15 प्रकाशिक उपकरण (सूक्ष्मदर्शी एवं दूरदर्शी) तथा मानव नेत्र दोष

फास्ट ट्रैक रिवीज़न

मानव नेत्र

मानव नेत्र की सहायता से मनुष्य निकट व दूर की वस्तुओं को आसानी से देख सकता है, यह एक संवेदी अंग है।

मानव नेत्र द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना

जब किसी वस्तु से चलने वाली प्रकाश की किरणें नेत्र पर आपतित होती हैं, तो वह सर्वप्रथम नेत्र के कॉर्निया पर आपतित होती हैं तथा अपवर्तित होकर क्रमशः जलीय द्रव, नेत्र लेन्स तथा कांचाभ द्रव में से होती हुई रेटिना पर पहुँचती है, जहाँ पर वस्तु का वास्तविक व उल्टा प्रतिबिम्ब बनता है।

- **नेत्र की समंजन क्षमता** नेत्र लेन्स द्वारा स्वयं की फोकस दूरी को समायोजित करने की क्षमता को नेत्र की समंजन क्षमता कहते हैं।
- **स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी** वह निकटतम दूरी जहाँ तक स्वस्थ आँख स्पष्ट देख सकती है, स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी कहलाती है। सामान्य आँख के लिए यह दूरी 25 सेमी होती है।
- **दृष्टि विस्तार** नेत्र के निकट बिन्दु तथा दूर बिन्दु के बीच की दूरी को दृष्टि विस्तार कहते हैं। यह सामान्य आँख के लिए लगभग 25 सेमी से अनन्त तक होती है।

दृष्टि दोष तथा उनका निवारण

यदि मानव नेत्र के लेन्स में विकृति आ जाती है, तो दृष्टि दोष उत्पन्न हो जाता है। *दृष्टि दोष निम्न प्रकार के होते हैं*

(i) **निकट दृष्टि दोष** इस दोष में निकट की वस्तु स्पष्ट दिखाई देती है लेकिन दूर की वस्तु स्पष्ट दिखाई नहीं देती है। इस दोष के निवारण के लिए अवतल लेन्स का प्रयोग किया जाता है।

दोष के कारण (i) नेत्र लेन्स के पृष्ठों की वक्रता बढ़ जाना, जिससे फोकस दूरी कम हो जाती है। (ii) नेत्र के गोले का व्यास बढ़ जाना अर्थात् नेत्र लेन्स व रेटिना के बीच की दूरी बढ़ जाती है। अतः इस कारण अनन्त पर स्थि स्पष्ट दिखाई नहीं देती।

(ii) **दूर दृष्टि दोष** इस दोष में दूर की वस्तुएँ स्पष्ट दिखाई देती हैं परन्तु की वस्तुएँ स्पष्ट दिखाई नहीं देती हैं। इस दोष के निवारण के लिए लेन्स का प्रयोग किया जाता है।

दोष के कारण (i) नेत्र लेन्स की वक्रता का कम हो जाना, जिससे फोक बढ़ जाती है। (ii) नेत्र के गोले का व्यास कम हो जाता है, जिससे रेटिना के बीच दूरी कम हो जाती है। अतः अनन्त से चलने वाली कि से अपवर्तित होकर रेटिना पर मिलने की जगह रेटिना के पीछे मिल

(iii) **जरा दूर दृष्टि दोष** आयु वृद्धि के साथ व्यक्ति की आँख के लेन्स की क्षमता घट जाती है, अतः व्यक्ति को निकट अथवा दूर दोनों स्थि स्पष्ट नहीं दिखाई देता है। इस दोष के निवारण के लिए द्वि-फोकसी ले प्रयोग किया जाता है।

दोष का कारण व्यक्ति की आयु बढ़ने के कारण पक्ष्मगामी माँसपेशियाँ दु जाती हैं।

(iv) **अबिन्दुकता** इस दोष में क्षैतिज व ऊर्ध्वाधर रेखाएँ एक साथ रेटि फोकसित नहीं होती हैं। इस दोष के निवारण के लिए बेलनाकार ले प्रयोग किया जाता है।

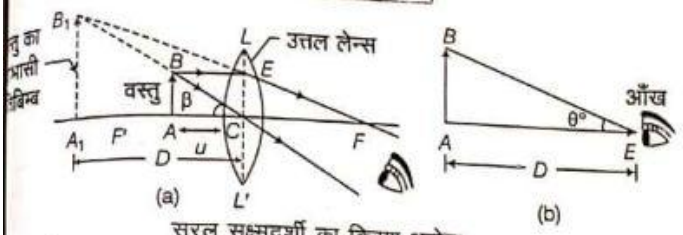
दोष का कारण यह दोष उस स्थिति में उत्पन्न होता है जब आँख की की आकृति गोलीय नहीं होती है। उसकी क्षैतिज तथा ऊर्ध्वाधर त वक्रता त्रिज्याएँ भिन्न-भिन्न होती हैं।

दर्शन कोण कोई वस्तु नेत्र के लेन्स पर जितना कोण बनाती है, उसे दर्श कहते हैं। वस्तु का आकार दर्शन कोण पर निर्भर करता है।

प्रकाशिक यन्त्रों की आवर्धन क्षमता किसी प्रकाशिक यन्त्र की आवर्धन क्षमता, यन्त्र से बने प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बनने वाले दर्शन कोण तथा बिना यन्त्र के, केवल आँख से देखने पर वस्तु द्वारा बने दर्शन कोण के अनुपात के बराबर होती है।

अर्थात् $\boxed{\text{आवर्धन क्षमता } (M) = \frac{\text{अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}{\text{वस्तु द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}}$

सरल सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता $\boxed{(M) = 1 + \frac{D}{f}}$



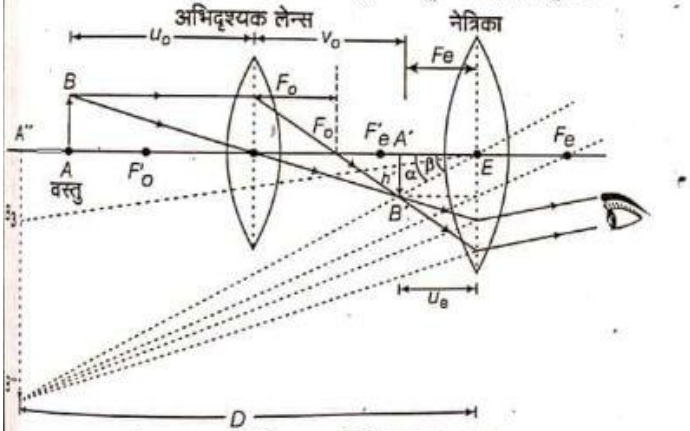
सरल सूक्ष्मदर्शी का किरण आरेख

जहाँ, D = स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी = 25 सेमी
तथा f = उत्तल लेन्स की फोकस दूरी

