एकक III

प्राकृतिक परिघटनाएँ

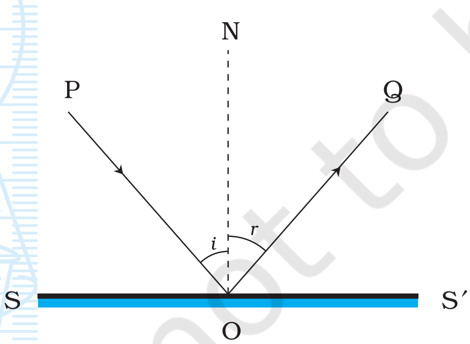
प्रयोग 34

उद्देश्य

समतल दर्पण द्वारा प्रकाश के परावर्तन के नियमों का सत्यापन करना।

सिद्धांत

जब प्रकाश किसी चिकने पालिश किए हुए पृष्ठ पर गिरता है तो वह एक निश्चित दिशा में परावर्तित हो जाता है। चित्र 34.1 में प्रकाश किरण PO, किसी समतल पालिश किए हुए पृष्ठ (समतल दर्पण) SS' पर आपतित दर्शायी गयी है। रेखा OQ आपतित किरण का बिन्दु O पर परावर्तन के पश्चात् का परिवर्तित पथ दर्शाती है। किरण PO को आपतित किरण तथा किरण OQ को परावर्तित किरण कहते हैं। बिन्दु O जहाँ आपतित किरण पालिश किए हुए पृष्ठ से टकराती है, आपतन बिन्दु कहलाता है। यदि ON पालिश किए हुए पृष्ठ SS′ के बिन्दु O पर अभिलम्ब है तो कोण PON तथा कोण NOQ क्रमश: आपतन कोण (*i*) तथा परावर्तन कोण (*r*) कहलाते हैं। वह तल जिसमें आपतित किरण तथा आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब स्थित है उसे आपतन-तल कहते हैं।



चित्र 34.1: *प्रकाश-किरण का परावर्तन*

प्रयोगों द्वारा निगमित परावर्तन के नियमों के अनुसार परावर्तित किरण तथा आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब आपतन-तल में ही होते हैं, तथा $\angle i = \angle r$ ।

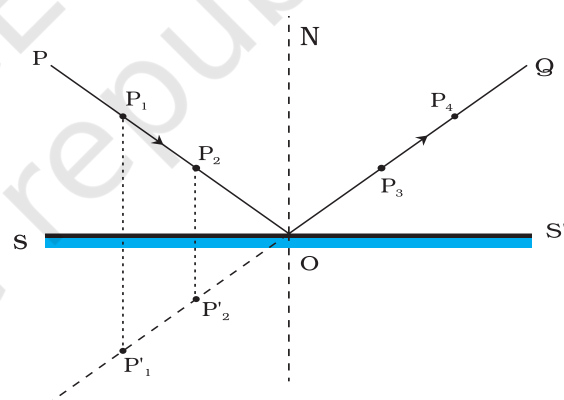
© NCERT not to be republished

आवश्यक सामग्री

समतल दर्पण तथा इसे ऊर्ध्वाधर रखने के लिए स्टैण्ड, ड्राइंग बोर्ड, सफेद कागज़ की शीट, चांदा, मापन पैमाना, पिन, ड्राइंग पिन अथवा आसंजक टेप।

कार्यविधि

1. ड्राइंग पिन अथवा आसंजक टेप द्वारा ड्राइंग बोर्ड पर सफेद कागज़ की शीट लगाइए।
2. कागज़ के मध्य एक पतली रेखा SS′ खींचिए। चित्र 34.2. में दर्शाए अनुसार रेखा SS′ के बिन्दु O पर अभिलम्ब ON खींचिए।
3. रेखा SS′ से कोई कोण बनाते हुए एक पतली रेखा PO खींचिए। किसी टेक की सहायता से रेखा SS′ पर दर्पण के परावर्ती पृष्ठ को ऊर्ध्वाधरतः इस प्रकार रखिए कि यह पृष्ठ रेखा PO की ओर रहे।
4. रेखा PO पर दो पिन P_1 तथा P_2 ऊर्ध्वधरतः इस प्रकार लगाइए कि दोनो पिनों के बीच पृथकन लगभग 5 से 6 cm हो। समतल दर्पण में पिनों P_1 तथा P_2 के संगत प्रतिबिम्बों P'_1 तथा P'_2 को देखिए।
5. दो पिन P_3 तथा P_4, ऊर्ध्वाधरतः इस प्रकार लगाइए कि इनके पाद उसी सरल रेखा में प्रतीत हों जिसमें प्रतिबिंबों P'_1 तथा P'_2 के पाद हैं। पिन P_1 तथा P_2, के पादों से होकर यह भी देखिए कि क्या पिनों के प्रतिबिम्बों P'_3 तथा P'_4, (चित्र 34.2 में नहीं दर्शाए गए हैं।) के पाद भी समतल दर्पण में देखने पर एक ही सरल रेखा में दिखाई देते हैं। यदि ऐसा है तो आपने पिन P_3 तथा P_4 को सही प्रकार से लगाया है।



चित्र 34.2: परावर्तन के नियमों का सत्यापन

6. दर्पण तथा सभी पिनों को हटा दीजिए। पिन P_3 तथा P_4 के पादों की स्थितियों को चिह्नित कीजिए। पिन P_3 तथा P_4 के पदों से गुजरने वाली एक पतली रेखा OQ खींचिए। इस रेखा को इतना आगे बढ़ाइए कि यह रेखा SS′ से मिले। यह विस्तरित रेखा पृष्ठ SS′ के बिन्दु O पर मिलनी चाहिए। यह रेखा OQ आपतन बिन्दु O पर रेखा PO के अनुदिश आपतित किरण के तदनुरूपी परावर्तित किरण के पथ को दर्शाती है।
7. कोण PON ($\angle i$) तथा कोण NOQ ($\angle r$) मापिए तथा इन मानों को प्रेक्षण तालिका में लिखिए।
8. प्रयोग को दो अन्य आपतन कोणों के लिए दोहराइये।

© NCERT not to be republished

प्रेक्षण

क्रम सं.	आपतन कोण	परावर्तन कोण	अंतर
	$\angle i = \angle PON$	$\angle r = \angle NOQ$	$\angle i \sim \angle r$
1.			
2.			
3.			

परिणाम एवं परिचर्चा

1. क्या प्रत्येक आपतन कोण के लिए परावर्तित किरण आपतन बिन्दु पर मिलती है? क्या परावर्तित किरण आपतित किरण के तल में है? अपने प्रेक्षणों के आधार पर व्याख्या कीजिए।
2. क्या प्रत्येक प्रकरण में आपतन कोण, परावर्तन कोण के बराबर है? यदि नहीं, तो क्या इन दोनों के बीच अधिक अंतर है?
3. क्योंकि $\angle i = \angle r$, तथा आपतित किरण, परावर्तित किरण तथा आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब एक ही तल में है। अत: परावर्तन के नियम सत्यापित होते हैं।

सावधानियाँ

- समतल दर्पण को कागज़ के तल पर ऊर्ध्वाधरत: रखना चाहिए।
- दर्पण चिकने पृष्ठ वाले पतले काँच से बना होना चाहिए (क्यों? अन्यथा बहुपरावर्तन के कारण कई प्रतिबिम्ब बन जाएेंगे।) दर्पण अच्छी गुणता युक्त अच्छे परावर्ती पृष्ठ का होना चाहिए।
- हो सकता है कि कागज़ पर लगाए गए पिन P_1, P_2, P_3 तथा P_4 ठीक-ठीक कागज़ के तल के लम्बवत् (ऊर्ध्वाधर) न हो। इसी प्रकार यदि इनके पाद संरेखित हैं तो हो सकता है कि इनके शीर्ष संरेखित प्रतीत न हों। इसीलिए कागज़ पर पिनों की स्थितियां अंकित करते समय आपतित किरण तथा परावर्तित किरण के पथों को दर्शाने के लिए खींची जाने वाली रेखाओं के लिए पिनों के पादों पर विचार करना चाहिए। ऐसा पिनों द्वारा बनाए गए छिद्रों की स्थितियों को चिह्नित करके किया जाता है।
- आपतित किरण के पथ पर लगे पिनों के प्रतिबिम्बों को देखकर परावर्तित किरण को चिह्नित करते समय आँख को आलपिनों से कुछ दूरी पर रखना चाहिए ताकि सभी पिनों के पाद एक ही समय स्पष्ट दिखाई दे सकें।
- P_1 तथा P_2 एवं P_3 तथा P_4 के बीच की दूरी लगभग 5 से 6 cm से कम नहीं होनी चाहिए ताकि आपतित किरण तथा परावर्तित किरण की अवस्थितियाँ अधिक परिशुद्धता से अंकित की जा सकें।

© NCERT not to be republished

- आँख को ऐसी स्थिति में रखना चाहिए कि पिनों के प्रतिबिम्ब तथा आँख के बीच की दूरी कम से कम 25 cm हो। साथ ही, स्पष्ट प्रतिबिम्ब देखते समय एक आँख को बंद रखना चाहिए।
- खींची जाने वाली सभी रेखाएं पतली होनी चाहिए। इसके लिए नुकीली पेंसिल का उपयोग करना चाहिए।
- आँख को चांदे के चिह्नों के ऊपर लम्बवत् रखकर कोणों की यथार्थ माप लेनी चाहिए।

शिक्षक के लिए

- यदि इस प्रयोग में उपयोग किया जाने वाला दर्पण मोटी शीट का बना है तो आप यह पाएंगे कि आपतित किरण तथा परावर्तित किरण रेखा SS′ एक ही बिन्दु O पर नहीं मिलती। इसका कारण बहु परावर्तनों द्वारा बहु प्रतिबिम्ब बनना है। अतः जोर देकर यह परामर्श दिया जाता है कि इस प्रयोग को करने के लिए काँच की पतली शीट से बने दर्पण का उपयोग किया जाना चाहिए। तथापि अग्रलेपित दर्पण का उपयोग आदर्श है।
- काँच की पृष्ठीय विषमताओं के कारण भी त्रुटि हो सकती है। उदाहरण के लिए आपतन कोण तथा परावर्तन कोण हो सकता है समान न हों। अतः यह आवश्यक है कि दर्पण पट्टिका अत्यधिक गुणता के काँच की बनी हो।

प्रश्न

- परावर्तन के नियमों के सत्यापन के लिए पतली दर्पण पट्टिका क्यों आवश्यक है?
- क्या आप समतल दर्पण के सामने रखी जलती मोमबत्ती का प्रतिबिम्ब किसी पर्दे पर प्राप्त कर सकते हैं?
- यदि आपतित किरण समतल दर्पण के अभिलम्बवत हो तो परावर्तन कोण कितना होगा?
- कोई आपतित किरण किसी समतल दर्पण से समान पथ के अनुदिश पीछे की ओर परावर्तित हो जाती है। आपतन कोण का क्या मान है?
- कोई पिन किसी समतल दर्पण के सामने 5 cm दूरी पर लगा है। इस पिन का प्रतिबिम्ब कहाँ तथा कितनी दूरी पर बनेगा?

