अध्याय

03

मानव नेत्र तथा रंग-बिरंगी संसार

[HUMAN EYE AND COLOURFUL WORLD]

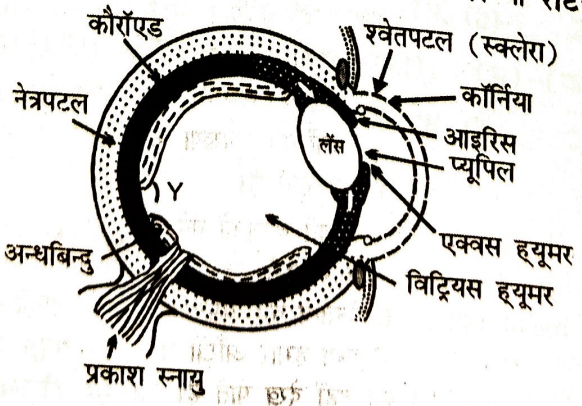
3·1. भूमिका (Introduction) :

पिछले अध्याय में हमने प्रकाश के **अपवर्तन** तथा लेंस के बारे में अध्ययन किया है। हमने यह देखा कि लेंस के सामने रखे गए वस्तु (बिम्ब) का प्रतिबिम्ब प्रकाश के अपवर्तन के कारण किस प्रकार से बनता है। लेंसों के सामने भिन्न-भन्न स्थानों पर रखे गए वस्तु की प्रतिबिम्ब भिन्न-भिन्न **प्रकृति** (वास्तविक तथा आभासी) तथा भिन्न-भिन्न **स्थिति** में बनता है। प्रतिबिम्ब का **साइज** वस्तु के साइज से बड़ा तथा छोटा बन सकता है। हमारे मुख्य ज्ञानेन्द्रियों में **आँख** (नेत्र) एक महत्वपूर्ण ज्ञानेन्द्रिय हैं। यहाँ हम **मानव आँख** (नेत्र) की मुख्य संरचनाओं का अध्ययन करेंगे। मानव नेत्र की संरचना में एक लेंस होता है। मानव नेत्र प्रकाश का उपयोग करके अपने चारों ओर की वस्तुओं को देख पाता है। हम इस अध्याय में यह अध्ययन करेंगे कि मानव नेत्र अपने नेत्र लेंस का उपयोग किस प्रकार से करता है ? **मानव नेत्र** में उत्पन्न **दोषों** को लेंस की सहायता से किस प्रकार ठीक किया जाता है ?

श्वेत प्रकाश में सात **अवयवी रंग** होते हैं। इस अध्याय में हम प्रकाश के इन अवयवी रंगों को अलग करने की एक महत्वपूर्ण घटना का अध्ययन करेंगे जिसे प्रकाश का **वर्ण-विक्षेपण** कहते हैं। इसके साथ-साथ हम यहाँ प्रकाश की एक महत्वपूर्ण घटना **प्रकाश का प्रकीर्णन** का अध्ययन करेंगे। इन घटनाओं द्वारा हम **इन्द्रधनुष** के बनने, आकाश के नीले रंग तथा सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय लाल रंग दिखाई पड़ना इत्यादि के कारणों की व्याख्या करेंगे।

3·2. मानव नेत्र (Human Eye) :

मनुष्य की आँख की बनावट करीब-करीब फोटो खींचने वाले कैमरे जैसी होती है। इसमें किसी वस्तु का वास्तविक प्रतिबिम्ब एक विशेष प्रकार के पर्दे पर बनता है जिसे **नेत्रपटल** या **रेटिना** (Retina) कहते हैं।



चित्र-(3.1)

मनुष्य की आँख लगभग गोलीय (Spherical) होती है। इसकी ऊपरी भाग कड़ी और सफेद परत की होती है जिसे **श्वेतपटल** या **स्क्लेरा** (Sclera) कहते हैं । चित्र–(3·1)। सामने वाले भाग में श्वेतपटल के बजाए कुछ उभरी हुई एक पारदर्शी झिल्ली होती है जिसे **कॉर्निया** (Cornea) कहते हैं। इसके पीछे एक छिद्रपट होता है जिसे **आइरिस** (Iris) कहते हैं। यह भिन्न-भिन्न रंगों में मिलता है। आँख के रंग से मतलब आइरिस के ही रंग से होता है। आइरिस में एक छेद होता है जिसे छोटा-बड़ा कर सकते हैं। छेद को **प्यूपिल** (Pupil) कहते हैं। आइरिस के पीछे नेत्र का लेन्स (Crystalline lens) होता है। यह युगलोत्तल लेन्स होता है और बीच में कड़ा तथा किनारों पर नरम होता है। कॉर्निया और लेन्स के बीच में **एक्वस ह्यूमर** (Aqueous humour) नामक नमकीन द्रव भरा होता है। आँसू इसी द्रव से बनते हैं। लेंस के पीछे **विट्रियस ह्यूमर** (Vitreous humour) नामक पतली जैसी द्रव भरी होता है। स्केलेरा के नीचे एक काले रंग की झिल्ली की परत होती है जिसे **कोरॉयड** (Chroid) कहते हैं। काला रंग होने के कारण इसमें प्रकाश शोषित हो जाता है और आँख में प्रकाश के आन्तरिक परावर्तन नहीं हो पाते । **नेत्र-पटल** (Retina) स्नायुओं (Nerves) की एक फिल्म या झिल्ली होती है। प्रतिबिम्ब की अनुभूति को स्नायु मस्तिष्क तक पहुँचाते हैं। रेटिना में Y क्षेत्र को **पीत-बिन्दु** (Yellow-spot) कहते हैं। इसका क्षेत्रफल लगभग 2 वर्ग मिमी होता है। यह बिन्दु सबसे अधिक प्रकाशग्राही (Photosensitive) होता है, क्योंकि इस भाग में स्नायुओं की संख्या अधिक होती है। किसी वस्तु को देखते समय आँख अपने-आप इस प्रकार समायोजित हो जाता है कि वस्तु के सबसे प्रमुख भाग का प्रतिबिम्ब पीत-बिन्दु पर ही बनता है। जिस स्थान से प्रकाश स्नायु आँख से बाहर जाता है, उस स्थान को **अन्धबिन्दु** (Blind spot) कहते हैं। इस पर बने प्रतिबिम्ब की अनुभूति मस्तिष्क नहीं करता। कॉर्निया के मध्य बिन्दु और ताल के प्रकाश केन्द्र को मिलाने वाली आभासी रेखा को **प्रकाश-अक्ष** (Optic axis) कहते हैं। इसी प्रकार लेन्स के प्रकाश केन्द्र और पीत केन्द्र को मिलाने वाली आभासी रेखा को **दृष्टि-अक्ष** (Visual axis) कहते हैं।

3·3. समंजन क्षमता *(Power of Accommodation)* :

हमारे नेत्र की बनावट जटिल होती है। इसके द्वारा प्रतिबिम्ब बनने की क्रिया को **समंजन क्षमता** द्वारा समझा जा सकता है।

मानव नेत्र लेंस रेशेदार तथा जेलीनुमा पदार्थ का बना होता है। इस नेत्र लेंस की वक्रता को **सिलयरी पेशियों** (Ciliary muscle) द्वारा एक सीमा तक बदला जा सकता है। नेत्र लेंस के वक्रता में परिवर्तन से इसकी फोकस दूरी में परिवर्तन होता है। जब हम दूर की वस्तुओं को देखते हैं तब हमारे आँख में तनाव कम होता है और इस स्थिति में पेशियाँ शिथिल होती हैं। पेशियों के शिथिल रहने से नेत्र-लेंस पतला हो जाता है तथा इसकी फोकस दूरी बढ़ जाती है। इस स्थिति में हम दूर सभी वस्तुओं देख पाते हैं।

जब हम आँख के नजदीक स्थित वस्तुओं को देखते हैं तब सिलयरी पेशियाँ सिकुड़ जाती हैं। इससे नेत्र लेंस की वक्रता बढ़ जाती है। अब नेत्र लेंस मोटा हो जाता है। इससे लेंस की फोकस दूरी कम हो जाती है। इससे हम नजदीक रखी वस्तुओं को स्पष्ट देख सकते हैं।

"नेत्र लेंस की वह क्षमता जिसके कारण वह अपनी फोकस दूरी को समायोजित कर दूर तथा नजदीक स्थित वस्तुओं को देखने में सक्षम बनता है, मानव नेत्र की समंजन क्षमता या समंजन कहलाता है।

देखने की क्रिया : नेत्र लेंस दूर या नजदीक स्थित वस्तुओं को समायोजित कर रेटिना पर वस्तु का **वास्तविक तथा उल्टा प्रतिबिम्ब** बनता है। रेटिना एक कोमल सूक्ष्म झिल्ली होती है। जिसमें असंख्य **प्रकाश-सुग्राही कोशिकाएँ** (Light sensitive cells) होती हैं। वस्तु से निकली प्रकाश से प्रदीप्त होने पर प्रकाश सुग्राही कोशिकाएँ सक्रिय हो जाती हैं तथा विद्युत संकेत उत्पन्न करती है। ये संकेत प्रकाशीय स्नायु (तंत्रिकाओं) द्वारा मस्तिष्क तक पहुँचा दिए जाते हैं। मस्तिष्क इन संकेतों की व्याख्या करता है तथा अंततः सूचना को संवेदित करता है। इससे हम किसी वस्तु को जैसा है, वैसा देख लेते हैं।

निकट बिन्दु (Near Point) : नेत्र लेंस नजदीक की वस्तुओं को देखने के लिए अपनी समायोजन क्षमता से फोकस दूरी को घटाता है। परन्तु नेत्र लेंस की फोकस दूरी एक न्यूनतम सीमा से कम नहीं हो सकती है। आपने यह अनुभव किया होगा कि जब आप किसी किताब को अपने आँखों के काफी नजदीक रखकर अक्षरों को पढ़ना चाहते हैं तब वह धुँधला दिखाई पड़ता है तथा हमारे आँखों पर तनाव पड़ता है। आँखों में हम बिना किसी तनाव के 25 सेमी से कम दूरी की वस्तु को नहीं देख पाते हैं। इस दूरी को **स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी** कहते हैं। इसे आँख का **निकट बिन्दु** (Near point) भी कहते हैं।

" आँख से वह न्यूनतम दूरी जिससे कम दूरी पर स्थित किसी वस्तु को आँख स्पष्ट रूप में नहीं देख पाता है, स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी (least distant of distinct visin) कहलाता है। इसे आँख का निकट बिन्दु (Near point) भी कहते हैं।"

कम उम्र के सामान्य वयस्कों के लिए इसका मान 25 सेमी होता है। इस दूरी को सामान्यत: अक्षर **D** से निरूपित किया जाता है।

∴ स्पष्ट दृष्टि को न्यूनतम दूरी D = 25 सेमी

दूर-बिन्दु (Far Point) : वह अधिक-से-अधिक दूरी (दूरत्तम दूरी) जहाँ पर स्थिति वस्तुओं को कोई आँख स्पष्ट रूप से देख सकता है। आँख के लिए **दूरत्तम दूरी** (Far-distance) कहलाता है। इस दूरी के बिन्दु को **दूर-बिन्दु** (Far point) कहते हैं।

सामान्य आँख के लिए यह **अनंत दूरी** पर होता है।

अत: सामान्य आँख जिसमें कोई दोष न हो **25 सेमी** से **अनंत** दूरी तक की सभी वस्तुओं को स्पष्ट देख सकता है।

3·4. मानव नेत्र और फोटो खींचने वाला कैमरा की तुलना :

मानव नेत्र की बनावट और फोटोग्राफी कैमरा में कुछ समानताएँ भी हैं और कुछ असमानताएँ भी।

समानताएँ

मानव नेत्र (आँख)	कैमरा
1. आँख में बाहरी परत के नीचे गहरे भूरे रंग का कोरॉयड (रक्तक पटल) होता है। जिससे आँख के भीतर प्रकाश का परावर्तन नहीं हो पाता है।	1. कैमरा में प्रकाशरोधी बक्स (Light tight box) की दीवारें काली होती हैं जिससे इसके भीतर प्रकाश का परावर्तन नहीं हो पाता है।
2. प्रकाश की मात्रा का नियंत्रण आइरिस द्वारा किया जाता है।	2. प्रकाश का नियंत्रण छिद्रपट (Diaphragm) द्वारा किया जाता है।
3. इसमें एक उत्तल लेंस होता है जो वस्तुओं का प्रतिबिम्ब रेटिना (दृष्टि पटल) पर बनाता है।	3. इसमें भी उत्तल लेंस होता है जो वस्तुओं का प्रतिबिम्ब फोटोग्राफिक प्लेट या फिल्म पर बनाता है।

असमानताएँ

मानव नेत्र (आँख)	कैमरा
1. रेटिना पर बना प्रतिबिम्ब अस्थायी होता है।	1. फोटोग्राफ़िक फिल्म या प्लेट पर बना हुआ प्रतिबिम्ब स्थायी होता है।
2. लेंस-क्षमता (Power of accomodation) के कारण नेत्र लेंस की फोकस–दूरी बदली जा सकती है।	2. कैमरा में लगे लेन्सों की फोकस–दूरी नियत रहती है।
3. नेत्र-लेन्स तथा रेटिना (दृष्टि पटल) के बीच की दूरी नियत रहती है।	3. इसमें लेन्स तथा फोटोग्राफिक फिल्म के बीच की दूरी बदली जा सकती है।

3·5. दृष्टि-दोष एवं उनका उपचार *(Defects of Vision and Their Remedies)* :

आँख उत्तल लेन्स के समान है। आँख रूपी लेन्स द्वारा किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब **दृष्टि पटल** (Retina) पर बनता है। सामान्य आँख (जिस आँख में किसी प्रकार का दोष नहीं है) द्वारा अनन्त पर स्थित वस्तु को देखा जा सकता है। जिस न्यूनतम दूरी तक सामान्य आँखों द्वारा वस्तुओं को स्पष्ट देखा जा सकता है उसे **स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी** कहते हैं। इसका मान सामान्य नेत्र के लिए **25 सेमी** होता है।

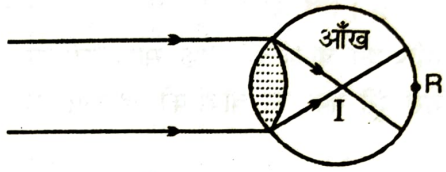
सामान्य आँख पर वस्तु से जब किरणें आपतित होती हैं तब आँख की फोकस-दूरी इस तरह समायोजित हो जाता है कि वस्तु का प्रतिबिम्ब ठीक-ठीक दृष्टि पटल पर बन जाता है।

आँख में दोष आ जाने पर वस्तु का प्रतिबिम्ब दृष्टि पटल पर नहीं बन पाता है। ऐसे आँखे दोष युक्त कहलाती हैं। आँख में सामान्य तौर पर निम्नलिखित चार प्रकार के दोष उत्पन्न होते हैं–