उत्तल नेत्र के लिए आवर्धन क्षमता, $M = \frac{D}{f}$

संयुक्त सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता

(i) जब अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है, तब



संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना

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

इस स्थिति में सूक्ष्मदर्शी की लम्बाई, $L = v_o + u_e$

(ii) जब अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है, तब $\boxed{M = -\frac{v_o}{u_o}\left(\frac{D}{f_e}\right)}$

जहाँ, u_o = वस्तु की अभिदृश्यक से दूरी, v_o = प्रतिबिम्ब की अभिदृश्यक से दूरी, D = स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी, f_e = नेत्रिका लेन्स की फोकस दूरी
इस स्थिति में सूक्ष्मदर्शी की लम्बाई, $L = v_o + f_e$

खगोलीय दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता M तथा लम्बाई L

(i) जब अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है, तब

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

इस स्थिति में दूरदर्शी की लम्बाई, $L = f_o + u_e$

(ii) जब अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है,

तब $\boxed{M = -\left(\frac{f_o}{f_e}\right)}$

इस स्थिति में दूरदर्शी की लम्बाई, $L = f_o + f_e$

- **परावर्तक दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता** जब प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है, तब

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

परावर्तक दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता,

$$M = \frac{\text{अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}{\text{वस्तु द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}$$

जहाँ, f_o तथा f_e क्रमशः अभिदृश्यक तथा नेत्रिका की फोकस दूरी हैं।

बहुविकल्पीय प्रश्न 1 अंक

प्रश्न 1. नेत्र लेन्स की प्रकृति होती है *(2016)*
(a) अभिसारी (b) अपसारी
(c) दोनों अभिसारी एवं अपसारी (d) इनमें से कोई नहीं
उत्तर (a) नेत्र लेन्स की प्रकृति अभिसारी होती है।

प्रश्न 2. दूर दृष्टि दोष से पीड़ित व्यक्ति का निकट बिन्दु स्थित होगा *(2014)*
(a) 25 सेमी दूरी पर
(b) 25 सेमी से कम दूरी पर
(c) 25 सेमी से अधिक दूरी पर
(d) अनन्त पर
उत्तर (c) दूर दृष्टि दोष से पीड़ित व्यक्ति का निकट बिन्दु 25 सेमी से अधिक दूरी पर विस्थापित हो जाता है। यह नेत्र लेन्स की संरचना में परिवर्तन के कारण होता है।

प्रश्न 3. एक व्यक्ति +2 डायोप्टर क्षमता का चश्मा प्रयोग करता है। उसका दृष्टि दोष है *(2014)*
(a) निकट दृष्टि दोष (b) दूर दृष्टि दोष
(c) जरा दूर दृष्टि दोष (d) अबिन्दुकता
उत्तर (b) लेन्स की क्षमता, $P = \frac{1}{f}$

लेन्स की फोकस दूरी, f (मी में) $= \frac{1}{P} = \frac{1}{2 \text{ डायोप्टर}}$

$$f \text{ (सेमी में)} = \frac{100}{2} = 50 \text{ सेमी}$$

जब उत्तल लेन्स की फोकस दूरी धनात्मक होती है, तब इसका प्रयोग दूर दृष्टि दोष में किया जाता है। अतः व्यक्ति की आँख में दूर दृष्टि दोष होगा।

प्रश्न 4. यदि एक दूरदर्शी के अभिदृश्यक तथा नेत्रिका की फोकस दूरियाँ क्रमशः f_o व f_e हों, तो इसकी आवर्धन क्षमता लगभग होगी *(2008)*
(a) $f_o + f_e$ (b) $-\frac{f_o}{f_e}$ (c) $\frac{f_o}{f_e}$ (d) $\frac{1}{2}(f_o + f_e)$
उत्तर (b) जब दूरदर्शी द्वारा अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बने, तो दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता $\left(M = -\frac{f_o}{f_e}\right)$ होती है।

प्रश्न 5. एक खगोलीय दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता 10 तथा नेत्रिका की फोकस दूरी 20 सेमी है। अभिदृश्यक लेन्स की फोकस दूरी है *(2017)*
(a) 2 सेमी (b) 200 सेमी (c) 100 सेमी (d) 0.5 सेमी
उत्तर (b) आवर्धन क्षमता, $M = \left(\frac{f_o}{f_e}\right) \Rightarrow 10 = \frac{f_o}{20}$

$f_o = 200$ सेमी

अतिलघु उत्तरीय प्रश्न — 1 अंक

प्रश्न 1. मनुष्य की आँख के रेटिना के कार्य का उल्लेख कीजिए। *(2015)*

उत्तर यह प्रकाश शिराओं का एक पर्दा होता है। ये शिराएँ वस्तुओं के प्रतिबिम्बों के रूप-रंग और आकार का ज्ञान मस्तिष्क तक पहुँचाती है।

प्रश्न 2. मानव नेत्र की समंजन क्षमता क्या होती है? समझाइए। *(2017)*

उत्तर नेत्र द्वारा फोकस दूरी को समायोजित करने की क्षमता, मानव नेत्र की समंजन क्षमता कहलाती है।

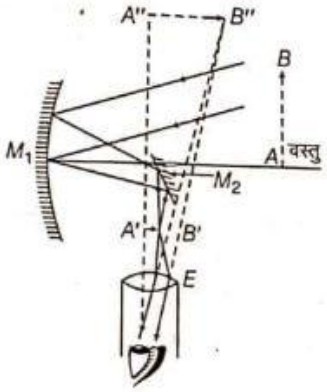
प्रश्न 3. परिवर्ती दूरदर्शी में परवलयाकार दर्पण के द्वारक का मान अधिक क्यों रखा जाता है? *(2007)*

उत्तर परिवर्ती दूरदर्शी में परवलयाकार दर्पण के द्वारक का मान अधिक इसलिए रखा जाता है, जिससे प्रतिबिम्ब में गोलीय विपथन को दूर किया जा सके।

