# 15

# प्रकाश ऊर्जा

प्रकाश, ऊर्जा का सामान्य रूप है। यह वस्तुओं को हमारे लिए दृश्य बनाता है। आपने कभी टॉर्च में देखा होगा कि उसमें बल्ब के चारों ओर धातु की वक्रित शीट लगी होती है। क्या आप सोच सकते हैं कि ऐसा क्यों है? आपने रात्रि के समय आकाश में टिमटिमाते हुए तारों को भी देखा होगा। साफ दिन में सूर्योदय एवं सूर्यास्त के समय आकाश नीला दिखाई देता है परन्तु सूर्य जब क्षितिज के करीब होता है तो यह केसरी या लाल दिखाई देता है।

क्या आपने कभी इस प्रकार की प्राकृतिक परिघटनाओं के कारण ढूँढ़ने की कोशिश की है? इस अध्याय में आपको इस प्रकार के सभी प्रश्नों के उत्तर मिलेंगे। आप मनुष्य की आँखों में होने वाले दोष एवं दर्पण तथा लेंस में प्रतिबिम्ब के बनने का भी अध्ययन करेंगे।

## mí';

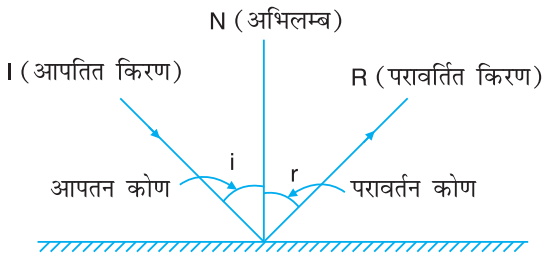
इस पाठ को पढ़ने के पश्चात् आप –

- प्रकाश के परावर्तन को परिभाषित कर पाएँगे एवं परावर्तन के नियमों को बता पाएँगे;
- अलग-अलग परिस्थितियों में उपयुक्त किरण-आरेखों द्वारा समतल एवं गोलीय दर्पण द्वारा प्रतिबिम्ब बनने की क्रिया का वर्णन कर पाएँगे;
- दर्पण-सूत्र लिख सकेंगे एवं आवर्धन को परिभाषित कर पाएँगे;
- प्रकाश के अपवर्तन को परिभाषित कर पाएँगे एवं अपवर्तन के नियमों को बता पाएँगे;
- किसी माध्यम के अपवर्तनांक को परिभाषित कर इसके महत्त्व को बता पाएँगे;
- प्रकाश के अपवर्तन को दर्शानेवाले कुछ प्राकृतिक उदाहरण दे पाएँगे;
- विभिन्न प्रकार के लेंसों को समझ पाएँगे एवं किरण-आरेखों की सहायता से उत्तल एवं अवतल लेंसों से प्रतिबिम्ब-निर्माण को समझा पाएँगे;
- लेंस-सूत्र लिख पाएँगे एवं आवर्धन को परिभाषित कर पाएँगे;

- लेंस की क्षमता का तात्पर्य समझा पाएँगे साथ ही डायऑप्टर को परिभाषित कर पाएँगे;
- लेंसों के प्रयोग द्वारा दृष्टिदोषों (निकट एवं दूर) का संशोधन विधि को समझा पाएँगे;
- यह समझा पाएँगे कि प्रिज्म द्वारा श्वेत प्रकाश का वर्ण विक्षेपण कैसे होता है; और
- प्रकाश के प्रकीर्णन का वर्णन कर पाएँगे एवं दैनिक जीवन में इसके अनुप्रयोगों के उदाहरण दे पाएँगे।

## 15-1 iDk'k dk ijkorZu

क्या आप सोच सकते हैं, कोई वस्तु आपको कैसे दिखाई देती है? जब हम किसी वस्तु को देखते हैं, तो उस वस्तु से प्रकाश हमारी आँखों में प्रवेश करता है, जिससे हमें वह दिखाई देती है। कुछ वस्तुएँ जैसे सूर्य, तारे, जलती हुई मोमबत्ती, लैम्प आदि जो स्वयं से प्रकाश को उत्सर्जित करती हैं, nhfIrekuoLrq,¡ कहलाती हैं। कुछ अन्य वस्तुएँ किसी दीप्तिमान वस्तु से उन पर पड़नेवाले प्रकाश के कुछ भाग को वापस मोड़ देती हैं। किसी सतह पर प्रकाश के गिरने के पश्चात् प्रकाश किरणों के मुड़ने की यह घटना, iDk'k dk ijkorZu कहलाती है।




fp= 15-1% प्रकाश का परावर्तन

इस प्रकार, जब प्रकाश पुंज किसी वस्तु के सम्पर्क में जाता है तो इसका कुछ भाग अथवा पूरा प्रकाश पुंज ही वस्तु से टकराकर वापस उसी माध्यम में लौट जाता है। यह घटना 'प्रकाश का परावर्तन' कहलाती है। कुछ वस्तुएँ जिनकी सतह चिकनी एवं चमकदार होती हैं, अन्य वस्तुओं की अपेक्षा बेहतर परावर्तन करती हैं। एक चिकनी एवं चमकदार सतह जो आपतित प्रकाश के अधिकतम भाग को परावर्तित कर देती है, ^niZ.k* कहलाती है। चित्र 15.1 में समतल दर्पण से प्रकाश के परावर्तन को दर्शाया गया है।

ग्रीक गणितज्ञ यूक्लिड ने प्रकाश के परावर्तन को समझाया था। अरेबियन वैज्ञानिक अलहज़न ने लगभग 1100 ईसा पूर्व परावर्तन की परिघटना को नियमों के रूप में प्रस्तुत किया था।

अलहजन (इब्न अल हैदम)
(965-1040)

प्रकाश किरण के परावर्तन की घटना को समझने के लिए हम कुछ शब्दों को परिभाषित करते हैं।

प्रकाश के गमन की दिशा में एक प्रकाश पुंज में प्रकाश की कई किरणें समाहित होती हैं। परावर्तक तल (सतह) पर पड़नेवाली प्रकाश की किरण, vkifrr fdj.k कहलाती है। परावर्तक तल के जिस बिन्दु पर आपतित किरण टकराती है, परावर्तक तल के उस बिन्दु से 90°C के कोण पर खींची गई रेखा vfHkyEc कहलाती है। परावर्तक तल से वापस लौटनेवाली प्रकाश की किरण को, ijkofrr fdj.k कहते हैं। आपतित किरण एवं अभिलम्ब के बीच के कोण को ^vkiru dk.k* तथा परावर्तित किरण एवं अभिलम्ब के बीच के कोण को ^ijkorru dk.k* कहते हैं।

## 15-1-1 idk'k dk ijkorru dk fu;e

माना कि कोई प्रकाश किरण (*IO*) परावर्तक तल *AB* के *O* बिन्दु पर गिरती है तथा परावर्तन के पश्चात् यह चित्र 15.1 के अनुसार *OR* दिशा में चली जाती है। सतह से प्रकाश का परावर्तन निम्नांकित दो नियमों के अनुसार होता है –

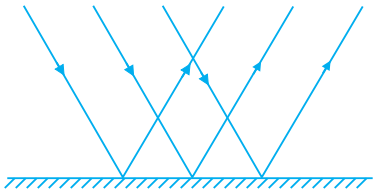
1. आपतित किरण, परावर्तित किरण एवं आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब तीनों एक ही तल में होते हैं।
2. आपतन कोण का मान परावर्तन कोण के मान के बराबर होता है।

$$\angle i = \angle r$$

परावर्तन के दौरान प्रकाश की गति, आवृत्ति तथा तरंगदैर्ध्य में कोई परिवर्तन नहीं होता है। प्रकाश के परावर्तन को 'नियमित परावर्तन' एवं 'विसरित परावर्तन' में वर्गीकृत किया जा सकता है।

## 15-1-2 fu;fer ijkorru

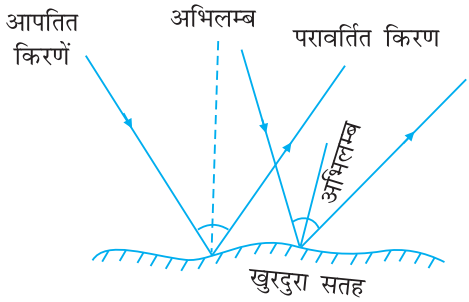
जब परावर्तक तल बहुत ही चिकना होता है तथा इस पर पड़नेवाला प्रकाश सीधे ही परावर्तित हो जाता है, तो इसे ^fu;fer ijkorru* कहते हैं। जैसा कि चित्र 15.2 में दिखाया गया है।



fp= 15-2% चिकने समतल पृष्ठ से नियमित परावर्तन

## 15-1-3 folfjr ijkorru

जब प्रकाश का परावर्तन किसी खुरदरे पृष्ठ (सतह) से होता है, तो चित्र 15.3 के अनुसार प्रकाश परावर्तित होकर सभी दिशाओं में फैल जाता है। इसे ^folfjr ijkorru* कहते हैं।




fp= 15-3 खुरदरे सतह पर आपतित किरणें समान्तर हों तो परावर्तित किरणें समान्तर नहीं होतीं

विसरित परावर्तन में सतह के खुरदरे होने के कारण आपतित समानान्तर किरणों के आपतन बिन्दु पर खींचे गए अभिलम्ब समानान्तर नहीं होते हैं, इसलिए परावर्तित किरणें सभी दिशाओं में परावर्तित होती हैं, किन्तु परावर्तन के नियमों का पालन करती हैं।

## 15-2 ijkorZu ds dkj.k ifrfcEcksa dk cuuk

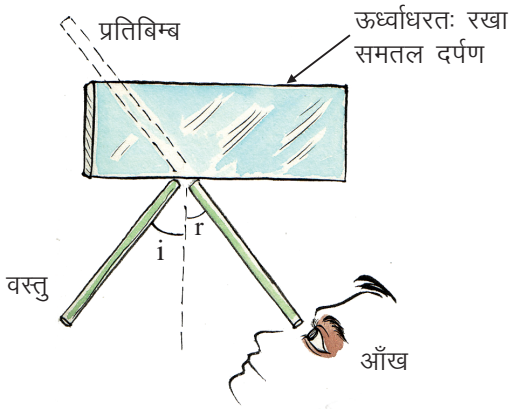
आपने अब तक यह सीख लिया होगा कि किसी वस्तु अथवा प्रतिबिम्ब को देखने के लिए वस्तु से प्रकाश का प्रेक्षक की आँखों तक पहुँचना आवश्यक है। अर्थात् किसी वस्तु अथवा बिम्ब से आनेवाला प्रकाश रेटिना पर पड़ना चाहिए जहाँ से दृक्-तंत्रिकाओं की सहायता से मस्तिष्क द्वारा संवेदित किया जाता है। जब किसी वस्तु से आनेवाली प्रकाश किरणें आँख के रेटिना पर मिलती हैं, अथवा मिलती हुई प्रतीत होती हैं, तब वह वस्तु हमें दिखाई देने लगती है, और हम कहते हैं कि रेटिना पर उस वस्तु का प्रतिबिम्ब बन गया है।

जब किसी वस्तु को किसी दर्पण के सामने रखा जाता है, तो परावर्तन द्वारा इसके प्रतिबिम्ब का निर्माण होता है। वस्तु का प्रत्येक बिन्दु एक बिन्दु-स्रोत के रूप में कार्य करता है जिससे कई किरणें निकलती हैं। बिन्दु-स्रोत के प्रतिबिम्ब को निर्धारित करने के लिए यह माना जा सकता है कि बिन्दु-स्रोत से अनेक किरणें निकलती हैं। लेकिन सुगमता के लिए, हम (बिन्दु-स्रोत से शुरू होनेवाली) प्रकाश की कोई दो किरणें लेते हैं। दर्पण से परावर्तन होने का मार्ग अर्थात संगत परावर्तित किरणें परावर्तन के नियमों के आधार पर अनुरेखित किया जा सकता है। वह बिन्दु जहाँ ये दोनों परावर्तित किरणें वास्तव में मिलती हैं, बिन्दु-स्रोत का ^okLrfod ifrfcEc* है। यदि ये किरणें वास्तव में नहीं मिलती हैं तथा केवल ऐसा आभास होता है, तो बिन्दु-स्रोत का ^vkHkklh ifrfcEc* बनता है। वास्तविक प्रतिबिम्ब, परावर्तित-किरणों के वास्तविक प्रतिछेदन से प्राप्त होती है, अतः इन्हें पर्दे पर प्रक्षेपित किया जा सकता है। आभासी प्रतिबिम्ब, तब बनते हैं, जब किरणें एक-दूसरे से मिलती प्रतीत होती हैं, लेकिन वास्तव में वे एक-दूसरे को नहीं काटती हैं। अतः आभासी प्रतिबिम्ब को पर्दे पर प्राप्त नहीं किया जा सकता है।

### fØ;kdyki 15-1

एक सादे कागज पर समतल दर्पण को ऊर्ध्वाधर स्थिति में रखिए। इस पर किसी निश्चित कोण पर आपतित किरण के रूप में एक पाइप (स्ट्रॉ) का उपयोग कीजिए एवं एक अन्य स्ट्रॉ (पाइप)

द्वारा इसके प्रतिबिम्ब का मेल कराइए। आपको दूसरे पाइप (स्ट्रॉ) को इस प्रकार रखना है कि यह पाइप एवं प्रतिबिम्ब एक ही रेखा में रहे। यह दूसरा पाइप (स्ट्रॉ) परावर्तित किरण को दर्शाता है। क्या इस प्रतिबिम्ब को छू सकते हैं? यह प्रतिबिम्ब जिस कागज पर दिखाई दे रहा है, उसे काटकर क्या आप इस प्रतिबिम्ब के कुछ भाग को काट सकते हैं? आप ऐसा नहीं कर सकते हैं, क्योंकि यह एक आभासी प्रतिबिम्ब है।




fp= 15-4

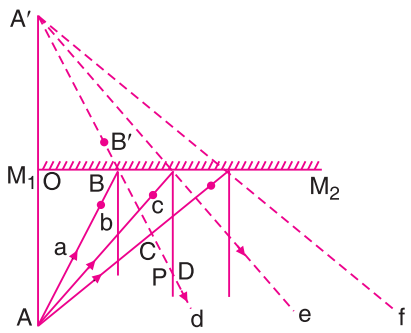
## 15-3 lery ni.k e ifrfcEc dk cuuk

समतल दर्पण में प्रतिबिम्ब का बनना समझने के लिए

(i) चित्र 15.5 के अनुसार दर्पण $M_1$ $M_2$ को ऊर्ध्वाधर स्थिति में कागज़ (शीट) पर रखिए।