© NCERT not to be republished

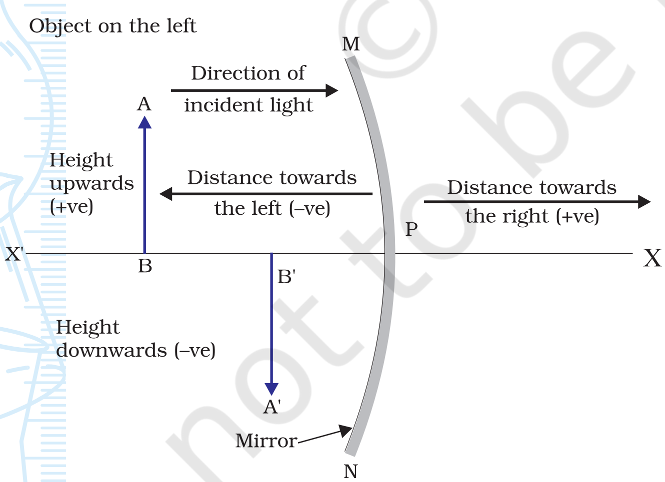
प्रयोग 35

उद्देश्य

किरण आरेख द्वारा किसी अवतल दर्पण के सामने विभिन्न स्थितियों में रखे बिम्ब का प्रतिबिम्ब बनाना।

सिद्धांत

अवतल दर्पण (गोलीय दर्पण) समतल दर्पण की भाँति प्रकाश के परावर्तन के नियमों का पालन करता है। अवतल दर्पण के सापेक्ष विभिन्न स्थितियों पर रखे किसी बिम्ब के अवतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज, अवतल दर्पण के ध्रुव के सापेक्ष बिम्ब की स्थितियों पर निर्भर करती है। अवतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्बों का अध्ययन प्रकाश किरण आरेख खींचकर और नई कार्तीय चिह्न प्रणाली के उपयोग द्वारा भी किया जा सकता है (चित्र 35.1)।



चित्र 35.1: अवतल दर्पण के लिए प्रयुक्त होने वाली नई कार्तीय चिह्न परिपाटी

इस परिपाटी में, दर्पण MN के ध्रुव (P) को निर्देशांक प्रणाली का मूल बिन्दु तथा इसके मुख्य अक्ष को x-अक्ष (X'X) माना जाता है। इस परिपाटी के अनुसार : (i) बिम्ब को सदैव दर्पण के बायीं ओर रखते हैं। इससे यह संकेत मिलता है कि बिम्ब से दर्पण पर प्रकाश बायीं ओर से आपतित होती है (ii) मुख्य अक्ष के समांतर सभी दूरियाँ दर्पण के ध्रुव से मापी जाती हैं (iii) मूल बिन्दु के दायीं

© NCERT not to be republished

ओर मापी जाने वाली सभी दूरियाँ (अर्थात् $+x$-अक्ष के अनुदिश) धनात्मक ली जाती है जबकि मूलबिन्दु के बायीं ओर (अर्थात्$-x$-अक्ष के अनुदिश) मापी जाने वाली सभी दूरियाँ ऋणात्मक ली जाती हैं। (iv) मुख्य अक्ष के लम्बवत् ऊपर की दिशा में मापी जाने वाली दूरियाँ (अर्थात $+$ y-अक्ष के अनुदिश) धनात्मक ली जाती हैं, तथा (v) मुख्य अक्ष के लम्बवत् नीचे की दिशा में मापी जाने वाली दूरियाँ (अर्थात् $-$y-अक्ष के अनुदिश) ऋणात्मक ली जाती हैं।

अवतल दर्पण के सामने रखे परिमित आमाप के विस्तृत बिम्ब AB का प्रत्येक छोटा भाग प्रकाश के बिन्दु स्रोत की भाँति कार्य करता है। स्रोत के इन बिन्दुओं से प्रकाश की असंख्य किरणें उत्पन्न होती हैं जिन्हें बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब की अवस्थिति ज्ञात करने के लिए तथा प्रकाश किरण आरेख खींचने के लिए उपयोग में लाया जा सकता है। प्रकाश किरण आरेखों को सुस्पष्ट बनाने की दृष्टि से केवल उन्हीं दो किरणों का चयन किया जाता है जो अवतल दर्पण से परावर्तन के पश्चात् किधर जाएंगी यह अच्छी तरह ज्ञात हो सके। चित्र 35.2 में अवतल दर्पण के सापेक्ष बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए प्रतिबिम्ब बनना दर्शाने के लिए कुछ प्रारूपिक बिम्ब प्रकाश किरणों का गमन पथ दर्शाया गया है। कम-से-कम दो परावर्ती किरणों के प्रतिच्छेदन द्वारा किसी बिन्दु बिम्ब के प्रतिबिम्ब की स्थिति प्राप्त होती है। अवतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब की अवस्थिति के लिए निम्नलिखित में किन्हीं दो किरणों पर विचार किया जा सकता है।

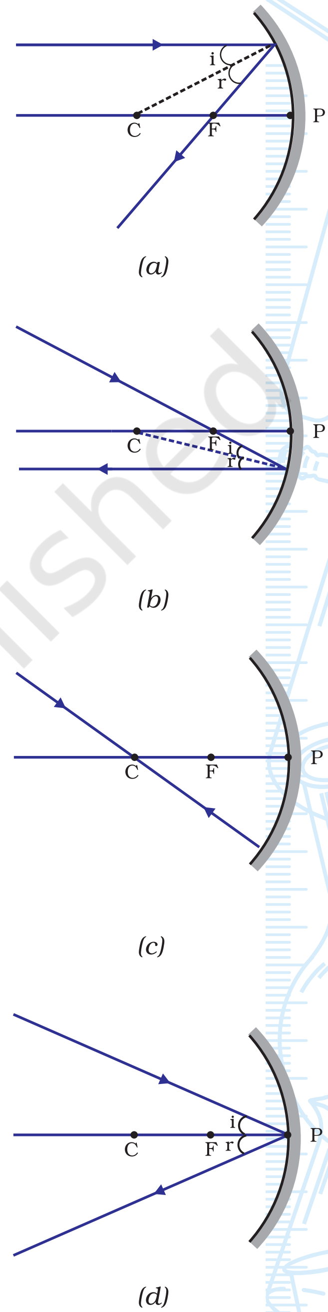
(i) मुख्य अक्ष के समान्तर प्रकाश किरण, परावर्तन के पश्चात् दर्पण के मुख्य फोकस F से गुजरती है [चित्र 35.2(a)]।

(ii) अवतल दर्पण के मुख्य फोकस F से गुजरने वाली प्रकाश किरण, परावर्तन के पश्चात् इसकी मुख्य अक्ष के समान्तर निर्गत होती है [चित्र 35.2(b)]।

(iii) अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र C से गुजरने वाली प्रकाश किरण परावर्तन के पश्चात् उसी पथ के अनुदिश वापस लौट जाती है [चित्र 35.2(c)]। प्रकाश किरण उसी पथ के अनुदिश इस लिए लौट आती है क्योंकि आपतित किरण दर्पण पर अभिलम्ब के अनुदिश गिरती है।

(iv) मुख्य अक्ष से कोण बनाती हुई अवतल दर्पण के बिन्दु P (दर्पण का ध्रुव) पर आपाती किरण आपतन के पश्चात् [चित्र 35.2(d)], परावर्तन के नियमों का पालन करते हुए मुख्य अक्ष से उतना ही कोण बनाती हुई दूसरी ओर परावर्तित हो जाती है।

अवतल दर्पण के सामने विभिन्न स्थितियों में रखे बिम्ब के प्रतिबिम्बों की अवस्थिति ज्ञात करने के लिए नयी कार्तीय चिह्न परिपाटी (चित्र 35.1) तथा सुविधाजनक प्रकाश किरणों (चित्र 35.2) के उपयोग द्वारा सुस्पष्ट प्रकाश किरण आरेख खींचे जा सकते हैं। यहाँ ध्यान दें कि अवतल दर्पण पतला तथा छोटे द्वारक का हो (क्या ऐसा होना आवश्यक है?)। फिर प्रत्येक प्रकरण में प्रतिबिम्ब की प्रकृति, स्थिति तथा अपेक्षित साइज ज्ञात किया जा सकता है।



चित्र 35.2 : *अवतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब की स्थिति प्राप्त करने के लिए ऊपर दर्शित किरणों में से किन्हीं दो का उपयोग किया जा सकता है।*

© NCERT not to be republished

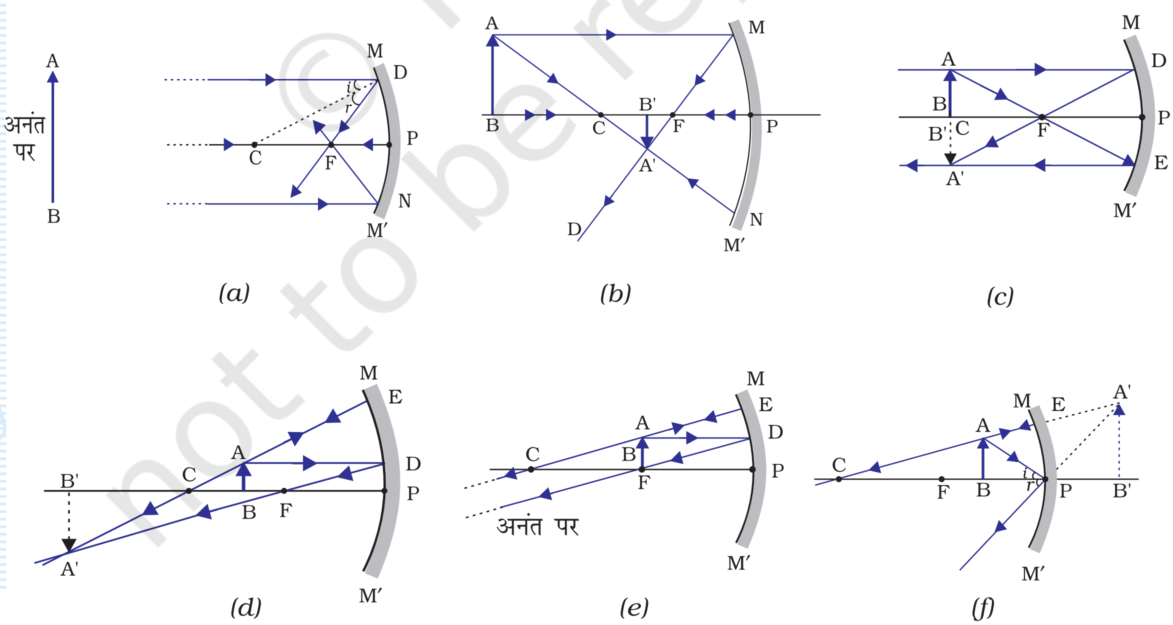
सामान्यत: विद्यालयों की प्रयोगशालाओं में उपयोग होने वाले गोलीय दर्पण पतली पारदर्शी काँच पट्टिका के पिछले पृष्ठ पर पालिश करके बनाए जाते हैं जो उनके परावर्तक पृष्ठ की भाँति व्यवहार करते हैं।