लघु उत्तरीय प्रश्न-I — 2 अंक

प्रश्न 1. परावर्ती दूरदर्शी किरण आरेख खीचिए। *(2020)*

उत्तर

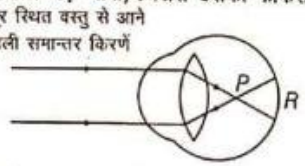


प्रश्न 2. निकट दृष्टि दोष क्या है? इसके क्या कारण हो सकते हैं? *(2014)*

उत्तर **निकट दृष्टि दोष** इस दोष में मनुष्य को निकट की वस्तुएँ स्पष्ट दिखाई देती है, परन्तु एक निश्चित दूरी से आगे की वस्तुएँ स्पष्ट दिखाई नहीं देती अर्थात् नेत्र का दूर बिन्दु अनन्त पर न होकर समीप आ जाता है।

निकट दृष्टि दोष के कारण

(i) नेत्र लेन्स की वक्रता बढ़ जाना, जिससे उसकी फोकस दूरी कम हो जाती है।



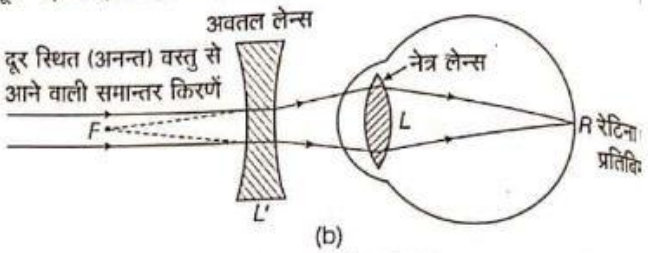
[1]

(ii) नेत्र लेन्स और रेटिना के बीच की दूरी बढ़ जाना। इस दोष के कारण दूर की वस्तु का प्रतिबिम्ब रेटिना पर फोकसित न होकर उससे आगे बनने लगता है अर्थात् प्रतिबिम्ब नेत्र लेन्स व रेटिना के बीच O पर बन जाने से वस्तु स्पष्ट दिखाई नहीं देती है। इस प्रकार के दोष से पीड़ित व्यक्ति का दूर बिन्दु अनन्त पर न होकर आँख के काफी समीप बनता है तथा निकट बिन्दु भी 25 सेमी से कम दूरी पर आ जाता है। [1]

लघु उत्तरीय प्रश्न-II — 3 अंक

प्रश्न 3. निकट दृष्टि दोष का निवारण किस प्रकार किया जाता है? *(2014)*

उत्तर इस दोष में नेत्र का लेन्स अधिक अभिसारी हो जाता है, अत: इस दोष के निवारण के लिए ऐसा लेन्स प्रयुक्त करना चाहिए, जो नेत्र लेन्स को कम अभिसारी कर दे। अत: इस दोष को दूर करने के लिए उचित फोकस दूरी अवतल लेन्स का उपयोग करते हैं, ताकि इस लेन्स तथा नेत्र की संयुक्त फोक दूरी बढ़कर इतनी हो जाए कि प्रतिबिम्ब रेटिना पर बनने लगे।



(b)

यदि निकट दृष्टि दोष वाले व्यक्ति का आँख के लिए दूर बिन्दु O हो, तो प्र अवतल लेन्स अनन्त से आने वाली समान्तर किरणों का प्रतिबिम्ब बिन्दु O बनाएगा।

यह प्रतिबिम्ब नेत्र के लेन्स के लिए वस्तु का कार्य करेगा, जिससे अ प्रतिबिम्ब रेटिना पर बनने लगेगा। इस स्थिति में प्रयुक्त लेन्स की फोकस दूर से नेत्र के दूर बिन्दु के बीच की दूरी के बराबर होगी।

प्रश्न 4. आँख का दूर दृष्टि दोष क्या है? इसका निवारण कैसे कि जाता है? *(2020, 17,*

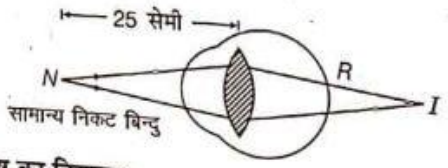
अथवा अपवर्तनी खगोलीय दूरदर्शी का किरण आरेख बनाई जबकि दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है। इस स्थिति में आवर्धन क्ष का सूत्र लिखिए।

उत्तर **दूर दृष्टि दोष** इस दोष में मनुष्य दूर की वस्तुओं को स्पष्ट देख सक किन्तु निकट की वस्तुएँ स्पष्ट दिखाई नहीं देती हैं। इसके निम्न कारण हो

(i) नेत्र लेन्स की फोकस दूरी अधिक हो जाना अर्थात् लेन्स पतला हो जा

(ii) आँख के गोले का व्यास कम हो जाना अर्थात् नेत्र लेन्स व रेटिना के की दूरी कम हो जाती है।

उपरोक्त कारणों से निकट की वस्तुओं के प्रतिबिम्ब रेटिना पर न बनकर पीछे बनते हैं अर्थात् नेत्र का निकट बिन्दु स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी 25 से अधिक दूर हो जाता है।



दूर दृष्टि दोष का निवारण

इस दोष में लेन्स की फोकस दूरी बढ़ जाती है, जिससे नेत्र लेन्स कम अभि हो जाता है। अत: इस दोष को दूर करने के लिए एक ऐसा लेन्स प्रयुक्त चाहिए जिससे वह अधिक अभिसारी हो जाए।

इस दोष को दूर करने के लिए उपयुक्त फोकस दूरी का उत्तल लेन्स प्रयुक्त हैं, ताकि इस लेन्स तथा नेत्र लेन्स की संयुक्त फोकस दूरी इतनी हो जा प्रतिबिम्ब रेटिना (R) पर बनने लगें।

माना कि सामान्य आँख का निकट बिन्दु N तथा दूर दृष्टि से पीड़ित आँ निकट बिन्दु O पर है। उत्तल लेन्स N पर रखी वस्तु का प्रतिबिम्ब O पर के लिए, प्रतिबिम्ब O वस्तु का कार्य करेगा तथा नेत्र लेन्स अन्तिम प्रति रेटिना पर बना देगा।

प्रश्न 5. खगोलीय दूरदर्शी का किरण-आरेख बनाइए तथा इसकी आ क्षमता का सूत्र निर्गमित कीजिए, जब अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट की न्यूनतम दूरी पर बन रहा हो। *(2*