(ii) इस पर दो पिनें लगाइए, एक दर्पण से कुछ दूरी पर स्थित बिन्दु 'A' पर तथा दूसरा दर्पण के नज़दीक बिन्दु 'B' पर जिससे, रेखा AB दर्पण की स्थिति को दर्शाती हुई रेखा $M_1$ $M_2$ के साथ एक कोण बनाए।

(iii) दोनों पिनों A एवं B के प्रतिबिम्बों को दर्पण में देखिए तथा बिन्दु C एवं D पर दो अन्य पिनों को इस प्रकार लगाइए की सभी चारों पिनें A, B, C एवं D एक ही लाइन में हों।




*चित्र 15.5:* समतल-दर्पण द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना

(iv) अब इन सभी पिनों के प्रतिबिम्बों को अपनी दोनों आँखों में से एक को बन्द करके दूसरी आँख से, चेहरे को एक ओर करते हुए देखिए। यदि पहलेवाली दोनों पिनें A एवं B तथा बाद में लगाई गई पिनें C एवं D एक साथ गति करती हुई प्रतीत होती हैं, तो आप कह सकते हैं, कि आपके अवलोकन पैरेलैक्स त्रुटि से रहित हैं।

(v) पिनों की स्थिति को सीधी रेखा खींचकर जोड़िए।

(vi) पहली पिन को उसी स्थिति में रखते हुए, शेष तीनों पिनों को हटा लीजिए तथा ऊपर वर्णित प्रयोग को नई स्थितियों में पिनों को लगाते हुए दोहराइए। इसी प्रकार कुछ और प्रेक्षण लीजिए।

प्रतिबिम्ब के बनने को समझने के लिए, आप प्रकाश-किरण को वस्तु A से निकलती हुई मान सकते हैं। हमने केवल तीन किरणें (a), (b) एवं (c) ही खींची हैं। ये किरणें दर्पण $M_1 M_2$ से टकराकर क्रमशः (d), (e) एवं (f) की दिशा में परावर्तन के नियमों का पालन करते हुए परावर्तित हो जाती हैं, जैसाकि चित्र 15.5 में दर्शाया गया है।

यह स्पष्ट है कि ये परावर्तित-किरणें वास्तव में तो एक-दूसरे से कभी भी नहीं मिलती हैं लेकिन ऐसा प्रतीत होता है कि वह दर्पण के अन्दर बिन्दु 'A' से आ रही है। अर्थात् यदि परावर्तित-किरणों (d), (e) एवं (f) को पीछे की दिशा में बढ़ाया जाए तो ऐसा प्रतीत होता है कि वे बिन्दु A पर एक-दूसरे से मिलती हैं। इस प्रकार बिन्दु A पर हमें वस्तु A का प्रतिबिम्ब मिलता है।

उपर्युक्त गतिविधि से यह पता चलता है कि समतल-दर्पण से बननेवाले प्रतिबिम्ब में निम्नलिखित गुण होते हैं-

प्रतिबिम्ब आभासी, सीधा एवं वस्तु के बराबर साइज का होता है।

दर्पण से वस्तु एवं इसका प्रतिबिम्ब बराबर दूरी पर होते हैं।

अर्थात् OA = OA'

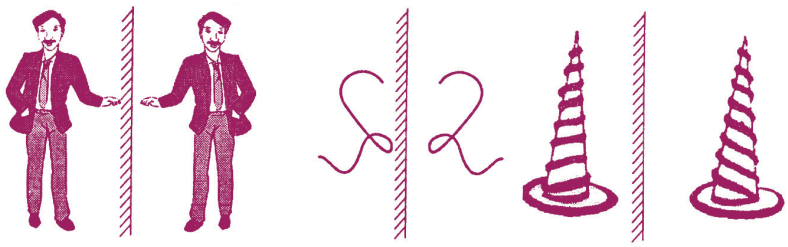
अतः समतल-दर्पण में किसी बिन्दु का प्रतिबिम्ब, दर्पण के पीछे स्थित होता है। अभिलम्ब के आसपास यह प्रतिबिम्ब उतनी ही दूरी पर होता है जितनी कि वस्तु दर्पण के सामने हो। यह प्रतिबिम्ब वस्तु के बराबर साइज का, सीधा एवं आभासी होता है।

## 15-3-1 ijkorZu dk ckj e dN rF;

समतल-दर्पण के निकट अपना बायाँ हाथ रखिए। परावर्तन के फलस्वरूप बने प्रतिबिम्ब में आपको क्या दिखाई देता है? चित्र 15.6 (a) में दिखाए अनुसार अपने बाएँ हाथ का प्रतिबिम्ब, आपके प्रतिबिम्ब के दाहिने हाथ की तरह नजर आता है। इसी प्रकार, अंक 2 परावर्तन के बाद चित्र 5-6 (b) में दिखाए अनुसार उल्टा दिखाई देता है।

अतः समतल-दर्पण से परावर्तन के कारण बायाँ हाथ, दाएँ हाथ में एवं दायाँ-हाथ, बाएँ हाथ में परिवर्तित हो जाता है। इसे 'पार्श्व-परिवर्तन' कहते हैं।

उदाहरण के लिए, चित्र 15.6 (c) में दिखाए अनुसार एक वामावर्ती पेंच (left-handed screw) एक दक्षिणावर्ती पेंच की भाँति दिखाई देगा।



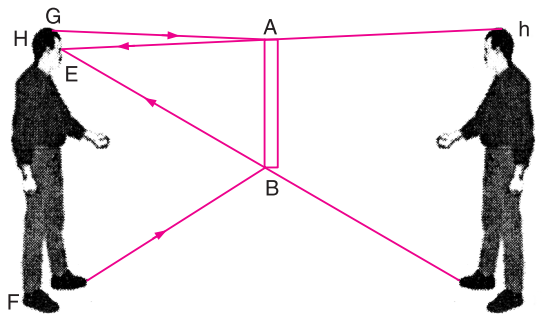
(a) दर्पण (b) दर्पण (C) दर्पण

fp= 15-6: समतल-दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब में पार्श्व-उलटाव

इसी तरह, यदि आप वाक्य "। ग्नाच ड्ि ग्नाध ह्लाम्क ात्क ग्नाध" को दर्पण में पढ़ते हैं तो यह इस प्रकार दिखाई देता है – "आप का कमाल आप ही जानें।"

समतल-दर्पण में बने प्रतिबिम्ब की दर्पण से दूरी, दर्पण से वस्तु की दूरी के बराबर होती है। यदि वस्तु की दर्पण से दूरी में बदलाव होता है, तो दर्पण से प्रतिबिम्ब की दूरी में भी वैसा ही बदलाव होगा। अर्थात् यदि कोई वस्तु $v$ वेग से दर्पण की ओर गति करती है, तो वस्तु का प्रतिबिम्ब भी इसी वेग $v$ से दर्पण की ओर गति करेगा तथा प्रत्येक समय पर दर्पण से वस्तु एवं उसके प्रतिबिम्ब की दूरी समान बनी रहेगी। लेकिन प्रतिबिम्ब की वस्तु की ओर गति $2v$ होगी।

एक किरण-आरेख खींचकर आपने यह निष्कर्ष निकाला कि एक ऐसे समतल-दर्पण में आप अपने पूर्ण प्रतिबिम्ब को देख सकते हैं, जिसकी ऊँचाई, आपकी वास्तविक ऊँचाई की आधी है। चित्र 15.7 में बनाए गए किरण-आरेख को देखिए।




fp= 15-7 % पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए समतल-दर्पण का साइज

## lkp vkj dj

एक $L$ आकार की वस्तु लीजिए और नीचे दिए गए चित्र के अनुसार प्रतिबिम्ब बनाने का प्रयास कीजिए। वस्तु की स्थिति को हर बार परिभाषित कीजिए।

| | |
|---|---|
| A | ⌊ |
| B | ⌋ |
| C | ⌈ |
| D | ⌉ |

### D;k vki tkurs gS

हमारी आँखें 400 nm (नैनो मीटर) से 700 nm तरंगदैर्ध्य के प्रकाश को अधिसूचित कर सकती हैं। इस तरंगदैर्ध्य-परिसर का प्रकाश ^n'ŷ;&izdk'k* कहलाता है। 700 nm (अर्थात लाल रंग) से अधिक तरंगदैर्ध्य का प्रकाश ^vojDr&izdk'k* कहलाता है एवं 400 nm (अर्थात बैंगनी रंग) से कम तरंगदैर्ध्य का प्रकाश ^ijkcSxuh&izdk'k* कहलाता है। प्रकाश के सभी स्रोत, इन तीनों प्रकार के प्रकाश का सम्मिश्रण उत्सर्जित करते हैं। सूर्य, 'दृश्य-प्रकाश' की अधिकतम प्रतिशत मात्रा उत्सर्जित करनेवाला प्रकाश स्रोत है। सूर्य के प्रकाश में 50% दृश्य प्रकाश, 40% अवरक्त प्रकाश एवं 10% पराबैंगनी प्रकाश होता है। सूर्य, हमारे लिए सभी प्रकार की ऊर्जा का आधारभूत स्रोत है। सूर्य एक सेकण्ड में $3.92 \times 10^{26}$ जूल ऊर्जा का विकिरण करता है। सूर्य द्वारा विकिरित ऊर्जा की कुल मात्रा का केवल 0-0005% ही पृथ्वी तक पहुँचता है। पृथ्वी का प्रति वर्ग मीटर क्षेत्रफल सूर्य से प्रति सेकंड 1.388 किलो जूल ऊर्जा ग्रहण करता है।

### D;k vki tkurs gS

प्रकाश की प्रकृति के संबंध में प्रारम्भिक तथ्य छठी शताब्दी ईसा पूर्व (B.C.) में ग्रीक दार्शनिक पाइथोगोरस द्वारा दिए गए थे। वस्तुएँ इसीलिए दिखाई देती हैं क्योंकि प्रकाश हमारी आँखों से वस्तु तक गमन करता है एवं पुनः आँखों तक वापस आ जाता है। यह सिद्धान्त समय की कसौटी पर खरा साबित नहीं हो पाया एवं इसमें महत्त्वपूर्ण बदलाव हुए जिसका श्रेय न्यूटन (1642-1727) एवं हाइगेन (1670) के योगदान को जाता है।

### fØ;kdyki 15-2

निम्नलिखित वस्तुओं को एक समतल-दर्पण के सामने रखिए एवं दी गई सारणी में उनके संगत प्रतिबिम्ब बनाइए।

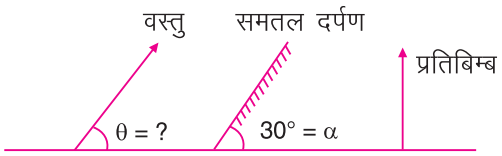
lkj.kh 15-1

| वस्तु | प्रतिबिम्ब |
|---|---|
| # | ..... |
| O | ..... |
| काम | ..... |
| P | ..... |
| OH | ..... |

इस क्रियाकलाप से समतल-दर्पण से प्रतिबिम्ब निर्माण सम्बन्धी निष्कर्ष निकालने की कोशिश कीजिए।

## fØ;kdyki 15-3

एक समतल दर्पण को क्षैतिज तल से 30°, 45°, 60° एवं 90° के कोण पर रखिए। अब एक (रेखीय) वस्तु को दर्पण के सामने इस प्रकार व्यवस्थित कीजिए कि समतल दर्पण से बननेवाला प्रतिबिम्ब सदैव सीधा हो।




fp= 15-8

नीचे दी गई सारणी में वस्तु द्वारा क्षैतिज-तल के साथ बनाए गए कोण का मान लिखिए।

lkj.kh 15-2

| lery&nil.k dk dk.k α | oLrq dk dk.k θ |
|---|---|
| 30° | ..... |
| 45° | ..... |
| 60° | ..... |
| 90° | ..... |

## ikBxr iz'u 15-1

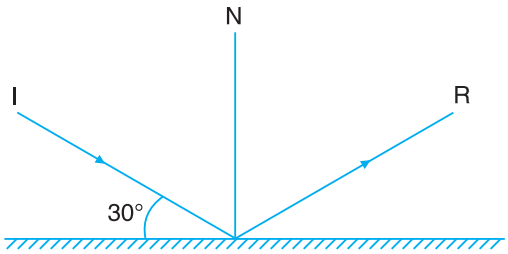
1. स्तम्भ A में प्रकाश के कुछ स्रोतों के नाम लिखे गए हैं। स्तम्भ B में आपको यह बताना है कि यह स्रोत दीप्तिमान है या अदीप्तिमान।

| lzksr (A) | lzksr dh izdfr (B) |
|---|---|
| 1. जलता हुआ बल्ब | 1. |
| 2. जलती हुई मोमबत्ती | 2. |
| 3. चन्द्रमा | 3. |
| 4. जुगनू | 4. |
| 5. चमकती हुई स्टील की थाली | 5. |

2. वास्तविक एवं आभासी प्रतिबिम्ब में कोई दो अन्तर लिखिए।

3. जब आप किसी समतल-दर्पण के सामने खड़े रहते हैं तो आपका आभासी एवं सीधा प्रतिबिम्ब बनता है। यदि कोई व्यक्ति कैमरे द्वारा इसका फोटोग्राफ ले रहा हो, तो फोटोग्राफ में इस प्रतिबिम्ब की क्या प्रकृति होगी?

4. प्रकाश की एक किरण चित्र में दिखाए अनुसार समतल-दर्पण पर 30° का कोण बनाती हुई गिरती है। यदि आपतित-प्रकाश किरण की दिशा को परिवर्तित किए बिना समतल-दर्पण को 30° के कोण पर घुमा देते हैं, तो परावर्तित-किरण कितने कोण पर घूमेगी?




fp= 15-9

5. 10 cm ऊँचाई की एक वस्तु 8 cm ऊँचाई के एक समतल दर्पण के सामने रखी गई है। दर्पण से बननेवाले प्रतिबिम्ब की ऊँचाई क्या होगी? दर्पण से वस्तु की दूरी को 6 cm मानते हुए किरण-आरेख बनाइए।

6. समतल-दर्पण से 10 cm की दूरी पर रखी वस्तु का प्रतिबिम्ब दर्पण से 10 cm पीछे बनता है। यदि वस्तु को दर्पण की दिशा में 4 cm खिसका दिया जाए तो बननेवाला प्रतिबिम्ब- (i) दर्पण के संदर्भ में एवं (ii) वस्तु के संदर्भ में कितना विस्थापित होगा?

7. एक वस्तु समतल-दर्पण की ओर 6 मीटर प्रति सेकण्ड के वेग से गति कर रही है, तो दर्पण में बननेवाले प्रतिबिम्ब का (i) दर्पण की ओर (ii) वस्तु की ओर वेग क्या होगा?