(i) निकट-दृष्टि, (ii) दीर्घ-दृष्टि, (iii) जरा-दृष्टि तथा (iv)अबिन्दुकता

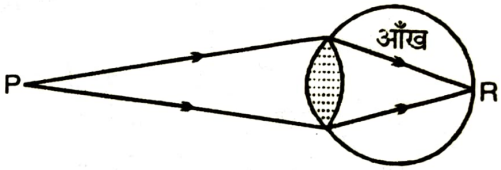
(i) निकट-दृष्टि (Short sightedness or myopia) : जिस नेत्र में यह दोष उत्पन्न हो जाता है वह दूर की चीजों को साफ-साफ नहीं देख पाता लेकिन समीप की चीजों को साफ-साफ देख लेता है। अधिक-से-अधिक जिस दूरी तक की चीजों को स्पष्ट देख सकता है वह दूरी उस आँख के लिए दूर बिन्दु (Far point) होता है।

चित्र (3.2) में निकट दृष्टि से पीड़ित आँख को दिखलाया गया है। दूर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब ऐसे नेत्र में दृष्टि पटल R पर नहीं बनकर उससे आगे I पर बनता है जिससे वस्तु साफ-साफ नहीं दिखाई पड़ती है।



चित्र-(3.2)

निकट दृष्टि वाले नेत्रों के सामने P एक ऐसा बिन्दु है जिसका प्रतिबिम्ब दृष्टि पटल R पर बनता है (चित्र–3.3)। P बिन्दु से दूर वस्तु का प्रतिबिम्ब दृष्टि पटल पर नहीं बनता है लेकिन P के समीप वाली वस्तु का प्रतिबिम्ब दृष्टि पटल पर बनता है। अत: P बिन्दु नेत्र का **दूर बिन्दु** है।



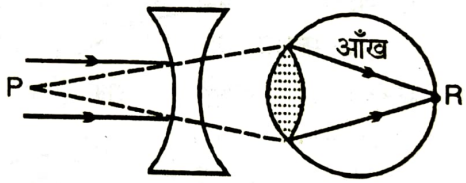
चित्र-(3.3)

अत: स्पष्ट है कि इस दोष से पीड़ित व्यक्ति दूर की वस्तुओं को स्पष्ट नहीं देख पाता जबकि नजदीक की वस्तुओं को स्पष्ट देख पाता है। इस दोष को **निकट-दृष्टि** दोष कहते हैं–

इस दोष का मुख्य दो कारण होते हैं–

(a) नेत्र लेंस की वक्रता अधिक हो जाना या फोकस दूरी कम हो जाना । तथा

(b) नेत्र गोलक का लम्बा हो जाना अर्थात् लेन्स तथा रेटिना के बीच की दूरी बढ़ जाना ।



चित्र-(3.4) : अवतल लेंस का चश्मा

उपचार : उपयुक्त लेन्स को आँख के सामने चश्मा के रूप में लगाकर इस दोष को दूर किया जा सकता है।

निकट दृष्टि वाले नेत्र में जब उपयुक्त **अवतल लेंस** का व्यवहार चश्मा के रूप में किया जाता है तो दूर स्थित वस्तु आँख को P बिन्दु (चित्र 3.4) पर प्रतीत होता है और वस्तु का प्रतिबिम्ब दृष्टि पटल R पर बन जाता है।

माना कि किसी निकट-दृष्टि दोष वाले नेत्र के लिए दूर बिन्दु P की दूरी d है। अर्थात् यह नेत्र d दूरी की वस्तुओं को देख सकता है। जबकि d के बाहर या अनंत की वस्तुओं को नहीं देख पाता है।

अत: इसके उपचार के लिए ऐसे चश्में का उपयोग करना होगा जिसका लेंस (अवतल) अनंत पर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब d पर बना दे।

अर्थात्, वस्तु दूरी, $u = -\infty$

प्रतिबिम्ब दूरी, $v = -d$

उपर्युक्त लेंस की फोकस दूरी $= f$

$\therefore \quad \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$ से

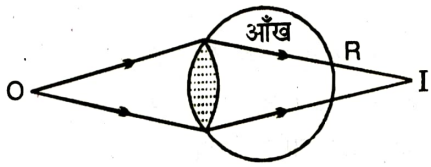
$$\frac{1}{-d} = \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{f}$$

$\therefore \quad f = -d$

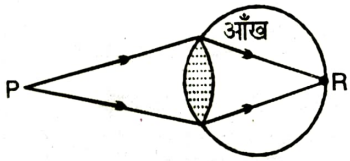
यहाँ ऋणात्मक चिह्न यह दर्शाता है कि उपचार के लिए लेंस अवतल होगा जिसकी फोकस दूरी निकट-दृष्टि वाले नेत्र की दूरी-बिन्दु की दूरी d के बराबर होनी चाहिए।

नोट : निकट दृष्टि-दोष (शार्ट साइटेडनेस या मायोपिया) बच्चों में ही अधिक होती है, जो बच्चों की उम्र बढ़ने के साथ-साथ बढ़ती जाती है और इसी के अनुसार बढ़ता जाता है, उनके चश्में का नम्बर ।

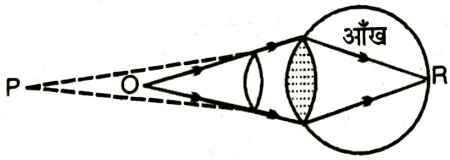
(ii) दीर्घ-दृष्टि (Long sightedness or hypermetropia) **:** जिस नेत्र में यह दोष हो जाता है वह समीप की चीजों को साफ-साफ नहीं देख पाता लेकिन दूर की चीजों को साफ-साफ देख लेता है। कम-से-कम जिस दूरी तक की चीजों को वह देख सकता है वह दूरी उस आँख के लिए **निकट बिन्दु** (Near point) होता है।



चित्र-(3.5)



चित्र-(3.6)



चित्र-(3.7)

चित्र (3·5) में दीर्घ दृष्टि से पीड़ित आँख को दिखलाया गया है। समीप स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब ऐसे नेत्र में दृष्टि पटल R पर नहीं बनकर उसके पीछे I पर बनता है जिससे वह वस्तु साफ-साफ नहीं दिखाई पड़ती है।

दीर्घ दृष्ट वाले नेत्र के सामने P एक ऐसा बिन्दु है जिसका प्रतिबिम्ब दृष्टि पटल R पर बनता है चित्र (3·6)। P बिन्दु से समीप वाली वस्तु का प्रतिबिम्ब दृष्टि पटल पर नहीं बनता है लेकिन P से दूर वाली वस्तु का प्रतिबिम्ब दृष्टि पटल पर बनता है। अत: P बिन्दु नेत्र का **निकट बिन्दु** है।

अत: स्पष्ट है कि दीर्घ दृष्टि दोष से पीड़ित आँख नजदीक की वस्तु को स्पष्ट नहीं देख पाता है। जबकि दूर की वस्तु को स्पष्ट देख पाता है। सामान्य नेत्र के लिए **निकट बिन्दु** 25 सेमी पर होता है। परन्तु इस दोष के कारण यह दूरी 25 सेमी से अधिक हो जाता है। इस दोष के उत्पन्न होने के कारण (a) नेत्र लेंस की वक्रता कम हो जाना अर्थात् फोकस दूरी बढ़ जाना, अथवा (b) नेत्र का गोलक छोटा हो जाना अर्थात् लेंस तथा रेटिना (दृष्टि पटल) के बीच की दूरी घट जाना ।

उपचार : दीर्घ दृष्टि वाले नेत्र में जब उपयुक्त उत्तल लेन्स का व्यवहार चश्मा के रूप में किया जाता है, तो निकट स्थित वस्तु O आँख को P बिन्दु पर (चित्र 3·7) प्रतीत होता है और वस्तु का प्रतिबिम्ब दृष्टि पटल R पर बन जाता है। अत: इसका उपचार आवश्यक शक्ति के उत्तल लेंस से किया जाता है।

अगर दीर्घ दृष्टि दोष से पीड़ित व्यक्ति के लिए निकट-बिन्दु की दूरी d हो तब उसका नेत्र d दूरी के बाहर के वस्तु को स्पष्ट देख पाएगा जबकि D = 25 cm की दूरी के वस्तु को नहीं देख पाएगा। यहाँ $d > D$ ।

अत: इस दोष के उपचार के लिए एक ऐसे लेंस (उत्तल लेंस) के चश्में का व्यवहार करना होगा जो D = 25 cm की दूरी पर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब d दूरी पर बना दें।

अर्थात्, वस्तु दूरी, $u = -D$

प्रतिबिम्ब दूरी, $v = -d$

आवश्यक चयमें की लेंस की

फोकस दूरी $= f$

$$\therefore \quad \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \text{ से,}$$

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

$$\therefore \quad \frac{1}{f} = \frac{d-D}{D \times d}$$

$$\therefore \quad \boxed{f = \frac{D \times d}{d-D}}$$

यहाँ f का मान धनात्मक है। अत: आवश्यक चश्मा उत्तल लेंस से बना होगा।

(iii) जरा-दृष्टि (Presbyopia) : यह रोग बुढ़ापे में नेत्र के लेन्स की प्रत्यास्थता (Elasticity) खो जाने से और सिलियरी माँसपेशियों की सामंजन क्षमता (Accomodating power) घट जाने से उत्पन्न होता है। इससे आँख के निकट बिन्दु के साथ-साथ थोड़ा-सा-दूर-बिन्दु भी प्रभावित होता है। इस दोष से पीड़ित व्यक्ति **बायफोकल** (Bi-focal) लेन्स का व्यवहार चश्मा के रूप में करते हैं। यह लेन्स दो लेन्सों के मेल से बना होता है। चित्र (3·8)। इसमें ऊपर का लेंस अवतल होता है जिसका उपयोग दूर की वस्तु को देखने में किया जाता है। नीचे का लेंस उत्तल होता है जिसका उपयोग नजदीक की वस्तुओं को देखने या पढ़ने में किया जाता है।

चित्र-(3.8)

(iv) अबिन्दुकता या निर्बिन्दुता (Astigmatism) : यह दोष नेत्र की वक्रता में अनियमित होने के कारण उत्पन्न होता है। इस दोष के कारण भिन्न-भिन्न समतलों से आँख में प्रवेश करने वाली प्रकाश किरणें दृष्टि पटल से भिन्न-भिन्न दूरियों पर फोकस होती हैं। इसलिये वस्तु के एक बिन्दु के रूप में होने पर भी उस प्रतिबिम्ब का रूप रेखीय, वृत्तीय अथवा किसी आकार का हो सकता है। इस दोष को दूर करने के लिये गोलीय बेलनाकार लेन्स (Sphero-cylindrical) का व्यवहार किया जाता है।

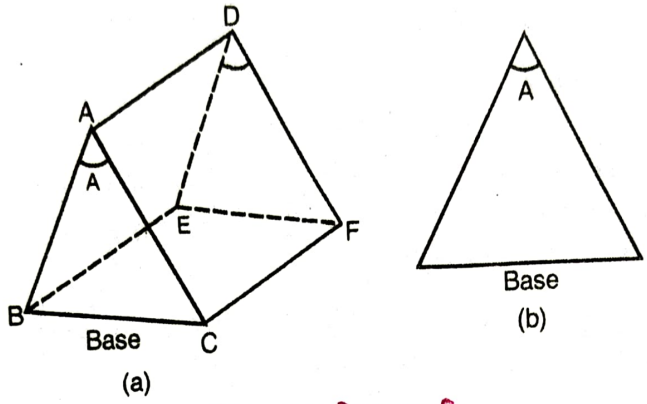
नोट : विज्ञान की प्रगति दिन दूनी और रात चौगुनी हो रही है। अब दृष्टि-दोष को दूर करने के लिये उपयुक्त लेन्सों को बनाकर इन्हें सीधे नेत्र गोलक में लगा दिया जाता है। ऐसे लेन्स को स्पर्श लेन्स (Contact lens) कहते हैं।

3·6. लेसर स्पेक *(Laser Spake)* :

यह एक विशेष प्रकार की मशीन है, जिसे दृष्टि क्षमता की जाँच के लिए व्यवहार में लाया जाता है। इंगलैंड का साइन्टिफिक बुक कम्पनी ने इसे आविष्कृत किया है। इसकी सहायता से कोई भी मनुष्य 30 सेकेण्ड से भी कम समय में आँख की देखने की शक्ति माप सकेगा।

3·7. प्रिज्म *(Prism)* :

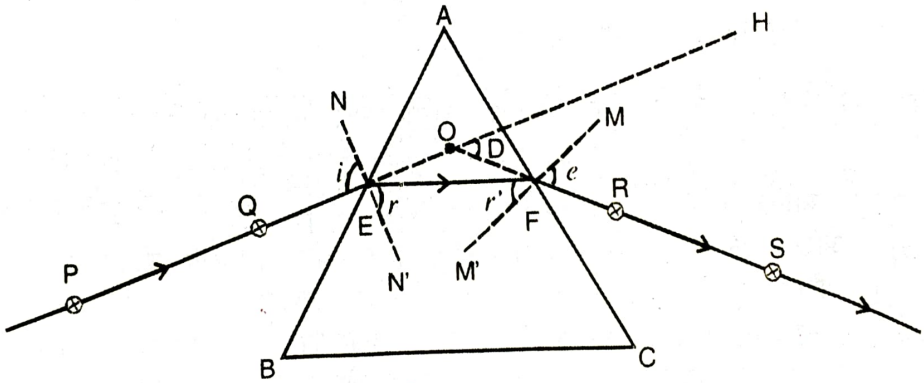
पिछले अध्याय में हम काँच के स्लैब से अपवर्तन का अध्ययन किए हैं। काँच के एक विशेष स्लैब को **प्रिज्म** कहते हैं जिसे चित्र [3·9 (a)] में दर्शाया गया है। यह तीन आयताकार सतह तथा दो त्रिभुजाकार सतहों से घिरा होता है। इसके तीनों आयताकार सतह ABED, ACFD तथा BCFE एक-दूसरे से एक निश्चित कोण पर झुके होते हैं। कोण BAC को **प्रिज्म कोण** (Prism angle) कहते हैं। नीचे के समतल सतह BEFC को प्रिज्म का **आधार** (Base) कहते हैं। प्रिज्म को संकेत के रूप में चित्र [3·9 (b)] से दर्शाया है।



चित्र-(3.9) प्रिज्म आकृति

3·8. प्रिज्म से प्रकाश का अपवर्तन *(Refraction of Light through Prism)* :

प्रिज्म से प्रकाश के अपवर्तन का अध्ययन करने के लिए एक विशेष प्रयोग आप कर सकते हैं। इस प्रयोग को निम्न क्रियाकलाप से पूरा कर सकते हैं। इसे चित्र (3·10) में दिखाया गया है।



चित्र-(3.10)

प्रयोग : (i) एक ड्राईंग बोर्ड पर सफेद कागज की एक शीट ड्राईंग पिनों की सहायता से चिपका दीजिए।