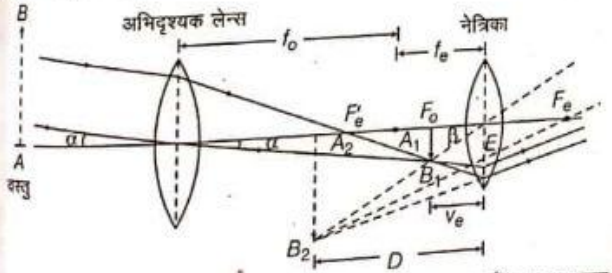
अथवा एक खगोलीय दूरदर्शी द्वारा दूरस्थ वस्तु का प्रतिबिम्ब बनाने के लिए किरण आरेख खींचिए, जबकि अन्तिम प्रतिबिम्ब सुस्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है और इसकी आवर्धन क्षमता के लिए व्यंजक प्राप्त कीजिए। *(2017)*

अथवा अपवर्तनी खगोलीय दूरदर्शी का किरण आरेख बनाइए, जबकि अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है। इस स्थिति में आवर्धन क्षमता का सूत्र लिखिए। *(2020)*

उत्तर खगोलीय दूरदर्शी यह एक ऐसा प्रकाशिक यन्त्र है, जिसके द्वारा बना दूर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब आँख पर बड़ा दर्शन कोण बनाता है, जिससे कि वह वस्तु आँख को बड़ी दिखाई पड़ती है तथा यह दूर स्थित आकाशीय पिण्डों; जैसे चन्द्रमा, तारे आदि देखने के लिए प्रयुक्त किया जाता है।

प्रतिबिम्ब का बनना चित्र में अभिदृश्यक लेन्स तथा नेत्रिका लेन्स प्रदर्शित हैं। अधिक दूरी पर स्थित वस्तु AB से आने वाली समान्तर किरणें अभिदृश्यक लेन्स O से अपवर्तन के पश्चात् इसके द्वितीय फोकस (F_o) पर वस्तु का वास्तविक, उल्टा एवं वस्तु से छोटा प्रतिबिम्ब A_1B_1 बनाती है। चूँकि यह प्रतिबिम्ब, A_1B_1, नेत्रिका E के प्रथम फोकस F_e' तथा नेत्रिका के बीच बनता है तथा नेत्रिका के लिए आभासी वस्तु का कार्य करता है। अतः नेत्रिका A_1B_1 का सीधा, आभासी तथा बड़ा प्रतिबिम्ब A_2B_2 बनाती है, जो स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी तथा अनन्त के बीच बनता है। बिन्दु B_2 की स्थिति ज्ञात करने के लिए B_1 से दो बिन्दुदार (......) किरणें लेते हैं। एक किरण, जो मुख्य अक्ष के समान्तर है, नेत्रिका E से अपवर्तित होकर इसके द्वितीय फोकस F_e' से होकर जाती है तथा दूसरी किरण, नेत्रिका के प्रकाशिक केन्द्र से निकलकर सीधी चली जाती है। ये दोनों किरणें पीछे की ओर बढ़ाने पर B_2 पर मिलती प्रतीत होती है। यदि अभिदृश्यक लेन्स O द्वारा बना प्रतिबिम्ब A_1B_1 नेत्रिका E के प्रथम फोकस F_e पर बने, तो अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनेगा, जो श्रान्त आँख द्वारा स्पष्ट दिखाई देगा।

दूरदर्शी के अभिदृश्यक लेन्स का व्यास बड़ा इसलिए लेते हैं, जिससे कि वह दूरस्थ वस्तु से बहुत अधिक प्रकाश एकत्र कर सके तथा प्रतिबिम्ब चमकीला बने।



[1]

आवर्धन क्षमता दूरदर्शी से बने अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बनाए गए दर्शन कोण तथा वस्तु द्वारा आँख पर बनाए गए कोण के अनुपात को दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता (M) कहते हैं।

चूँकि वस्तु AB आँख से बहुत अधिक दूरी पर है, अतः वस्तु द्वारा अभिदृश्यक पर बने कोण (α) को ही वस्तु द्वारा आँख पर बना कोण माना जा सकता है।

चूँकि कोण α छोटा है, अतः $\alpha = \tan\alpha = \dfrac{A_1B_1}{OA_1}$

चूँकि प्रतिबिम्ब A_1B_1 अभिदृश्यक के फोकस पर बना है; अतः $OA_1 = +f_o$

अथवा $$\alpha = \frac{A_1B_1}{f_o}$$

चूँकि आँख नेत्रिका के अत्यन्त समीप है, अतः अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा नेत्रिका पर बने कोण (β) को ही नेत्र पर बना कोण माना जा सकता है। चूँकि कोण β छोटा है,

अतः $$\beta = \tan\beta = \frac{A_1B_1}{A_1E}$$

परन्तु $A_1E = -u_e$ अतः $\beta = \dfrac{A_1B_1}{-u_e}$

[1]

अतः आवर्धन क्षमता, $M = \dfrac{\beta}{\alpha} = -\dfrac{f_o}{u_e}$

यह दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता का व्यापक सूत्र है। इसकी दो स्थितियाँ सम्भव हैं

(i) जब अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी D पर बनता है

इस स्थिति में, नेत्रिका के लिए $v_e = -D$

अतः $\dfrac{1}{v_e} - \dfrac{1}{u_e} = \dfrac{1}{f_e}$ में चिह्न सहित मान रखने पर,

$$-\frac{1}{D} - \frac{1}{-u_e} = \frac{1}{f_e} \Rightarrow \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e} + \frac{1}{D} = \frac{1}{f_e}\left(1 + \frac{f_e}{D}\right) \quad \text{...(i)}$$

समी (i) को गुणा f_o से करने पर, $\dfrac{f_o}{u_e} = \dfrac{f_o}{f_e}\left(1 + \dfrac{f_e}{D}\right)$

अतः आवर्धन क्षमता, $M = -\dfrac{f_o}{f_e}\left(1 + \dfrac{f_e}{D}\right)$

इस स्थिति में दूरदर्शी की लम्बाई $= f_o + u_e$ होगी।

(ii) जब अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है

इस स्थिति में, अभिदृश्यक द्वारा बनाया गया प्रतिबिम्ब नेत्रिका के प्रथम फोकस पर बनेगा। अतः $u_e = f_e \Rightarrow M = -\dfrac{f_o}{f_e}$

