा सकता है?
2. आंख की विभेदन सीमा और विभेदन क्षमता में क्या संबंध है?

3. यदि वस्तु को प्रकाशित करने के लिए प्रयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्घ्य को बढ़ा दिया जाए तो किसी सूक्ष्मदर्शी की विभेदन क्षमता पर क्या प्रभाव पड़ेगा?

4. यदि किसी दूरदर्शक के अभिदृश्यक का व्यास बढ़ा दिया जाए और कम तरंगदैर्घ्य के प्रकाश का उपयोग किया जाए तो उसकी विभेदन क्षमता में किस प्रकार का परिवर्तन होगा?

आपने क्या सीखा

- मानव नेत्र पर किसी वस्तु द्वारा अंतरित कोण दर्शनकोण कहलाता है।
- किसी सूक्ष्मदर्शी का कोणीय आवर्धन या आवर्धन क्षमता, प्रतिबिम्ब तथा बिंब द्वारा आंख पर अंतरित कोणों का अनुपात है जबकि दोनों (अर्थात बिंब और प्रतिबिम्ब) आंख के निकट बिन्दु पर स्थित हों।
- रेखीय (रैखिक) आवर्धन को प्रतिबिम्ब तथा बिंब के साइजों (आमापों) के अनुपात से परिभाषित किया जाता है।
- किसी सरल सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता $M = 1+\frac{D}{f}$, जहां D सुस्पष्ट दृष्टि की अल्पतम दूरी तथा f लेंस की फोकस दूरी है।
- सरल सूक्ष्मतदर्शी के असदृश्य, संयुक्त सूक्ष्म दर्शी में, आवर्धन दो स्तरों पर होता है। इसमें एक नेत्रिका और एक अभिदृश्यक लेंस होताहै और दोनों की ही फोकस दूरी कम होती है।
- संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता

$$M = m_0 \times m_e$$

किन्तु $m_e = 1+\frac{D}{f}$ अत:

$$M = \frac{\upsilon_o}{u_o} \quad 1+\frac{D}{f_e}$$

जहाँ υ_0 प्रतिबिम्ब तथा अभिदृश्यक के बीच की दूरी, u_0 अभिदृश्यक की बिंब से दूरी, D सुस्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी और f_e नेत्रिका की फोकस दूरी है।

- दूरदर्शक का उन दूरस्थ वस्तुओं को देखने के लिए उपयोग होता है जो आँख पर बहुत छोटा कोण अंतरित करते हैं। दूरदर्शक के उपयोग से आंख पर दर्शन कोण बढ़ जाता है। दूरस्थ वस्तु आंख के अधिक पास प्रतीत होती है और इसे आसानी से देखा जा सकता है।
- दो प्रकार के दूरदर्शकों का उपयोग किया जाता है: (i) अपवर्ती (ii) परावर्ती

- अपवर्ती दूरदर्शक का अभिदृश्यक एक उत्तल लेंस और परावर्ती का एक अवतल दर्पण होता है, जिसकी फोकस दूरी अधिक होती है। अपवर्ती दूरदर्शकों की अपेक्षा परावर्ती दूरदर्शकों में कई विशेषताएं होती हैं।