(ii) इसके ऊपर एक प्रिज्म को इस प्रकार रखा जाता है कि इसका एक त्रिभुजाकार सतह प्रिज्म का आधार बन जाय। इस सतह ABC को पेंसिल से कागज पर बना लीजिए।

(iii) प्रिज्म के एक अपवर्तक सतह AB से कोई कोण बनाती हुई एक सरल रेखा PQE बनाइए।

(iv) अब PQE सरल रेखा पर दो पिनें P तथा Q चित्रानुसार बोर्ड पर गाड़िए।

(v) प्रिज्म के दूसरी ओर के सतह AC की ओर से इन दोनों पिनों P तथा Q की प्रतिबिम्बों को देखिए।

(vi) AC की ओर अब दो पिनें R तथा S को ऐसे बिन्दुओं पर गाड़िए की P तथा Q के प्रतिबिम्ब और R तथा S एक सीधी रेखा में दिखाई दें।

(vii) अब पिन P, Q, R तथा S को बोर्ड से एक-एक कर उखाड़तें जाएँ तथा पेंसिल से उनके स्थान को कागज पर बनाते जाएँ।

अब प्रिज्म को भी हटा दें।

(viii) अब R तथा S को सरल रेखा द्वारा मिलाइए। RS प्रिज्म के सतह AC के बिन्दु F पर मिलेगी (चित्र 3·10)।

अब E तथा F को मिलाइए।

इस चित्र से यह स्पष्ट है कि PQ प्रिज्म के सतह AB पर आपतित किरण है जहाँ E आपतन बिन्दु है। EF प्रिज्म में सतह AB से अपवर्तित किरण है जो प्रिज्म के सतह AC पर आपतित किरण होगी। यहाँ प्रिज्म के सतह AC से किरण EF की अपवर्तित किरण RS होगी।

AB सतह के आपतन बिन्दु E तथा AC सतह के आपतन बिन्दु F पर क्रमशः NEN' तथा MFM' अभिलम्ब खींचिए।

अब इस चित्र (3·10) के सहारे प्रिज्म से प्रकाश के अपवर्तन को समझा जा सकता है। स्पष्ट है कि प्रिज्म के सतह AB पर प्रकाश किरण PQ हवा से काँच में प्रवेश कर रही है। अतः अपवर्तन के बाद यह अभिलम्ब NEN' की ओर मुड़ जाती है। पुनः यह किरण EF सतह AC पर काँच से हवा में प्रवेश करती है। अतः यह अभिलम्ब MFM' से दूर मुड़ती हुई निर्गत होती है।

यहाँ स्पष्ट है कि बिन्दु E पर, आपतित किरण PE, अपवर्तित किरण EF है।

अतः बिन्दु E पर आपतन कोण $= \angle PEN = i$

अपवर्तन कोण $= \angle N'EF = r$

इसी प्रकार प्रिज्म के समह AC के बिन्दु F पर, आपतित किरण EF तथा अपवर्तित किरण FS है जो प्रिज्म से निर्गत होती है। FS को प्रिज्म से **निर्गत किरण** कहते हैं।

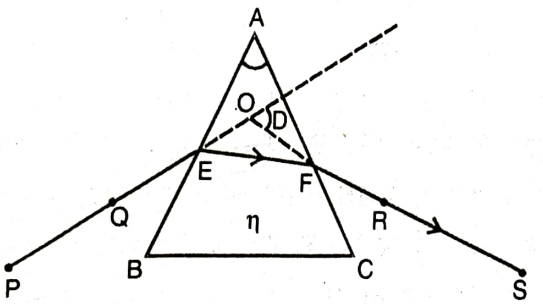
अतः बिन्दु F पर, आपतन कोण $= \angle EFM' = r'$

अपवर्तन कोण या निर्गत कोण $= \angle MFS = e$

चित्र में आपतित किरण PE को आगे बढ़ाने तथा निर्गत किरण FS को पीछे की ओर बढ़ाने पर ये एक दूसरे से बिन्दु O पर मिलती हैं। अतः चित्र से स्पष्ट है कि जब प्रकाश किरण प्रिज्म से अपवर्तित होती है तब अपने पथ से निश्चित कोण से विचलित हो जाती है। इसे **विचलन कोण** (Angle of deviation) कहते हैं।

"प्रिज्म से अपवर्तन के बाद आपतित किरण तथा निर्गत किरण के बीच के कोण को विचलन कोण कहते हैं।"

विचलन कोण को D या δ से निरूपित करते हैं।



चित्र-(3.11)

चित्र (3·11) में, अगर किसी प्रिज्म का प्रिज्म कोण = A

न्यूनतम विचलन कोण = D

तथा प्रिज्म का निरपेक्ष अपवर्तनांक n हो, तब इनके बीच निम्न सम्बन्ध होता है–

$$n = \frac{\sin\frac{A+D}{2}}{\sin\frac{A}{2}} \qquad \ldots(3\cdot1)$$

अगर प्रिज्म पतला हो तब, $$n = \frac{\frac{A+D}{2}}{\frac{A}{2}} = \frac{A+D}{A}$$

या, $$nA = A + D$$

या, $$\boxed{D = (n-1)A} \quad \ldots(3 \cdot 2)$$

3·9. काँच के प्रिज्म द्वारा श्वेत प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण

(Dispersion of White Light by Prism of Glass) :

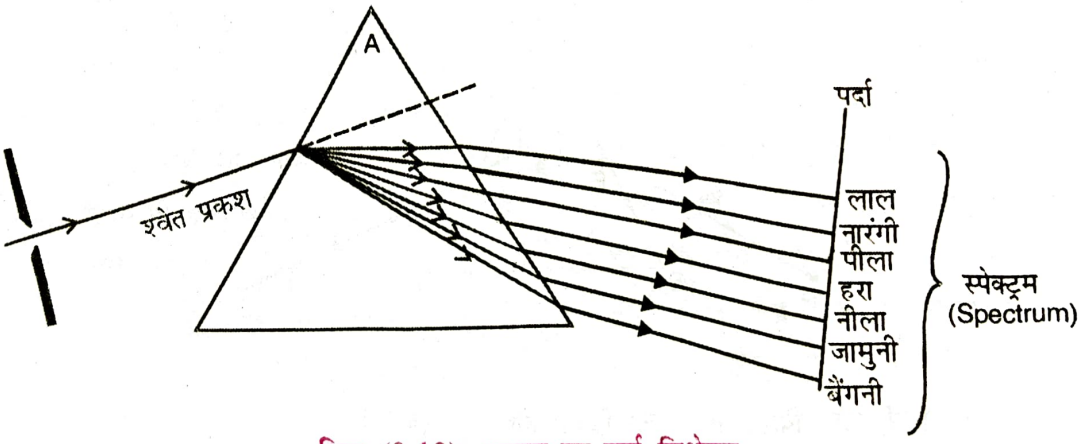
बरसात के दिनों में आपने सूर्य के उपस्थिति में आसमान में भिन्न रंगों से मिलकर बनी इंद्रधनुष (Rainbow) देखा होगा । आप देखें होगें कि इसमें विभिन्न रंगों की एक चौड़ी पट्टी होती है। वास्तव में इंद्रधनुष के विभिन्न रंग सूर्य के श्वेत प्रकाश से ही प्राप्त होता है। यह कैसे प्राप्त होता है? यह हमेशा क्यों नहीं प्राप्त होता है ? श्वेत प्रकाश में कितनी रंगें होती? इन सभी प्रश्नों की व्याख्या हम प्रकाश के **वर्ण-विक्षेपण** को समझने के बाद करेंगे। प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण क्या है ? इसे एक साधारण प्रयोग से दर्शाया जा सकता है। आइए हम इस प्रयोग को देखें।

प्रयोग : इस प्रयोग में एक मोटे कूट का शीट लिया जाता है तथा इसके बीच में एक छोटा छिद्र या एक पतली झिरी बना दिया जाता है। इस शीट को सूर्य के सामने रख दीजिए। ऐसा करने से कूट के शीट की दूसरी ओर छिद्र से पतला किरण-पुंज ही बाहर निकलता है।

अब इस किरण-पुंज के सामने काँच के एक प्रिज्म के अपवर्तक सतह को रखा जाता है। प्रकाश किरण-पुंज प्रिज्म से अपवर्तित होकर सामने के अपवर्तक सतह से बाहर निर्गत होती है। इस प्रयोग को चित्र (3·12) में दर्शाया गया है।

निर्गत किरण को एक पर्दे पर प्राप्त किया जाता है।

पर्दे पर विभिन्न रंगों की एक पट्टी दीखाई पड़ती है। इस पट्टी में सबसे ऊपर लाल (Red) वर्ण होता है तथा सबसे नीचे बैंगनी (Violet) वर्ण होता है। पर्दे पर प्राप्त पट्टी में विभिन्न रंगों (वर्णों) का क्रम नीचे से ऊपर की ओर इस प्रकार होता है– **बैंगनी (Violet), जामुनी (Indigo), नीला (Blue), हरा (Green), पीला (Yellow), नारंगी (Orange) तथा लाल (Red)** जैसा कि चित्र (3·12) में दर्शाया गया है।



चित्र-(3.12) : प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण

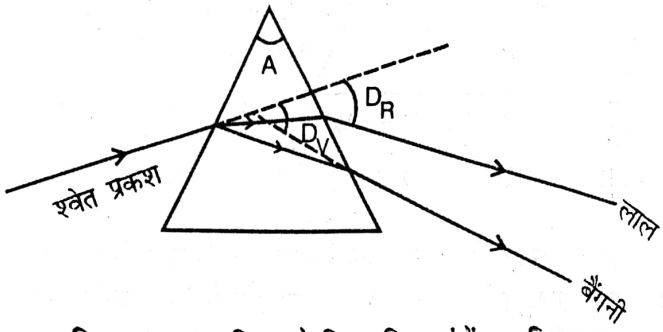
इस क्रम में जामुनी को आसमानी भी कहते हैं। अत: इस वर्णक्रम को आप हिन्दी में **''बैंजानीहपीनाला''** या **''बैआनीहपीनाला''** के रूप में याद कर सकते हैं। इसे अंग्रेजी में **'VIBGYOR'** से याद रख सकते हैं।

इस प्रयोग से स्पष्ट है कि श्वेत प्रकाश में सात अवयवी रंग–बैंगनी, जामुनी, नीला, हरा, पीला, नारंगी तथा लाल होते हैं। जब श्वेत प्रकाश किरण काँच प्रिज्म से निर्गत होती है तब वह अपनी इन सात अवयवी रंगों में विभक्त हो जाती है। इस घटना को **प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण** कहते हैं। विक्षेपण के बाद प्राप्त रंगों के इस क्रम को **स्पेक्ट्रम** (Spectrum) कहते हैं।

''अत: जब श्वेत प्रकाश किरण किसी प्रिज्म से गुजरती है तब वह अपनी सात अवयवी रंगों में विभक्त हो जाती है। प्रकाश के अवयवी रंगों में विभक्त होने की घटना को प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण कहते हैं। विक्षेपण के बाद रंगों को जो बैण्ड प्राप्त होता है उसे स्पेक्ट्रम कहते हैं।

3·10. प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण का कारण *(Cause of Dispersion of Light)* :

मूलत: श्वेत प्रकाश में सात अवयवी रंग होते हैं। प्रत्येक रंगों का तरंगदैर्घ्य अलग-अलग होता है। लाल रंग का तरंगदैर्घ्य सबसे अधिक तथा बैंगनी रंग का तरंगदैर्घ्य सबसे कम होता है। तरंगदैर्घ्य के विभिन्ता के कारण जब श्वेत प्रकाश प्रिज्म से गुजरता है तब इनके अवयवी रंग अलग-अलग कोण से विचलित होते हुए निर्गत होते हैं। सबसे कम लाल रंग का विचलन होता है जबकि सबसे अधिक बैंगनी रंग का विचलन होता है। जैसा कि चित्र (3·13) में दर्शाया गया है।



चित्र-(3.13) : प्रिज्म से भिन्न-भिन्न रंगों का विचलन

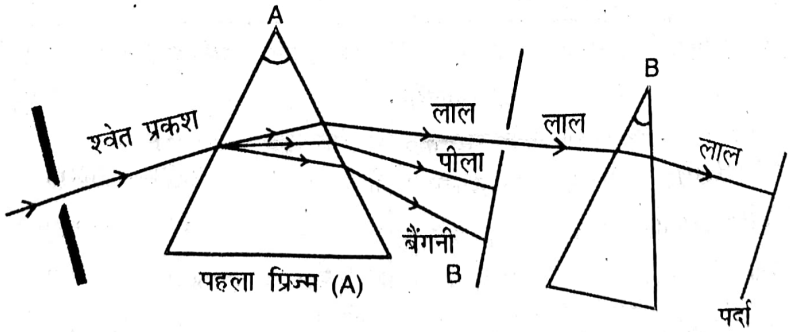
प्रिज्म से अवयवी रंगों का अलग-अलग कोण पर विचलन के कारण श्वेत प्रकाश के अवयवी रंग एक दूसरे से अलग हो जाती है। इससे हमें स्पेक्ट्रम का बैण्ड प्राप्त हो जाता है। यही वर्ण-विक्षेपण का मुख्य कारण हैं।

3·11. श्वेत प्रकाश में केवल सात ही अवयवी रंग हैं :

सर्वप्रथम सर **आइजक न्यूटन** ने सूर्य का स्पेक्ट्रम काँच के प्रिज्म का उपयोग कर प्राप्त किए। अब उन्होंने यह जानने की कोशिश किया कि क्या श्वेत प्रकाश वर्ण-विक्षेपण के बाद प्राप्त अवयवी रंगों में और कोई रंग (वर्ण) होता है या नहीं ? अर्थात् स्पेक्ट्रम के वर्णों (रंगों) को और अधिक वर्णों में विभक्त किया जा सकता है या नहीं ? इसके लिए उन्होंने अपने प्रयोग को आगे बढ़ाया। इन प्रयोगों का वर्णन नीचे किया जाता है।

प्रयोग (a) : इस प्रयोग में श्वेत प्रकाश को प्रिज्म A से गुजारा जाता है इससे वर्ण-विक्षेपण के कारण पर्दे पर स्पेक्ट्रम के सभी रंग प्राप्त होते हैं जिसमें सभी अवयवी रंग 'बैआनिहपीनाला' प्राप्त होता है। जैसा की चित्र (3·14) में दिखाया गया है।

अब इस पर्दे में एक पतली छिद्र बना दी जाती है ताकि इससे केवल एक ही रंग की किरण गुजर सके। पहले प्रिज्म से प्राप्त स्पेक्ट्रम को इस पर्दे पर लिया जाता है। पर्दे को इस प्रकार रखा जाता है कि छिद्र से केवल लाल रंग बाहर आ जाए। अब लाल रंग के किरण को एक-दूसरे प्रिज्म B से गुजारा जाता है। हम पाते हैं कि दूसरे प्रिज्म से गुजरने के बाद लाल वर्ण (रंग) अन्य वर्णों (रंगों) में विभक्त नहीं होता, यह केवल दूसरे प्रिज्म के आधार की ओर मुड़ जाता है। अर्थात् लाल रंग में अन्य कोई रंग नहीं होता है।