8. नीचे बॉक्स में कुछ अक्षर दिए गए हैं। क्षैतिज या ऊर्ध्वाधर सतत क्रम में अक्षर चुन कर परावर्तन संबंधी सार्थक शब्द बनाइए –

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| अ | ग | द | सी | धा |
| भि | स | र्प | आ | वा |
| ल | म | ण | भा | स् |
| म्ब | त | ण | सी | त |
| क | ल | घ | वि | वि |
| उ | ल् | टा | क | क |
| ख | प्र | ति | बि | म्ब |
| लै | न्स | च | छ | ज |

9. समतल-दर्पण के सामने रखी गई किसी वस्तु की दर्पण से दूरी एवं वस्तु की ऊँचाई को क्रमशः स्तम्भ A एवं स्तम्भ B में दिया गया है। स्तम्भ C एवं स्तम्भ D में बननेवाले प्रतिबिम्ब की दर्पण से दूरी एवं ऊँचाई दी गई है, लेकिन वह क्रम में नहीं है। इन्हें उचित क्रम में लिखिए।

| oLrq dh njh (A) | oLrq dh Åpkbl (B) | ifrfcEc dh njh (C) | ifrfcEc dh Åpkbl (D) |
|---|---|---|---|
| 10 cm | 5 cm | 10 cm | 10 cm |
| 5 cm | 10 cm | 5 cm | 8 cm |
| 6 cm | 8 cm | 6 cm | 5 cm |

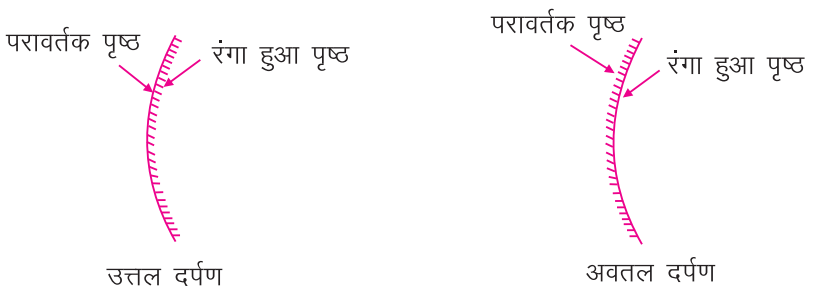
## 15-4 xkyh;&niZ.k ls ifrfcEc dk cuuk

गोलीय-दर्पण, किसी खोखले-गोले का एक भाग होता है, जिसकी भीतरी अथवा बाहरी सतह पालिश की हुई होती है। इस प्रकार, मुख्यतः दो प्रकार के गोलीय-दर्पण होते हैं-

(i) उत्तल दर्पण एव (ii) अवतल दर्पण

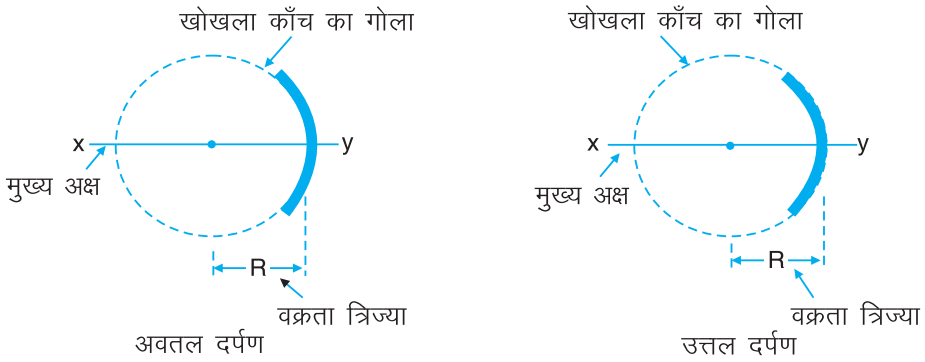
(i) mÙky niZ.k % वह दर्पण जिनमें परावर्तन उभरी हुई सतह से होता है, अर्थात् भीतरी भाग को रंग दिया जाता है और परावर्तक सतह को चिकना बनाने के लिए इस पर पालिश की जाती है। जैसाकि चित्र 15.10 में दिखाया गया है।

(ii) vory niZ.k % वह दर्पण ही जिनमें परावर्तन गोलाकार पृश्ठ की भीतरी सतह या गुहा पर होता है, अर्थात् जिसमें दर्पण के बाहरी भाग को रंग दिया जाता है, जबकि भीतरी भाग को चित्र 15.10 के अनुसार पॉलिश किया जाता है, जिससे परावर्तक सतह चिकनी हो जाए।




fp= 15-10

गोलीय सतह से परावर्तन को समझने के लिए कुछ महत्त्वपूर्ण शब्दावली बहुत उपयोगी होती है। जिन्हें नीचे चित्र 15.11 में दिखाया गया है।




fp= 15-11 % गोलीय दर्पण की कुछ महत्त्वपूर्ण शब्दावली

**(i)** /kqo **(P)** % यह गोलीय दर्पण का मध्य बिन्दु होता है। चित्र 15.11 में बिन्दु P दर्पण का ध्रुव है।

**(ii)** oØrk dsUnz **(C)** % यह उस खोखले गोले का केन्द्र है, जिसका एक भाग यह गोलीय दर्पण है। इसे, दर्पण की गोलीय पृष्ठ से दो अभिलम्ब (normal) खींचकर इनके आपस में कटाव-बिन्दु द्वारा ज्ञात किया जा सकता है। बिन्दु ब्ए दर्पण का वक्रता केन्द्र है।

**(iii)** oØrk&f=T;k **(R)** % यह दर्पण के ध्रुव एवं वक्रता केन्द्र के बीच की दूरी है। चित्र 15.11 में CF वक्रता त्रिज्या है।

**(iv)** eq[; v{k **(CP)** %वह काल्पनिक रेखा जो ध्रुव को वक्रता-केन्द्र से जोड़ती है, मुख्य अक्ष कहलाती है। चित्र 15.11 में विस्तारित रेखा CP, मुख्य अक्ष है।

**(v)** eq[;&Qksdl **(F)** % दर्पण के मुख्य-अक्ष के करीब एवं समानांतर आनेवाली प्रकाश की किरणें परावर्तन के पश्चात् मुख्य अक्ष पर एक बिन्दु से होकर गुजरती हैं (अवतल दर्पण में) अथवा एक बिन्दु से आती हुई प्रतीत होती हैं (उत्तल दर्पण में)। यह बिन्दु दर्पण का मुख्य फोकस कहलाता है। चित्र 15.11 में बिन्दु F मुख्य फोकस है।

**(vi)** Qksdl nwjh **(F)** % दर्पण के ध्रुव एवं मुख्य फोकस के बीच की दूरी को फोकस दूरी कहते हैं। चित्र 15.11 में PF फोकस दूरी है।

## 15-5 Qksdl nwjh ,oa oØrk f=T;k esa lEcU/k

माना कि अवतल-दर्पण के बिन्दु M पर प्रकाश की किरण IM का परावर्तन होता है। CM पृष्ठ पर खींचा गया अभिलम्ब है, जो वक्रता केन्द्र से होकर गुजरता है तथा MR परावर्तित किरण है, जो फोकस बिन्दु से होकर गुजरती है।

$\angle i = \angle r$ (जैसा कि हम जानते हैं कि आपतन कोण एवं परावर्तन कोण का मान बराबर होता है)

$\therefore \quad \Delta CMF$ में,

$$MF = CF$$

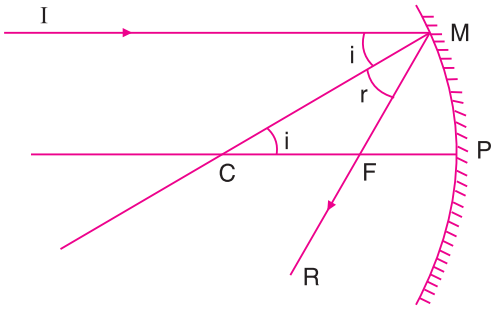
दर्पण के छोटे द्वारक के लिए,

$$MF = PF$$

$$\Rightarrow \quad PC = PF + CF = PF + PF = 2PF$$

$$R = 2f$$

जहाँ $R$ = वक्रता त्रिज्या एवं $F$ दर्पण की फोकस दूरी है।

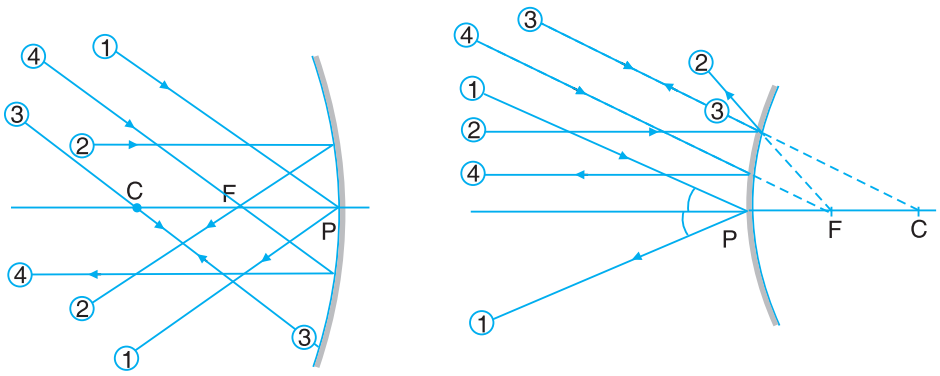



fp= 15-12

## 15-6 xksyh; niZ.k }kjk izfrfcEc cuku lEcU/kh fu;e

दर्पण द्वारा प्रतिबिम्ब बनाने के लिए किरण-आरेख, निम्नलिखित में से किन्हीं दो किरणों को लेकर खींच सकते हैं। वह बिन्दु जहाँ ये दोनों किरणें मिलती हैं अथवा जिस बिन्दु से आती हुई प्रतीत होती हैं, वह बिन्दु, प्रतिबिम्ब-बिन्दु होगा जो प्रतिबिम्ब की स्थिति निर्धारित करेगा।

(i) /kqo ij vkus okyh fdj.k % दर्पण के अक्ष से कोई कोण बनाती हुई दर्पण के ध्रुव पर टकरानेवाली प्रकाश की किरण पुनः उसी कोण पर मुख्य-अक्ष के दूसरी ओर परावर्तित हो जाती है। (चित्र 15.13 में किरण-संख्या 1)




fp= 15-13 गोलीय-दर्पण द्वारा प्रतिबिम्ब का निर्माण (a) अवतल दर्पण (b) उत्तल दर्पण

(ii) lekukUrj fdj.k % अवतल दर्पण के लिए, मुख्य अक्ष के समानान्तर प्रकाश की किरण इस प्रकार परावर्तित होती है कि वह मुख्य-फोकस से होकर गुजरती है। लेकिन उत्तल दर्पण

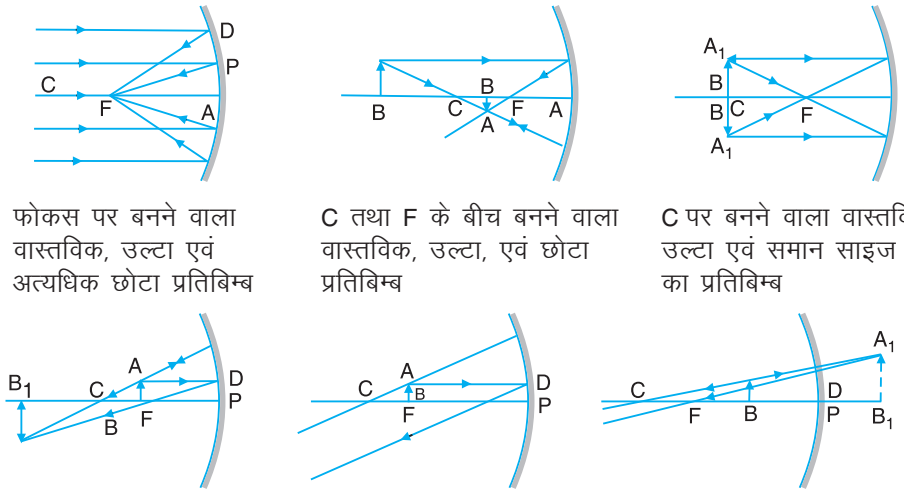
के लिए समानान्तर किरणें इस प्रकार से परावर्तित होती हैं कि ये मुख्य फोकस से आती हुई प्रतीत होती हैं। (चित्र 15.13 में रेखा संख्या 2)

**(iii)** oØrk&dUnz ls xqtjuokyh fdj.k % वक्रता केन्द्र से गुजरनेवाली किरण दर्पण से अभिलम्ब की दिशा में दर्पण से टकराती है तथा परावर्तन के पश्चात् पुनः उसी मार्ग में लौट जाती है। (चित्र 15.13 में किरण संख्या 3)

**(iv)** Qksdl ls xqtjus okyh fdj.k % प्रकाश किरणों के उत्क्रमणता नियम के अनुसार दर्पण के मुख्य फोकस की ओर जाती हुई या मुख्य फोकस से गुजर कर दर्पण पर आपातित किरण इससे परावर्तन के पष्चात मुख्य अक्ष के समानान्तर वापस लौटती है (चित्र 15.13 किरण-4)

## 15-6-1 vory niZ.k }kjk izfrfcEc dk cukuk

प्रतिबिम्ब-बनाने के लिए उपर्युक्त नियमों का उपयोग करते हुए एक वस्तु के विभिन्न स्थितियों में बननेवाले प्रतिबिम्बों के लिए किरण-आरेख नीचे दिए गए हैं –




फोकस पर बनने वाला वास्तविक, उल्टा एवं अत्यधिक छोटा प्रतिबिम्ब

C तथा F के बीच बनने वाला वास्तविक, उल्टा, एवं छोटा प्रतिबिम्ब

C पर बनने वाला वास्तविक उल्टा एवं समान साइज का प्रतिबिम्ब

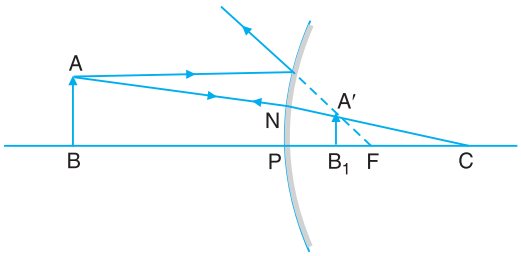
C से परे बनने वाला वास्तविक, उल्टा एवं आवर्धित प्रतिबिम्ब