आवश्यक सामग्री

ड्राइंग बोर्ड, मापक पैमाना, सफेद कागज, परकार, चांदा, ड्राइंग पिन अथवा आसंजक टेप।

कार्यविधि

1. ड्राइंग पिन अथवा आसंजक टेप की सहायता से ड्राइंग बोर्ड पर सफेद कागज की शीट लगाइए। कागज के बीच में 10 - 12 cm लम्बी एक पतली सरल रेखा CP खींचिए।
2. परकार की नोक बिन्दु C पर रखकर चित्र 35.3(a). में दर्शाए अनुसार अवतल दर्पण MM′ को निरूपित करने के लिए एक चाप खींचिए। यहाँ C अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र, बिन्दु P ध्रुव तथा दूरी CP वक्रता त्रिज्या को निरूपित करते हैं।
3. कोई दूरस्थ बिम्ब AB खींचिए जो चित्र 35.3(a) में दर्शाए अनुसार अनन्त पर स्थित माना जा सकता है। आपतित किरणें निरूपित करने वाली दो तीरांकित मुख्य अक्ष के समांतर (किरणों की दिशा दर्शाने के लिए) रेखाएं खींचिए जो अवतल दर्पण MM′ के पृष्ठ पर क्रमश: आपतन बिन्दुओं D तथा N पर मिलती हैं।



चित्र 35.3 : अवतल दर्पण से प्रतिबिम्ब बनाने के लिए किरण आरेख।

© NCERT not to be republished

4. बिन्दु D तथा N को बिन्दु C से बिन्दुकित सरल रेखाओं द्वारा जोड़िए। तब रेखाएं CD तथा CN क्रमशः वक्रित पृष्ठ MM′ के बिन्दु D तथा N पर अभिलम्ब हैं। यहाँ $\angle ADC = \angle BNC = \angle i$, बिन्दु D तथा N पर आपतन कोण हैं। प्रत्येक प्रकरण में इन आपतन कोणों को मापिए।

5. आपतित किरणें AD तथा BN दर्पण MM′ के आपतन बिन्दुओं D तथा N पर उतने ही कोणों पर परावर्तित हो जाएंगी जिन कोणों पर ये इन बिंदुओं पर आपतित हैं। इसके लिए, तीर चिह्नांकित एक रेखा DF खींचिए जो मुख्य अक्ष के बिन्दु F पर इस प्रकार मिलती है कि $\angle CDF = \angle ADC$ होता है। कोण $\angle CDF$ बिन्दु D पर परावर्तन कोण है (अर्थात् $\angle CDF = \angle r$)। इसी प्रकार बिन्दु N से भी एक रेखा खींचिए जो मुख्य अक्ष के किसी बिन्दु पर मिले जो ऐसा हो कि अभिलम्ब CN के साथ आपतित किरण BN के लिए परावर्तन कोण $\angle BNC$ (= $\angle i$) के बराबर है। क्या बिन्दु N से परावर्तित होने वाली किरण भी मुख्य अक्ष के बिन्दु F पर मिलती है? यदि ऐसा है, तो रेखा NF (परावर्तित किरण की भाँति) खींचिए तथा $\angle CNF = \angle r$, अंकित कीजिए जो कि आपतन बिन्दु N पर परावर्तन कोण है। बिन्दु F अवतल दर्पण का मुख्य फोकस है?

6. लम्बाइयाँ CF तथा FP मापिए। क्या CF = FP है? (आदर्श अवस्थाओं में बिन्दु F, C तथा P का मध्य बिन्दु होना चाहिए)।

7. तीर सहित एक रेखा CP खींचिए जो दर्पण MM′ के ध्रुव P पर अभिलम्बवत् आपतित किरण को निरूपित करती है। यह किरण परावर्तन के पश्चात् दर्पण के मुख्य फोकस F से गुजरेगी। आपतन बिन्दु P पर तीर सहित रेखा PC खींचिए। इस स्थिति में, परावर्तित किरण PC आपतित किरण की दिशा के विपरीत उसी पथ पर लौटती है।

8. परावर्तित किरणें DF, NF, तथा PC ये सभी मुख्य फोकस F पर मिलती हैं। इस प्रकार दूरस्थ बिम्ब AB (जो अनन्त पर स्थित है।) का प्रतिबिम्ब चित्र 35.3(a) में दर्शाए अनुसार बिन्दु F पर बनता है।

9. नयी कार्तीय चिह्न परिपाटी (चित्र 35.1) का उपयोग करके तथा प्रतिबिम्ब की अवस्थिति ज्ञात करने के लिए प्रासंगिक किरणें लेकर उपरोक्त चरणों को दोहराइए। बिम्ब की प्रत्येक स्थिति–वक्रता केन्द्र C के परे [चित्र 35.3(b)]; वक्रता केन्द्र C पर [चित्र 35.3(c)]; वक्रता केन्द्र C तथा मुख्य फोकस F के बीच [चित्र 35.3(d)]; मुख्य फोकस F पर [चित्र 35.3(e)]; तथा मुख्य फोकस F के ध्रुव P के बीच [चित्र 35.3(f)] के लिए स्वच्छ प्रकाश किरण आरेख खींचिए।

10. अवतल दर्पण के सामने रखे बिम्ब के प्रत्येक प्रकरण में चित्र 35.3 (a) *से (f)* तक के खींचे गए प्रकाश किरण आरेखों में पैमाने की सहायता से बिम्ब AB तथा इसके प्रतिबिम्ब A′B′ की ऊँचाई क्रमश h तथा h' मापिए इन मापों को प्रेक्षण तालिका में लिखिए।

11. अवतल दर्पण द्वारा बिम्ब को विभिन्न स्थितियों में रखने पर बने प्रतिबिम्बों की प्रकृति, स्थिति तथा आपेक्षिक साइज का वर्णन कीजिए। परिणामों को प्रेक्षण तालिका में लिखिए।

© NCERT not to be republished

प्रेक्षण, परिणाम एवं निष्कर्ष

अवतल दर्पण के सामने विभिन्न स्थितियों में रखे बिम्ब के चित्र 35.3 के प्रकाश किरण आरेखों के अनुसार बने प्रतिबिम्ब के अभिलक्षण।

क्रम संख्या	किरण आरेख	बिम्ब की स्थिति	प्रतिबिम्ब की स्थिति	प्रतिबिम्ब की प्रकृति	बिम्ब का साइज h (cm)	प्रतिबिम्ब का साइज h' (cm)	आवर्धन (h'/h)
1.	(a)	अनन्त पर	F पर	वास्तविक व उल्टा			
2.	(b)	C के परे	F तथा C के बीच	वास्तविक व उल्टा			
3.	(c)	C पर	C पर	वास्तविक व उल्टा			
4.	(d)	C तथा F के बीच	C से परे	वास्तविक व उल्टा			
5.	(e)	F पर	अनन्त पर	वास्तविक व उल्टा			
6.	(f)	P तथा F के बीच	दर्पण के पीछे	आभासी व सीधा			

© NCERT not to be republished

सावधानियाँ

- आपतित किरण, परावर्तित किरण तथा अन्य सभी किरणों को निरूपित करने वाली पतली रेखाओं को खींचने के लिए नुकीली पेंसिल का उपयोग करना चाहिए।
- अत्यधिक अच्छी गुणता तथा स्पष्ट अंशांकन वाले चांदे का उपयोग करके आपतन तथा परावर्तन कोण मापना चाहिए।
- अवतल दर्पण का आरेख बनाने के लिए परकार की नोंक नुकीली होनी चाहिए।
- स्पष्ट प्रतिबिम्ब की स्थिति प्राप्त करने के लिए खींचे गए अवतल दर्पण के आरेख की रेखा पतली, द्वारक छोटा तथा वक्रता त्रिज्या अधिक होनी चाहिए।

शिक्षकों के लिए

- चित्र 35.3 में दर्शाए गए प्रकाश किरण आरेख में अवतल दर्पण के F की स्थिति प्रकाश के परावर्तन के नियमों का उपयोग करके ज्ञात की जानी चाहिए। इसे C तथा P के मध्य में न दर्शाएं। क्यों?
- अवतल दर्पण द्वारा किसी बिम्ब का प्रतिबिम्ब बनाने के लिए प्रकाश किरण आरेख ग्राफ पेपर पर भी खींचे जा सकते हैं। इससे विद्यार्थियों को माप लेने में सुविधा होगी ।

प्रश्न

- कभी-कभी अवतल दर्पण के सामने C पर रखे बिम्ब का प्रतिबिम्ब समान साइज का तथा अवस्थिति C पर नहीं बनता। इस स्थिति के क्या संभावित कारण हो सकते हैं?
- यदि प्रकाश किरण आरेख को खींचने में उपयोग की गयी पेंसिल पतली एवं नुकीली नहीं है, तो यह प्रतिबिम्ब की स्थिति तथा साइज को किस प्रकार प्रभावित करेगी?
- अवतल दर्पण द्वारा प्रतिबिम्ब बनना दर्शाने के लिए प्रकाश किरण आरेख खींचते समय बिन्दु C को आपतन बिन्दु D से मिलाने का क्या लाभ है?