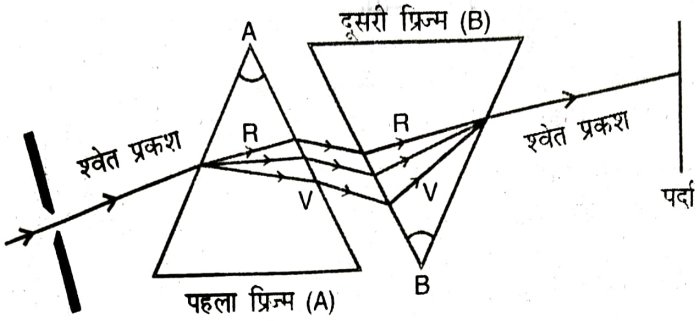


चित्र-(3.14) : अवयवी रंगों को विभक्त करने का प्रयास

इसी प्रकार अन्य अवयवी रंगों के सामने पर्दे के छिद्र को खिसाका कर लाया जाता है जिससे वह खास अवयवी रंग छिद्र से गुजरते हुए दूसरे प्रिज्म से गुजरे। इस प्रयोग से पाया जाता है कि ये अवयवी रंग अन्य रंगों में विभक्त नहीं हो पाते हैं।

इस प्रयोग से यह निष्कर्ष प्राप्त होता है कि श्वेत प्रकाश केवल **सात अवयवी रंगों का मिश्रण है।**

प्रयोग (ii) : आइजक न्यूटन ने एक दूसरा प्रयोग किया जिसे चित्र (3·15) में दर्शाया गया है।



चित्र-(3.15) : श्वेत प्रकाश के स्पेक्ट्रम के वर्णों का पुन: मिलना

इस प्रयोग में प्रिज्म A के सामने एक दूसरा पहले के समान प्रिज्म B उल्टे दिशा में रखा जाता है। B को A के सामने इस प्रकार रखा जाता है कि प्रिज्म A से प्राप्त स्पेक्ट्रम के सभी रंग प्रिज्म B से गुजरे। अब दूसरे प्रिज्म B से श्वेत प्रकाश का किरण-पुंज निर्गत होती है।

इस प्रयोग से निष्कर्ष यह निकलता है कि श्वेत प्रकाश के स्पेक्ट्रम के सभी अवयवी रंगों को पुन: मिला दिया जाय तब वह श्वेत प्रकाश हीं बन जाता है।

इन प्रयोग से न्यूटन यह विचार दिए कि सूर्य सात वर्णों या रंगों से मिलकर बना है। कोई भी प्रकाश जो सूर्य के समान स्पेक्ट्रम देता है, प्राय: श्वेत प्रकाश कहलाता है।

3·12. दृश्य स्पेक्ट्रम के वर्णों का तरंगदैर्ध्य

(Wave Length of Different Colours of Visible Spectrum) :

हमने श्वेत प्रकाश के बनने वाले स्पेक्ट्रम का अध्ययन किया । वास्तव में स्पेक्ट्रम बहुत ही विस्तृत होते हैं। परन्तु आँखें इन्हें देखने में अक्षम होते हैं। आँख जिस स्पेक्ट्रम को देख पाता है उसे **दृश्य स्पेक्ट्रम** कहते हैं। दृश्य स्पेक्ट्रम में सभी वर्णों या रंगों का तरंगदैर्ध्य अलग-अलग होता है। इसमें सबसे अधिक तरंगदैर्ध्य लाल वर्ण का तथा सबसे छोटा तरगदैर्ध्य बैंगनी वर्ण का होता है। दृश्य स्पेक्ट्रम VIBGYOR में लाल वर्ण से बैंगनी वर्ण की ओर बढ़ने पर वर्णों का तरंगदैर्ध्य घटता है।

इनके तरंगदैर्ध्य को सामन्यत: ऐगस्ट्रम (Angstrom) में व्यक्त किया जाता है। 10^{-10} मीटर (m) की लम्बाई को **एक ऐंगस्ट्रम** कहा जाता है तथा इसे अक्षर Å से निरूपित किया जाता है। दृश्य स्पेक्ट्रम के विभिन्न वर्णों का तरंगदैर्ध्य नीचे के सारणी में दिया गया है।

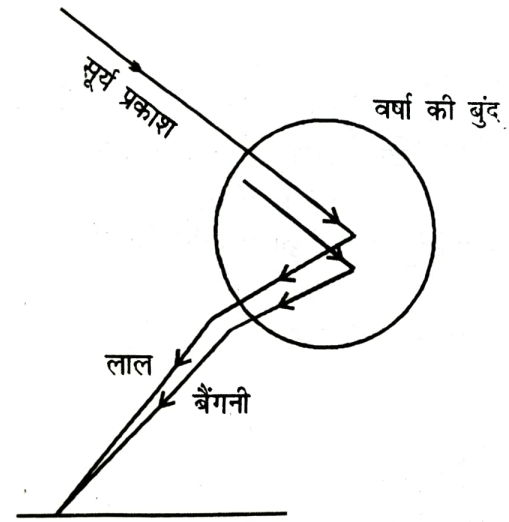
सारण (3·1) विभिन्न वर्णों (रंगों) का तरंगदैर्ध्य

वर्ण (रंग)	तरंगदैर्ध्य (ऐंगस्ट्रम Å में) ($1 Å = 10^{-10}$m)
1. लाल (Red)	7500 — 6400
2. नारंगी (Orange)	6400 — 6000
3. पीला (Yellow)	6000 — 5700
4. हरा (Green)	5700 — 5000
5. नीला (Blue)	5000 — 4600
6. आसमानी या जामुनी (Indigo)	4600 — 4300
7. बैंगनी (Violet)	4300 — 4000

दृश्य स्पेक्ट्रम के वर्णों का तरंगदैर्घ्य 4000 Å से 7500 Å तक होता है। इसमें बैंगनी वर्ण का तरंगदैर्घ्य 4000 Å सबसे कम तथा लाल वर्ण का तरंगदैर्घ्य 7500 Å सबसे अधिक होता है।

7500 Å तरंगदैर्घ्य से अधिक तरंगदैर्घ्य का तथा 4000 Å से कम तरंगदैर्घ्य का भी स्पेक्ट्रम होता है। परन्तु यह मानव नेत्र के लिए अदृश्य होता है। अत: ऐसे स्पक्ट्रमों को **अदृश्य स्पेक्ट्रम (Invisible Spectrum)** कहते हैं। बैंगनी रंग के तरंगदैर्घ्य से कम तरंगदैर्घ्य के स्पेक्ट्रम अर्थात् 4000 Å से कम तरंगदैर्घ्य के स्पेक्ट्रम को **पराबैंगनी स्पेक्ट्रम** (Ultra violet spectrum) कहते हैं। लाल रंग से उच्च तरंगदैर्घ्य के स्पेक्ट्रम अर्थात् 7500 Å से अधिक तरंगदैर्घ्य के स्पेक्ट्रम को **अवरक्त स्पेक्ट्रम** (Infraned spectrum) कहते हैं।

3·13. इंद्रधनुष *(Rainbow)* :



चित्र-(3.16) : इन्द्रधनुष का बनना

इंद्रधनुष एक प्राकृतिक घटना है जो प्रकाश के वर्ण-विक्षेपण के कारण बनता है। बरसात के दिनों में जब हमारे पीठ के पीछे सूर्य उपस्थित हो तथा वर्षा की बूँदों की हल्की फुहार गिर रही हो तब हमारे आँख के सामने आसमान में स्पेक्ट्रम के सभी वर्ण (रंग) की एक रंगीन चाप दिखाई पड़ता है। स्पेक्ट्रम के इस प्रकार आसमान में बने रंग-बिरंगी रंगीन चापों को **इंद्रधनुष** (Rainbow) कहते हैं।

इंद्रधनुष का बनना (Formation of Rainbow) :

सूर्य किरणों का वर्षा के छोटी-छोटी जल बूँदों से प्रकाश के वर्ण-विक्षेपण के कारण इंद्रधनुष बनता है।

जब वायुमण्डल में वर्षा की छोटी-छोटी जल बूंदों पर सूर्य प्रकाश पड़ता है तब जल बूँदे एक काँच प्रिज्म की तरह व्यवहार करती है। जब सूर्य प्रकाश वर्षा की जल बुँदों पर आपतित होती है तब प्रकाश हवा से जल में अपवर्तित होती है। इससे श्वेत प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण होता है। चित्र (3·16)। जल बूँद के सामने के सतह से इनका **पूर्ण आरंतरिक परावर्तन** होता है। अन्त में प्रकाश जल बूँदों से हवा में अपवर्तित होते हुए बाहर आती है।

इस प्रकार जल बूँदों से प्रकाश का दो बार अपवर्तन तथा एक बार पूर्ण आंतरिक परावर्तन के कारण वर्ण-विक्षेपण हो जाता है। वर्ण-विक्षेपण के कारण स्पेक्ट्रम के विभिन्न वर्ण देखने वाले के आँखों पर विभिन्न कोणों पर पहुँचती है। इससे इंद्रधनुष रंगीन चाल के रूप में दिखाई पड़ता है।

3·14. वायुमण्डलीय अपवर्तन *(Atmospheric Refraction)* :

हम यह जानते हैं कि जब प्रकाश विरल माध्यम से सघन माध्यम में जाती है तब अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है तथा सघन से विरल माध्यम में जाती है तब अभिलम्ब से दूर मुड़ जाती है। पृथ्वी के चारों ओर वायु (हवा) होता है जिसे वायुमण्डल कहते हैं और वायु भी एक अपवर्तक माध्यम है। वायुमण्डल में भी प्रकाश का अपर्वतन होता है। यहाँ हम वायुमण्डल के हवा परतों से प्रकाश के अपर्वतन पर विचार करेंगे ।

गर्म वायु का ताप अधिक होता है जबकि ठंडे वायु का ताप कम होता है। गर्म वायु अपने से ठंडे वायु के सापेक्ष हल्का होता है तथा ठंडे वायु के सापेक्ष विरल माध्यम होता है। इस प्रकार ठंडा वायु अपने से गर्म वायु के सापेक्ष घना होता है तथा यह गर्म वायु के सापेक्ष सघन होता है। पृथ्वी के चारों ओर के वायुमण्डल भिन्न-भिन्न तापों वाले वायु परतों से मिलकर बना होता है। जिस वायु परत का ताप अधिक होता है अर्थात् जो परत गरम होता है वह विरल माध्यम होता है। जिस वायु परत का ताप कम होता है अर्थात् जो ठंढा होता है वह वायु परत सघन होता है। इस प्रकार हम मान सकते हैं कि वायुमण्डल के विभिन्न वायु परतों का ताप भिन्न-भिन्न होने के कारण इन परतों का प्रकाशीय घनत्व (Optical density) भिन्न-भिन्न होता है। इससे इन

परतों का अपवर्तनांक (Refractive index) भी भिन्न होता है। **अतः जब प्रकाश भिन्न-भिन्न प्रकाशीय घनत्वों के वायुमण्डलीय परतों से गुजरता है तब प्रकाश का अपवर्तन होता है। इस अपवर्तन को वायुमण्डलीय अपवर्तन कहते हैं।**

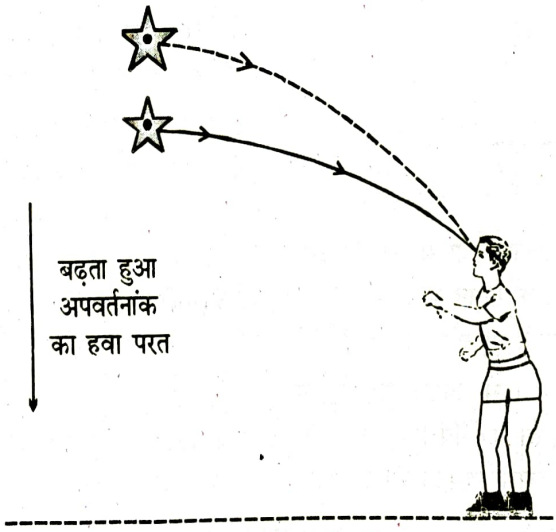
वायुमण्डलीय परतों का ताप भी स्थिर नहीं रहता है। इन परतों का ताप बदलते रहता है जिसके कारण इनका अपवर्तनांक भी बदलते रहता है। **अतः वायुमण्डलीय अपवर्तन स्थायी नहीं होता है बल्कि अस्थायी अपवर्तन होता है।** अस्थायी वायुमण्डली अपवर्तन के कारण बहुत सारी प्राकृतिक घटनाएँ होती रहती हैं।

यहाँ इस बात को आप ध्यान में रखें कि ऊपर का वायु परत विरल तथा नीचे का वायु परत सघन होता है। अर्थात् ऊपर से नीचे आने पर वायु परत क्रमागत रूप से घना होते जाता है।

वायुमण्डली अपवर्तन से सम्बन्धित उदाहरण :

(a) आग के ऊपर झिलमिलाहट दिखना : आपने आग या भट्टी से उठते प्रकाश को देखा होगा। आग के नजदीक का वायु अपने ऊपर की ठंडी वायु की तुलना में अधिक गर्म होती है। अतः आग के समीप वाला गरम वायु दूर वाले वायु से हल्की तथा विरल होती है। ताप परिवर्तन के कारण वायु का अपवर्तनांक स्थायी नहीं होता बल्कि बदलते रहता है। अतः गरम वायु से होकर वस्तु को देखने पर अपवर्तन के कारण वस्तु की आभासी स्थिति परिवर्तित होती रहती है। वस्तु की आभासी स्थिति में परिवर्तन होते रहने के कारण झिलमिलाहट देखी जाती है।

(b) तारों का टिमटिमाना (Twinkiling of Stars) : तारे आकाशीय पिण्ड है जिनसे प्रकाश का उत्सर्जन होते रहता है। साथ-साथ तारे हमसे दूर होते हैं। तारों के प्रकाश के वायुमण्डलीय अपवर्तन के कारण तारे टिमटिमाते नजर आते हैं।