अनंत पर बनने वाला वास्तविक, उल्टा एवं अत्यधिक आवर्धित प्रतिबिम्ब

दर्पण के पीछे बनने वाला आभासी, सीधा एवं आवर्धित प्रतिबिम्ब

fp= **15-14** अवतल-दर्पण में प्रतिबिम्ब का बनाना

## 15-6-2 mÙky&niZ.k }kjk izfrfcEc dk fuekZ.k




fp= **15-15** उत्तल-दर्पण में प्रतिबिम्ब का बनना

अवतल-दर्पण एवं उत्तल-दर्पण में बननेवाले प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति एवं आकार को नीचे दी गई सारणी के अनुसार संक्षिप्त-सार रूप में दर्शा सकते हैं –

lkj.kh 15-3

| fcc dh fLFkfr | ifrfcEc dh fLFkfr | ifrfcEc dk lkbt | ifrfcEc dh idfr |
|---|---|---|---|
| (A) vory nil.k d fy, | | | |
| अनंत पर | फोकस F पर | अत्यधिक छोटा, बिंदु साइज़ | वास्तविक एवं उलटा |
| C से परे | F तथा C के बीच | छोटा | वास्तविक तथा उलटा |
| C पर | C पर | समान साइज़ | वास्तविक तथा उलटा |
| C तथा F के बीच | C से परे | आवर्धित | वास्तविक तथा उलटा |
| F पर | अनंत पर | अत्यधिक आवर्धित | वास्तविक तथा उलटा |
| P तथा F के बीच | दर्पण के पीछे | आवर्धित | आभासी तथा सीधा |
| (B) mÙky&nil.k d fy, | | | |
| अनंत तथा दर्पण के ध्रुव P के बीच | P तथा F के बीच दर्पण के पीछे | छोटा | आभासी तथा सीधा |

## ? D;k vki tkurs gS

- दर्पण का प्रत्येक भाग किसी बड़े आकार की वस्तु का अलग-अलग कोणों से प्रतिबिम्ब बना सकता है तथा विभिन्न भागों से प्राप्त इन प्रतिबिम्बों के अध्यारोपण के कारण अन्तिम प्रतिबिम्ब का निर्माण होता है। प्रतिबिम्ब की चमक, प्रकाश को परावर्तित करनेवाले क्षेत्रफल पर निर्भर करती है। इस प्रकार एक बड़ा दर्पण, छोटे दर्पण की अपेक्षा अधिक चमकीला प्रतिबिम्ब देता है। इस सिद्धान्त का उपयोग करके राजस्थान राज्य के जयपुर में स्थित "आमेर के किले" के शीश महल में फिल्माई गई एक लोकप्रिय हिन्दी फिल्म में चमत्कारिक प्रभाव उत्पन्न किए गए थे।
- यद्यपि दर्पण का प्रत्येक भाग वस्तु का एक पूर्ण प्रतिबिम्ब बना सकता है, लेकिन हम इसके केवल उसी भाग को देखते हैं, जिससे परावर्तन के पश्चात् प्रकाश हमारी आँखों तक पहुँचता है। इसलिए –
  - (i) समतल दर्पण में अपना पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए किसी व्यक्ति को अपनी ऊँचाई की कम से कम आधी ऊँचाई का दर्पण आवश्यक होता है।
  - (ii) व्यक्ति द्वारा अपने पीछे की दीवार का पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए कम से कम दीवार की (1/3) ऊँचाई का दर्पण जरूरी है तथा व्यक्ति को दीवार एवं दर्पण के बीच में होना चाहिए।

- यदि दो समतल-दर्पण एक-दूसरे की ओर कोण θ पर झुके हुए रखे हैं, तो इनके बीच रखी किसी बिन्दु रूप वस्तु के बननेवाले प्रतिबिम्बों की संख्या

$$= \left(\frac{360°}{\theta} - 1\right), \text{ यदि } \left(\frac{360°}{\theta}\right), \text{ का मान सम अंक है।}$$

$$= \left(\frac{360°}{\theta}\right), \text{ यदि } \left(\frac{360°}{\theta}\right), \text{ का मान विषम अंक है।}$$

उदाहरण के लिए, 60° के कोण पर झुका कर रखे गए दो दर्पणों द्वारा 5 प्रतिबिम्ब बनते हैं।

- अलग-अलग कोणों पर झुकाकर रखे गए दो समतल-दर्पण से समान संख्या में प्रतिबिम्ब बन सकते हैं, अर्थात् के 90° एवं 120° के बीच θ के किसी भी मान के लिए बननेवाले अधिकतम प्रतिबिम्बों की संख्या $n = 3$ है। इससे यह बात स्पष्ट होती है कि यदि θ का मान ज्ञात है, तब n निश्चित होगा लेकिन यदि n का मान ज्ञात है, तो θ का मान निश्चित नहीं होगा।

- दिखाई देने वाले प्रतिबिम्बों की संख्या, बननेवाले प्रतिबिम्बों की संख्या से भिन्न हो सकती है तथा यह वस्तु एवं दर्पण के सापेक्ष प्रेक्षक की स्थिति पर निर्भर करता है। जैसे, यदि $\theta = 120°$ है, तो बननेवाले प्रतिबिम्बों की अधिकतम-संख्या 3 होगी, लेकिन दिखाई देने वाले प्रतिबिम्बों की संख्या प्रेक्षक की स्थिति के अनुसार 1, 2 अथवा 3 हो सकती है।

### 15-6-3 ni.k d mi;kx

**(i)** lery&ni.k dk mi;kx fd;k tkrk g %

- मुँह देखने के शीशे के रूप में,
- कैलिडोस्कोप, टेलिस्कोप, सेक्सटेन्ट एवं पेरिस्कोप आदि के निर्माण में,
- किसी भी स्थान पर पाए जानेवाले मोड़ों; सड़क पर मोड़ के दूसरे छोर को देखने के लिए
- प्रकाश को मोड़ने के साधन के रूप में, आदि।

**(ii)** vory&ni.k dk mi;kx fd;k tkrk g %

- सर्च-लाइट, मोटर-कार की हेड-लाइट एवं प्रोजेक्टर आदि में परावर्तक के रूप में।
- सौर-कुकरों में सूर्य की विकिरणों को अभिसारित करने में।
- बड़ी-बड़ी इमारतों को प्रकाशित करने के लिए लगाई जानेवाली लाइटों (Flood light) में प्रकाश पुंज को प्रसारित करने में।
- परावर्तन टेलिस्कोप आदि में।

**(iii)** mÙky&niz.k dk mi;kx fd;k tkrk gS %

मोटर-कार, बसों एवं स्कूटर में पीछे से आनेवाले वाहनों अर्थात् वाहन के पीछे के दृश्यों को देखने के लिए।

खतरनाक-मोड़ों एवं अपर-डेक (दो मंजिला बसों) में सुरक्षा-दर्शी के रूप में, आदि।

## 15-7 fpàh ifjikVh ,oa niz.k&l=

गोलीय-दर्पण के संदर्भ में दूरी मापने के लिए हम निम्नलिखित परिपाटी का उपयोग करते हैं :

(i) मुख्य अक्ष के समांतर सभी दूरियाँ दर्पण के ध्रुव से मापी जाती हैं।

(ii) आपतित प्रकाश की दिशा में मापी गई दूरिया धनात्मक, तथा इसके विपरीत दिशा में मापी गई दूरिया ऋणात्मक ली जाती हैं।

(iii) मुख्य-अक्ष के लंबवत तथा ऊपर की ओर (+ y अक्ष के अनुदिश) मापी जाने वाली दूरियाँ धनात्मक मानी जाती हैं। जबकि मुख्य-अक्ष के लंबवत तथा नीचे की ओर (+ y अक्ष के अनुदिश) मापी जाने वाली दूरियाँ ऋणात्मक मानी जाती हैं।

आपने अवतल-दर्पण में प्रतिबिम्ब का बनना देखा है। जब किसी वस्तु को $2f$ (वक्रता केन्द्र) पर रखा जाता है, तो वस्तु का प्रतिबिम्ब भी $2f$ पर ही बनता है। यदि $f$ = अवतल दर्पण की फोकस-दूरी, $u$ = वस्तु की दूरी एवं $v$ = प्रतिबिम्ब की दूरी हो तो

$$u = -2f$$

तथा

$$v = -2f$$

$$\because \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{-2f} + \frac{1}{-2f}$$

समीकरण में $-2f = u$ तथा $-2f = u$ प्रतिस्थापित करने पर

या

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{v} + \frac{1}{u}$$

$u$, $v$ एवं $f$ का यह संबंध दर्पण-सूत्र कहलाता है तथा इसे उत्तल दर्पण के लिए भी सत्यापित किया जा सकता है। इस सूत्र का इस्तेमाल करते हुए प्रतिबिम्ब-आरेखों (चित्र 15.14, 15.15) में दिए गए प्रतिबिम्ब-निर्माण को सत्यापित कीजिए।

## 15-8 xksyh;&niz.kksa esa vko/kZu

प्रायः हम यह देखते हैं कि गोलीय-दर्पण से वस्तु का एक आवर्धित-प्रतिबिम्ब बनता है। प्रतिबिम्ब के आकार का वस्तु के आकार से अनुपात, रेखीय-आवर्धन कहलाता है।

अर्थात्,

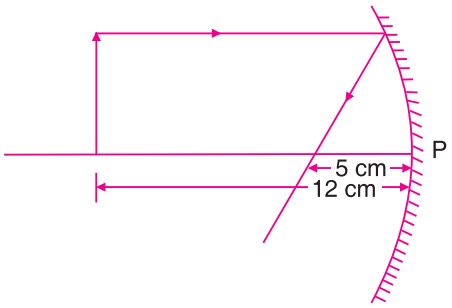
$$\text{रेखीय-आवर्धन } (M) = \frac{\text{प्रतिबिम्ब का आकार } (I)}{\text{वस्तु का आकार } (O)} = \frac{v}{u}$$

जहाँ, $v$ = दर्पण से प्रतिबिम्ब की दूरी, एवं

$u$ = दर्पण से वस्तु की दूरी है।

## ikBxr i'u 15-2

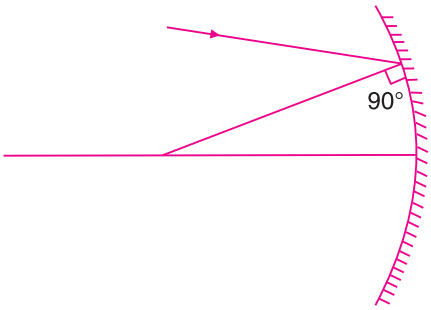
1. चित्र 15.16 में दिखाए अनुसार एक वस्तु को अवतल दर्पण के सामने रखा गया है। बननेवाले प्रतिबिम्ब की स्थिति एवं प्रकृति को बताइए। दर्पण की फोकस-दूरी कितनी है?




fp= 15-16

2. किन परिस्थितियों में अवतल-दर्पण से बननेवाला प्रतिबिम्ब आभासी, होगा?

3. चित्र 15.17 में दशाई गई आपाती किरण के संगत परावर्तित किरण किस बिन्दु पर मुख्य-अक्ष को काटेगी-फोकस से आगे या फोकस से पहले?




fp= 15-17

4. यदि एक वस्तु को किसी अवतल-दर्पण के सामने वक्रता-केन्द्र से परे रखा जाए तो किस प्रकार का प्रतिबिम्ब बनेगा?

5. 20 cm फोकस-दूरी वाले अवतल-दर्पण के सामने रखी गई वस्तु की स्थिति ज्ञात कीजिए, यदि बननेवाले प्रतिबिम्ब की दर्पण से दूरी 30 cm है।

6. अवतल-दर्पण के कोई दो उपयोग लिखिए।

7. उत्तल-दर्पण से बननेवाले प्रतिबिम्ब की प्रकृति बताइए।

8. 12 cm फोकस दूरी वाले उत्तल-दर्पण से बननेवाले प्रतिबिम्ब की स्थिति ज्ञात कीजिए जबकि वस्तु को (i) 8 cm, (ii) 12 cm, और (iii) 18 cm की दूरी पर रखा गया हो।

9. अवतल-दर्पण के विषय में नीचे दी गई सारणी में बिम्ब एवं उसके संगत प्रतिबिम्ब की स्थिति लिखकर रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए।

| fcEo dh fLFkfr | ifrfcEc dh fLFkfr |
|---|---|
| (i) $F$ पर | (i) ..... |
| (ii) $F$ एवं $2F$ के बीच | (ii) ..... |
| (iii) | (iii) $F$ एवं $2F$ के बीच |
| (iv) | (iv) $2F$ से परे |
| (v) $2F$ से परे | (v) ..... |

10. उत्तल-दर्पण के कोई दो उपयोग लिखिए।

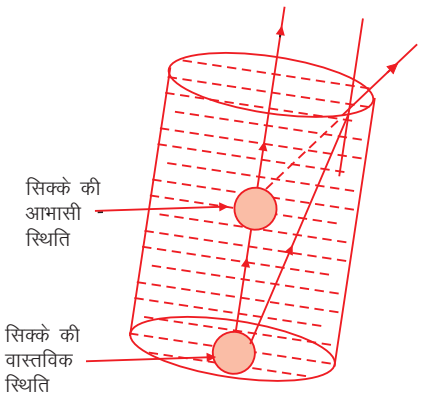
11. क्या अवतल-दर्पण हमेशा प्रकाश की किरणों का अभिसरण करते हैं?