© NCERT not to be republished

© NCERT not to be republished

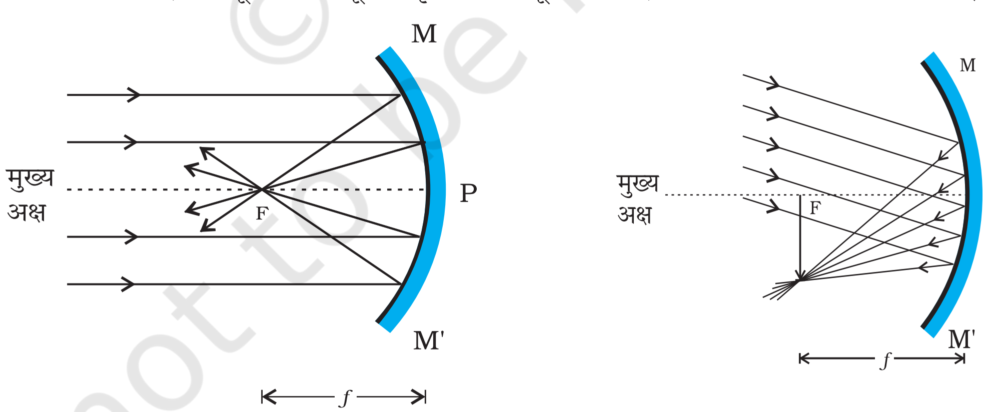
प्रयोग 36

उद्देश्य

किसी दूरस्थ बिम्ब का प्रतिबिम्ब प्राप्त करके अवतल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात करना।

सिद्धांत

समतल दर्पण की भाँति अवतल दर्पण भी प्रकाश के परावर्तन के नियमों का पालन करता है। किसी दूरस्थ बिम्ब (जैसे सूर्य अथवा दूरस्थ वृक्ष अथवा दूरस्थ भवन) से आने वाली प्रकाश किरणें एक दूसरे के समांतर



चित्र 36.1: अवतल दर्पण द्वारा दूरस्थ बिम्ब का प्रतिबिम्ब बनना।

(a) आपाती समान्तर किरण पुंज मुख्य अक्ष के समांतर है।

(b) आपाती समान्तर किरण पुंज मुख्य अक्ष के समांतर नहीं है।

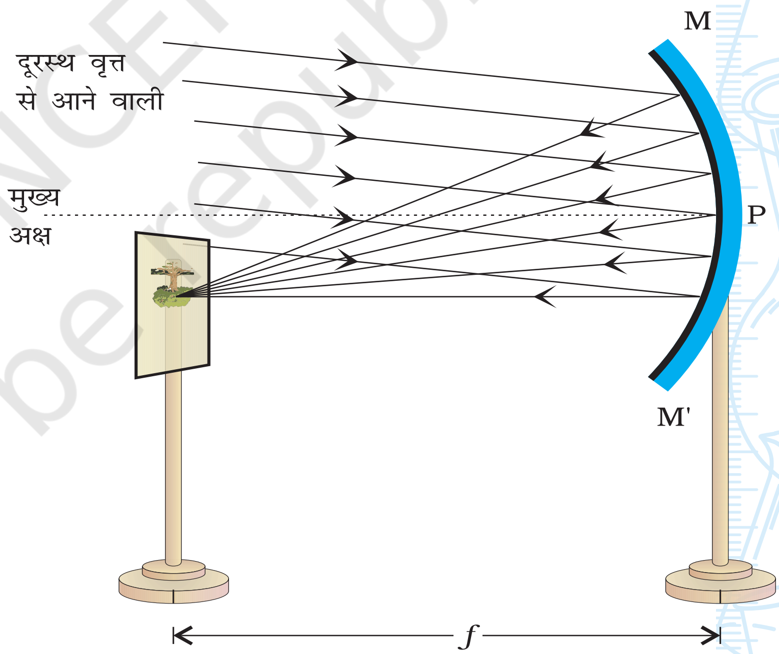
मानी जा सकती हैं। जब प्रकाश की समांतर किरणें किसी अवतल दर्पण पर पड़ती हैं तो दर्पण से परावर्तन के पश्चात् ये किरणें दर्पण के सामने किसी बिन्दु पर मिलती हैं। यह बिन्दु दर्पण के फोकस-तल में स्थित होता है। किसी दूरस्थ बिम्ब से आने वाला समांतर प्रकाश पुंज अवतल दर्पण से परावर्तन के पश्चात् दर्पण के फोकस पर एक वास्तविक, उल्टा तथा अत्यंत छोटा साइज का प्रतिबिम्ब बनाता है। [चित्र 36.1(a)]। चूँकि दर्पण द्वारा बना प्रतिबिम्ब वास्तविक है, इसे पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है। अवतल दर्पण के ध्रुव P तथा इसके फोकस F के बीच की दूरी अवतल दर्पण की फोकस दूरी होती है। अत: किसी अवतल दर्पण की फोकस दूरी का आंकलन किसी दूरस्थ बिम्ब का इसके फोकस पर प्रतिबिम्ब प्राप्त करके किया जा सकता है।

आवश्यक सामग्री

अवतल दर्पण, दर्पण स्टैण्ड, स्टैण्ड में लगा छोटा पर्दा तथा एक मापक पैमाना ।

कार्यविधि

1. दर्पण स्टैण्ड में अवतल दर्पण लगाइए तथा इसे खुली खिड़की के निकट मेज पर रखिए। दर्पण का परावर्ती फलक घुमाकर किसी दूरस्थ बिम्ब (दूरस्थ वृक्ष, विद्युत खम्बा अथवा दूरस्थ भवन) की ओर कीजिए।
2. स्टैण्ड में लगे पर्दे को अवतल दर्पण के सामने रखिए। पर्दे को आगे-पीछे तब तक ले जाते रहिए जब तक दूरस्थ बिम्ब का स्पष्ट एवं उल्टा प्रतिबिम्ब पर्दे पर नहीं बन जाता (चित्र 36.2)। यदि पर्दे को छाया में रखें तथा दूरस्थ बिम्ब जैसे वृक्ष अथवा भवन पर सूर्य का प्रकाश (धूप) पड़ रही है, तो पर्दे पर एक स्पष्ट व चमकीला प्रतिबिम्ब प्राप्त किया जा सकता है। यदि सूर्य का प्रकाश सीधे ही अवतल दर्पण पर पड़े तो सूर्य का चमकीला प्रतिबिम्ब भी पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है।



चित्र 36.2 : *अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात करना।*

3. पर्दे पर दूरस्थ बिम्ब का स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त होने पर दर्पण तथा पर्दे को धारण करने वाले स्टैण्डों के मध्य बिन्दुओं की स्थिति अंकित कीजिए तथा मापक पैमाने की सहायता से अवतल दर्पण के केन्द्र तथा पर्दे के बीच की क्षैतिज दूरी मापिए। अपने प्रेक्षणों को प्रेक्षण तालिका में लिखिए।

© NCERT not to be republished

4. दो विभिन्न दूरस्थ बिम्बों के प्रतिबिम्ब पर्दे पर प्राप्त करके दो बार अपने प्रयोग को दोहराइए। प्रत्येक प्रकरण में अवतल दर्पण तथा पर्दे के बीच की दूरी मापिए तथा अपने प्रेक्षणों को प्रेक्षण तालिका में लिखिए।
5. फोकस दूरी का माध्य अथवा औसत मान ज्ञात कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

क्रम संख्या	बिम्ब का नाम	अवतल दर्पण तथा पर्दे के बीच की दूरी f		अवतल दर्पण की औसत फोकस दूरी f
		(cm)	(m)	(M)
1.				
2.				
3.				

अवतल दर्पण की औसत फोकस दूरी = ________ m

परिणाम एवं परिचर्चा

दिए गए अवतल दर्पण की फोकस दूरी का मान लगभग =_____________m है।

सावधानियाँ

- इस प्रयोग को खुली खिड़की के निकट करना चाहिए ताकि बिम्ब से आने वाला पर्याप्त प्रकाश दर्पण की परावर्तक सतह पर पड़ सके।
- दूरस्थ बिम्ब से आने वाले प्रकाश की किरणें अवतल दर्पण के चमकीले पृष्ठ पर बिना किसी बाधा के आकर पड़नी चाहिए।
- सूर्य का प्रतिबिम्ब केवल पर्दे पर ही फोकसित करना चाहिए । सूर्य के प्रतिबिम्ब को सीधे नंगी आँखों द्वारा कभी भी नहीं देखना चाहिए। सूर्य के प्रकाश को अवतल दर्पण द्वारा शरीर के किसी भाग, पेपर या ज्वलनशील पदार्थ पर फोकसित नहीं करना चाहिए। क्योंकि ऐसा करना खतरनाक हो सकता है।
- किसी दूरस्थ बिम्ब का चमकीला तथा स्पष्ट प्रतिबिम्ब दीवार/फर्श पर प्राप्त करने से पूर्व यह सुनिश्चित कर लेना चाहिए कि बिम्ब काफी प्रदीप्त है ताकि उससे अवतल दर्पण पर आपतित प्रकाश की मात्रा पर्दे पर चमकीला तथा स्पष्ट प्रतिबिम्ब बनाने के लिए पर्याप्त हो।

© NCERT not to be republished

- अवतल दर्पण तथा पर्दे को धारण करने वाले स्टैण्डों के आधार मापक पैमाने के समांतर होने चाहिए।

शिक्षकों के लिए

- 15 cm से 20 cm फोकस दूरी के अवतल दर्पण के उपयोग को वरीयता दी जाना चाहिए।
- दूरस्थ बिम्ब से यह तात्पर्य कदापि नहीं है कि बिम्ब बहुत दूर ही हो। 10 से 15 m दूर स्थित कोई भवन अथवा बिजली का खम्बा, कोई भली भाँति प्रदीप्त खिड़की यहाँ तक कि विज्ञान प्रयोगशाला में चमकते बल्ब को भी दूरस्थ बिम्ब के रूप में लिया जा सकता है।
- यह अवतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब की स्थिति का पता लगाने की विधि का एक सहजानुभूत विवरण है। अत: यह विधि बहुत परिशुद्ध (यथार्थ) नहीं है।

प्रश्न

- अवतल दर्पण तथा उत्तल दर्पण के बीच आप भेद कैसे करेंगे?
- अवतल दर्पण की फोकस दूरी ज्ञात करने के लिए कोई विद्यार्थी अवतल दर्पण द्वारा कक्षा के कमरे की खिड़की, किसी दूरस्थ वृक्ष तथा सूर्य के प्रतिबिम्ब को पर्दे पर फोकसित करता है। इनमें से किस प्रकरण में उस विद्यार्थी को फोकस दूरी का अधिक परिशुद्ध मान प्राप्त होगा?
- दूरस्थ बिम्ब के लिए अवतल दर्पण द्वारा बनने वाले प्रतिबिम्ब की प्रकृति क्या होती है?
- परावर्ती प्रकार के सौर कुकरों में विशिष्ट अवतल (परवलीय) दर्पण उपयोग किए जाते हैं। ऐसे कुकरों में, भोजन पकाने के बर्तन को किस स्थिति में रखना सर्वोत्तम होगा?
- टॉर्च में किस प्रकार के दर्पण का प्रयोग किया जाता है?
- शेव बनाने अथवा सौन्दर्य प्रसाधन वाले बॉक्स में किस प्रकार का दर्पण उपयोग किया जाता है?