चित्र-(3.17) : तारों का टिमटिमाना

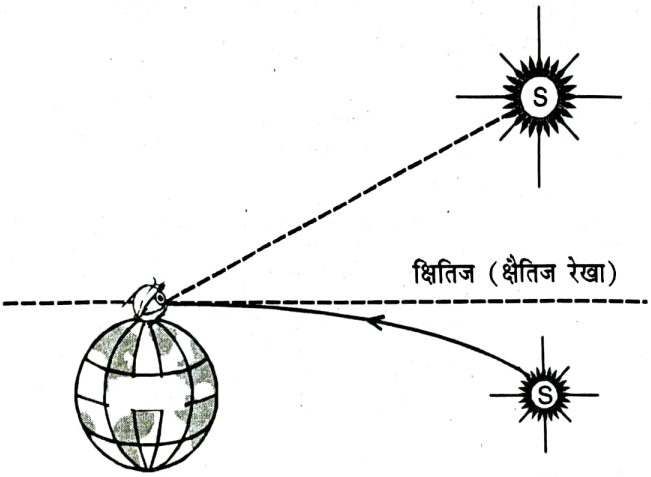
वायुमण्डल में ऊपर से नीचे की ओर आने पर वायुमण्डल के वायु परतों का अपवर्तनांक क्रमागतः घटते जाता है। अतः तारे से नीचे की ओर पृथ्वी की ओर बढ़ने पर हवा परत सघन होती जाती है। जब तारों से निकला प्रकाश वायुमण्डल में प्रवेश करता है तब प्रकाश का अपवर्तन होता है। चूँकि प्रकाश विरल से सघन माध्यम में प्रवेश करता है, अतः यह प्रत्येक अपवर्तन के क्रम में अभिलम्ब की ओर मुड़ जाता है। यह अपवर्तन वायुमण्डल के क्रमिक परतों से होता है। अभिलम्ब की ओर क्रमागत रूप में प्रकाश के मुड़ने के कारण जब प्रकाश आँखों पर पहुँचता है तब तारे की आभासी स्थिति उसकी वास्तविक स्थिति से ऊपर अलग स्थान पर दिखाई पड़ता है। अतः तारे अपने स्थान से ऊँचे स्थान पर दिखाई पड़ता है, चित्र (3·17)।

इसके अतिरिक्त वायुमण्डलीय परतों की भौतिक स्थितियाँ (ताप, अपवर्तनांक) इत्यादि स्थायी नहीं होती बल्कि बदलते रहती है। अतः तारे की आभासी स्थिति भी स्थायी न होकर अपने स्थान से बदलती रहती है। तारे हमसे काफी दूर होते हैं जिसके कारण ये छोटे आकार में दिखाई पड़ते हैं। अर्थात् ये प्रकाश के बिन्दु स्रोत के समान प्रतीत होते हैं। तारों को बिन्दुवत प्रकाश स्रोत मान लिया जाय तब इससे निकलने वाली प्रकाश का

वायुमण्डल से अपवर्तन के कारण इनकी आभासी स्थिति में परिवर्तन होता रहता है। इसके साथ-साथ आँख पर पड़ने वाली प्रकाश कभी अधिक तथा कभी कम होती रहती है। इससे कभी तारे तेज तो कभी धुँधला दिखाई पड़ते हैं। इस प्रकार तारों की आभासी स्थिति बदलने के साथ-साथ कभी तेज कभी धुँधला दिखाई पड़ता है। इसे तारों का **टिमटिमाना** कहते हैं।

(c) ग्रह टिमटिमाते नहीं, क्यों ? : ग्रह हमसे तारों की अपेक्षा काफी नजदीक होते हैं। अत: इसे प्रकाश का बिन्दु स्रोत न मानकर इसे असंख्य बिन्दु स्रोतों का समूह माना जा सकता है। अत: ऐसे असंख्य बिन्दु स्रोतों से हमारे आँख तक पहुँचने वाले प्रकाश के कुल मात्रा में औसत परिवर्तन शून्य होता है। इससे हमारे आँख पर इनके प्रकाश के समान परिमाण की मात्रा पहुँचती है। इसी कारण ग्रह टिमटिमाते नहीं हैं।

(d) सूर्योदय पहले तथा सूर्यास्त बाद तक दिखाई देना : वायुमण्डीय अपवर्तन के कारण वास्तविक सूर्योदय होने के 2 मिनट पहले ही हमें सूर्य दिखाई देने लगता है। इसी प्रकार सूर्यास्त हो जाने के 2 मिनट बाद तक हमें सूर्य दिखाई पड़ता है। यहाँ वास्तविक सूर्योदय का अर्थ है सूर्य का मानव नेत्र के दृष्टि क्षैतिज रेखा को पार कर ऊपर दिखाई पड़ना तथा सूर्यास्त का अर्थ है क्षैतिज रेखा को पार कर नीचे हो जाना।



चित्र-(3.18) : आभासी सूर्योदय तथा सूर्यास्त

सूर्योदय के समय सूर्य से निकली प्रकाश वायुमण्डल के परतों से गुजरता है। ये प्रकाश विरल वायु परत से सघन परत में प्रवेश करती है जिसके कारण अभिलम्ब की ओर झुक जाता है। अत: इस प्रकार से वायुमण्डलीय अपवर्तन के कारण जब सूर्य क्षितिज के नजदीक थोड़ा नीचे ही रहता है तो उसका आभासी स्थिति क्षितिज के ऊपर बन जाता है, चित्र (3·18)। इससे हमें सूर्य अपनी वास्तविक सूर्योदय से दो मिनट पहले ही दिखाई पड़ने लगता है।

इसी प्रकार सूर्यास्त के समय जब सूर्य क्षितिज के नीचे आ जाता है तब भी प्रकाश के वायुमण्डलीय अपवर्तन से सूर्य की आभासी स्थिति क्षितिज के ऊपर दिखाई पड़ती है । अत: वास्तविक सूर्यास्त के दो मिनट बाद तक सूर्य हमें दिखाई पड़ते रहते हैं।

3·15. प्रकाश का प्रकीर्णन *(Scattering of Light)* :

सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय क्षितिज लाल दिखाई पड़ता है जबकि दिन में आसमान हमें नीला दिखाई पड़ता है। सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय सूर्य का लाल दिखना और दिन में आसमान नीला दिखना **प्रकाश का प्रकीर्णन** के कारण होता है।

प्रकाश का प्रकीर्णन क्या है ? पहले हम इसे समझें। प्रकीर्णन का अर्थ छितराना या फैलाना या छिटकना होता है।

अगर हम दिन में किसी टॉर्च को जलाते हैं तब हम टॉर्च से निकलने वाले प्रकाश किरणों को नहीं देख पाते हैं। इसी प्रकार हम दिन में सूर्य से निकलने वाली प्रकाश किरण पथों को नहीं दिख पाते हैं। जबकि हम अपने चारों ओर के वस्तुओं को इसके कारण देख पाते हैं। परन्तु अगर अंधेरे कमरे में किसी छिद्र से प्रकाश प्रवेश करते हुए पहुँचती है तब हम इसके किरणों के गमन पथ को देख पाते हैं। इसी प्रकार किसी घने पेड़ के पत्तों में बनी खाली जगहों से सुबह में आती प्रकाश किरण पथ को देख सकते हैं। हम ऐसे किरण पथों को अलग-अलग

स्थान पर खड़े होकर अलग-अलग दिशाओं से देख सकते हैं। चूँकि प्रकाश सीधी रेखा पथ पर गमन करती है। परन्तु ऊपर के उदाहरण में प्रकाश को हम विभिन्न दिशाओं से देख पा रहे हैं इसका क्या कारण है ?

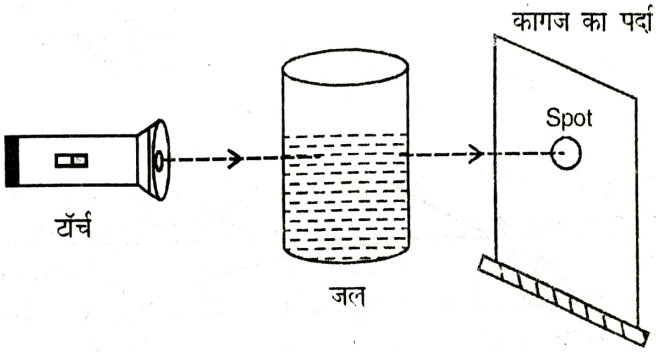
अंधेरे कमरे में धूल-कण, हवा के सूक्ष्म कण तैरते रहते हैं। जब प्रकाश कमरे में किसी छिद्र से प्रवेश करता है तब ये अपने पथ में आने वाले ऐसे सूक्ष्म (छोटे) कणों से टकराती है। इससे प्रकाश का कुछ भाग टकराने के बाद भिन्न-भिन्न दिशा में छितराते हुए चलने लगता है तथा शेष भाग उसी पूर्व दिशा में गमन करता है। कणों से टकराने के बाद भिन्न-भिन्न रेखा पथ पर प्रकाश के गमन करने की घटना को **प्रकाश का प्रकीर्णन** कहते हैं।

जब प्रकाश अपने पथ में आने वाले कणों से टकराती है तब प्रकाश का एक भाग भिन्न-भन्न दिशाओं में छितरा जाता है। इस घटना को प्रकाश का प्रकीर्णन कहते हैं।

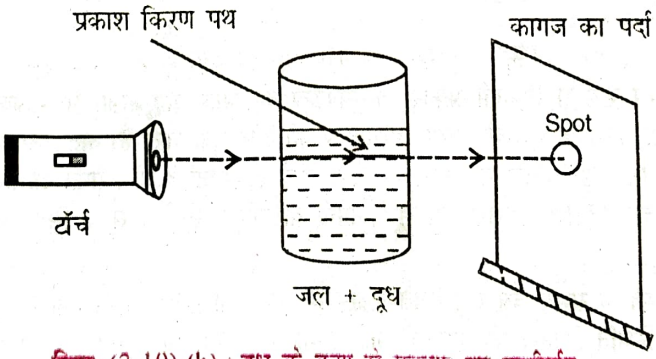
अगर प्रकाश छोटे-छोटे कणों से टकराता है तब प्रकाश के एक भाग का अलग-अलग दिशाओं में प्रकीर्णन होता है तथा शेष भाग सीधी रेखा पथ पर ही गमन करता है। इसकी जाँच के लिए एक प्रयोग करें।

प्रयोग : एक सफेद कागज या दिवाल के सामने स्वच्छ पानी से भरे काँच के बीकर को रखें चित्र [3·19 (a)]।

एक लेंजर टॉर्च या एक पतला प्रकाश देने वाले शक्तिशाली टॉर्च के प्रकाश को पानी से गुजरने दीजिए। इसमें हम प्रकाश का धब्बा केवल कागज के पर्दे पर पाएँगे।



चित्र-(3.19) (a)

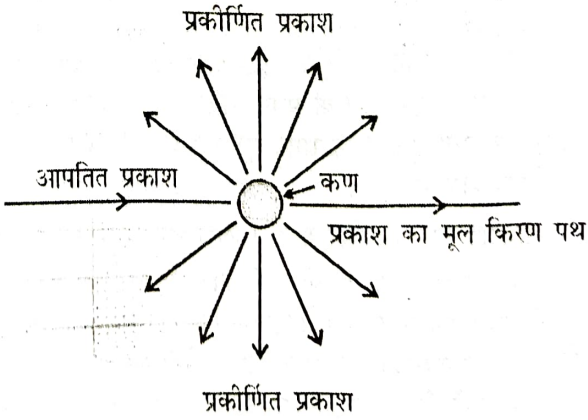


चित्र-(3.19) (b) : दूध के कण से प्रकाश का प्रकीर्णन

जल से गुजरने वाले प्रकाश के पथ को हम नहीं देख पाएँगे।

अब बीकर में रखे गए जल में दूध के कुछ बूँदों को डाल दें। टॉर्च के प्रकाश को पुन: दूध -जल मिश्रण पर डालें। अब आप प्रकाश को पर्दे पर देखेंगे। इसके साथ-साथ बीकर के चारों ओर किसी भी स्थिति से दूध से गुजरने वाले प्रकाश के किरण पथ को देखेंगे।

ऊपर के प्रयोग से स्पष्ट है कि जल में दूध के बूँद मिला दिए जाते हैं, तब जल से गुजरने वाले प्रकाश के पथ में दूध के कण आ जाते हैं।



चित्र-(3.20) : सूक्ष्म कणों से प्रकाश का प्रकीर्णन

दूध के कण प्रकाश का सभी दिशाओं में **प्रकीर्णन** करते हैं, जिससे हम प्रकाश के गमन पथ को देख पाते हैं। किरण पथ को हम इस कारण से देख पाते हैं क्योंकि इनके प्रत्येक बिन्दु से प्रकाश सभी दिशा में प्रकीर्णित होकर हमारे आँख पर पहुँचता है। हम बीकर के चारों ओर किसी भी स्थिति से प्रकाश के किरण पथ को देख पाते हैं। इसका अर्थ है कि प्रकाश के एक भाग का दूध कणों द्वारा सभी दिशाओं में प्रकीर्णन होता है। प्रकाश का शेष भाग अपने मूल सीधी रेखा पथ पर चलते हुए कागज के पर्दे पर पहुँचता है तथा पर्दे पर धब्बा (spot) बनाता है। किसी कण द्वारा प्रकाश के प्रकीर्णन पथ को चित्र (3·20) में दर्शाया गया है।

3·16. टिंडल प्रभाव *(Tyndall Effect)* :

किसी माध्यम में छोटे-छोटे कण लटके हों या तैर रहे हों तब उसे **कोलॉइड** (Colloid) कहते हैं। दूध एक कोलॉइड है जिसमें छोटे-छोटे कण जल में तैरते हैं। धुँआ भी कोलॉइड है। इसी प्रकार कुहासा या कुहरा भी कोलॉइड है जिसमें हवा में पानी की सूक्ष्म बूँदे तैरती रहती हैं। इसी प्रकार वायुमण्डल भी कोलॉइड है जिसमें धुँआ, जल की सूक्ष्म बूँदे, धूल-कण तथा वायु के अणु सम्मलित होते हैं। जब प्रकाश किसी कोलॉइड मिश्रण से गुजरती है तब कोलॉइडी कणों से प्रकाश का सभी दिशाओं में प्रकीर्णन होता है। इस घटना को सर्वप्रथम टिंडल ने दर्शाया । अत: इसे **टिंडल का प्रभाव** कहते हैं।

अत: कोलॉइडी मिश्रण के कणों द्वारा प्रकाश के प्रकीर्णन की घटना को टिंडल का प्रभाव कहते हैं।

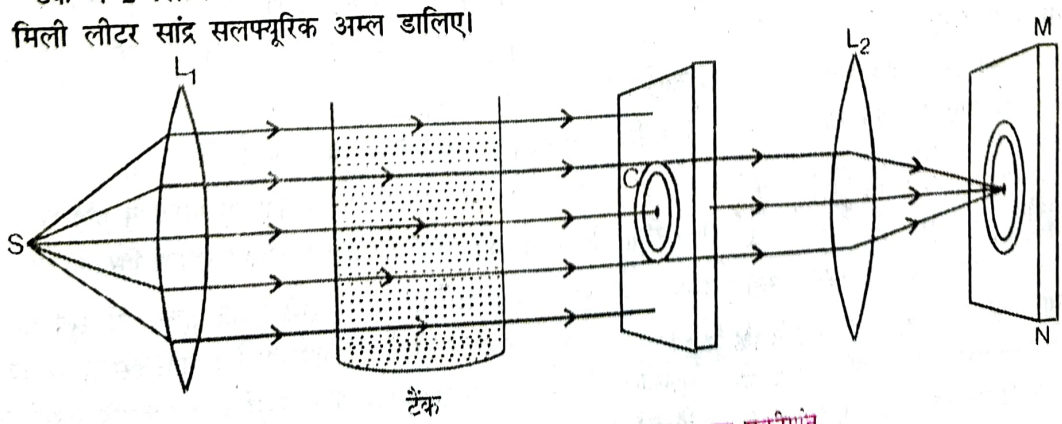
3·17. विभिन्न रंगों के प्रकाश का प्रकीर्णन *(Scattering of Light of Different Colours of Light)* :