12. अवतल-दर्पण से आवर्धित-प्रतिबिम्ब किन परिस्थितियों में बनेगा? लिखिए।

## 15-9 idk'k dk vioru

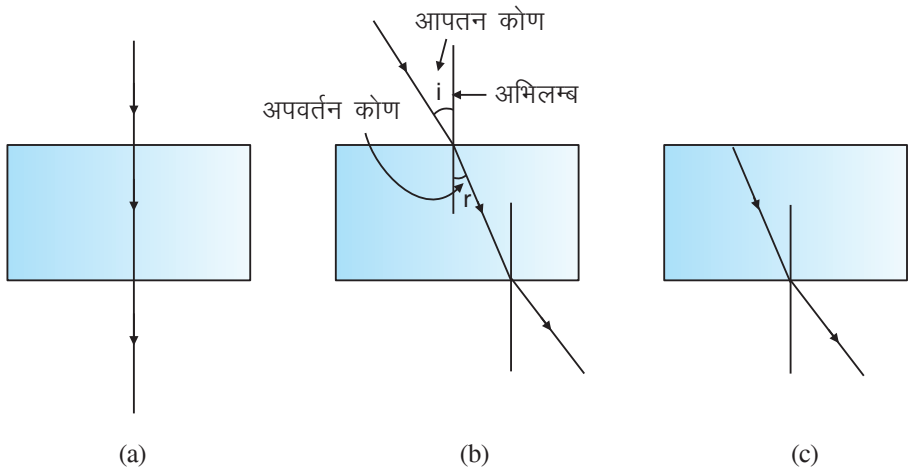
क्या आपने कभी पानी से भरे गिलास की तली में रखे सिक्के को देखा है? सिक्का इसकी वास्तविक गहराई से कम गहराई पर रखा दिखाई देता है। ऐसा क्यों होता है? प्रकाश की किरणें जहाँ मिलती हैं, अथवा वह बिन्दु जहाँ से प्रकाश आता हुआ प्रतीत होता है वहाँ हम एक प्रतिबिम्ब देखते हैं।

जब प्रकाश पानी से बाहर आता है, यह मुड़ जाता है जिसके कारण सिक्का चित्र में दिखाए अनुसार ऊर्ध्वाधरतः विस्थापित दिखाई देता है। क्या यह सदैव घटित होता है? नहीं। यह केवल तभी होता है जब प्रकाश की किरणें एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाती हैं तथा अपने मार्ग से विचलित हो जाती हैं। प्रकाश का मुड़ना, माध्यमों के घनत्व पर निर्भर करता है।




fp= 15-18 % पानी से भरे गिलास में रखा सिक्का

जब प्रकाश की किरण सघन-माध्यम से विरल-माध्यम में जाती है, तो वह अभिलम्ब से दूर मुड़ती है। जब यह विरल-माध्यम से सघन-माध्यम में प्रवेश करती है, तो यह अभिलम्ब की ओर मुड़ती है। प्रकाश के मुड़ने की यह घटना ^idk'k dk vioru* कहलाती है। चित्र 15.19 में idk'k dk vioru दिखाया गया है।



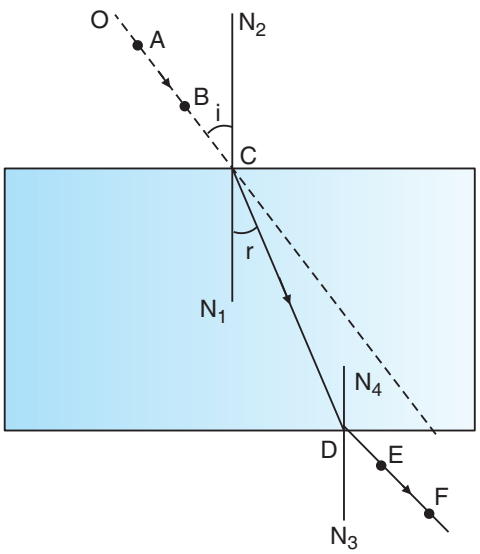

fp= 15-19 % प्रकाश का अपवर्तन

चित्र 15.19 (b) एवं (c) में प्रकाश अपने पथ से विचलित होता है लेकिन चित्र 15.19 (a) में यह अपने पथ से विचलित नहीं होता है। क्या यह अपवर्तन है अथवा नहीं? निश्चित रूप से यह अपवर्तन है। अभिलम्ब के समानान्तर आपतित प्रकाश की किरणें अपने मार्ग से विचलित नहीं होती है। अपवर्तन के दौरान प्रकाश की आवृत्ति अपरिवर्तित रहती है, लेकिन इसकी तरंगदैर्ध्य बदल जाती है एवं इसी कारण प्रकाश की चाल भी बदल जाती है।

## fØ;kdyki 15-4

प्रकाश के अपवर्तन का अध्ययन करने के लिए लकड़ी के ड्राइंग-बोर्ड पर सफेद कागज़ की शीट लगाकर उस पर काँच का एक स्लैब रखिए तथा पेन्सिल से स्लैब की रूपरेखा बना लीजिए। परिसीमा से तिर्यक् रूप से मिलती हुई एक रेखा OC खींचिए। इस रेखा पर दो आलपिन A एवं B लगाइए। अब इन पिनों को काँच के स्लैब की दूसरी ओर से देखिए।

एक अन्य आलपिन लीजिए एवं इसे कागज की शीट पर इस प्रकार लगाइए कि आलपिन A, B एवं E तीनों ही एक सीधी रेखा में हो। अब एक और आलपिन F को इस प्रकार लगाईए कि यह भी अन्य तीनों आलपिनों A, B एवं E के साथ एक सीधी रेखा में हो। अब काँच के स्लैब एवं आलपिनों को हटा लीजिए। बिन्दु F एवं E को मिलाते हुए एक रेखा खींचिए जो स्लैब की सीमा पर बिन्दु D से मिले। रेखा ABC काँच के स्लैब पर आपतित प्रकाश की किरण की दिशा को बताती है, जबकि रेखा DEF निर्गत-किरण को दर्शाती है। रेखा CD काँच की स्लैब में अपवर्तित-किरण की दिशा को दर्शाती है। काँच की स्लैब की सीमा से जोड़ते हुए बिन्दु C पर अभिलम्ब $N_1CN_2$ एवं बिन्दु D पर अभिलम्ब $N_3DN_4$ खींचिए। अब आप यह निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि जब प्रकाश की किरण विरल-माध्यम (हवा) से सघन-माध्यम (काँच) में जाती है, तो यह अभिलम्ब की ओर झुक जाती है तथा जब प्रकाश की किरण सघन-माध्यम से विरल-माध्यम में जाती है, तो यह अभिलम्ब से दूर मुड़ जाती है।




fp= 15-20 % काँच के स्लैब से अपवर्तन

### 15-9-1 ek/;e dk vioriukd

जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करता है, तो इसकी चाल परिवर्तित हो जाती है। प्रकाश की किरण के विरल-माध्यम से सघन-माध्यम में प्रवेश करने पर प्रकाश की चाल धीमी हो जाती है तथा यह अभिलम्ब की ओर झुक जाती है। जबकि दूसरी ओर जब प्रकाश की किरण सघन-माध्यम से विरल-माध्यम में प्रवेश करती है, तो इसकी चाल बढ़ जाती है तथा यह अभिलम्ब से दूर हो जाती है। इससे यह प्रदर्शित होता है कि प्रकाश की चाल, अलग-अलग माध्यम में अलग-अलग होती है। अलग-अलग माध्यमों में प्रकाश को मोड़ने अथवा अपवर्तित करने की अलग-अलग क्षमताएँ होती हैं। किसी माध्यम की प्रकाश को मोड़ने अथवा अपवर्तित करने की यह क्षमता 'अपवर्तनांक' कहलाती है। इसे प्रकाश की निर्वात में चाल एवं प्रकाश की किसी अन्य माध्यम में चाल के अनुपात के रूप में परिभाषित किया जाता है। अतः

$$\text{किसी माध्यम का अपवर्तनांक} = \frac{\text{प्रकाश की निर्वात में चाल}}{\text{प्रकाश की माध्यम में चाल}}$$

## 15-10 vioriu dk fu;e

जब प्रकाश की किरण एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करती है, तो वह अपने मार्ग से विचलित हो जाती है। प्रकाश की किरण का अपने मार्ग से विचलन माध्यम के अपवर्तनांक एवं आपतन कोण पर निर्भर करता है। अपवर्तन के निम्नलिखित नियम हैं –

(i) **vioriu dk iFke fu;e %** आपतित-किरण, अपवर्तित-किरण एवं अभिलम्ब तीनों एक ही तल में होते हैं।

(ii) **vioriu dk f}rh; fu;e %** प्रकाश की किरणों का अपवर्तन कितना होगा यह माध्यम पर निर्भर करता है। अपवर्तन के समय आपतन-कोण की ज्या (sine) एवं अपवर्तन

कोण की ज्या (sine) का अनुपात किन्हीं दो माध्यमों के लिए स्थिर रहता है। इस राशि को पहले माध्यम के सापेक्ष, दूसरे माध्यम का अपवर्तनांक कहते हैं। इसे ^^Luly dk fu;e** भी कहते हैं।

$$\text{अपवर्तनांक } (n) = \frac{\text{आपतन कोण की ज्या}}{\text{अपवर्तन कोण की ज्या}}$$

या

$$n \approx \frac{\sin i}{\sin r}$$

## D;k viorlu ds nkjku izdk'k dk jax cny tkrk gS ¼

प्रकाश की तरंगदैर्ध्य एवं आवृत्ति, प्रकाश की चाल से, समीकरण $v = \nu\lambda$ के अनुसार सम्बन्धित होती है। जहाँ $\nu$ = प्रकाश की आवृत्ति एवं $\lambda$ = प्रकाश का तरंगदैर्ध्य है।

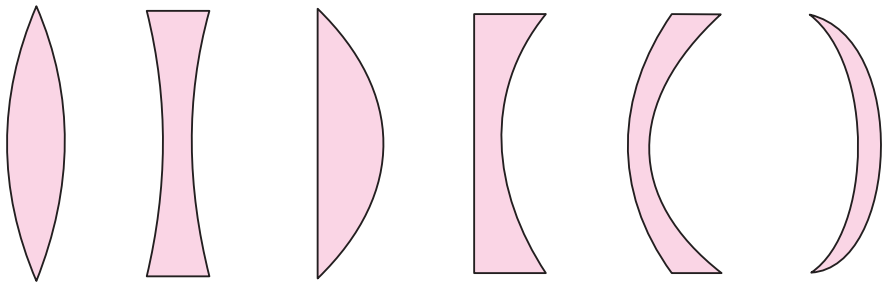
## fØ;kdyki 15-5

पानी से भरी एक पारदर्शी बाल्टी लीजिए। अपने सिर को चित्र 15.21 में दिखाए अनुसार बाल्टी के पानी में डुबोकर रखते हुए बाल्टी को लाल रंग के बल्ब के ऊपर पकड़कर रखिए। आपको क्या दिखाई देता है? क्या पानी के अन्दर से देखने पर आपको प्रकाश के रंग में कोई परिवर्तन दिखाई देता है? नहीं। प्रकाश के रंग में कोई परिवर्तन नहीं होता है। इससे स्पष्ट है कि जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाता है, तो केवल इसकी चाल एवं तरंगदैर्ध्य परिवर्तित होती है, लेकिन इसकी आवृत्ति अपरिवर्तित रहती है। इससे साबित होता है कि प्रकाश का रंग, इसकी आवृत्ति के कारण होता है, ना कि तरंगदैर्ध्य के कारण।

fp= 15-21 ¼ एक व्यक्ति द्वारा अपने सिर को पानी से भरी बाल्टी में डुबोकर रखते हुए लाल रंग के बल्ब को देखना

## 15-11 xkyh; i"B l viorlu

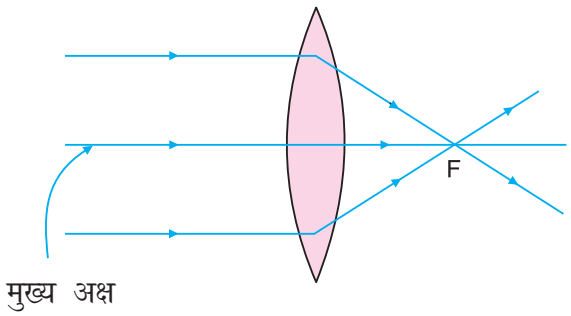
लेंस, गोलीय (वक्र) पृष्ठ युक्त माध्यम का सबसे सामान्य उदाहरण है। इस खण्ड में हम लेंस द्वारा प्रकाश के अपवर्तन के बारे में चर्चा करेंगे। दो पृष्ठों से घिरा हुआ कोई पारदर्शी माध्यम, जिसका एक अथवा दोनों पृष्ठ गोलीय है, लेंस कहलाता है। पृष्ठ (सतह) की प्रकृति के आधार पर लेंस निम्नलिखित प्रकार के हो सकते हैं।



उत्तल अथवा द्विउत्तल | अवतल अथवा द्विअवतल | समतल-उत्तल | समतल अवतल | उत्तलावतल | अवतलोत्तल

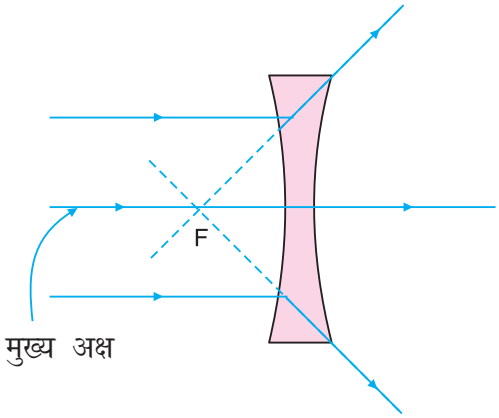
fp= 15-22 % विभिन्न प्रकार के लेंस

(i) उत्तल लेंस (अभिसारी लेंस) : उत्तल-लेंस में बाहर की ओर उभरे दो गोलीय-पृष्ठ होते हैं। उत्तल-लेंस, प्रकाश की समानान्तर किरणों को एक बिन्दु पर अभिसरित करता है। अतः यह 'अभिसारी लेंस कहलाता है। चित्र 15.23 में दिखाए अनुसार अभिसरण का बिन्दु फोकस कहलाता है।




fp= 15-23 % उत्तल लेंस में अभिसरण की क्रिया

(ii) अवतल लेंस (अपसारी लेंस) : चित्र 15.24 में दिखाए अनुसार अवतल-लेंस में अन्दर की ओर वक्रित दो गोलीय पृष्ठ होते हैं। यही समानान्तर प्रकाश किरणों को एक बिन्दु से अपसरित करते हैं। अतः यह अपसारी लेंस कहलाते हैं। चित्र 15.24 में दिखाए अनुसार वह बिन्दु जहाँ से प्रकाश किरणें अपसरित होती हुई प्रतीत होती है, फोकस कहलाता है।



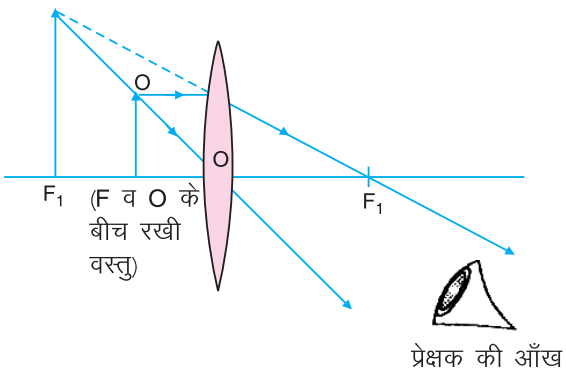

fp= **15-24** ¼ अवतल लेंस में अपसरण की क्रिया

## 15-12 ylk }kjk ifrfcEc dk cuuk

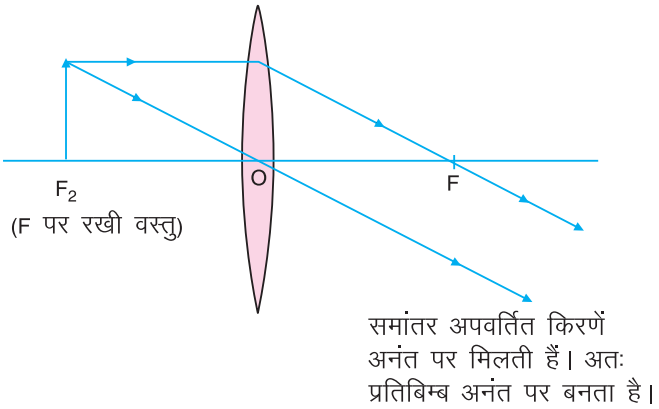
लेंस द्वारा बननेवाले प्रतिबिम्ब का आरेख बनाने के लिए केवल दो किरणों की आवश्यकता होती है। ये दो किरणे हैं :