© NCERT not to be republished

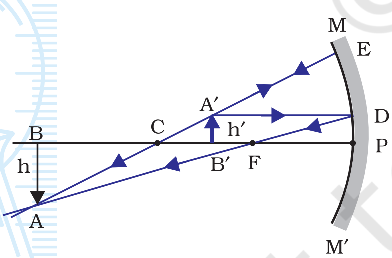
प्रयोग 37

उद्देश्य

अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र से कुछ दूर रखी जलती मोमबत्ती की ज्वाला का प्रतिबिम्ब बनने का अध्ययन करना।

सिद्धांत

किसी बिम्ब के अवतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज का अध्ययन नई कार्तीय चिह्न परिपाटी के उपयोग द्वारा तथा प्रकाश किरण आरेख खींचकर किया जा सकता है। अवतल दर्पण के सामने विभिन्न स्थितियों में रखे बिम्बों के संगत प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए खींचे गए प्रकाश किरण आरेख प्रयोग 35 में दिए गए हैं। बनने वाले प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज अवतल दर्पण MM' के ध्रुव P के सापेक्ष बिम्ब की स्थिति पर निर्भर करती है।



चित्र 37.1: *अवतल दर्पण MM′ (जिसकी फोकस दूरी f तथा वक्रता त्रिज्या R है) द्वारा प्रतिबिम्ब A′B′ बनना, जबकि बिम्ब AB दर्पण के वक्रता केन्द्र से कुछ दूर स्थित है। एक वास्तविक उल्टा तथा छोटा प्रतिबिम्ब A′B′ बनता है जो दर्पण के केन्द्र C तथा मुख्य फोकस F के बीच स्थित है।*

चित्र 37.1 में अवतण दर्पण के वक्रता केन्द्र C से कुछ दूर स्थित बिम्ब AB के दर्पण द्वारा प्रतिबिम्ब बनने का संक्षिप्त विवरण दिया गया है।

किसी वास्तविक तथा उल्टे प्रतिबिम्ब को पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है। उस जलती मोमबत्ती की ज्वाला, जो अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र से दूर स्थित है, के प्रतिबिम्ब को भी पर्दे पर फोकसित तथा प्राप्त किया जा सकता है। ज्वाला (बिम्ब) के प्रतिबिम्ब की प्रकृति, स्थिति तथा साइज एवं बिम्ब का साइज नोट किया जा सकता है तथा बिम्ब एवं प्रतिबिम्ब की दूरियाँ दर्पण के ध्रुव से मापी जाती हैं।

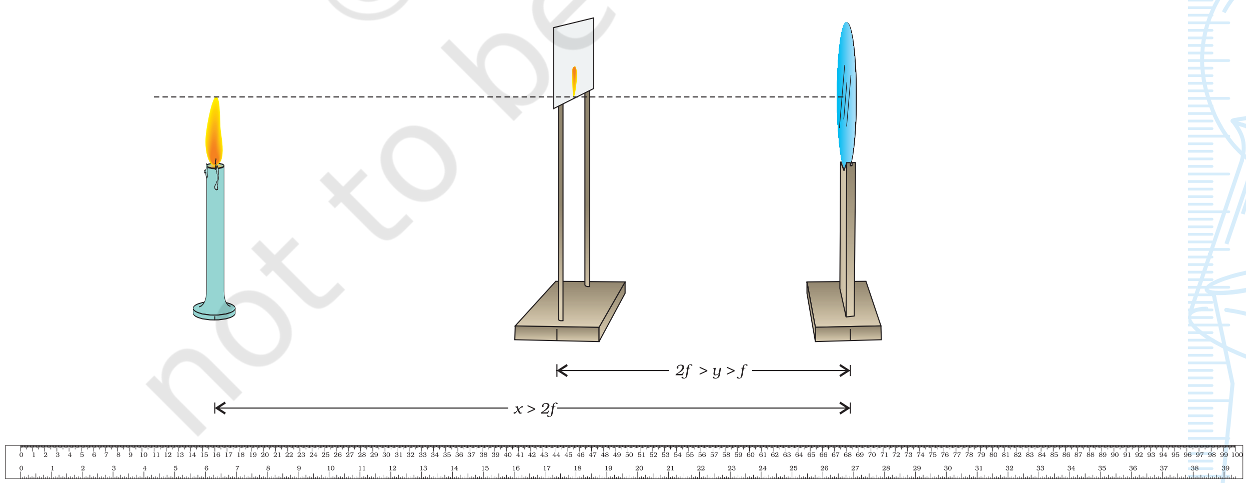
© NCERT not to be republished

आवश्यक सामग्री

अवतल दर्पण, दर्पण स्टैण्ड, स्टैण्ड पर लगा छोटा राइस पेपर का पर्दा, मापक पैमाना, स्टैण्ड युक्त छोटी मोमबत्ती तथा एक माचिस।

कार्यविधि

1. अवतल दर्पण को हाथ में पकड़िए तथा किसी दूरस्थ बिम्ब (जैसे सूर्य अथवा कोई वृक्ष अथवा कोई भवन अथवा कोई बिजली का खम्बा) का स्पष्ट प्रतिबिम्ब दीवार अथवा किसी पर्दे पर प्राप्त करके और अवतल दर्पण तथा पर्दे के बीच की दूरी मापकर अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात कीजिए। यह विधि विस्तार पूर्वक प्रयोग 36 में स्पष्ट की गयी है। इसे प्रेक्षण तालिका में लिखिए। अवतल दर्पण की वक्रता त्रिज्या, R को इसकी फोकस दूरी f का दो गुना लिया जा सकता है।
2. दर्पण-स्टैण्ड पर अवतल दर्पण को ऊर्ध्वाधर लगाकर इसे मेज के किसी एक किनारे पर रखिए। अवतल दर्पण की स्थिति प्रेक्षण तालिका में लिखिए।
3. एक छोटी मोमबत्ती स्टैण्ड में ऊर्ध्वाधर लगाकर इसे जलाइए। इसे अवतल दर्पण के सामने बायीं ओर रखें (चित्र 37.2) । अवतल दर्पण की ऊँचाई इस प्रकार समायोजित कीजिए कि अवतल दर्पण का केन्द्र तथा मोमबत्ती की ज्वाला समान ऊँचाई पर हो। यहाँ हम ज्वाला को बिम्ब AB मान रहे हैं। मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई h मापिए तथा प्रेक्षण तालिका में लिखिए। (यहाँ यह महत्त्वपूर्ण है कि मोमबत्ती की ज्वाला को फड़फड़ाना नहीं चाहिए, पंखे बन्द कर दीजिए ताकि ज्वाला विक्षुब्ध न हो। इससे ज्वाला की ऊँचाई h का प्रयोग की अवधि में एकसमान रहना सुनिश्चित हो जाएगा । इस प्रयोग को अंधेरे वाले स्थान पर करना चाहिए।)



***चित्र 37.2 :** अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र से दूर रखी मोमबत्ती की ज्वाला का प्रतिबिम्ब बनाना*

4. जलती मोमबत्ती को अवतल दर्पण MM′ के वक्रता केन्द्र C से कुछ परे रखिए (चित्र 37.2)। मोमबत्ती की स्थिति नोट कीजिए तथा प्रेक्षण तालिका में लिखिए। दर्पण के ध्रुव P तथा मोमबत्ती की ज्वाला के बीच की दूरी x ज्ञात कीजिए यहाँ $x > 2f$।
5. स्टैण्ड पर लगे राइस पेपर (अथवा अर्द्ध पारभासी) पर्दे को दर्पण के फोकस तथा वक्रता केन्द्र C के बीच रखिए (देखिए चित्र 37.2)। पर्दे के निचले तल को इस प्रकार व्यवस्थित कीजिए कि यह दर्पण के मुख्य अक्ष के ठीक ऊपर हो। जैसा कि चित्र 37.2 में दर्शाया गया है।
6. मोमबत्ती की ज्वाला के स्पष्ट प्रतिबिम्ब A′B′ की स्थिति का पता लगाने के लिए पर्दे की स्थिति को समायोजित कीजिए। दर्पण के ध्रुव P तथा पर्दे के बीच की दूरी, y ज्ञात कीजिए। यहाँ $2f > y > f$। पर्दे पर प्राप्त मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब की ऊँचाई h भी मापिए तथा प्रेक्षण तालिका में लिखिए।
7. अवतल दर्पण अथवा जलती मोमबत्ती की स्थिति में थोड़ा-थोड़ा परिवर्तन करके (x के मान में परिवर्तन करके) प्रयोग को दो बार और दोहराइए। ज्वाला के स्पष्ट प्रतिबिम्ब की स्थिति का पता लगाइए तथा प्रत्येक प्रकरण में प्रतिबिम्ब की स्थिति तथा ऊँचाई को प्रेक्षण तालिका में लिखिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी f = ____ cm.

मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई h = ____ cm.

प्रतिबिम्ब की प्रकृति ________________ .

क्रम संख्या	दर्पण के ध्रुव P की स्थिति की स्थिति	ज्वाला की स्थिति	पर्दे की स्थिति	ध्रुव तथा दर्पण के बीच दूरी	ध्रुव तथा पर्दे के बीच दूरी	प्रतिबिम्ब का साइज	आवर्धन
	c	l	s	$x = l - c$	$y = s - c$	h'	(h'/h)
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
1.							
2.							
3.							

परिणाम एवं परिचर्चा

अपने प्रेक्षणों के आधार पर निम्नलिखित के उत्तर दीजिए–

- जब बिम्ब (जलती मोमबत्ती की ज्वाला) को अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र से दूर रखते हैं तो अवतल दर्पण के सापेक्ष प्रतिबिम्ब (पर्दे) की स्थिति क्या होती है? क्या पर्दे की अवतल दर्पण से दूरी वक्रता त्रिज्या R (=$2f$) से कम है, अधिक है अथवा बराबर है?

© NCERT not to be republished

- क्या मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब का साइज मोमबत्ती की ज्वाला (बिम्ब) के साइज से कम है, अधिक है अथवा बराबर है? परिणाम की व्याख्या अवतल दर्पण द्वारा उत्पन्न आवर्धन के पदों में कीजिए।
- पर्दे पर प्राप्त प्रतिबिम्ब की प्रकृति क्या है? यह वास्तविक है अथवा आभासी? यह आवर्धित (बड़ा) है अथवा छोटा?