प्रकीर्णित प्रकाश का रंग (वर्ण) प्राकीर्णन करने वाले कण के आकार (Size) पर निर्भर करता है। छोटे आकार के कण अधिक तरंगदैर्घ्य के प्रकाश की अपेक्षा छोटे तरंगदैर्घ्य के प्रकाश को अधिक प्रकीर्णित करते हैं। जबकि बड़े आकार के कण छोटे तरंगदैर्घ्य के प्रकाश की अपेक्षा बड़े तरंगदैर्घ्य के प्रकाश को अधिक प्रकीर्णित करते हैं। अगर प्रकीर्णन करने वाले कण का आकार बहुत अधिक हो तो वह सभी तरंगदैर्घ्य के प्रकाश को समान रूप में प्रकीर्णित करता है।

सारणी **3·1,** में नीले रंग के तरंगदैर्घ्य कम है। अत: सूक्ष्म छोटे कणों से नीले रंग का प्रकीर्णन अधिक होगा। इसी प्रकार नीले रंग की अपेक्षा लाल रंग का तरंगदैर्घ्य अधिक है। अत: लाल रंग का प्रकीर्णन छोटे कणों से कम होगा। अत: स्पष्ट है कि **छोटे कण नीले रंग के प्रकाश को अधिक प्रकीर्णित करते हैं जबकि बड़े आकार के कण लाल रंग के प्रकाश को अधिक प्रकीर्णित** करते हैं। भिन्न-भिन्न रंगों के कणों के द्वारा प्रकीर्णन नीचे के प्रयोग से रेखा जा सकता है।

प्रयोग : इस प्रयोग के व्यवस्था को चित्र (3.21) में दर्शाया गया है। इसे एक तेज प्रकाश देने वाला प्रकाश स्रोत S के सामने उत्तल लेंस L_1 को इस प्रकार रखा जाता है कि इसका फोकस प्रकाश स्रोत S पर हो। प्रकाश स्रोत से निकलने वाला प्रकाश जब लेंस से गुजरेगा तो आपस में समाहित हो जाएगा। अब उत्तल लेंस (L_1) के आगे स्वच्छ जल से भरा काँच का टैंक रखें। बीकर के आगे एक सफेद कूट का पर्दा रखें जिसमें एक वृत्ताकार छेद C बना हो। इसके पीछे दूसरा उत्तल लेंस (L_2) रखकर छेद C का प्रतिबिम्ब पर्दे MN पर प्राप्त करें।

टैंक में 2 लिटर स्वच्छ जल लेकर 200 ग्राम सोडियम थायोसल्फेट (हाइपो) घोलिए । जल में एक से दो मिली लीटर सांद्र सलफ्यूरिक अम्ल डालिए।



चित्र-(3.21) : कोलॉइडल [illegible] से प्रकाश का प्रकीर्णन

अब आप घोल से प्राप्त होने वाले रंग का अवलोकन कीजीए।

लगभग 2-3 मिनट के बाद आप सल्फर के सूक्ष्म कणों को अवक्षेपित होते देखेंगे। जैसे ही सल्फर के कण बनना प्रारंभ होते हैं, टैंक में स्रोत की ओर से तीन चौथाई भागों से नीला प्रकाश दिखाई पड़ता है। वास्तव में घोल में बने सल्फर के छोटे कणों (कोलॉइडल) से कम तरंगदैर्घ्य के नीले प्रकाश का प्रकीर्णन के कारण हमें नीला रंग दिखाई पड़ता है। अब वृत्ताकार छेद C की ओर से टैंक के चौथाई भाग से गुजरने वाले प्रकाश को देखिए। इस भाग से निकलने वाले प्रकाश का रंग काफी रोचक होता है। पर्दे पर पहले **नारंगी-लाल** और फिर चमकीला किरमिजी-लाल रंग दिखाई पड़ता है।

ऐसा क्यों होता है ? जब घोल से प्रकाश पार करता है तब सबसे पहले लघु तरंगदैर्घ्य का प्रकाश सल्फर के छोटे कणों से प्रकीर्णित हो जाता है। अधिक तरंग के प्रकाश इन छोटे कणों से प्रकीर्णित नहीं होता है बल्कि आगे सीधी रेखा पथ पर गमन करता है। घोल के चौथे भाग से अधिक तरंग के (प्रकाश जैसा लाल तथा नारंगी रंग) का प्रकीर्णन नगण्य होता है जिससे ये घोल से बाहर आ जाते हैं।

इस प्रयोग से हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि लघु कणों से कम तरंगदैर्घ्य के प्रकाश का प्रकीर्णन अधिक होता है। इस आधार पर हम कुछ प्राकृति परिघटनाओं की व्याख्या कर सकते हैं।

(a) स्वच्छ आकाश का रंग नीला दिखना : पृथ्वी के वायुमण्डल में बहुत प्रकार के सूक्ष्म कण होते हैं– जैसे– धुआँ, जल की सूक्ष्म बूँदे, धूल-कण तथा वायु के अणु। इन कणों का आकार काफी छोटे होते हैं। सूर्य–प्रकाश को वायुमण्डल से होते हुए पृथ्वी पर आना होता है। सूर्य-प्रकाश जब वायुमण्डल से गुजरता है तब इसके लघु तरंग के नीले प्रकाश का प्रकीर्णन वायुमण्डल के सूक्ष्म कणों से ज्यादा होता है। प्रकीर्णित हुआ नीला प्रकाश हमारे नेत्रों में प्रवेश करता है। अत: हमें आकाश नीला दिखाई पड़ता है।

परंतु कुछ बड़े शहरों के ऊपर वायुमण्डल में प्रदुषण के कारण अधिक आकार के कण होते हैं। अत: छोटे कणों की अपेक्षा ये बड़े कण दूसरे रंगों के प्रकाश का प्रकीर्णन करते हैं। अत: प्रकीर्णित प्रकाश में नीले रंग के साथ अन्य रंग के प्रकाश भी उपस्थित रहते हैं । अत: स्वच्छ आकाश की तुलना में ऐसे शहरों का आकाश थोड़ा कम नीला दिखता है।

(b) अंतरिक्षयात्रियों को आकाश काला दिखता है : पृथ्वी के नजदीक वायुमण्डल में विभिन्न प्रकाश के सूक्ष्म कण होते हैं । परंतु पृथ्वी से काफी दूर वायुमण्डल में ऐसे कण नहीं होते हैं। इसके कारण अत्यधिक ऊँचाई पर के वायुमण्डल से प्रकाश का कोई प्रकीर्णन नहीं होता है। अत: अत्यधिक ऊँचाई पर उड़ते यात्रियों (अंतरिक्ष यात्रियों) को आकाश काला दिखाई पड़ता है।

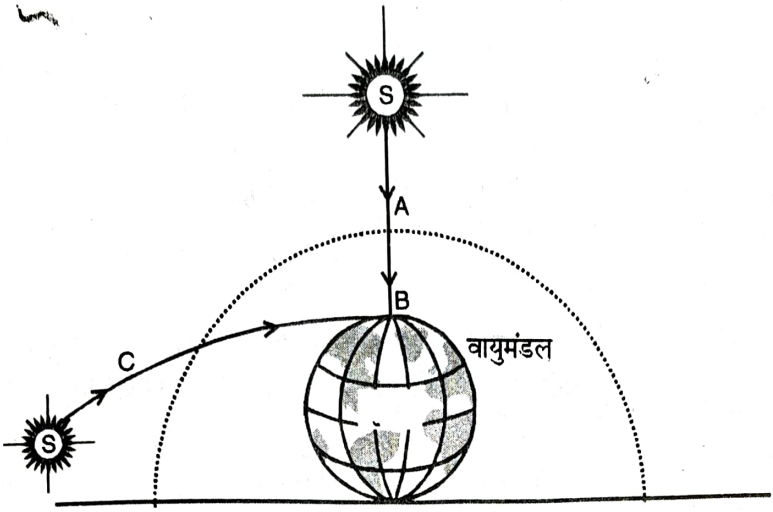
(c) बादल का रंग सफेद दिखता है : बादलों में जल के बड़े बूँद होते हैं। प्रकाश का प्रकीर्णन कणों के आकार पर निर्भर करता है। बादल के बड़े जल बूँदों द्वारा सभी रंगों के प्रकाश का प्रकीर्णन समान रूप से होता है। अत: बादल हमें सफेद दिखाई पड़ता है।

(d) 'खतरे' के संकेत (सिग्नल) का प्रकाश लाल रंग का होता है : लाल रंग का तरंगदैर्घ्य दृश्य स्पेक्ट्रम के अन्य रंगों की अपेक्षा सबसे अधिक होता है, अत: इसका सूक्ष्म कणों से प्रकीर्णन सबसे कम होता है। लाल रंग के कम प्रकीर्णन होने के कारण लाल रंग कुहरे या धुँए इत्यादि को पार कर दूर तक जा सकता है। अत: संकेत को दूर से देखने पर लाल ही दिखाई देता है।

अत: लाल रंग का प्रयोग खतरे के संकेत (सिग्नल) के रूप में किया जाता है।

(e) सूर्योदय तथ सूर्यास्त के समय सूर्य का लाल दिखना : सूर्य का रंग दिन में परिवर्तन होते रहता है। सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय सूर्य लाल तथा दोपहर में अपनी वास्तविक रंग अर्थात् सफेद दिखता है।

दोपहर के वक्त सूर्य लगभग हमारे ठीक ऊपर होता है। अत: अन्य समयों की तुलना में सूर्य-प्रकाश वायुमण्डल की सबसे **कम दूरी** AB (चित्र–3·22) तय कर हमारे आँखों तक पहुँचता है । अत: इस समय प्रकाश कम-से-कम वायुमण्डली या कणों से गुजरता है जिससे इसका प्रकीर्णन भी कम-से-कम होता है। इससे सूर्य अपनी वास्तविक रंग में अर्थात् सफेद दिखाई पड़ता है।



चित्र-(3.22) : दोपहर सूर्य का सफेद तथा सूर्योदय और सूर्यास्त के समय लाल दिखना

सूर्योदय तथा सूर्यास्त के वक्त सूर्य-प्रकाश वायुमण्डल के सबसे **अधिक दूरी** CB [चित्र (3·22)] तय करके हमारे आँखों तक पहुँचता है। अत: सूर्य-प्रकाश को वायुमण्डल के अधिक संख्या के सूक्ष्म कणों को पार करना पड़ता है। इससे कम तरंगदैर्घ्य के नीले प्रकाश सबसे ज्यादा प्रकीर्णित हो जाते हैं। अधिक तरंगदैर्घ्य के लाल रंग का प्रकीर्णन सबसे कम होता है। अत: कम प्रकीर्णित लाल रंग अधिक दूरी तय कर हमारे आँखों तक पहुँचता है। इसके कारण सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय सूर्य लाल दिखाई पड़ता है।

मुख्य बिन्दु *(Important Points)*

1. समंजन क्षमता : नेत्र की वह क्षमता जिसके कारण वह अपनी फोकस दूरी को समायोजित करके निकट तथा दूरस्थ वस्तुओं को फोकसित कर लेता है, नेत्र की समंजन क्षमता कहलाता है।
2. स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी : वह अल्पतम दूरी जिसपर रखी वस्तु को नेत्र बिना किसी तनाव को स्पष्ट देख सकता है उसे **स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी** कहते हैं। इस नेत्र को **निकट बिन्दु** (near point) भी कहते हैं।

   सामान्य नेत्र के लिए इसका मान **25 cm** भी होता है।
3. दूर बिन्दु : मानव नेत्र बिना किसी तनाव के जितनी अधिकतम दूरी पर स्थित वस्तु को देख सकता है उसे मानव नेत्र की **दूर बिन्दु** कहते हैं।

   सामान्यत: मानव नेत्र अनंत पर स्थित वस्तु को देख पाता है।
4. मानव नेत्र के सामान्य तौर पर दोष तथा उसका उपचार :

   (i) निकट दृष्टि दोष : मानव नेत्र का वह दोष जिसके कारण वह दूरस्थ वस्तुओं को नहीं देख पाता है। **निकट दृष्टि दोष** कहलाता है।

   यह नेत्र लेंस के फोकस दूरी घटने अथवा लेंस तथा रेटिना के बीच की दूरी बढ़ने के कारण उत्पन्न होता है।

   इसका उपचार आवश्यक फोकस दूरी के **अवतल लेंस** से किया जाता है।

   (ii) दीर्घ दृष्टि दोष : मानव नेत्र का वह दृष्टि दोष जिसके कारण नजदीक स्थित वस्तुओं को वह स्पष्ट नहीं देख पाता है, **दीर्घ दृष्टि दोष** कहलाता है।

   यह नेत्र लेंस की फोकस दूरी बढ़ जाने अथवा नेत्र लेंस तथा रेटिना के बीच की दूरी घट जाने के कारण होता है।

   इसका उपचार आवश्यक फोकस दूरी के **उत्तल लेंस** से किया जाता है।

(iii) जरा दृष्टि दोष : बुढ़ापे में उत्पन्न वह दोष जिससे नजदीक तथा दूरस्थ दोनों ही वस्तु स्पष्ट नहीं दिखाई पड़ती **जरा दृष्टि दोष** कहलाती है।

यह दोष नेत्र लेंस की **प्रत्यास्थता** (Elasticity) खो जाने से और सिलियरी मांसपेशियों की समंजन **क्षमता** (Accomodation power) घट जाने के कारण उत्पन्न होता है।

इसका उपचार **बायफोकल** (Bifocal) लेंस से किया जाता है।

(iv) अबिन्दुकता : यह दोष नेत्र लेंस के गोलक के वक्रता त्रिज्या असमान हो जाने के कारण उत्पन्न होता है। इसका उपचार **गोलीय बेलनाकार लेंस** से किया जाता है।

5. प्रिज्म से प्रकाश का अपवर्तन : जब कोई प्रकाश किरण किसी प्रिज्म के आमने-सामने से अपवर्तक सतहों से होते हुए अपवर्तित होती है तब आपतित किरण पथ तथा निर्गत किरण पथ के बीच एक कोण बनता है जिसे विचलन कोण कहते हैं।

6. वर्ण विक्षेपण तथा स्पेक्ट्रम : जब श्वेत प्रकाश किसी प्रिज्म से अपवर्तित होती है तब वह अपनी सात अवयवी रंगों (बैंजानहिपीनाला) में विभक्त हो जाता है।