इस स्थिति में दूरदर्शी की लम्बाई $f_o + f_e$ होगी तथा आँख श्रान्त अवस्था में रहती है। [1]

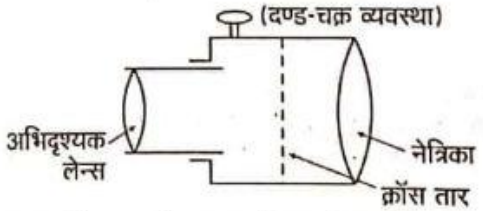
दीर्घ उत्तरीय प्रश्न 5 अंक

प्रश्न 1. संयुक्त सूक्ष्मदर्शी द्वारा स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर प्रतिबिम्ब बनने की स्थिति में किरण आरेख बनाइए तथा इस स्थिति के लिए आवर्धन क्षमता के सूत्र की स्थापना कीजिए। *(2019)*

अथवा संयुक्त सूक्ष्मदर्शी में प्रतिबिम्ब का बनना, किरण आरेख खींचकर समझाइये। इसकी आवर्धन क्षमता के लिये व्यंजक प्राप्त कीजिये। जबकि प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि के न्यूनतम दूरी पर बनता है। *(2018)*

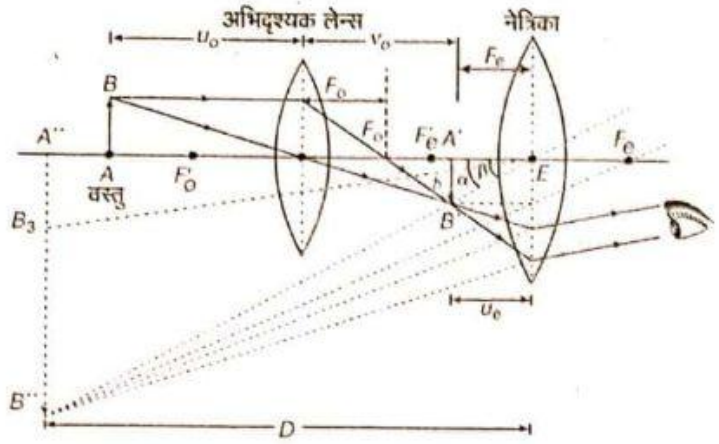
उत्तर संयुक्त सूक्ष्मदर्शी यह एक ऐसा प्रकाशिक यन्त्र है, जिसके द्वारा अत्यधिक छोटी वस्तुओं के बड़े प्रतिबिम्ब देखे जाते हैं। इसकी आवर्धन क्षमता सरल सूक्ष्मदर्शी की तुलना में बहुत अधिक होती है।

संरचना इसमें धातु की एक बेलनाकार नली के एक सिरे पर कम फोकस दूरी एवं छोटे द्वारक का उत्तल लेन्स लगा होता है, जिसे **अभिदृश्यक लेन्स** (O) कहते हैं। नली के दूसरे सिरे पर अधिक फोकस दूरी तथा बड़े द्वारक वाला एक दूसरा उत्तल लेन्स लगा होता है, जिसे **नेत्रिका** अथवा **अभिनेत्र लेन्स** (E) कहते हैं। नेत्रिका के फोकस पर क्रॉस तार लगे रहते हैं। उपकरण में लगी दन्तुर दण्ड-चक्र व्यवस्था द्वारा प्रथम नली को दूसरी नली के भीतर आगे अथवा पीछे खिसकाकर अभिदृश्यक व अभिनेत्र लेन्स के बीच की दूरी को बदला जा सकता है।



प्रतिबिम्ब का बनना अभिदृश्यक लेन्स तथा नेत्रिका को प्रदर्शित किया गया है। माना AB एक बहुत छोटी वस्तु है जो अभिदृश्यक लेन्स O के प्रथम फोकस F_o' से कुछ बाहर रखी है। अभिदृश्यक लेन्स O द्वारा AB का वास्तविक, उल्टा तथा बड़ा प्रतिबिम्ब $A'B'$ नेत्रिका E व इसके प्रथम फोकस F_e' के बीच में कहीं बनता है।

यह प्रतिबिम्ब $A'B'$ नेत्रिका E के लिए आभासी वस्तु का कार्य करता है और नेत्रिका, $A'B'$ का आभासी, सीधा तथा बहुत बड़ा प्रतिबिम्ब $A''B''$ बनाती है।



प्रतिबिम्ब $A''B''$ प्रायः स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है। यदि अभिदृश्यक द्वारा बनी वस्तु AB का प्रतिबिम्ब $A'B'$ नेत्रिका के प्रथम फोकस F_e' पर बने, तो नेत्रिका द्वारा अन्तिम प्रतिबिम्ब $A''B''$ अनन्त पर बनेगा। [2]

आवर्धन क्षमता

माना कि अन्तिम प्रतिबिम्ब $A''B''$, नेत्रिका E पर β कोण बनाता है। आँख नेत्रिका के समीप है, अतः $A''B''$ द्वारा आँख पर बनने वाले कोण को भी β मान सकते हैं। वस्तु द्वारा आँख पर बनाए गए दर्शन कोण के लिए, हम अन्तिम प्रतिबिम्ब $A''B''$ से वस्तु की लम्बाई (AB) के बराबर लम्बाई $A''B_3$ काट लेते हैं। अतः $A''B''= AB$, तब $\angle A''EB_3 = \alpha$

जहाँ, α वस्तु द्वारा आँख पर बनाया गया दर्शन कोण है, जबकि वस्तु स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी D पर है।

अतः यौगिक सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता,

$$M = \frac{\text{अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बना कोण}}{\text{वस्तु द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}$$

$$M = \frac{\beta}{\alpha} \qquad \ldots(i)$$

चूँकि वस्तु छोटी है। अतः α व β भी छोटे होंगे, तब

$$\beta = \tan\beta = \frac{A''B''}{EA''} \Rightarrow \alpha = \tan\alpha = \frac{A''B_3}{EA''}$$

$$M = \frac{\tan\beta}{\tan\alpha} = \frac{A''B''/EA''}{A''B_3/EA''} = \frac{A''B''}{A''B_3}$$