(i) वस्तु अथवा बिम्ब से लेंस के मुख्य-अक्ष के समानान्तर आनेवाली प्रकाश की किरण अपवर्तन के पश्चात् उत्तल-लेंस के मुख्य-फोकस पर अभिसरित होती है। अवतल-लेंस होने पर यह मुख्य-फोकस पर अपसरित होती हुई प्रतीत होती है।

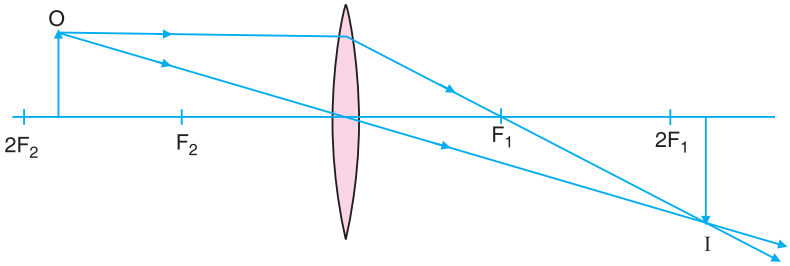
(ii) बिम्ब से चलकर लेंस के प्रकाश-केन्द्र (मध्य बिन्दु) से होकर जानेवाली किरण, बिना विचलित हुए, उसी दिशा में लेंस से बाहर निकल जाती है।



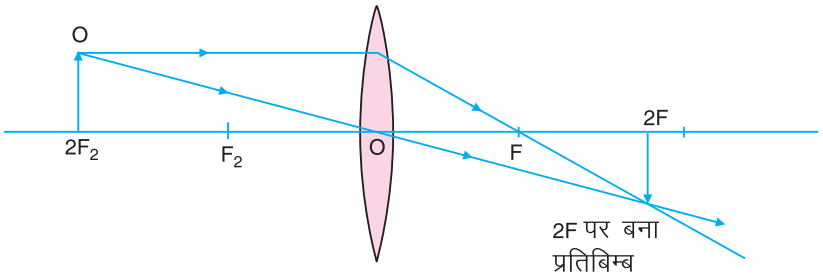

(a) लेंस और फोकस के बीच रखी वस्तु



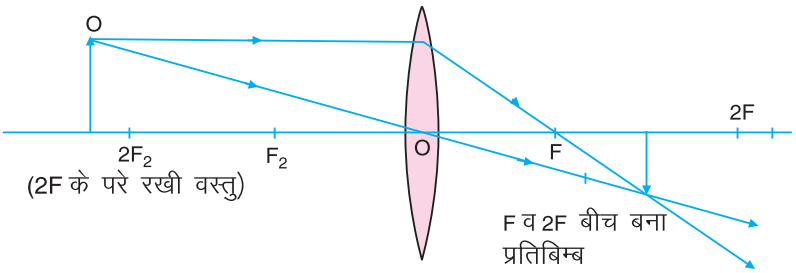

(b) प्रथम फोकस पर रखी वस्तु



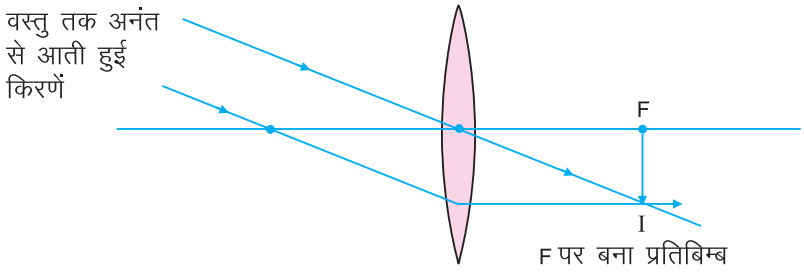

(c) $F_2$ व $2F_2$ के बीच रखी वस्तु



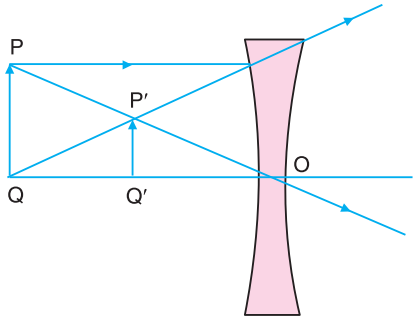

(d) $2F_2$ पर रखी वस्तु




(e) $2F_1$ के परे रखी वस्तु




(f) प्रकाशिक केंद्र और प्रथम फोकस के बीच रखी वस्तु




(g) अवतल लेंस द्वारा बनने वाल प्रतिबिम्ब

fp= 15-25 % उत्तल लेंस एवं अवतल लेंस द्वारा प्रतिबिम्ब का बनना

ये सभी प्रतिबिम्ब, बिम्ब की अलग-अलग स्थितियों के लिए बनते हैं तथा बननेवाले प्रतिबिम्ब की स्थिति, साइज़ एवं प्रकृति को संक्षेप में नीचे दी गई सारणी के अनुसार लिख सकते हैं :

lkj.kh % 15-4

| fcc dh fLFkfr | ifrfcEc dh fLFkfr | ifrfcEc dk vkif{kd lkbt | ifrfcEc dh idfr |
|---|---|---|---|
| **(A)** mÙky yl d fy, | | | |
| फोकस $F_1$ तथा प्रकाशिक केंद्र O के बीच | जिस ओर बिंब है लेंस के उसी ओर | आवर्धित | आभासी तथा सीधा |
| फोकस $F_1$ पर | अनंत पर | असीमित रूप से बड़ा अथवा अत्यधिक विवर्धित | वास्तविक तथा उलटा |
| $F_1$ तथा $2F_1$ के बीच | $2F_2$ से परे | आवर्धित | वास्तविक तथा उलटा |
| $2F_1$ पर | $2F_2$ पर | समान साइज़ | वास्तविक तथा उलटा |
| $2F_1$ से परे | $F_2$ तथा $2F_2$ के बीच | छोटा | वास्तविक तथा उलटा |
| अनंत पर | फोकस $F_2$ पर | अत्यधिक छोटा, बिंदु आकार | वास्तविक तथा उलटा |
| **(B)** vory yl d fy, | | | |
| अनंत तथा लेंस के प्रकाशिक केंद्र O के बीच | फोकस $F_1$ तथा प्रकाशिक केंद्र O के बीच | सदैव छोटा | आभासी तथा सीधा |

## 15-13 fpà ifjikVh ,o yl l=

गोलीय लेंसों के संदर्भ में

(i) लेंसों में सभी माप उनके प्रकाशिक-केन्द्र से लिए जाते हैं।

(ii) आपतित प्रकाश किरण की दिशा में लिए गए माप धनात्मक माने जाते हैं, तथा आपतित किरण की विपरीत दिशा में लिए गए माप ऋणात्मक माने जाते हैं।

(iii) वस्तु तथा प्रतिबिम्ब की लम्बाई मुख्य-अक्ष से ऊपर की ओर धनात्मक तथा नीचे की ओर ऋणात्मक ली जाती है।

उक्त चिह्न-परिपाटी एवं चित्र 15.25 में प्रतिबिम्ब-निर्माण का उपयोग करते हुए हम यह मानते हैं कि लेंस के प्रकाश-केन्द्र से वस्तु की दूरी $u$, प्रकाश केन्द्र से प्रतिबिम्ब की दूरी $v$ तथा लेंस की फोकस दूरी $f$ है, तो लेंस के लिए $u$, $v$ एवं $f$ में सम्बन्ध को निम्नानुसार दर्शाया जा सकता है।

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

यह लेंस-सूत्र कहलाता है। उत्तल-लेंस के लिए फोकस दूरी धनात्मक तथा अवतल लेंस के लिए फोकस दूरी ऋणात्मक ली जाती है।

## 15-14 vko/ku

आपने यह देखा होगा कि कुछ लेंसों में वस्तु के प्रतिबिम्ब का आकार, वस्तु से बड़ा दिखाई देता है, जबकि कुछ लेंसों में प्रतिबिम्ब का आकार, वस्तु से बहुत छोटा दिखाई देता है। यदि हम किसी एक लेंस के लिए प्रतिबिम्ब की ऊँचाई एवं बिम्ब की ऊँचाई ले तो इनका अनुपात उस लेंस के लिए नियत रहता है। प्रतिबिम्ब की ऊँचाई एवं बिम्ब की ऊँचाई के अनुपात को उस लेंस का आवर्धन कहते हैं।

$$\text{आवर्धन} = \frac{\text{प्रतिबिम्ब की ऊँचाई } (I)}{\text{बिम्ब की ऊँचाई } (O)}$$

अथवा $$m = \frac{(I)}{(O)}$$

तथा $$\frac{(I)}{(O)} = \frac{v}{u}$$

अतः $$m = \frac{v}{u}$$

## ikBxr iz'u 15-3

1. किस प्रकार के लेंस द्वारा सदैव आभासी प्रतिबिम्ब ही बनता है? नाम लिखिए।
2. उत्तल लेंस के लिए किरण-आरेख बनाइए, जबकि वस्तु (i) F पर (ii) F एवं 2F के बीच (iii) 2F से परे रखी हो।

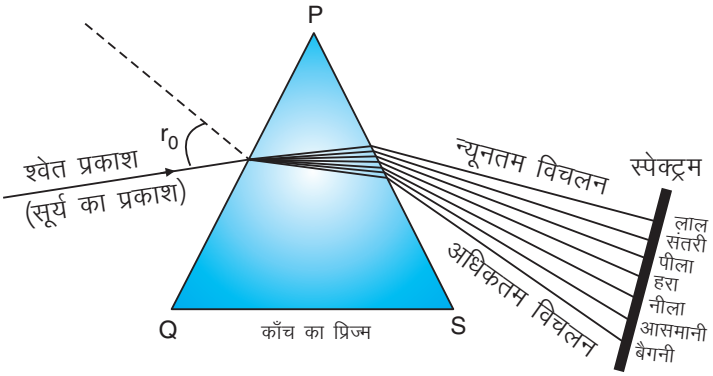
3. अवतल लेंस द्वारा प्रतिबिम्ब निर्माण के लिए किरण आरेख बनाइए।
4. एक 20 cm फोकस दूरी के लेंस के लिए वस्तु एवं प्रतिबिम्ब का आकार समान है। लेंस का नाम बताइए एवं लेंस से वस्तु की दूरी ज्ञात कीजिए?
5. 20 cm फोकस दूरी के उत्तल लेंस के सामने 10 cm आकार की वस्तु रखी गई है। इससे बननेवाले प्रतिबिम्ब की ऊँचाई ज्ञात कीजिए।

## 15-15 dkp d fiTe l idk'k dk fo{ki.k

प्रिज्म अनेक पृष्ठों से घिरा एक ऐसा पारदर्शक माध्यम है जिसमें वह पृष्ठ जिस पर प्रकाश आपतित और जिसे निर्गत हो वे समतल हो और समानान्तर न हो। साधरणतः प्रिज्म काँच के बने होते हैं तथा त्रिकोण का प्रत्येक कोण 60° का होता है। विशेष कार्यों के लिए प्रिज्म कोण 45° एवं 90° का भी होता है। सामान्यतः समभुज, समद्विबाहु अथवा समकोण प्रकार के प्रिज्मों का उपयोग किया जाता है।

जब किसी प्रिज्म से होकर श्वेत-प्रकाश अथवा सूर्य का प्रकाश गुजरता है, तो वह अपने घटक रंगों में विभाजित हो जाता है। यह घटना ^fo{ki.k* कहलाती है, और इस तथ्य के कारण होती है कि अलग-अलग रंगों के प्रकाश के लिए प्रिज्म का अपवर्तनांक अलग-अलग होता है। अतः अलग-अलग रंग का प्रकाश प्रिज्म से होकर गुज़रने पर अलग-अलग कोणों पर विचलित हो जाता है।

इन्द्रधनुष जो कि प्रकृति की सबसे मनमोहक घटना है, प्राथमिक रूप से वायु में निलम्बित पानी की बूँदों द्वारा सूर्य के प्रकाश के विक्षेपण के कारण ही होती है। चित्र 15.26 में काँच के प्रिज्म में प्रकाश के विक्षेपण को दिखाया गया है।




fp=k 15-26 % प्रकाश का विक्षेपण

## fØ;kdyki 15-6

प्रिज्म एवं सूर्य के प्रकाश का उपयोग करके स्पेक्ट्रम (विभिन्न रंगों का प्रदर्श) बनाना :

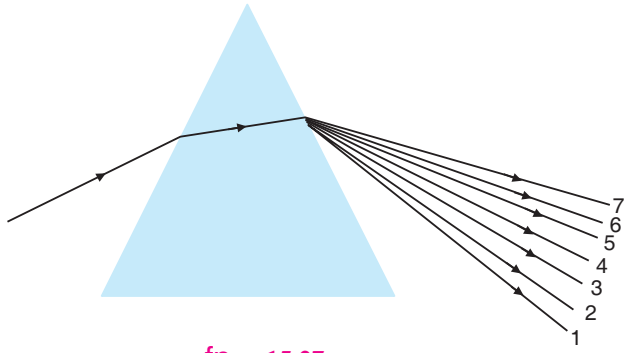
1. गत्ते का एक खाली डिब्बा लीजिए। इससे स्पेक्ट्रम को देखने के लिए इसके ढक्कन पर चाकू की सहायता से एक आयताकार छेद बनाकर इसे पारदर्शी सफेद कागज़ से ढँक दीजिए।

2. गत्ते के खाली डिब्बे के दूसरे सिरे पर ढक्कन में एक पतली दरार बनाइए।
3. गत्ते के डिब्बे के अन्दर एक पिण्ड पर प्रिज्म को रखिए।
4. अब डिब्बे के दरारवाले हिस्से को सूर्य की रोशनी की दिशा में मोड़िए।
5. पारदर्शी कागज पर रंगों की पट्टियों को देखिए।

   आवृत्ति के घटते हुए क्रम में इन पट्टियों में विद्यमान रंग क्रमशः बैंगनी, नीला, आसमानी, हरा, पीला, नारंगी, लाल होते हैं। रंगों के इस क्रम को "VIBGYOR" भी लिखा जाता है।

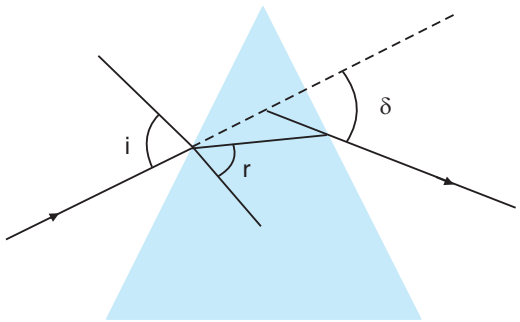
## ikBxr iz'u 15-4

1. जब प्रकाश हवा से किसी माध्यम में प्रवेश करता है, तो इसकी चाल में 40% की कमी होती है। वायु में प्रकाश का वेग $3 \times 10^8$ मी.प्रति सेकण्ड है। माध्यम का अपवर्तनांक क्या है?
2. जब सूर्य का प्रकाश प्रिज्म से होकर गुजरता है, तो यह चित्र 15.27 में दिखाए अनुसार सात रंगों में विभक्त हो जाता है। प्रत्येक संख्या के लिए उससे संबद्ध रंग का नाम लिखिए।




fp= 15-27

3. यदि चित्र 15.28 में दिखाए गए प्रिज्म को पानी में डुबो दिया जाए तो समान आपतन-कोण $i$ के लिए $r$ एवं $\delta$ के मान कैसे बदलते हैं?




fp= 15-28

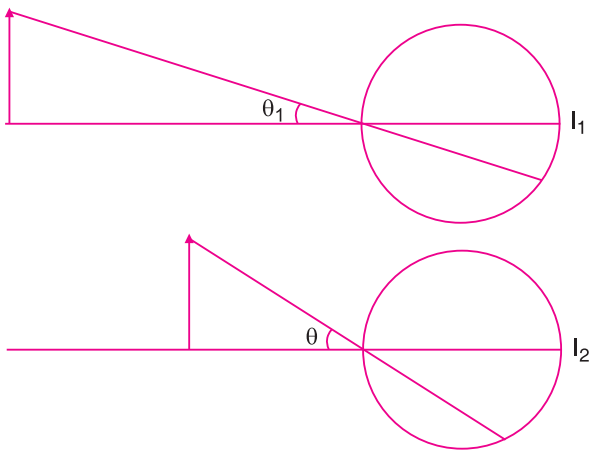
4. जब प्रकाश प्रिज्म से होकर गुज़रता है तो वह सात रंगों में क्यों विभक्त हो जाता है?