इस घटना को प्रकाश का **वर्ण-विक्षेपण** कहते हैं। विक्षेपण के बाद रंगों का जो बैण्ड प्राप्त होता है उसे **स्पेक्ट्रम** कहते हैं।

वर्ण-विक्षेपण श्वेत प्रकाश में सात अवयवी रंगों के होने के कारण उत्पन्न होता है।

स्पेक्ट्रम के सात अवयवी रंगों को मिलाने पर पुनः श्वेत प्रकाश प्राप्त होता है।

दृश्य स्पेक्ट्रम में लाल रंग का तरंगदैर्घ्य सबसे अधिक तथा बैंगनी रंग का तरंगदैर्घ्य सबसे कम होता है।

7. इंद्रधनुष : वर्षा के जल-बूँदों से दो बार **अपवर्तन** तथा एक बार **पूर्ण आंतरिक परावर्तन** के साथ **वर्ण-विक्षेपण** के कारण बनता है।

8. वायुमण्डलीय अपवर्तन के कारण तारे **टिमटिमाते** हैं तथा सूर्योदय वास्तविक सूर्योदय से पहले तथा सूर्यास्त वास्तविक सूर्यास्त के बाद तक दिखाई पड़ता है।

9. प्रकाश का प्रकीर्णन : जब श्वेत प्रकाश अति सूक्ष्म कणों से टक्कराती हैं तब उसका अधिकांश भाग विभिन्न दिशाओं में छितरा जाता है। इस घटना को **प्रकाश का प्रकीर्णन** कहते हैं।

छोटे कण से अधिक तरंगदैर्घ्य के लाल वर्ण की अपेक्षा लघु तरंगदैर्घ्य के नीले रंग का प्रकीर्णन अधिक होता है।

10. वायुमण्डलीय कणों से प्रकाश के प्रकीर्णन के कारण आकाश का रंग नीला दिखता है। इसके कारण ही सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय सूर्य लाल प्रतीत होता है।

आंकिक उदाहरण

1. निकट दृष्टि दोष का कोई व्यक्ति 1.2 m से अधिक दूरी पर रखी वस्तुओं को सुस्पष्ट नहीं देख सकता है। इस दोष को दूर करने के लिए प्रयुक्त संशोधक लेंस (आवश्यक लेंस) किस प्रकार का होना चाहिए ? (Text Book Question)

हल : प्रश्न से, निकट दृष्टिदोष वाला व्यक्ति अधिक-से-अधिक 1·2 m पर स्थित वस्तुओं को देख सकता है। जबकि 1·2 m के बाहर के वस्तुओं को नहीं देख पाता है।

अतः नेत्र की दूर बिन्दु 1·2 m पर है। चूँकि सामान्य नेत्र अनंत पर के वस्तुओं को देख लेता है। अतः 1·2 m से दूर स्थित वस्तुओं (वस्तु अनंत पर हो) को देखने के लिए एक ऐसे लेंस का उपयोग करना पड़ेगा जो अनंत पर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब 1·2 m पर बना दे। इस आवश्यक लेंस की फोकस दूरी तथा प्रकृति निम्न गणना से ज्ञात किया जा सकता है।

$\because \quad u = \infty$ तथा $v = -1{\cdot}2\,\text{m} \quad \therefore \quad f = ?$

$\because \quad \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad \therefore \quad \frac{1}{-1\cdot 2} - \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{f}$

$\therefore \quad f = -1\cdot 2\ \text{m}$

यहाँ f का मान ऋणात्मक है, अत: आवश्यक लेंस **अवतल** (Concave) या **अपसारी** होनी चाहिए।

$$\text{लेंस की क्षमता} = \frac{1}{f} = \frac{1}{-1\cdot 2} = \mathbf{-0\cdot 82\ D}$$

अत: **1·2 m** फोकस दूरी या **0·82 D** क्षमता की **अवतल** लेंस इसके लिए संशोधक लेंस होगा।

2. किसी निकट दृष्टि दोष से पीड़ित व्यक्ति का दूर बिन्दु नेत्र के सामने 80 सेमी दूरी पर है। इस दोष को संशोधित (उपचार) करने के लिए आवश्यक लेंस की प्रकृति तथा क्षमता क्या होगी ?

(Text Book Exercise)

हल : प्रश्न से, निकट दृष्टि दोष की दूर बिन्दु की दूरी 80 सेमी है ।

अत: जब $u = -\infty$, $v = -80$ सेमी $\qquad \therefore \quad f = ?$

$\frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad \therefore \quad \frac{1}{-80} - \frac{1}{-\infty} = \frac{1}{f}$

$f = -80\ \text{cm}$

यहाँ ऋणात्मक चिह्न यह दर्शाता है कि संशोधक लेंस अवतल होगा।

$$\text{इसकी क्षमता } P = \frac{100}{f} = -\frac{100}{80} = \mathbf{-1\cdot 25\ D}$$

अत: इसके उपचार के लिए **1·25 D** का **अवतल लेंस** का उपयोग करना होगा।

3. एक निकट दृष्टि दोष वाला व्यक्ति 20 सेमी से अधिक दूरी पर बने प्रतिबिम्बों को नहीं देख सकता है। 25 सेमी पर रखे अक्षरों को पढ़ने के लिए उसे कितनी क्षमता के लेंस की आवश्यकता होगी ।

हल : व्यक्ति ऐसे लेंस का व्यवहार करेगा जिससे 25 सेमी दूर वाली वस्तु आँख को 20 सेमी पर प्रतीत होगा।

अत: $u = -25$ सेमी; $\quad v = -20$ सेमी $\qquad f = ?$

$\because \quad \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f} \qquad \therefore \quad \frac{1}{-20} - \frac{1}{-25} = \frac{1}{f}$

या, $\quad -\frac{1}{20} + \frac{1}{25} = \frac{1}{f} \qquad$ या, $\quad \frac{-5+4}{100} = \frac{1}{f}$

$\therefore \quad f = -100$ सेमी $= -1$ मी

यहाँ ऋणात्मक चिह्न दर्शाता है कि लेंस अवतल है। इस लेंस की क्षमता $P = \frac{1}{f} = \frac{1}{-1} = \mathbf{-1\ D}$

4. एक दीर्घ दृष्टि दोष वाला व्यक्ति वस्तुओं को 60 सेमी की दूरी पर स्पष्ट देख सकता है। 25 सेमी की दूरी पर वस्तुओं को देखने के लिए लेंस किस फोकस-दूरी का होगा ?

हल : दीर्घ दृष्टि-दोष वाला व्यक्ति नजदीक के वस्तुओं को नहीं देख पाता है।

प्रश्न से दीर्घ दृष्टि-दोष वाला व्यक्ति 60 सेमी से कम दूरी के वस्तु को नहीं देख पाता है।

अत: इसके उपचार के लिए ऐसे लेंस का व्यवहार करना होगा जो 25 सेमी की वस्तु का प्रतिबिम्ब 60 सेमी पर बना दें।

अर्थात्, $u = -25$ सेमी $v = -60$ सेमी तब, $f = ?$

$$\because \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u} \qquad \therefore \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{-60} - \frac{1}{-25} = \frac{-5+12}{300} = \frac{7}{300}$$

$$\therefore \quad f = \frac{300}{7} = +42\frac{6}{7} \text{ सेमी}$$

$$\text{लेंस की शक्ति } P = \frac{100}{f} = \frac{100}{+\frac{300}{7}} = +\frac{7}{3} = \mathbf{+2 \cdot 3\ D}$$

फोकस-दूरी का चिह्न धनात्मक होना स्पष्ट करता है कि लेंस उत्तल है।

5. एक दीर्घ दृष्टि दोषयुक्त नेत्र का निकट बिन्दु 1m है। इस दोष को संशोधित करने के लिए आवश्यक लेंस की क्षमता क्या होगी ? यह मान लीजिए की सामान्य नेत्र का निकट बिन्दु 25 cm है।

(Text Book Exercise)

हल : **प्रश्न से दीर्घ दृष्टि वाले नेत्र की निकट बिन्दु 1 m है।**

अर्थात् यह नेत्र 1 m से कम दूरी वाले वस्तुओं को नहीं देख पाएगा। जबकि सामान्य नेत्र 25 cm के वस्तु को देख पाता है।

अत: इसके उपचार के लिए एक ऐसे लेंस का व्यवहार करना होगा जो 25 cm पर स्थिति वस्तु का प्रतिबिम्ब 1 m पर बना दे।

$\because \quad u = \infty$ तथा $v = -1 \cdot 2$ m $\quad \therefore \quad f = ?$

अर्थात्, $u = -25$ सेमी

$v = -1$ m $= -100$ cm

तब $f = ?$ $\quad \because \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{v} - \frac{1}{u}$

$$\therefore \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{-100} - \frac{1}{-25} = \frac{-1+4}{100} = \frac{3}{100}$$

$$\therefore \quad f = +100/3 \text{ cm}$$

$$\therefore \quad \text{क्षमता } P = \frac{100}{f} = \frac{100}{+\frac{100}{3}} = \mathbf{+3\ D}$$

यहाँ धनात्मक चिह्न यह दर्शाता है कि लेंस उत्तल होगा जिसकी क्षमता + 3 D होगी ।

6. किसी व्यक्ति को अपनी दूर की दृष्टि को संशोधित करने के लिए – 5·5 डाइऑप्टर क्षमता के लेंस की आवश्यकता है। अपनी निकट की दृष्टि को संशोधित करने के लिए उसे + 1·5 डाइऑप्टर क्षमता के लेंस की आवश्यकता है। संशोधित करने के लिए आवश्यक लेंस की फोकस दूरी क्या होगी– (i) दूर की दृष्टि के लिए (ii) निकट की दृष्टि के लिए ।

(Text Book Exercise)

हल : **(i) दूर की दृष्टि के लिए**

लेंस की क्षमता $P = -5 \cdot 5$ D

$$\therefore \quad \text{लेंस की फोकस दूरी } f = \frac{1}{P} = \frac{1}{-5 \cdot 5} = \mathbf{-0 \cdot 18\ m}$$

(ii) निकट दृष्टि के लिए

लेंस की शक्ति $P = +1 \cdot 5$ D

$$\therefore \quad f = \frac{1}{P} = \qquad = \mathbf{0 \cdot 67\ m}$$

7. एक सामान्य नेत्र के नेत्र लेंस की शक्ति की गणना करें जब (i) दूर बिन्दु (अनंत) के लिए तथा (ii) निकट बिन्दु (आँख से 25 सेमी) के लिए फोकस होता है। यह मान लें कि नेत्र लेंस की रेटिना से दूरी 2·5 सेमी है।

हल (i) जब वस्तु अनंत पर हो तब प्रतिबिम्ब इसके फोकस ($v = f$) पर बनता है। अर्थात् प्रतिबिम्ब रेटिना पर बनता है।

$\therefore \quad f = 2 \cdot 5 \text{ cm}$

$\therefore$ नेत्र लेंस की शक्ति $P = \frac{1}{f} = \frac{100}{2 \cdot 5} = 40 \text{ D}$

(ii) इस स्थिति में 25 cm के वस्तु का प्रतिबिम्ब लेंस द्वारा रेटिना पर अर्थात् 2·5 cm पर बनता है।

अर्थात् $u = -25 \text{ cm}, \quad v = +2 \cdot 5 \text{ cm} \quad f = ?$

$\because \quad \frac{1}{v} - \frac{1}{u} = \frac{1}{f}$

$\frac{1}{+2 \cdot 5} - \frac{1}{-25} = \frac{1}{f} \qquad \therefore \quad \frac{1}{f} = \frac{+10+1}{25} = \frac{11}{25}$

$\therefore \quad f = \frac{25}{11} \text{ cm} \qquad \therefore$ शक्ति $P = \frac{100}{f} = \frac{100}{25/11} = 44 \text{ D}$

अभ्यासार्थ प्रश्नमाला : 3

☞ (क) वस्तुनिष्ठ प्रश्न :

सही उत्तर में चिह्न लगावें :

1. आँख के गोले के सामने की बीचवाली पारदर्शी परत को कहते हैं– [Board 2008 A]

(a) कॉर्निया (b) आइरिस (c) रेटिना (d) तंत्रिका (स्नायु)

2. मानव नेत्र की पुतली के आकार को नियंत्रण करनेवाला होता है– [Board 2007 A]

(a) कॉर्निया (b) आइरिस (c) सिलियरी पेशियाँ (d) इनमें से कोई नहीं

3. मनुष्य की आँखें वस्तु की प्रतिबिम्ब निम्नलिखित में से किस भाग पर बनाती है। [NCERT]

(a) कॉर्निया (b) परितारिका (c) पुतली (d) रेटिना (दृष्टि पटल)

4. मानव नेत्र के रेटिना में शंकुरूपी सेल प्रतिक्रिया दिखातें हैं– [Board 2004 A]

(a) प्रकाश की तीव्रता की (b) प्रकाश के वर्ण की

(c) प्रकाश के अपवर्तन की (d) प्रकाश के चाल की

5. मानव नेत्र अभिनेत्र लेंस की फोकस दूरी को समायोजित करके विभिन्न दूरियों पर रखी वस्तुओं को फोकसित कर सकता है। ऐसा हो पाने का कारण है– [NCERT]

(a) जरा दूरदृष्टिता (b) समंजन (समंजन क्षमता)

(c) निकट-दृष्टि (d) दीर्घ दृष्टि

6. सामान्य आँख के रेटिना (दृष्टिपटल) पर बननेवाला प्रतिबिम्ब–

(a) आभासी और सीधा होता है (b) वास्तविक और सीधा होता है,

(c) वास्तविक और उलटा होता है (d) आभासी और उलटा होता है

7. सामान्य नेत्र के लिए स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी होती है। [Board 07A 2012 A]

(a) 10 cm (b) 15 cm (c) 20 cm (d) 25 cm

8. सामान्य नेत्र के लिए दूर बिन्दु होता है--

(a) 25 cm पर (b) 30 cm पर (c) अनंत पर (d) 10 cm पर

9. निकट दृष्टि वाला आँख साफ-साफ देख सकता है-

(a) निकट की वस्तुओं को (b) दूर की वस्तुओं को

(c) निकट तथा दूर दोनों वस्तुओं को (d) केवल बड़ी वस्तु को

10. निकट दृष्टिवाला नेत्र अधिक-से-अधिक जिस दूरी के वस्तु को स्पष्ट देख पाता है उसे कहते हैं-

(a) निकट बिन्दुओं की दूरी (b) दूर बिन्दु की दूरी

(c) स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी (d) अबिन्दुकता

11. निकट दृष्टि दोष के उपचार के लिए उपयोग किया जाता है- [Board 2011 S]

(a) उत्तल लेंस (b) अवतल लेंस (c) बाइफोकल लेंस (d) गोलीय बेलनाकार लेंस

12. किस दृष्टि दोष के निवारण के लिए अवतल लेंस का प्रयोग किया जाता है- [Board 2005 A]