$\because$ $A''B_3 = AB$

$\therefore$ $$M = \frac{A''B''}{AB}$$

$$M = \frac{A''B''}{AB} \times \frac{A'B'}{A'B'} = \frac{A''B''}{A'B'} \times \frac{A'B'}{AB}$$

$$M = m_e \times m_o \qquad \ldots(ii)$$

जहाँ, m_e = नेत्रिका लेन्स की आवर्धन क्षमता

तथा m_o = अभिदृश्यक लेन्स की आवर्धन क्षमता।

m_o के लिए गणना अभिदृश्यक लेन्स की आवर्धन क्षमता,

$$m_o = \frac{\text{अभिदृश्यक लेन्स से प्रतिबिम्ब की दूरी}}{\text{अभिदृश्यक लेन्स से वस्तु की दूरी}} = -\frac{v_o}{u_o} \qquad \ldots(iii)$$

(ऋणात्मक चिन्ह यह प्रदर्शित करता है, कि अभिदृश्यक लेन्स द्वारा वस्तु का बनाया गया प्रतिबिम्ब वास्तविक है)

m_e के लिए गणना चूँकि $A'B'$ नेत्रिका लेन्स E के लिए आभासी वस्तु का कार्य करता है। अतः $m_e = \frac{v_e}{u_e}$ जहाँ v_e, नेत्रिका लेन्स द्वारा वस्तु $A'B'$ के प्रतिबिम्ब $A''B''$ की नेत्रिका लेन्स की दूरी है।

$\therefore$ $$m_e = \left(\frac{D}{u_e}\right) \qquad \ldots(iv)$$

सभी (ii), (iii) व (iv) से, $M = m_o \times m_e$

$$M = -\frac{v_o}{u_o}\left(\frac{D}{u_e}\right)$$

अब निम्नलिखित दो स्थितियाँ सम्भव हैं

स्थिति 1 यदि अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी D पर बनता

यदि अन्तिम प्रतिबिम्ब $A''B''$ की नेत्रिका E से दूरी D है, तो लेन्स सूत्र $\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ में $v = -D$, $u = -u_e$ तथा $f = f_e$ (नेत्रिका की फोकस दूरी) रख

$$\frac{1}{-D} - \frac{1}{-u_e} = \frac{1}{f_e} \text{ अथवा } \frac{1}{u_e} = \frac{1}{D} + \frac{1}{f_e} \text{ अथवा } \frac{D}{u_e} = 1 + \frac{D}{f_e}$$

सभी (v) से, $$M = -\frac{v_o}{u_o}\left(1 + \frac{D}{f_e}\right)$$

स्थिति 2 यदि अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है।

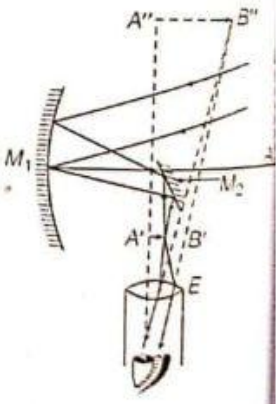
श्रान्त आँख (Relaxed eye) के लिए अन्तिम प्रतिबिम्ब $A''B''$ अनन्त पर बन इस स्थिति में प्रतिबिम्ब $A'B'$ नेत्रिका E के फोकस F_e' पर होता है अर्थात् u_e का यह मान सभी (v) में रखने पर,

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

प्रश्न 2. किसी परावर्तक दूरदर्शी का किरण पथ खींचकर उसमें प्रति का बनना समझाइए तथा अपवर्ती की तुलना में यह क्यों उ होता है? ⊕ *V Imp* • ***(2017, 16, 14, 12, 11***

अथवा परावर्ती दूरदर्शी का किरण आरेख खींचिए। *(2014*

उत्तर परावर्ती दूरदर्शी इस दूरदर्शी की सहायता से दूर स्थित किसी व चमकीला प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए अभिदृश्यक लेन्स के स्थान प आकार का अवतल दर्पण प्रयोग किया जाता है। इसलिए इसे परावर्तक परावर्ती दूरदर्शी कहते हैं।



रचना इसमें अधिक फोकस दूरी व बड़े द्वारक (Aperture) का अवतल दर्पण M_1 एक चौड़ी नली के एक सिरे पर लगा रहता है। इस नली के पार्श्व में लगी एक छोटी पतली नली में कम फोकस दूरी व छोटे द्वारक का उत्तल लेन्स E लगा रहता है, जो नेत्रिका का कार्य करता है। चौड़ी नली में अवतल दर्पण के फोकस से कुछ पहले एक समतल दर्पण M_2 लगा रहता है, जो मुख्य अक्ष से 45° के कोण पर झुका रहता है। [1]

प्रतिबिम्ब का बनना दूरदर्शी द्वारा जिस वस्तु को देखना होता है, अवतल दर्पण का द्वारक उस ओर कर देते हैं। दूर वस्तु AB से आने वाली किरणों को अवतल दर्पण M_1 अपने फोकस पर के करता है, परन्तु यही किरणें फोकस पर केन्द्रित होने से पहले समतल दर्पण M गिरकर परावर्तित हो जाती हैं। इस प्रकार वस्तु AB का वास्तविक, छोटा व प्रतिबिम्ब $A'B'$ पर बन जाता है। यह प्रतिबिम्ब $A'B'$ नेत्रिका के फोकस से पहले बनता है तथा नेत्रिका के लिए आभासी वस्तु का कार्य करता है और $A'B'$ का सीधा बड़ा तथा आभासी प्रतिबिम्ब $A''B''$ स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम (25 सेमी) तथा अनन्त के बीच बनाती है। यदि प्रतिबिम्ब $A'B'$ नेत्रिका के फ तल में है, तब अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है।

दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता

$$M = \frac{\text{अन्तिम प्रतिबिम्ब द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}{\text{वस्तु द्वारा आँख पर बना दर्शन कोण}}$$

यदि अवतल दर्पण की फोकस दूरी f_o, नेत्रिका लेन्स की फोकस दूरी f_e

(i) जब अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर बनता है, तो आवर्धन क्षमता,

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

(ii) जब प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बन रहा हो, तो आवर्धन क्षमता $M = \frac{-f_o}{f_e}\left(1+\frac{f_e}{D}\right)$

परावर्ती दूरदर्शी की अपवर्ती से तुलना

(i) परावर्ती दूरदर्शी में प्रतिबिम्ब अपवर्ती दूरदर्शी की अपेक्षा अधिक चमकीला बनता है।

(ii) परावर्ती दूरदर्शी से बने प्रतिबिम्ब में वर्ण विपथन का दोष नहीं होता, जबकि अपवर्ती दूरदर्शी से बने प्रतिबिम्ब में यह दोष होता है।