5. प्रकाश के विक्षेपण की किसी एक प्राकृतिक घटना का नाम लिखिए।

## 15-16 u= ,o u= nk"k

आँख में लगा एक उत्तल-लेंस रेटिना पर वास्तविक, उल्टा एवं वस्तु से छोटा प्रतिबिम्ब बनाता है। आँखों के लेंस एवं रेटिना के बीच की दूरी नियत होती है, अतः लेंस विभिन्न दूरियों पर रखी वस्तुओं के प्रतिबिम्बों को रेटिना पर फोकसित करने के लिए आवश्यक फोकस दूरी में सूक्ष्म समायोजन कर सकता है। मानव नेत्र पीले-हरे प्रकाश के लिए अत्यन्त संवेदनशील होते हैं, जिसकी तरंगदैर्ध्य 5550Å है। मानव नेत्र की संवेदनशीलता बैंगनी (4000Å) एवं लाल रंग (7000Å) के लिए सबसे कम होती है।

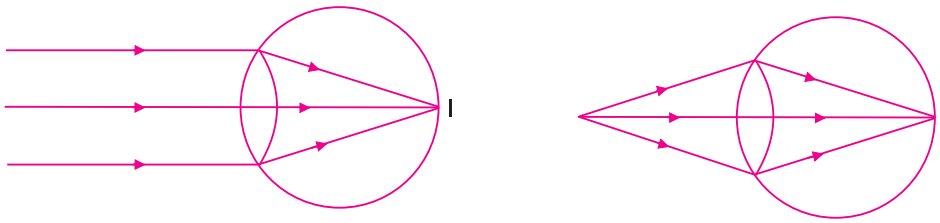
नेत्रों द्वारा अनुभव की जानेवाली वस्तु का आकार, नेत्रों के n'; dk.k पर निर्भर करता है। जब वस्तु दूर होती है, तो रेटिना पर इसका दृश्य-कोण $\theta_1$ एवं प्रतिबिम्ब $I_1$, छोटा बनता है अतः यह छोटी दिखाई देगी। यदि वस्तु को नेत्र के करीब लाया जाता है, तो इसका दृश्य कोण $\theta°$ बड़ा होता है, अतः प्रतिबिम्ब $I_2$ का आकार बड़ा होगा, जैसाकि चित्र 15.29 में दिखाया गया है।




fp= 15-29 ¼ नेत्रों में प्रतिबिम्ब का बनना

किसी सामान्य दृष्टि के तरुण वयस्क के लिए निकट बिन्दु की नेत्र से दूरी 25 सेमी. एवं दूर बिन्दु की नेत्र से दूरी अनन्त होती है। अर्थात् एक सामान्य नेत्र 25 सेमी.. से लेकर अनन्त दूरी तक रखी सभी वस्तुओं को सुस्पष्ट देख सकता है। इसे नेत्र की ^letu {kerk* कहते हैं।

यदि एक वस्तु अनन्त दूरी पर रखी है, अर्थात् समानान्तर-किरणें आँख में प्रवेश करती हैं, तो आँख की पेशियों में बहुत कम खिंचाव होता है, तथा आँख की इस स्थिति को शिथिलता अथवा विश्राति की अवस्था कहते हैं। जबकि यदि वस्तु नेत्र के निकट बिन्दु से कम दूरी पर रखी हो तो आँखों की पेशियों में खिंचाव अधिकतम होता है तथा दृश्यकोण भी अधिकतम होता है (दृश्यकोण, वस्तु द्वारा नेत्र पर बननेवाला कोण है)

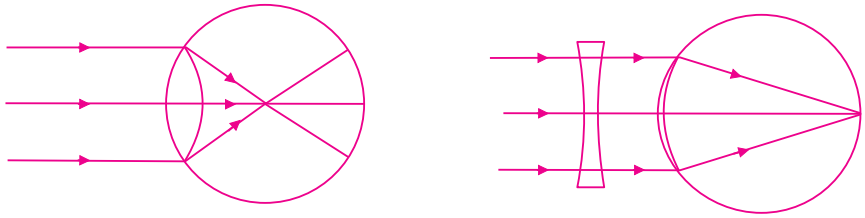


विश्रांत नेत्र  अधिकतम तनावयुक्त नेत्र

fp= 15-30

यदि वस्तु का प्रतिबिम्ब नेत्र के रेटिना पर नहीं बनता है तो ऐसा नेत्र में कुछ दृष्टि-दोष उत्पन्न हो जाने के कारण होता है। दृष्टि दोष मुख्यतः निम्नलिखित प्रकार के होते हैं –

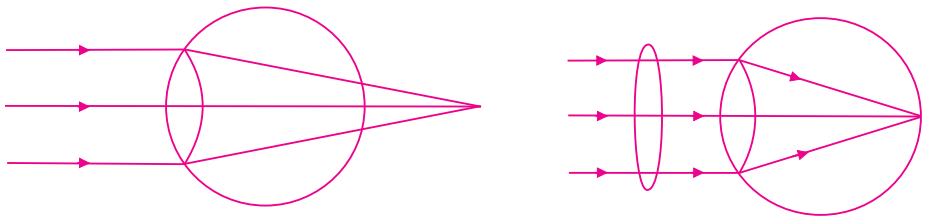
(i) ek;kfivk % इस दोष में दूर की वस्तुएँ स्पष्ट नहीं दिखाई देती हैं। अर्थात् दूर-बिन्दु अनन्त से कम दूरी पर होता है, अतः दूर स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब चित्र 15.31 के अनुसार रेटिना (दृष्टि-पटल) से पहले बनता है। इस दोष को अपसारी (अवतल) लेंसों के प्रयोग द्वारा दूर किया जाता है। मायोपिया को निकट दृष्टि-दोष या निकट दृष्टिता भी कहते हैं।



निकट दृष्टि दोशयुक्त नेत्र  संषोधित दृष्टियुक्त नेत्र

fp= 15-31

(ii) gkbijesVkfivk % इसे दूर-दृष्टिदोष अथवा दूर-दृष्टिता भी कहते हैं। इसमें पास की वस्तुएँ स्पष्ट नहीं दिखाई देती हैं। अर्थात् निकट-बिन्दु 25 cm से अधिक दूरी पर होता है। अतः पास स्थित वस्तु का प्रतिबिम्ब रेटिना के पीछे बनता है। इस दोष को चित्र 15.32 में दिखाए अनुसार अभिसारी (उत्तल) लेंस के उपयोग द्वारा दूर किया जाता है।



दूरदृष्टि युक्त नेत्र  संषोधित दृष्टि युक्त नेत्र

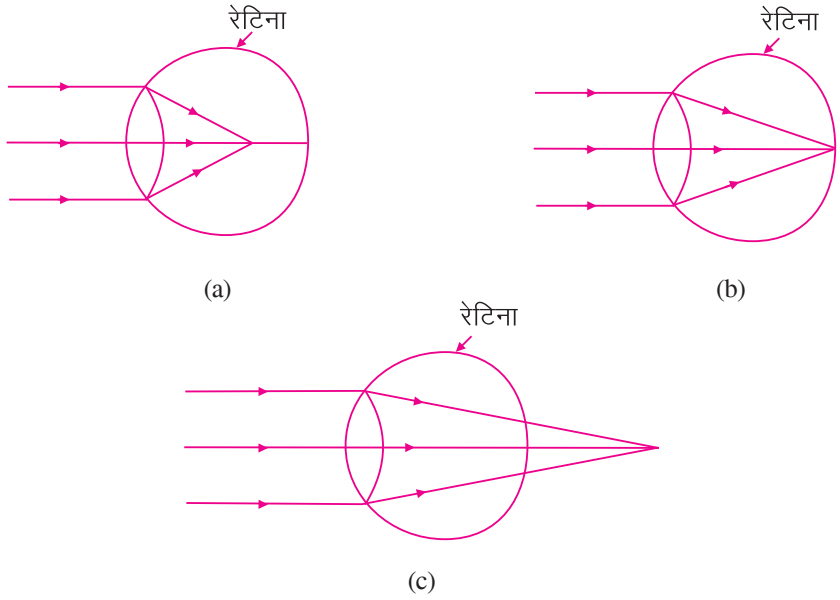
fp= 15-32

(iii) i:lck;kfivk % इस दोष में पास एवं दूर दोनों की ही वस्तुएँ स्पष्ट नहीं दिखाई देती हैं। अर्थात् दूर-बिन्दु अनन्त से कम दूरी पर तथा निकट-बिन्दु 25 cm से अधिक दूरी पर होता है। इसे या तो दो अलग-अलग चश्मों (लेंस) का (एक मायोपिआ एवं दूसरा हाइपरमेट्रोपिआ के लिए) उपयोग करके दूर किया जा सकता है, अथवा द्विफोकस-लेंस द्वारा भी दूर किया जा सकता है। यह वृद्धावस्था में होने वाली एक बीमारी है। वृद्धावस्था में पक्ष्माभी-कोशिकाओं की प्रत्यास्थता खत्म हो जाती है, इसलिए यह नेत्र-लेंस की फोकस-दूरी को प्रभावी रूप से बदल नहीं सकती हैं तथा नेत्र की समंजन क्षमता का ह्रास हो जाता है।

(iv) ,fLVxeVfVTe % यह नेत्र-लेंस की अपूर्ण गोलीय प्रकृति के कारण होता है। नेत्र लेंस की फोकस दूरी दो परस्पर लम्बवत् दिशाओं में भिन्न हो जाती है। अतः वह वस्तुओं को दो परस्पर लम्बवत् दिशाओं में एक साथ नहीं देख सकते हैं। दिशाओं सम्बन्धी नेत्र का यह दोष निश्चित दिशा में बेलनाकार लेंसों के इस्तेमाल द्वारा दूर किया जा सकता है।

## ikBxr iz'u 15-5

1. नीचे दिए गए किस-किस चित्र में दृष्टि दोषवाले नेत्र दर्षाए गए हैं? प्रत्येक चित्र के लिए बताइए कि इसमें किस प्रकार का दृष्टि दोष दर्शाया गया है। इस दृष्टि दोष को कैसे दूर किया जा सकता है?




fp= 15-33

2. एक कक्षा की तीन छात्रायें रिया, टिया एवं जिया क्रमशः +2D, +4D, एवं –2D शक्ति का चश्मा लगाती हैं। उनके आँखों में किस प्रकार का दृष्टि-दोष है?

3. दृष्टि-दोष को दूर करने के लिए जब किसी लेंस का उपयोग किया जाता है, तो नेत्र के लेंस की फोकस दूरी निम्नलिखित परिस्थितियों में किस प्रकार बदलती है :

   (i) निकट-दृष्टि दोष में (ii) दूर-दृष्टि दोष में

## vkiu D;k lh[kk

- प्रकाश, ऊर्जा का एक रूप है जो वस्तुओं को हमारे लिए दृश्य बनाता है।
- किसी माध्यम में चलता हुआ प्रकाश जब किसी चिकने एवं कठोर पृष्ठ पर गिरता है एवं पुनः उसी माध्यम में लौट आता है, तो यह घटना ^iidk'k dk ijkorZu* कहलाती है।
- परावर्तन में आपतन-कोण एवं परावर्तन कोण का मान बराबर होता है। तथा दर्पण के आपतन बिन्दु पर खींचा गया अभिलम्ब आपतित किरण एवं परावर्तित किरण तीनों एक ही तल में स्थित होते हैं।
- समतल-दर्पण में वस्तु का प्रतिबिम्ब आभासी, वस्तु के समान आकार का तथा वस्तु की दर्पण से दूरी के बराबर दूरी पर बनता है।
- गोलीय-दर्पण दो प्रकार के होते हैं : (i) अवतल दर्पण एवं (ii) उत्तल दर्पण
- गोलीय दर्पण के लिए वक्रता-त्रिज्या का मान, फोकस दूरी से दुगुना होता है।
- जब वस्तु को अवतल-दर्पण के सामने F पर, F एवं 2F के बीच, 2F पर, 2F से परे रखा जाता है तो वस्तु का प्रतिबिम्ब क्रमशः अनन्त, 2F से परे, 2F पर एवं F एवं 2F के बीच बनता है।
- जब वस्तु को अवतल दर्पण के ध्रुव एवं फोकस के बीच रखा जाता है तो वस्तु का प्रतिबिम्ब दर्पण के पीछे, आभासी एवं वस्तु के आकार से बड़ा बनता है।
- उत्तल दर्पण में प्रतिबिम्ब सदैव ध्रुव एवं फोकस के बीच, वस्तु से छोटा एवं आभासी प्रकृति का बनता है।
- जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करता है तो इसकी चाल परिवर्तित हो जाती है तथा प्रकाश की किरण अपने मार्ग से विचलित हो जाती है। यह घटना अपवर्तन कहलाती है।
- अपवर्तन में आपतन-कोण की ज्या एवं अपवर्तन कोण की ज्या के अनुपात का मान नियत होता है, जिसे अपवर्तनांक कहते हैं।
- जब प्रकाश किरणें विरल-माध्यम से सघन-माध्यम में प्रवेश करती हैं, तो ये अभिलम्ब की ओर मुड़ (झुक) जाती है तथा अपवर्तन-कोण का मान, आपतन कोण के मान से कम हो जाता है।
- जब प्रकाश किरणें सघन-माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करती हैं, तो यह अभिलम्ब से दूर मुड़ जाती है तथा अपवर्तन कोण का मान, आपतन कोण के मान से अधिक हो जाता है।