(a) दीर्घ दृष्टि (b) निकट दृष्टि (c) अबिन्दुता (d) जरा-दूर दृष्टि

13. निकट दृष्टिवाले मनुष्य के चश्मों में होता है- [Board 2003 A]

(a) उत्तल लेंस (b) अवतल लेंस (c) बेलनाकार लेंस (d) समतलोत्तल लेंस

14. दीर्घ दृष्टिवाली आँख साफ-साफ देख सकती है-

(a) दूर की वस्तुओं को (b) निकट की वस्तुओं को

(c) बड़ी वस्तुओं को (d) केवल छोटी वस्तुओं को

15. दीर्घ दृष्टि [illegible] कम जिस दूरी के वस्तु को देख सकता है उसे कहते हैं-

(a) दूर बिन्दु (b) निकट बिन्दु

(c) स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी (d) अबिन्दुकता

16. दीर्घ दृष्टि-दोष दूर करने के लिए चश्में में प्रयोग किया जाता है- [Board 2001 S]

(a) उत्तल दर्पण (b) उत्तल लेंस (c) समतल दर्पण (d) अवतल लेंस

17. जरा दृष्टि दोष को दूर करने के लिए काम में लाया गया लेंस होता है-

(a) उत्तल (b) अवतल (c) बेलनाकार (d) बाइफोकल (द्विफोकसी)

18. किसी प्रिज्म से गुजरने के बाद प्रकाश किरण-

(a) अपने पूर्व पथ पर गमन करती है

(b) पूर्व पथ के समानांतर पार्श्व विस्थापन के साथ गमन करती है

(c) पूर्व पथ के एक कोण पर विचलित हो जाती है

(d) प्रिज्म में प्रवेश नहीं करती है

19. प्रिज्म में इनमें से किस रंग का विचलन न्यूनतम होता है-

(a) लाल रंग का (b) पीले रंग का (c) नीले रंग का (d) बैंगनी रंग का

20. श्वेत प्रकाश में कितने वर्ण (रंग) होते हैं-

(a) पाँच (b) तीन (c) आठ (d) सात

21. इनमें से किस वर्ण (रंग) का तरंगदैर्घ्य अधिक होगा- [Sim Board 2013 (A)]

(a) नीले (b) लाल (c) पीला (d) बैंगनी

22. प्रिज्म से गुजरने के बाद श्वेत प्रकाश सात वर्णों में विभक्त हो जाती है। इस घटना को कहते हैं–

(a) अपवर्तन (b) परावर्तन (c) समंजन (d) वर्ण-विक्षेपण

23. प्रिज्म से गुजरने के बाद श्वेत किरण क्यों सात रंगों में विभक्त होती है–

(a) प्रिज्म के कारण प्रकाश रंगीन हो जाती है (b) प्रिज्म के अपने गुण के कारण

(c) सूर्य का श्वेत प्रकाश सात रंगों का मिश्रण है (d) इसका कोई कारण नहीं है

24. प्रिज्म में प्रकाश के वर्ण-विक्षेपण का कारण है–

(a) प्रकाश की आवृति (b) प्रकाश की चाल में परिवर्तन

(c) प्रकाश का छितराव (फैलाव) (d) इनमें कोई नहीं ।

25. वायुमण्डलीय सूक्ष्म कणों से प्रकाश के भिन्न-भिन्न दिशाओं में छितराव को कहते हैं–

(a) प्रकाश का प्रकीर्णन (b) प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण

(c) अपवर्तन (d) विवर्तन

26. लघु तरंगदैर्घ्य के प्रकाश का प्रकीर्णन होता है–

(a) सबसे कम (b) सबसे अधिक (c) न अधिक न कम (d) इनमें कोई नहीं

27. तारे टिमटिमाते हैं, वायुमण्डल में प्रकाश के–

(a) अपवर्तन के कारण (b) प्रकाश के अस्थायी अपवर्तन के कारण

(c) प्रकीर्णन के कारण (d) वर्ण-विक्षेपण के कारण

28. आकाश का नीला रंग होने का कारण है–

(a) प्रकीर्णन (b) अपवर्तन (c) ध्रुवण (d) वर्ण-विक्षेपण

29. स्पेक्ट्रम में किस रंग की किरण का झुकाव अधिक होता है ? [Board 2011 (A]

(a) लाल (b) हरा (c) पीला (d) बैंगनी

☞ (ख) रिक्त स्थानों की पूर्ति करें :

1. मनुष्य की आँखें वस्तु का प्रतिबिम्ब ..... पर बनता है।
2. मानव नेत्र की पुतली के आकार का नियंत्रक ..... से होता है।
3. आँख के गोले के गोले के बीचवाली पारदर्शी परत को ..... कहते हैं।
4. आँख के रेटिना पर वस्तु का..... तथा ..... प्रतिबिम्ब बनता है। [Board 2008 A]
5. स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी ..... होती है।
6. निकट दृष्टि वाला व्यक्ति ..... की वस्तु को नहीं देख पाता है।
7. निकट दृष्टि का उपचार ..... लेंस से किया जाता है।
8. दीर्घ दृष्टि का उपचार ..... लेंस के चश्में से किया जाता है ।
9. जरा दृष्टि दोष ..... में उत्पन्न होती है।
10. जरा दृष्टि दोष का उपचार ..... लेंस से किया जाता है।
11. दीर्घ दृष्टि वाला आदमी ..... की वस्तुओं को स्पष्ट देख सकता है। [Board 1985 A]
12. प्रकाश के विभिन्न रंगों के अलग होने की घटना को ..... कहते हैं। [Board 2008 A]
13. किसी प्रिज्म से न्यूनतम विचलन ..... रंग का होता है।

14. किसी प्रिज्म से अधिकतम विचलन ..... रंग का होता है।
15. दृश्य स्पेक्ट्रम के रंगों में ..... रंग का तरंगदैर्घ्य अधिक होता है।
16. वह व्यक्ति जो वर्णों में विभेद नहीं कर सकता है, वह ..... से पीड़ित कहा जाता है।
17. छोटे कणों से प्रकाश की प्रकीर्णन अधिक होता है जिनका तरंगदैर्घ्य ..... है।
18. आकाश का नीला होने का कारण है प्रकाश का ..... ।
19. सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय सूर्य लाल दिखता है इसके प्रकीर्णन ..... होने के कारण ।
20. अंतरिक्ष यात्रियों को आकाश ..... दिखाता है।

☞ (ग) अतिलघु उत्तरीय प्रश्न :

1. मानव नेत्र के आगे के परत को क्या कहते हैं ?
2. मानव नेत्र की लेंस की वक्रता किसके द्वारा बदली जाती है ?
3. मानव नेत्र अपनी किस क्षमता से वस्तु का प्रतिबिम्ब रेटिना पर ही बनाता है?
4. मानव नेत्र अपने रेटिना पर किसी वस्तु का प्रतिबिम्ब किस प्रकृति का बनाता है ?
5. निकट दृष्टि दोष में कहाँ की वस्तुएँ स्पष्ट नहीं दिखाई पड़ते हैं ?
6. निकट दृष्टि दोष की दूर बिन्दु क्या है ?
7. निकट दृष्टि दोष का दूसरा नाम क्या है ?
8. निकट दृष्टि दोष के उपचार में किस प्रकृति का लेंस उपयोग होता है ?
9. दीर्घ दृष्टि दोष का आँख कहाँ की वस्तुओं को नहीं देख पाता है ?
10. दीर्घ दृष्टि दोष उत्पन्न होने का मुख्य कारण क्या है ?
11. दीर्घ दृष्टि दोष का निकट बिन्दु किसे कहते हैं।
12. निकट दृष्टि दोष के उपचार में चश्में का लेंस किस प्रकृति का होता है ?
13. मानव नेत्र की सामान्य दृष्टि दोष के लिए दूर बिन्दु तथा निकट बिन्दु नेत्र से कितनी दूरी पर होते हैं? **[Text Book Question]**
14. अंतिम पंक्ति में बैठे किसी विद्यार्थी को श्यामपट्ट (ब्लैक बोर्ड) पढ़ने में कठिनाई होती है। यह विद्यार्थी किस दृष्टि दोष से पीड़ित है ? इसे किस प्रकार संशोधित किया जा सकता है ? **[Text Book Question]**

    [उत्तर–विद्यार्थी निकट दृष्टि दोष या मायोपिया से पीड़ित है। इसे उचित शक्ति के अवतल लेंस द्वारा संशोधित किया जा सकता है ।]
15. किसी प्रिज्म से श्वेत प्रकाश के गुजरने पर किस रंग का विचलन सबसे कम तथा सबसे अधिक होता है ?
16. स्पष्ट दृष्टि की न्यूनतम दूरी क्या है ? **[Board 2011 A]**

☞ (घ) लघु उत्तरीय प्रश्न :

1. नेत्र की समंजन क्षमता से क्या अभिप्राय है ? **[Text Book Question]**
2. निकट दृष्टि दोष क्या है ? इसका उपचार कैसे किया जाता है ?
3. दीर्घ दृष्टि दोष किसे कहेंगे ? इसका उपचार कैसे किया जाता है ?
4. जरा दृष्टि दोष किसे कहेंगे ? इसका उपचार कैसे किया जाता है ?

5. अबिंदुकता क्या है ? इसका उपचार कैसे किया जाता है ?
6. मानव नेत्र में आइरिस का कार्य क्या है ? [Board 2009 A]
7. प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण क्या है ? स्पेक्ट्रम किसे कहते हैं ? [Board 2011 A]
8. प्रकाश के वर्ण-विक्षेपण का कारण क्या है ?
9. प्रयोग द्वारा दिखाएँ कि श्वेत प्रकाश में केवल सात अवयवी रंग होते हैं।
10. इंद्रधनुष कैसे बनता है ?
11. वायुमण्डलीय अपवर्तन की व्याख्या कीजिए ।
12. तारे क्यों टिमटिमाते हैं ?
13. व्यख्या कीजिए कि ग्रह क्यों नहीं टिमटिमाते । [Text Book Question]
14. सूर्योदय का आभास वास्तविक सूर्योदय के पहले होता है तथा सूर्यास्त वास्तविक सूर्यास्त के बाद तक दिखाई पड़ता है क्यों ?
15. प्रकाश का प्रकीर्णन क्या है ?
16. टिंडल के प्रभाव की व्याख्या करें ।
17. स्वच्छ आकाश का रंग नीला क्यों होता है ?
18. सूर्योदय तथा सूर्यास्त के समय सूर्य का रंग लाल (रक्ताभ) क्यों होता है ? [Text Book Question]
19. व्याख्या कीजिए की ग्रह क्यों नहीं टिमटिमाते ? [Text Book Question]
20. किसी अंतरिक्ष यात्री को आकाश नीले की अपेक्षा काला क्यों प्रतीत होता है ?
21. बादल सफेद दिखाई पड़ता है, क्यों ?
22. साफ चित्र द्वारा निकट दृष्टि दोष का वर्णन करें। [Board 2012 (A)]
23. प्रिज्म से होकर प्रकाश के अपवर्तन का किरण आरेख खींचे। [Board 2013 (A)

☞ (च) दीर्घ उत्तरीय प्रश्न :

1. मानव नेत्र के मुख्य बनावट का सचित्र वर्णन करें। इसके द्वारा किसी वस्तु को देखने की क्रिया को समझावें। [Board 2003 A, 2004 S]
2. दृष्टि-दोष कितने प्रकार के होते हैं ? किसी एक दोष को दूर करने की विधि का वर्णन सचित्र करें । [Board 97A, 2011 A]
3. दृष्टि-दोष कितने प्रकार के होते हैं ? इनका निवारण का सचित्र वर्णन करें । [Board 1984A]
4. समंजन-क्षमता से क्या समझते हैं ? जरा-दृष्टि-दोष तथा मायोपिया में किस प्रकार के लेंस व्यवहार किए जाते हैं ? [Board 2004 A]
5. प्रकाश के वर्ण-विक्षेपण से आप क्या समझते हैं ? प्रिज्म के प्रयोग से वर्ण-विक्षेपण को कैसे दर्शाया जाएगा ?
6. वर्णक्रम क्या है ? किस प्रकार दिखाएँगे कि सूर्य का प्रकाश सात रंगों से बना है ?
7. एक प्रयोग से यह दर्शाएँ कि श्वेत प्रकाश के अवयवी रंगों को मिलाने पर पुनः श्वेत प्रकाश बन जाता है ?
8. प्रकाश का प्रकीर्णन क्या है ? टिंडल प्रभाव से आप क्या समझते हैं ? टिंडल प्रभाव को दर्शाने के लिए एक प्रयोग का वर्णन करें ।

(छ) आंकिक प्रश्न :

1. एक निकट दृष्टि वाला व्यक्ति 10 सेमी से अधिक दूरी पर बने प्रतिबिम्ब को नहीं देख सकता है ? 25 सेमी पर रखे अक्षरों को पढ़ने के लिए उसे किस लेंस की आवश्यकता होगी तथा उसकी क्षमता क्या होगी ?
2. एक दीर्घ दृष्टि वाला व्यक्ति वस्तुओं को 80 सेमी की दूरी पर स्पष्ट देख सकता है । 40 सेमी दूरी वाली वस्तुओं को देखने के लिए फोकस दूरी का और कैसा लेंस चाहिए ?
3. मायोपिया वाले नेत्र की दूर बिन्दु 200 सेमी पर है। अनंत पर वस्तु को देखने के लिए आवश्यक लेंस की प्रकृति तथा क्षमता ज्ञात करें ।
4. एक निकट-दृष्टिवाला व्यक्ति 1.5 मी दूरी तक की वस्तुओं को साफ-साफ देख सकता है। इस दोष के उपचार के लिए आवश्यक चश्में की शक्ति निकालें ।

उत्तर

(क) वस्तुनिष्ठ प्रश्न :

1. (a)	2. (c)	3. (d)	4. (b)	5. (b)	6. (c)	7. (d)
8. (c)	9. (a)	10. (b)	11. (a)	12. (b)	13. (b)	14. (a)
15. (b)	16. (b)	17. (d)	18. (c)	19. (a)	20. (d)	21. (b)
22. (d)	23. (c)	24. (b)	25. (a)	26. (b)	27. (b)	28. (a)
29. (d)						

(ख) रिक्त स्थानों की पूर्ति करें :

1. रेटिना	2. सिलियरी पेशियों	3. कॉर्निया	4. वास्तविक; उल्टा	5. 25 सेमी
6. दूर	7. अवतल	8. उत्तल	9. बुढ़ापे	10. बाइफोकल
11. दूर	12. वर्ण विक्षेपण	13. लाल	14. बैंगनी	15. लाल
16. वर्णांधता	17. कम	18. प्रकीर्णन	19. कम	20. काला

(छ) आंकिकी :

1. अवतल लेंस; –6 डाईऑप्टर
2. 80 सेमी, उत्तल
3. – 0·5 डाईऑप्टर, अवतल
4. – 0·67 डाईऑप्टर; अवतल