(iii) परावर्ती दूरदर्शी में परवलयाकार दर्पण के उपयोग से प्रतिबिम्ब में गोलीय विपथन के दोष को दूर किया जा सकता है। [2]

आंकिक प्रश्न

प्रश्न 1. – 2 डायोप्टर क्षमता वाले लेन्स का उपयोग करने वाले व्यक्ति का दूर बिन्दु कितनी दूरी पर होगा? ***(2014) (1M)***

हल दिया है, लेन्स की क्षमता, $P = -2$ डायोप्टर

$\therefore$ $P = \frac{100}{f(\text{सेमी में})}$, $f = \frac{100}{P} = \frac{100}{-2}$ सेमी $= -50$ सेमी [1/2]

यहाँ, $u = \infty$, $v = ?$

सूत्र $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$ से, $\frac{1}{-50} = \frac{1}{v} - \frac{1}{\infty} \Rightarrow v = -50$ सेमी

अत: व्यक्ति का दूर बिन्दु 50 सेमी की दूरी पर स्थित होगा। [1/2]

प्रश्न 2. एक निकट दृष्टि दोष वाला व्यक्ति 30 सेमी से अधिक दूर की वस्तु को स्पष्ट नहीं देख सकता है। अनन्त पर स्थित वस्तु को देखने के लिए कितने फोकस दूरी के तथा किस प्रकार के लेन्स की आवश्यकता होगी? ***(2016) (2M)***

हल दिया है, $u = -\infty$

तथा $v = -30$ सेमी

लेन्स के सूत्र से, $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{-30} - \frac{1}{(-\infty)} = -\frac{1}{30}$ [1]

$f = -30$ सेमी

अत: वस्तु को देखने के लिए 30 सेमी फोकस दूरी के अवतल लेन्स की आवश्यकता होगी। [1]

प्रश्न 3. निकट दृष्टि दोष वाला व्यक्ति 15 सेमी दूर की वस्तु को स्पष्ट देख सकता है। 25 सेमी दूर वस्तु को स्पष्ट देखने के लिए आवश्यक लेन्स की फोकस दूरी निकालिए। ***(2017) (2M)***

हल दिया है,

$v = -15$ सेमी, $u = -25$ सेमी [1]

लेन्स के सूत्र $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$ से,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-15} - \frac{1}{(-25)} = \frac{1}{-15} + \frac{1}{25} = \frac{-5+3}{75} = -\frac{2}{75}$$

$f = -\frac{75}{2} = -37.5$ सेमी (अवतल लेन्स) [1]

प्रश्न 4. एक दूर दृष्टि दोष वाले मनुष्य का निकट बिन्दु आँख से 150 सेमी पर है। यदि वह 25 सेमी दूर स्थित पुस्तक को पढ़ना चाहता है, तो उसे कैसा तथा कितनी फोकस दूरी का लेन्स लगाना होगा? ***(2017, 14) (2M)***

हल व्यक्ति की आँख का निकट बिन्दु 150 सेमी पर है। उस व्यक्ति को देखने के लिए एक ऐसा लेन्स चाहिए, जो 25 सेमी की दूरी पर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब 150 सेमी पर बना सके। अत: $u = -25$ सेमी, $v = -150$ सेमी [1]

लेन्स के सूत्र $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$ से,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-150} - \frac{1}{(-25)} = -\frac{1}{150} + \frac{1}{25} = \frac{-1+6}{150} = \frac{5}{150}$$

$f = +30$ सेमी

अत: उस व्यक्ति को 30 सेमी फोकस दूरी का उत्तल लेन्स प्रयोग करना चाहिये। [1]

प्रश्न 5. दूर दृष्टि दोष वाले व्यक्ति का निकट बिन्दु आँख से 100 सेमी है। आँख से 25 सेमी दूर रखी किताब को स्पष्ट पढ़ने के लिये कितनी क्षमता का लेन्स आवश्यक है? इसके लिए किस प्रकार के लेन्स का प्रयोग किया जायेगा? ***(2017) (2M)***

हल दूर दृष्टि दोष से पीड़ित मनुष्य द्वारा चश्में में प्रयुक्त लेन्स ऐसा होना चाहिए जिससे 25 सेमी पर रखी वस्तु का आभासी प्रतिबिम्ब व्यक्ति की आँख के निकट बिन्दु 100 सेमी पर बने।

दिया है, $u = -25$ सेमी, $v = -100$ सेमी

लेन्स के सूत्र $\frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$ से, [1]

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{-100} - \frac{1}{(-25)} = -\frac{1}{100} + \frac{1}{25} = \frac{-1+4}{100} = \frac{3}{100}$$

$f = \frac{100}{3}$ सेमी

अर्थात् मनुष्य को $\frac{100}{3}$ सेमी की फोकस दूरी का उत्तल लेन्स प्रयोग करना चाहिए। [1]

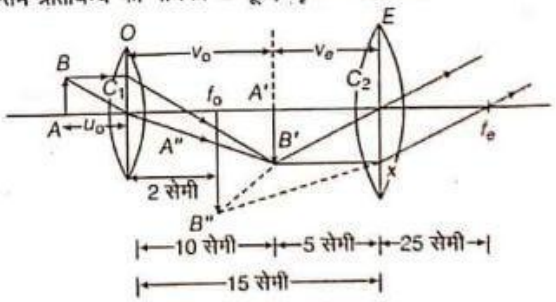
प्रश्न 6. किसी संयुक्त सूक्ष्मदर्शी में 2.0 सेमी फोकस दूरी का अभिदृश्यक लेन्स तथा 6.25 सेमी फोकस दूरी का नेत्रिका लेन्स एक-दूसरे से 15 सेमी की दूरी पर लगे हैं। किसी वस्तु को अभिदृश्यक से कितनी दूरी पर रखा जाए कि अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी (25 सेमी) पर बने? इसके लिए आवर्धन क्षमता भी ज्ञात कीजिए। ***(2020) (5M)***

हल (i) दिया है, $f_o = 2$ सेमी

नेत्रिका की फोकस दूरी, $f_e = 6.25$ सेमी

तथा दोनों लेन्सों के मध्य दूरी, $v = 15$ सेमी

अन्तिम प्रतिबिम्ब की नेत्रिका से दूरी, $v_e = -25$ सेमी



नेत्रिका हेतु लेन्स सूत्र प्रयुक्त करने पर, $\frac{1}{v_e} - \frac{1}{u_e} = \frac{1}{f_e}$

$$\frac{1}{u_e} = \frac{1}{v_e} - \frac{1}{f_e} = \frac{1}{-25} - \frac{1}{6.25} = \frac{-1-4}{25} = \frac{-5}{25}$$