सावधानियाँ एवं त्रुटियों के स्रोत

- मोमबत्ती की ज्वाला का पर्दे पर चमकीला एवं स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए इस प्रयोग को ऐसे अंधेरे कमरे अथवा ऐसे छाया वाले स्थान को वरीयता दी जानी चाहिए जहाँ प्रयोगशाला की मेज पर सीधे प्रकाश न पहुँचता हो।
- मोमबत्ती की ज्वाला को फड़फड़ाने से बचाने के लिए इस प्रयोग को शांत वायु वाले कमरे में कीजिए। प्रयोग करते समय पंखे बंद कर दीजिए।
- सूर्य के प्रकाश का उपयोग करके अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी f का मान ज्ञात करते समय प्रतिबिम्ब को सीधे ही नंगी आँखों द्वारा नहीं देखिए अन्यथा यह आपकी आँखों को क्षति पहुँचा सकता है।
- अवतल दर्पण पतला तथा अच्छी गुणता युक्त चमकीले पृष्ठ वाला होना चाहिए।
- स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए अवतल दर्पण का द्वारक (परावर्तक पृष्ठ का व्यास) छोटा होना चाहिए।
- पर्दे पर अवतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब से आँखों की दूरी कम-से-कम 25 cm होनी चाहिए।
- अवतल दर्पण तथा पर्दे को धारण करने वाले स्टैण्डों के आधार मापक पैमाने के समांतर होने चाहिए।

शिक्षक के लिए

- प्रयोग 35 जिसका शीर्षक है "*अवतल दर्पण द्वारा किसी बिम्ब को विभिन्न स्थितियों पर रखने पर बनने वाले प्रतिबिम्बों के प्रकाश किरण आरेख खींचना*", का उद्देश्य किसी बिम्ब के प्रतिबिम्ब बनने के बारे में गुणात्मक अवबोधन करना है तथा प्रयोग का अभ्यास करने से पहले इसे करना अच्छा होता है। अत: यह परामर्श दिया जाता है कि विद्यार्थी पहले इस क्रियाकलाप को करें।
- इस प्रयोग में अर्द्ध पारभासी (राइस) पेपर का पर्दा उपयोग करना अच्छा रहेगा। पतले कागज पर तेल की कुछ बूँद डालकर भी उससे पर्दा बनाया जा सकता है।
- अवतल दर्पण की फोकस दूरी 15 cm तथा 20 cm के बीच होनी चाहिए।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- अवतल दर्पण तथा उत्तल दर्पण को हाथ में पकड़ कर और क्रमागत रूप से इनमें देखकर आप इन दोनों के बीच किस प्रकार भेद करेंगे?
- यदि इस प्रयोग को तीव्र प्रकाश के क्षेत्र में किसी ऐसे दिन किया जाए जब पवन चल रही हो तो जलती मोमबत्ती के प्रतिबिम्ब पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- अवतल दर्पण द्वारा किसी जलती मोमबत्ती का चमकीला स्पष्ट प्रतिबिम्ब स्थिर स्थिति में रखे पर्दे पर प्राप्त किया गया है। यदि दर्पण अथवा पर्दे में से किसी एक के भी स्थिति में थोड़ा परिवर्तन किया जाए तो पर्दे पर मोमबत्ती की ज्वाला का प्रतिबिम्ब धुंधला क्यों हो जाता है?
- यदि दर्पण मोटा है तो इसके क्या अपेक्षित प्रभाव हो सकते हैं?
- सामान्यत: विद्यालयों की प्रयोगशालाओं में उपयोग होने वाले दर्पणों में पतली काँच की शीट के पिछले भाग पर पालिश की जाती है। यदि दर्पण का सामने वाला पृष्ठ पालिश किया गया हो तो इसका आपके इस प्रयोग पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- इस प्रयोग को करने के लिए अंधेरे अथवा छाया वाले स्थान को वरीयता क्यों दी जाती है?
- इस प्रयोग को करने के लिए हमें शांत वातावरण की आवश्यकता क्यों होती है?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 38

उद्देश्य

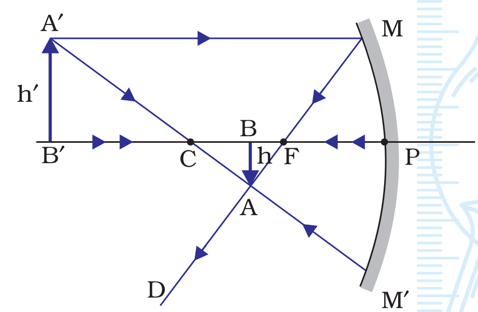
अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र तथा फोकस बिन्दु के बीच स्थित जलती मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब बनने का अध्ययन करना।

सिद्धांत

अवतल दर्पण द्वारा बने किसी बिम्ब के प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज का अध्ययन नयी कार्तीय चिह्न परिपाटी के उपयोग द्वारा प्रकाश किरण आरेख खींचकर किया जा सकता है। अवतल दर्पण के सामने विभिन्न स्थितियों में रखे बिम्ब के प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के प्रकाश किरण आरेख प्रयोग 35 में दिए गए हैं। बनने वाले प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज अवतल दर्पण MM′ के ध्रुव P के सापेक्ष बिम्ब की स्थिति पर निर्भर करते हैं।

चित्र 38.1 में अवतल दर्पण के वकृता केन्द्र C तथा फोकस बिन्दु F के बीच स्थित बिम्ब AB के अवतल दर्पण द्वारा प्रतिबिम्ब बनने का संक्षिप्त विवरण दिया गया है।

किसी वास्तविक, उल्टे प्रतिबिम्ब को पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है। अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र तथा फोकस के बीच रखी जलती मोमबत्ती की ज्वाला का प्रतिबिम्ब भी पर्दे पर फोकसित एवं प्राप्त किया जा सकता है। ज्वाला (बिम्ब) के प्रतिबिम्ब की प्रकृति, स्थिति तथा साइज को नोट किया तथा मापा जा सकता है।



चित्र 38.1 : *अवतल दर्पण MM′ (जिसकी फोकस दूरी f तथा वक्रता त्रिज्या R है) द्वारा प्रतिबिम्ब A′B′ बनना जबकि बिम्ब AB दर्पण के वक्रता केन्द्र C तथा फोकस बिन्दु F के बीच स्थित है: एक वास्तविक, उल्टा तथा बड़े साइज का प्रतिबिम्ब A′B′ दर्पण के वक्रता केन्द्र से दूर स्थित होता है।*

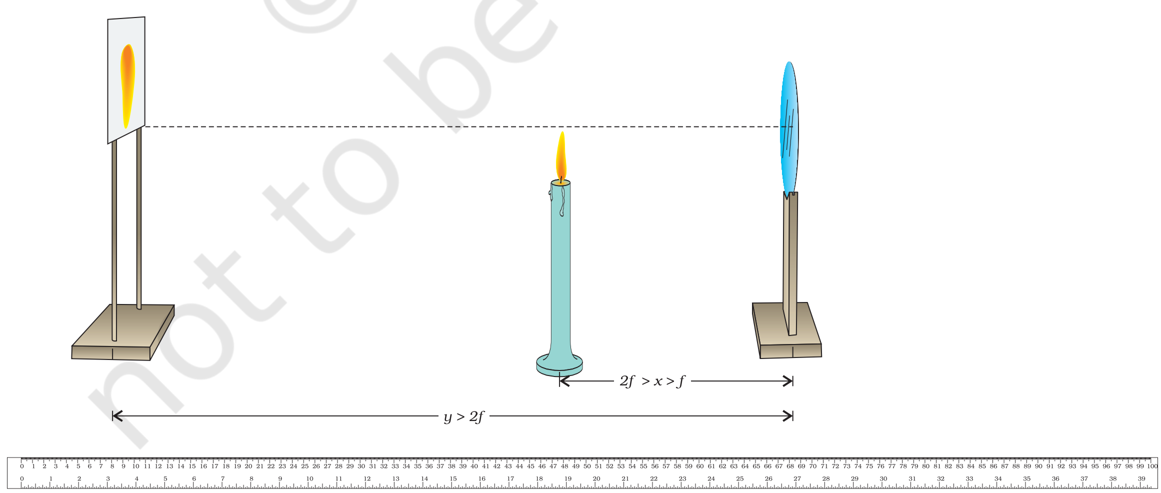
© NCERT not to be republished

आवश्यक सामग्री

अवतल दर्पण, दर्पण स्टैण्ड, स्टैण्ड में लगा राइस पेपर का छोटा पर्दा, मीटर पैमाना, स्टैण्ड में लगी छोटी मोमबत्ती तथा एक माचिस।

कार्यविधि

1. अवतल दर्पण को हाथ में पकड़कर किसी दूरस्थ बिम्ब (जैसे सूर्य या कोई वृक्ष या कोई बिजली का खम्बा या कोई भवन) का दीवार या पर्दे पर स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त कीजिए। उस स्थिति में अवतल दर्पण एवं पर्दे के बीच की दूरी मापकर अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात कीजिए। इस विधि को प्रयोग 36 में स्पष्ट किया गया है।) इसे प्रेक्षण तालिका में नोट कीजिए। अवतल दर्पण की वक्रता त्रिज्या R दर्पण की फोकस दूरी f की दो गुनी ली जा सकती है ।
2. दर्पण स्टैण्ड पर अवतल दर्पण को ऊर्ध्वाधर लगाकर इसे मेज के किसी एक किनारे पर रखिए। अवतल दर्पण की स्थिति प्रेक्षण तालिका में नोट कीजिए।
3. एक छोटी मोमबत्ती को स्टैण्ड में ऊर्ध्वाधर लगाकर जलाइए। इसे अवतल दर्पण के सामने बायीं ओर रखिए (चित्र 38.2)। अवतल दर्पण के केन्द्र की ऊँचाई मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई के बराबर समायोजित कीजिए। यहाँ पर हम ज्वाला को बिम्ब AB मान रहे हैं। पंखे बंद कर दीजिए ताकि वायु के झोकों से ज्वाला विक्षुब्ध न हो। इससे मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई h का समान रहना सुनिश्चित हो जाएगा। इस प्रयोग को अंधेरे वाले स्थान पर कीजिए।
4. जलती मोमबत्ती को अवतल दर्पण MM′ के सामने उसके वक्रता केन्द्र C तथा फोकस F के बीच रखिए (चित्र 38.2) । मोमबत्ती की स्थिति प्रेक्षण तालिका में लिखिए। दर्पण के ध्रुव P से मोमबत्ती की ज्वाला (बिम्ब) के बीच की दूरी x ज्ञात कीजिए। $2f > x > f$।



चित्र 38.2 : एक अवतल दर्पण के फोकस एवं वक्रता केन्द्र के बीच रखी जलती मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब की स्थिति ज्ञात करना।

© NCERT not to be republished

5. अर्धपारदर्शक (राइस पेपर के) पर्दे को दर्पण के वक्रता केन्द्र C से परे (चित्र 38.2) रखिए। [पर्दे के निचले कोर को इस प्रकार व्यवस्थित कीजिए कि यह दर्पण के मुख्य अक्ष के ठीक ऊपर हो। यह परामर्श दिया जाता है कि पर्दे को चित्र 35.2 में दर्शाए अनुसार बनाइए। पर्दे की स्थिति को समायोजित करके ज्वाला के स्पष्ट प्रतिबिम्ब A′B′ की स्थिति पता लगाइए। अब पर्दे की स्थिति नोट कीजिए। दर्पण के ध्रुव तथा पर्दे के बीच की दूरी y ज्ञात कीजिए। यहाँ $y > 2f$ होगी। पर्दे पर प्राप्त मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब की ऊँचाई l भी मापिए और प्रेक्षण तालिका में लिखिए।

6. अवतल दर्पण अथवा जलती मोमबत्ती की स्थिति में परिवर्तन करके x के मान में थोड़ा परिवर्तन करते हुए अपने प्रयोग को दो बार और दोहराइए। प्रत्येक प्रकरण में स्पष्ट प्रतिबिम्ब की स्थिति का पता लगाकर, प्रतिबिम्ब की स्थिति (y) तथा ऊँचाई h' के मान प्रेक्षण तालिका में लिखिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी f = ____ cm.

मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई h = ____ cm.

प्रतिबिम्ब की प्रकृति __________________ .

क्रम संख्या	दर्पण के ध्रुव P की स्थिति c	ज्वाला की स्थिति l	पर्दे की स्थिति s	ध्रुव P तथा ज्वाला के बीच दूरी	ध्रुव P तथा पर्दे के बीच दूरी	प्रतिबिम्ब का साइज	आवर्धन (h'/h)
	(cm)	(cm)	(cm)	$x = l - c$ (cm)	$y = s - c$ (cm)	h' (cm)	
1.							
2.							
3.							

परिणाम एवं परिचर्चा

अपने प्रेक्षणों के आधार पर निम्नलिखित के उत्तर दीजिए–

- अवतल दर्पण के सापेक्ष पर्दे की स्थिति क्या होती है जब बिम्ब (जलती मोमबत्ती की ज्वाला) अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र तथा फोकस के बीच स्थित होता है? क्या पर्दे की दर्पण से दूरी वक्रता त्रिज्या R ($=2f$)? से कम है, अधिक है या बराबर रहती है। अपने प्रेक्षणों के आधार पर व्याख्या कीजिए।
- क्या मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब का साइज मोमबत्ती की ज्वाला (बिम्ब) के साइज से कम है, अधिक है या बराबर है? अवतल दर्पण द्वारा उत्पन्न आवर्धन के पदों में परिणाम की व्याख्या कीजिए।
- पर्दे पर प्राप्त प्रतिबिम्ब की प्रकृति क्या है? यह वास्तविक है अथवा आभासी? यह उल्टा है अथवा सीधा? यह आवर्धित है अथवा छोटा?

© NCERT not to be republished

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- मोमबत्ती की ज्वाला पर्दे पर चमकीला एवं स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए इस प्रयोग के लिए अंधेरे कमरे अथवा ऐसे छाया वाले क्षेत्र को वरीयता दी जानी चाहिए जहाँ प्रकाश प्रयोगशाला मेज पर सीधे न पहुँचता हो।
- मोमबत्ती की ज्वाला को फड़फड़ाने से बचाने के लिए इस प्रयोग को शांत वायु वाले कमरे में कीजिए। प्रयोग करते समय पंखे बंद कर दीजिए।
- सूर्य के प्रकाश का उपयोग करके अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी f का मान ज्ञात करते समय प्रतिबिम्ब को सीधे नंगी आँखों द्वारा नहीं देखना चाहिए। यह आपके नेत्रों को क्षति पहुँचा सकता है।
- अवतल दर्पण पतला तथा अच्छी गुणवत्ता युक्त चमकीले पृष्ठ वाला होना चाहिए।
- स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए अवतल दर्पण का द्वारक (परावर्तक पृष्ठ का व्यास) छोटा होना चाहिए।
- अवतल दर्पण द्वारा पर्दे पर बने प्रतिबिम्ब से नेत्र की दूरी कम-से-कम 25 cm होनी चाहिए।
- अवतल दर्पण द्वारा पर्दे को धारण करने वाले स्टैण्डों के आधार मापक पैमाने के समान्तर होने चाहिए।

शिक्षक के लिए

- प्रयोग 35, जिसका शीर्षक है "*अवतल दर्पण के सामने विभिन्न स्थितियों पर रखे किसी बिम्ब के दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब खींचना*", का उद्देश्य किसी बिम्ब के प्रतिबिम्ब बनने के विषय में गुणात्मक अवबोधन करना है तथा प्रयोग का अभ्यास करने से पूर्व इसे करना लाभदायक है। अतः विद्यार्थियों को पहले इस क्रियाकलाप को करने का सुझाव देने के लिए परामर्श दिया जाता है।
- इस प्रयोग में पारभासी राइस पेपर का पर्दा उपयोग करना अच्छा रहता है। पतले कागज पर तेल की कुछ बूँदें डालकर भी पारभासी पर्दा बनाया जा सकता है।
- अवतल दर्पण की फोकस दूरी 15 cm से 20 cm के बीच होनी चाहिए।
- यह विधि अवतल दर्पण द्वारा बने प्रतिबिम्ब की स्थिति का पता लगाने का रफ तथा सहजानुभूत विवरण प्रदान करती है। अतः यह विधि बहुत परिशुद्ध (यथार्थ) नहीं है।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- किसी अवतल दर्पण तथा उत्तल दर्पण को हाथ में पकड़ कर क्रमागत रूप से इनमें देखकर आप इन दोनों के बीच भेद कैसे करेंगे?
- यदि इस प्रयोग को तेज प्रकाश के ऐसे क्षेत्र में उस दिन किया जाए जब वायु के झोंके आते हैं तो जलती मोमबत्ती के प्रतिबिम्ब पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- अवतल दर्पण द्वारा किसी जलती मोमबत्ती का स्पष्ट चमकीला प्रतिबिम्ब किसी स्थिर पर्दे पर किया गया है। यदि इनमें से किसी की भी स्थिति में थोड़ा सा परिवर्तन करें तो प्रतिबिम्ब धुंधला क्यों हो जाता है?
- यदि दर्पण मोटा है तो इसके अपेक्षित प्रभाव क्या हो सकते हैं?
- सामान्यत: विद्यालयों की प्रयोगशालाओं में ऐसे दर्पण उपयोग में लाए जाते हैं जिनके पिछले पृष्ठ पर पालिश की जाती है। यदि दर्पण का सामने वाला पृष्ठ पालिश किया जाए तो इसका आपके प्रयोग पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- इस प्रयोग को करने के लिए अंधेरे अथवा छाया वाले क्षेत्र को वरीयता क्यों दी जाती है?
- इस प्रयोग को करने के लिए शांत वातावरण की आवश्यकता क्यों होती है?

© NCERT not to be republished

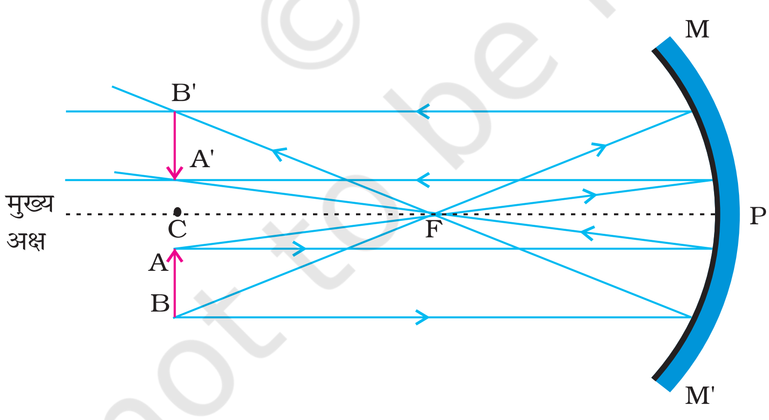
प्रयोग 39

उद्देश्य

अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र पर रखी जलती मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब बनने का अध्ययन करना।

सिद्धांत

अवतल दर्पण द्वारा बने किसी बिम्ब के प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज का अध्ययन नई कार्तीय चिह्न परिपाटी द्वारा प्रकाश किरणें खींचकर किया जा सकता है। अवतल दर्पण द्वारा किसी बिम्ब को विभिन्न स्थितियों में रखने पर प्राप्त प्रतिबिम्बों के बनने के प्रकाश किरण आरेख, प्रयोग 35 में दिए गए हैं। बनने वाले प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा आमाप अवतल दर्पण MM′ के ध्रुव P के सापेक्ष बिम्ब की स्थिति पर निर्भर करती है।



चित्र 39.1 : अवतल दर्पण MM' (जिसकी फोकस दूरी f तथा वक्रता त्रिज्या R है) के वक्रता केन्द्र C पर रखे बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब A′B′ का बनना: बिम्ब का वास्तविक, उल्टा तथा समान आमाप का प्रतिबिम्ब AB वक्रता केन्द्र C पर ही बनता है।

अवतल दर्पण द्वारा किसी बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब बनने, जबकि वह अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र पर स्थित है, का संक्षिप्त विवरण चित्र 39.1 में दिया गया है।

उल्टे, वास्तविक प्रतिबिम्ब को पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है। किसी जलती मोमबत्ती की ज्वाला, जो अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र पर स्थित है, का

© NCERT not to be republished

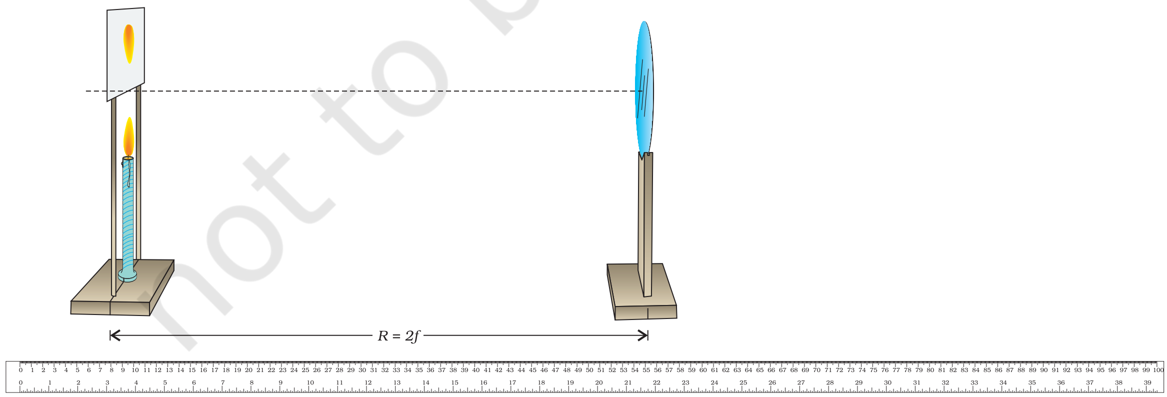
प्रतिबिम्ब भी पर्दे पर फोकसित तथा प्राप्त किया जा सकता है। ज्वाला (बिम्ब) तथा उसके प्रतिबिम्ब की प्रकृति, स्थिति तथा आमाप को अवतल दर्पण के ध्रुव से मापा भी जा सकता है।