किसी दूरदर्शक की आवर्धन क्षमता,

$$M = f_o/f_e$$

जहाँ f_0 अभिदृश्यक की और f_e नेत्रिका की फोकस दूरी है।

पाठांत प्रश्न

1. सरल तथा संयुक्त सूक्ष्मदर्शी में क्या अंतर है? संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता के लिए एक व्यंजक व्यत्पन्न कीजिए।
2. अपवर्ती व परावर्ती दूरदर्शन में अंतर बताइए। न्यूटनी दूरदर्शक के लिए एक किरण आरेख बनाइए।
3. अपवर्ती दूरदर्शक की आवर्धन क्षमता के लिए एक समीकरण व्युत्पन्न कीजिए।
4. सुस्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी से क्या तात्पर्य है? सामान्य आंख के लिए इसका मान कितना होता है?
5. क्या हम संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्ब का फोटो ले सकते हैं? अपने उत्तर की व्याख्या कीजिए।
6. किसी प्रकाशिय यंत्र की विभेदन क्षमता की परिभाषा लिखिए। सामान्य आंख के लिए विभेदन सीमा का मान कितना होता है?
7. किसी संयुक्त सूक्ष्मदर्शी और पार्थिव दूरदर्शक के डिजाइन में क्या मुख्य अंतर होता है?
8. किसी दूरदर्शक की नेत्रिका की फोकस दूरी 10 cm है। उसके अभिदृश्यक व नेत्रिका के बीच की दूरी 2.1 m है। दूरदर्शक का कोणीय आवर्ध किना होगा?
9. किसी सूक्ष्मदर्शी के अभिदृश्यक द्वारा बनाया गया प्रतिबिम्ब उसके दूसरे फोकस समतल 18 सेमी दूरी पर है। यदि अभिदृश्यक की फोकस दूरी 4 mm और नेत्रिका की फोकस दूरी 3.125 cm हो तो सूक्ष्मदर्शी का आवर्धन कितना होगा?
10. किसी दूरदर्शक के अभिदृश्यक का व्यास किसी दूसरे दूरदर्शक से तीन गुना है। दूसरे की तुलना में पहला दूरदर्शक कितना गुना अधिक प्रकाश एकत्र करता है?

पाठगत प्रश्नों के उत्तर

23.1

1. सरल सूक्ष्मदर्शी द्वारा बनाया गया प्रतिबिम्ब आभासी, आवर्धित और सीधा होता है, जबकि संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा बनाया गया प्रतिबिम्ब वास्तविक, आवर्धित और उल्टा होता है।
2. आवर्धन क्षमता प्रतिबिम्ब द्वारा नेत्रिका पर अंतरित कोण तथा बिंब द्वारा निकट बिन्दु पर अंतरित कोण का अनुपात है। आवर्धन, प्रतिबिम्ब तथा बिंब के साइजों (आयापों) का अनुपात है।
3. $m = 11, m = 1+\frac{D}{f}$ । D =25 cm रखने पर हमें प्राप्त होता है $f = 2.5$ cm
4. यदि आप 4 cm फोकस दूरी का लेंस चुने तो आवर्धन क्षमता अधिक होगी क्योंकि $m = \frac{f_o}{f_e}$
5. संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता होती है $m = \frac{-L}{f_o}\ 1+\frac{D}{f_e}$ ।

   स्पष्टत: m का मान अधिक होगा यदि f_o व f_e दोनों का मान कम हो।

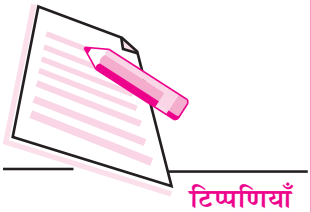
23.2

1. (a) अधिक फोकस दूरी का अभिदृश्यक, दूरदर्शक की आवर्धन क्षमता को बढ़ा देता है।

   (b) नेत्रिका की फोकस दूरी बढ़ाने से आवर्धन कम हो जाता है।
2. आवर्धन $m = \frac{f_o}{f_e} = \frac{50\text{ cm}}{2\text{ cm}} = 25$
3. परावर्ती दूरदर्शक का अभिदृश्यक एक गोलीय दर्पण होता है, जबकि अपवर्ती दूरदर्शक का अभिदृश्यक एक उत्तल लैंस होता है।
4. किसी दूरदर्शक को सामान्य समायोजन में कहा जाता है, यदि अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता हो।
5. नहीं।

23.3

1. अधिक द्वारक का अभिदृश्यक लेकर या कम तरंगदैर्घ्य के प्रकाश का उपयोग करके।
2. आँख की विभेदन सीमा उसकी विभेदन क्षमता के व्युत्क्रमानुपाती होती है। विभेदन सीमा का मान भी बढ़ेगा।



टिप्पणियाँ

3. क्योंकि किसी दूरदर्शक भी विभेदन क्षमता $= \frac{D}{1.22\lambda}$, इसलिए इसका मान बढ़ेगा।

पाठांत प्रश्नों को उत्तर

8. 21 9. 400

10. 9 गुना।