$u_e = -5$ सेमी

अभिदृश्यक तथा नेत्रिका के बीच की दूरी $(v_o + u_e) = 15$ सेमी है

$L = v_o + u_e$

अभिदृश्यक से प्रतिबिम्ब की दूरी, $v_o = L - |u_e| = 15 - 5 = 10$ सेमी

अभिदृश्यक लेन्स हेतु लेन्स सूत्र प्रयुक्त करने पर

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

$$\frac{1}{u_o} = \frac{1}{v_o} - \frac{1}{f_o} = \frac{1}{10} - \frac{1}{2}$$

$$= \frac{1-5}{10} = -\frac{4}{10} = -2.5 \text{ सेमी}$$

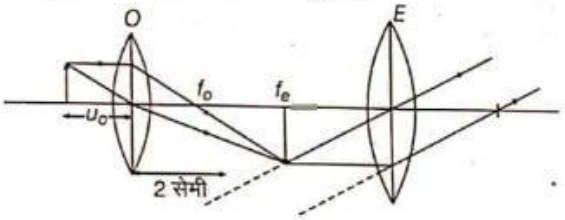
अत: वस्तु उत्तल लेन्स के सामने 2.5 सेमी की दूरी पर होनी चाहिए।

सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता,

$$m = \frac{v_o}{u_o}\left(1 + \frac{d}{f_e}\right) = \frac{10}{2.5}\left(1 + \frac{25}{6.25}\right) (\because d = 25 \text{ सेमी})$$

$$m = 20$$ [2½]

(ii) अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर तभी बनेगा, जब अभिदृश्यक नेत्रिका के फोकस तल में हो अर्थात् नेत्रिका के मुख्य फोकस बिन्दु पर।



अत: यहाँ, $v_e = -\infty, u_e = f_e = 6.25$ सेमी

अभिदृश्यक के प्रतिबिम्ब की दूरी, $v_o = L - f_e = -15 - 6.25 = 8.75$ सेमी

लेन्स के सूत्रानुसार, $\frac{1}{v_o} - \frac{1}{u_o} = \frac{1}{f_o}$

$$\frac{1}{u_o} = \frac{1}{v_o} - \frac{1}{f_o} = \frac{1}{8.75} - \frac{1}{2} = \frac{2-8.75}{17.5}$$

$$u_o = -\frac{17.5}{6.75} = -2.59 \text{ सेमी}$$

सूक्ष्मदर्शी की आवर्धन क्षमता, $m = \frac{v_o}{u_o}\left(1 + \frac{d}{f_e}\right) = \frac{8.75}{2.59}\left(1 + \frac{25}{6.25}\right)$

$$m = 13.51$$ [2½]

प्रश्न 7. किसी छोटी दूरबीन के अभिदृश्यक की फोकस दूरी 144 सेमी तथा नेत्रिका की फोकस दूरी 6.0 सेमी है। दूरबीन की आवर्धन क्षमता कितनी है? अभिदृश्यक तथा नेत्रिका के बीच पृथकन दूरी क्या है? ***(NCERT) (1M)***

हल अभिदृश्यक लेन्स की फोकस दूरी $f_o = 144$ सेमी

नेत्रिका की फोकस दूरी $f_e = 6$ सेमी

सामान्य अवस्था में दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता जब अन्तिम प्रतिबिम्ब अनन्त पर है $m = -\frac{f_o}{f_e} = -\frac{144}{6} = -24$ [1/2]

∴ लेन्सों के बीच की दूरी $L = f_o + f_e = 144 + 6 = 150$ सेमी [1/2]

प्रश्न 8. खगोलीय दूरदर्शी का नामांकित किरण आरेख बनाइए, जबकि अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनाता है। इस दूरदर्शी के अभिदृश्यक लेंस की फोकस दूरी 1.00 मी है। जब अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है, तो लेंसों के बीच की दूरी 1.05 मी होती है। नेत्रिका लेंस की फोकस दूरी तथा दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता ज्ञात कीजिए। ***(2018) (2M)***

अथवा एक खगोलीय दूरदर्शी के अभिदृश्यक की फोकस दूरी 1.0 मी है। जब अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनता है, तब लेन्सों के बीच की दूरी 1.05 मी होती है। नेत्रिका की फोकस दूरी तथा दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता ज्ञात कीजिए। ***(2020) (3M)***

हल **खगोलीय दूरदर्शी का चित्र** लघु उत्तरीय प्रश्न-II के प्रश्न 5 का उत्तर देखें।

दिया है, अभिदृश्यक लेंस की फोकस दूरी $(f_o) = 1$ मी

लेंसों के मध्य दूरी $(f_o + f_e) = 1.05$ मी

$$f_e = 1.05 - f_o$$

$$f_e = 1.05 - 1.00$$

$$f_e = 0.05 \text{ मी}$$

खगोलीय दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता, $M = -\frac{f_o}{f_e}\left(1 + \frac{f_o}{D}\right)$

$$M = -\frac{1.00}{0.05}\left(1 + \frac{100}{25}\right)$$

$$M = -20\,(1.04)$$

$$M = -20.8$$

ऋणात्मक चिह्न इस तथ्य का प्रतीक है कि प्रतिबिम्ब उल्टा है।

प्रश्न 9. खगोलीय दूरदर्शी द्वारा अन्तिम प्रतिबिम्ब स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी पर बनने का किरण आरेख बनाइए। एक खगोलीय दूरदर्शी की आवर्धन क्षमता 15 है तथा अभिदृश्यक लेन्स व नेत्रिका के बीच की दूरी 80 सेमी है। यदि दोनों लेन्स उत्तल हों, तो उनकी अलग-अलग फोकस दूरी की गणना कीजिए। ***(2017) (2M)***

हल **खगोलीय दूरदर्शी का किरण आरेख** लघु उत्तरीय प्रश्न-II के प्रश्न 5 का किरण आरेख देखें।

दिया है, $M = 15$ तथा $f_o + f_e = 80$

आवर्धन क्षमता, $M = \frac{f_o}{f_e} = 15$

$$f_o = 15 f_e$$

∴ $15 f_e + f_e = 80$

⇒ $16 f_e = 80$

$$f_e = 5 \text{ सेमी}$$

तथा $f_o = 75$ सेमी