- एक पारदर्शी माध्यम जो सुस्पष्ट गोलीय सतहों (पृष्ठों) से घिरा होता है, लेंस कहलाता है। लेंस दो प्रकार के होते हैं (i) जो प्रकाश का अभिसारण करते हैं (उत्तल अथवा अभिसारी लेंस) एवं (ii) जो प्रकाश को अपसारित करते हैं (अवतल अथवा अपसारी लेंस)
- उत्तल लेंस के लिए जब वस्तु को F पर, F एवं 2F के बीच, 2F पर, 2F से परे, उत्तल दर्पण के सामने रखते हैं तो उसका प्रतिबिम्ब क्रमशः अनन्त, 2F से परे, 2F पर तथा F एवं 2F के बीच बनता है।
- जब वस्तु को उत्तल लेंस के F एवं प्रकाश केन्द्र के बीच रखा जाता है, तो वस्तु का प्रतिबिम्ब लेन्स के उसी ओर, आभासी एवं वस्तु के आकार से बड़ा होता है।
- अवतल-लेंस में वस्तु का प्रतिबिम्ब सदैव F एवं प्रकाश केन्द्र के बीच, वस्तु के आकार से छोटा एवं आभासी बनता है।
- किसी दर्पण की फोकस दूरी $f$ इस सूत्र द्वारा व्यक्त की जाती है –

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{v}+\frac{1}{u}$$

- किसी लेंस की फोकस दूरी इस सूत्र द्वारा व्यक्त की जाती है –

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

- फोकस दूरी का व्युत्क्रम, लेंस की क्षमता कहलाती है जिसे P से प्रदर्शित करते हैं अर्थात $P=\frac{1}{f(m)}$, इसका मात्रक डायोप्टर है।
- एक व्यक्ति जो अपने पास की वस्तुओं को स्पष्ट रूप से देख पाता है, लेकिन दूर की वस्तुओं को नहीं। ऐसे व्यक्ति निकट-दृष्टि दोष से पीड़ित होते हैं। इस दोष को अवतल लेंस के उपयोग द्वारा दूर किया जा सकता है।
- एक व्यक्ति जो दूर की वस्तुओं को स्पष्ट रूप से देख पाता है लेकिन पास की वस्तुओं को नहीं। ऐसे व्यक्ति दूर-दृष्टि दोष से पीड़ित होते हैं। यह दोष उत्तल लेंस के प्रयोग द्वारा दूर किया जा सकता है।
- जब प्रकाश किसी प्रिज्म से होकर गुजरता है तो वह अपने घटक रंगों में विभक्त हो जाता है। इस घटना को 'प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण' कहते हैं।
- इन्द्रधनुष, प्रकृति में वर्ण-विक्षेपण का सर्वज्ञात उदाहरण है।

## ikBkr i'u

1. जब प्रकाश (i) सघन-माध्यम से विरल-माध्यम में, एवं (ii) विरल-माध्यम से सघन-माध्यम में प्रवेश करता है, तो इसकी चाल पर क्या प्रभाव पड़ता है?

2. क्या आपतन-कोण का मान, अपवर्तन-कोण के मान के बराबर हो सकता है? अपने उत्तर की पुष्टि कीजिए।

3. क्या एक उत्तल-लेंस द्वारा प्रकाश सदैव अभिसारित होता है? व्याख्या कीजिए।

4. अवतल-लेंस द्वारा बननेवाले प्रतिबिम्ब की प्रकृति को बताइए।

5. नीचे दिए गए अक्षर जाल के क्षैतिज अथवा ऊर्ध्वाधर खानों में, प्रकाश के गुणधर्मों से सम्बन्धित कुछ सार्थक शब्द दिए गए हैं। कम से कम तीन सार्थक शब्दों को ढूँढ कर उनकी परिभाषा लिखिए।

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| क | वा | फो | क | स | क्ष | ठ | प |
| ख | स्त | फ | य | म | त्र | ड | रा |
| आ | वि | प | र | त | क्ष | सी | व |
| भा | क | रा | प्र | ल | न्स | धा | र्त |
| सी | ल | व | ति | ष | वा | द | न |
| ग | त | र्त | वि | स | प | प्र | स |
| प्रि | थ | न | म | श | फ | का | च |
| ज्म | द | ब | ब | ह | ब | ष | छ |
| ध | ध | भ | ल | उ | म | र | ज |
| च | न | ध्रु | व | त्त | भ | न्द्र | झ |
| छ | अ | व | त | ल | ट | त | व |
| ज | प | म | द | र्प | ण | प | र |

6. 20 cm फोकस दूरी के उत्तल-लेंस एवं अवतल-लेंस दोनों से बननेवाले प्रतिबिम्ब की प्रकृति क्या होगी जबकि वस्तु 10 cm की दूरी पर रखी हो?

7. 12 cm फोकस दूरी के अवतल-दर्पण से बननेवाले प्रतिबिम्ब की स्थिति ज्ञात कीजिए, जबकि वस्तु 20 cm की दूरी पर रखी गई हो। इसका आवर्धन भी ज्ञात कीजिए।

8. निम्नलिखित में से किस माध्यम के लिए प्रकाश का वेग अधिकतम एवं किस माध्यम के लिए न्यूनतम होगा?

| ek/;e | viorlukd |
|---|---|
| A | 1.6 |
| B | 1.3 |
| C | 1.5 |
| D | 1.4 |

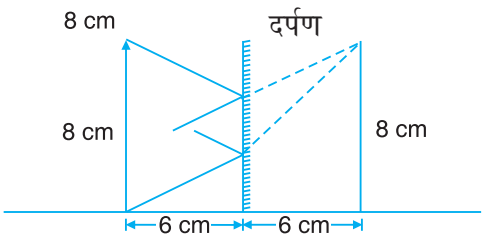
9. उत्तल-लेंस द्वारा बननेवाले मोमबत्ती के प्रतिबिम्ब को पर्दे पर प्राप्त किया जाता है। क्या प्रतिबिम्ब के पूर्ण आकार को पर्दे पर प्राप्त किया जा सकेगा यदि लेंस के नीचे के आधे भाग को काला एवं पूर्णतः अपारदर्शी कर दिया जाय? अपने उत्तर को किरण-आरेख द्वारा स्पष्ट कीजिए।
10. क्या केवल एक लेंस द्वारा कभी भी वास्तविक एवं सीधा प्रतिबिम्ब बनता है?
11. प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण क्या है? प्रकाश का वर्ण-विक्षेपण किस कारण से होता है?
12. दूर की वस्तुएँ छोटी एवं एक-दूसरे के पास-पास क्यों दिखाई देती हैं?
13. एक व्यक्ति जो तार की बनी जाली को देख रहा है, वह क्षैतिज दिशा की अपेक्षा ऊर्ध्वाधर तारों को ज्यादा स्पष्ट रूप से देखने में सक्षम है। किस दृष्टि-दोष के कारण ऐसा हो रहा है? तथा इस प्रकार के दोष को कैसे दूर किया जा सकता है?
14. एक व्यक्ति 30 cm दूर रखी वस्तुओं को आसानी से देख सकता है, परन्तु 30 मीटर दूर रखी वस्तुओं को नहीं देख पाता। वह किस प्रकार के दृष्टि-दोष से पीड़ित है? इसे किस प्रकार दूर किया जा सकता है?
15. दृश्य, पराबैंगनी एवं अवरक्त प्रकाश में अन्तर स्पष्ट कीजिए।
16. प्रकाश के परावर्तन के दौरान निम्न में से कौन-कौन सी राशियाँ नियत रहती हैं?
    (i) प्रकाश की चाल
    (ii) प्रकाश की आवृत्ति
    (iii) प्रकाश की तरंगदैर्ध्य
17. चित्र 15.34 में दिखाए अनुसार परावर्तक-सतहों, $M_1$ एवं $M_2$ जो कि एक-दूसरे के समकोण पर स्थित हैं, के लिए परावर्तन-कोण का मान लिखिए।

fp= 15-34

18. एक वस्तु समतल-दर्पण के सामने रखी हुई है। दर्पण को 0.25 $ms^{-1}$ की चाल से वस्तु से दूर हटाया जाता है। प्रतिबिम्ब की दर्पण एवं वस्तु के सापेक्ष चाल क्या होगी?
19. 12 cm ऊँचाई के समतल दर्पण में प्रतिबिम्ब का आकार 20 cm है। तो वस्तु का साइज क्या होगा?

## ikBxr iz'uksa ds mÙkj

**15-1**

1. 1. दीप्तिमान 2. दीप्तिमान 3. अदीप्तिमान
   4. दीप्तिमान 5. अदीप्तिमान
2. (i) वास्तविक प्रतिबिम्ब को पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है, जबकि आभासी-प्रतिबिम्ब को नहीं।
   (ii) वास्तविक प्रतिबिम्ब, प्रकाश-किरणों के पर्दे पर मिलने के कारण बनता है। जबकि आभासी प्रतिबिम्ब प्रकाश-किरणों के पर्दे पर मिलती हुई प्रतीत होने के कारण बनता है।
3. वास्तविक
4. 60°
5. 

6. (i) 4 cm (ii) 8 cm
7. (i) 6.0 $ms^{-1}$ (ii) 12.0 $ms^{-1}$
8. वास्तविक, सीधा, समतल, आभासी, प्रतिबिम्ब
9.

| oLrq dh njh (A) | oLrq dh Åapkbl (B) | ifrfcEc dh njh (C) | ifrfcEc dh Åapkbl (D) |
|---|---|---|---|
| 10 cm | 5 cm | 10 cm | 5 cm |
| 5 cm | 10 cm | 5 cm | 10 cm |
| 6 cm | 8 cm | 6 cm | 8 cm |

## 15-2

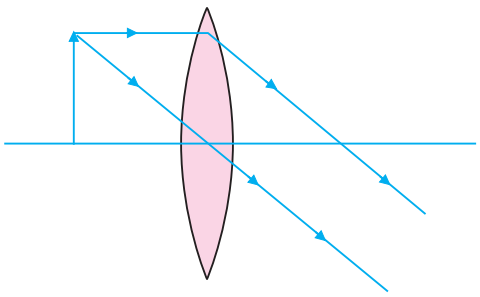
1. स्थिति = –8.55 cm, प्रकृति वास्तविक, फोकसदूरी 5 cm
2. जब वस्तु दर्पण के फोकस बिन्दु एवं ध्रुव के मध्य होती है।
3. फोकस से पहले
4. वास्तविक, वस्तु से छोटा एवं उल्टा
5. दर्पण के सामने 60 cm दूरी पर
6. शेविंग (हज़ामत) करने का शीशा (दर्पण), दन्त-चिकित्सकों के लिए आवर्धक दर्पण
7. सदैव आभासी एवं वस्तु से छोटा
8. (i) 4.8 cm (ii) 6 cm (iii) 7.2 cm
9.

| oLr| dh fLFkfr | ifrfcEc dh fLFkfr |
|---|---|
| (i) F पर | (i) अनन्त पर |
| (ii) F एवं 2F के बीच | (ii) 2F से परे |
| (iii) 2F से परे | (iii) F एवं 2F के बीच |
| (iv) F एवं 2F के बीच | (iv) 2F से परे |
| (v) 2F से परे | (v) F एवं 2F के बीच? |

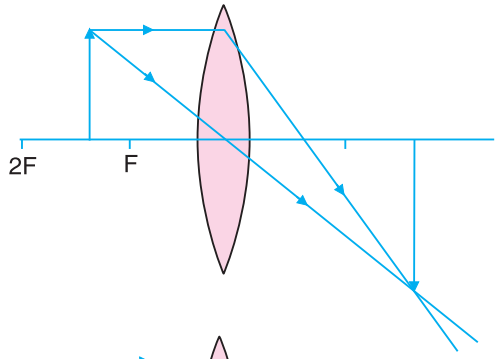
10. (i) वाहनों में पीछे के दृश्यों को देखने के लिए (ii) खतरनाक-मोड़ों पर सुरक्षा-दर्शी के रूप में।
11. नहीं, हमेशा नहीं।
12. आभासी प्रतिबिम्ब के लिए वस्तु को फोकस-बिन्दु (F) एवं ध्रुव (P) के बीच जबकि वास्तविक प्रतिबिम्ब के लिए F एवं 2F के बीच रखा जाना चाहिए।

## 15-3

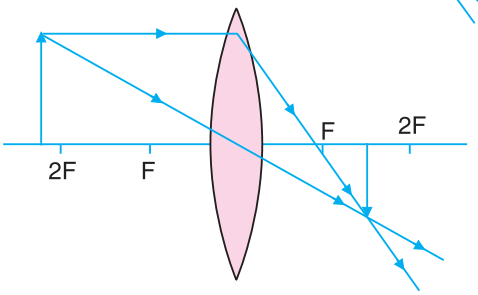
1. अवतल लेंस
2. (i)



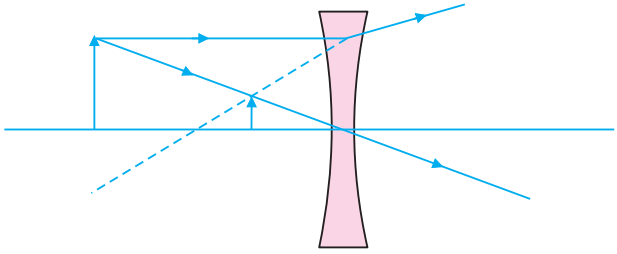
(ii)




(iii)




3.



4. उत्तल-लेंस, 40 cm
5. –20 cm

## 15-4

1. 5/3
2. (1) बैंगनी (2) नीला (3) आसमानी (4) हरा (5) पीला (6) नारंगी (7) लाल
3. r एवं δ दोनों ही घटेंगे।
4. प्रिज्म के पदार्थ का अपवर्तनांक प्रकाश के विभिन्न रंगों के लिए भिन्न-भिन्न होता है।
5. आसमान में इन्द्रधनुष।

## 15-5

1. (A) निकट-दृष्टि दोष, इसे अपसारी (अवतल) लेंस के प्रयोग द्वारा दूर किया जा सकता है।
   (B) कोई दृष्टि-दोष नहीं है।
   (C) दूर-दृष्टि दोष, इसे अभिसारी (उत्तल) लेंस के प्रयोग द्वारा दूर किया जा सकता है।
2. रिया एवं टिया को दूरदृष्टि-दोष है, जबकि जिया को निकट-दृष्टि दोष है।
3. (i) बढ़ती है (ii) घटती है