आवश्यक सामग्री

अवतल दर्पण, दर्पण धारक स्टैण्ड में लगा अर्ध पारदर्शी, राइस पेपर का छोटा पर्दा, मीटर पैमाना, स्टैण्ड सहित छोटी मोमबत्ती, माचिस।

कार्यविधि

1. अवतल दर्पण को हाथ में पकड़कर किसी दूरस्थ बिम्ब (जैसे सूर्य या वृक्ष या बिजली का खंबा या भवन) का दीवार अथवा पर्दे पर चमकीला व स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करके तथा अवतल दर्पण एवं पर्दे के बीच की दूरी मापकर अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी f_a ज्ञात कीजिए। (यह विधि प्रयोग 35 में विस्तार से स्पष्ट की गयी है।) उसे प्रेक्षण तालिका में लिखिए। अवतल दर्पण की वक्रता त्रिज्या R को इसकी फोकस दूरी f का दो गुना लिया जा सकता है।
2. अवतल दर्पण को दर्पण धारक अथवा स्टैण्ड में ऊर्ध्वाधर लगाकर इसे मेज के एक किनारे पर रखिए। प्रेक्षण तालिका में अवतल दर्पण की स्थिति (c) नोट कीजिए।
3. स्टैण्ड पर एक छोटी मोमबत्ती ऊर्ध्वाधर लगाकर इसे जलाइए। इसे अवतल दर्पण के बायीं ओर दर्पण के सामने रखिए (चित्र 39.2)। अवतल दर्पण के केन्द्र को मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई से कुछ अधिक ऊँचाई पर समायोजित कीजिए। यहाँ हम ज्वाला को बिम्ब AB मान रहे हैं। मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई, h मापकर प्रेक्षण तालिका में लिखिए। (यह आवश्यक है कि ज्वाला फड़फड़ानी नहीं चाहिए। पंखे बंद कर दीजिए ताकि वायु के झोकों द्वारा ज्वाला विक्षुब्ध न हो। इस प्रयोग को अंधेरे वाले स्थान पर कीजिए।)
4. स्टैण्ड में लगी जलती मोमबत्ती को अवतल दर्पण MM′ के सामने दर्पण के ध्रुव P से लगभग $2f = R$ दूरी पर रखिए (चित्र 39.2)। प्रयोग 35 से हम जानते हैं कि अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र पर स्थित बिम्ब का प्रतिबिम्ब भी वक्रता केन्द्र पर ही बनता है।



चित्र 39.2 : *अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र पर स्थित जलती मोमबत्ती की ज्वाला का प्रतिबिम्ब वक्रता केन्द्र पर ही बनता है*

© NCERT not to be republished

5. स्टैण्ड में लगे राइस पेपर के अर्ध पारदर्शी पर्दे को मोमबत्ती की ज्वाला के ठीक ऊपर रखिए [चित्र 39.2]। पर्दे का निचला तल ज्वाला से कुछ ऊपर होना चाहिए (वर्ना पर्दा जल सकता है)। याद कीजिए इस प्रयोग में यह सुझाव दिया गया है कि बिम्ब AB (ज्वाला) अवतल दर्पण MM′ के मुख्य अक्ष से नीचे होनी चाहिए। इस स्थिति में ज्वाला का रूप से मोमबत्ती तथा पर्दे को एक ही ऊर्ध्वाधर तल में रख सकते हैं।
6. मोमबत्ती की ज्वाला तथा पर्दे को एकसाथ इस प्रकार समायोजित कीजिए कि मोमबत्ती की ज्वाला का स्पष्ट चमकीला प्रतिबिम्ब पर्दे पर प्राप्त हो। पर्दे तथा ज्वाला को एक ही ऊर्ध्वाधर तल में रखिए। यह दिए गए अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र की स्थिति है। दर्पण के ध्रुव की पर्दे/ज्वाला से दूरी के रूप में दिए गए अवतल दर्पण की वक्रता त्रिज्या प्राप्त कीजिए।
7. पर्दे पर बने ज्वाला के प्रतिबिम्ब की ऊँचाई h' मापिए। क्या यह बिम्ब (ज्वाला) की ऊँचाई के बराबर है?
8. अवतल दर्पण की स्थिति को परिवर्तित करके अपने प्रयोग को कम से कम दो बार दोहराएं। अपने प्रेक्षणों को प्रेक्षण तालिका में नोट कीजिए।
9. अवतल दर्पण की वक्रता त्रिज्या R का औसत मान ज्ञात कीजिए। दर्पण की फोकस दूरी भी ज्ञात कीजिए।

प्रेक्षण

अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी, f_a = ____ cm.

क्र. सं.	दर्पण के ध्रुव P की स्थिति, c (cm)	ज्वाला की ऊँचाई h (cm)	ज्वाला/पर्दे की स्थिति s (cm)	ध्रुव तथा पर्दे/ज्वाला के बीच दूरी $R = s - c$ (cm)	प्रतिबिम्ब की प्रकृति	प्रतिबिम्ब की ऊँचाई (cm)	आवर्धन (h'/h)
1.							
2.							
3.							

दिए गए अवतल दर्पण के वक्रता केन्द्र R का औसत मान =____ cm.

दिए गए अवतल दर्पण की फोकस दूरी, $f_0 = R/2$ = ____ cm.

परिणाम एवं परिचर्चा

दिए गए अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी एक विधि द्वारा ज्ञात करने पर ___ cm है। अवतल दर्पण की प्रेक्षणों द्वारा ज्ञात फोकस दूरी ____ cm है। इन दोनों मानों के बीच अंतर ____ cm, है जो छोटा होने के कारण उपेक्षणीय है (यदि ऐसा नहीं है तो संभावित कारणों पर चर्चा कीजिए)।

© NCERT not to be republished

वर्तमान परिस्थिति में अवतल दर्पण द्वारा बना ज्वाला का प्रतिबिम्ब वास्तविक है अथवा आभासी? वह आवर्धित है अथवा घटा हुआ है अथवा समान आमाप का है? यह सीधा है अथवा उल्टा?

सावधानियाँ

- मोमबत्ती की ज्वाला का चमकीला तथा स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए इस प्रयोग को करते समय अंधेरे कमरे अथवा छाया वाले क्षेत्र को वरीयता दी जानी चाहिए जहाँ प्रयोग की मेज पर सीधा प्रकाश नहीं पहुँच पाता हो।
- मोमबत्ती की ज्वाला को फड़फड़ाने से बचाने के लिए इस प्रयोग को शांत वायु वाले स्थान पर कीजिए। प्रयोग करते समय पंखे बंद कर दीजिए।
- सूर्य के प्रकाश का उपयोग करके अवतल दर्पण की सन्निकट फोकस दूरी f ज्ञात करते समय प्रतिबिम्ब को नंगी आँखों से नहीं देखना चाहिए अन्यथा यह नेत्रों को क्षति पहुँचा सकता है।
- अवतल दर्पण पतला तथा पृष्ठ पर अच्छी गुणता की पालिश वाला होना चाहिए।
- स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए दर्पण का द्वारक छोटा होना चाहिए।
- अवतल दर्पण द्वारा पर्दे पर बने प्रतिबिम्ब से आँखों की दूरी कम-से-कम 25 cm होनी चाहिए।
- अवतल दर्पण तथा पर्दे के स्टैण्डों के आधार मापक पैमाने के समांतर होने चाहिए।

शिक्षक के लिए

- प्रयोग 35 जिसका शीर्षक है "*अवतल दर्पण के सामने किसी बिम्ब को विभिन्न स्थितियों पर रखने पर प्रतिबिम्ब बनना दर्शाने के लिए प्रकाश किरण आरेख खींचना*" का उद्देश्य किसी वस्तु के प्रतिबिम्ब बनने के विषय में गुणात्मक अवबोधन करता है तथा इस प्रयोग को करने से पूर्व इसका अभ्यास करना लाभप्रद होगा। अत: शिक्षकों को यह परामर्श दिया जाता है कि वे विद्यार्थियों को इस क्रियाकलाप को पहले करने का सुझाव दें।
- इस प्रयोग को करने के लिए राइस पेपर का पर्दा उपयुक्त रहता है तथापि पारभासी शीट का उपयोग भी किया जा सकता है। पतले कागज पर कुछ बूँद तेल की डालकर भी पर्दा बनाया जा सकता है।
- अवतल दर्पण की फोकस दूरी 15 cm से 20 cm के बीच होनी चाहिए।
- विद्यार्थियों को इस प्रयोग को करने में कठिनाई का अनुभव हो सकता है क्योंकि जलती मोमबत्ती तथा पर्दे दोनों को मेज पर एक ही स्थिति पर आरोपित करना काफी कठिन तथा बोझिल कार्य है। यह परामर्श दिया जाता है कि पर्दे के लिए स्टैण्ड का चयन इस प्रकार करना चाहिए कि जलती मोमबत्ती को स्टैण्ड के मध्य अक्ष से थोड़ा हटकर रखा जा सके जिससे पर्दा उसी ऊँचाई पर अक्ष के दूसरी ओर हट के रखा जा सके (चित्र 39.2 देखिए)। प्रयोग के लिए मोमबत्ती भी काफी छोटी (उत्सवों पर केक पर सजावट के लिए लगाई जाने वाली छोटी मोमबत्तियाँ) होनी चाहिए।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- यदि इस प्रयोग को वायु के झोकों वाले दिन किसी तीव्र प्रकाश के क्षेत्र में करें तो जलती मोमबत्ती की ज्वाला के पर्दे पर बने प्रतिबिम्ब पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- अवतल दर्पण द्वारा स्थिर स्थिति वाले पर्दे पर किसी जलती मोमबत्ती की ज्वाला का स्पष्ट चमकीला प्रतिबिम्ब प्राप्त किया गया है। यदि इन दोनों में से किसी की भी स्थिति में थोड़ा परिवर्तन कर दें तो मोमबत्ती का प्रतिबिम्ब धुंधला क्यों हो जाता है?
- यदि दर्पण मोटा हो तो आपके विचार से प्रतिबिम्ब पर इसका क्या प्रभाव पड़ेगा?
- विद्यालयों की प्रयोगशालाओं में सामान्यतः ऐसे अवतल दर्पण उपयोग किए जाते हैं जो पतले काँच के बने होते हैं तथा उनके पिछले पृष्ठ पर पॉलिश की जाती है। यदि दर्पण सामने के पृष्ठ को पॉलिश करके बनाया गया है तो वह आपके विचार से प्रतिबिम्ब को किस प्रकार प्रभावित करेगा?
- इस प्रयोग को अंधेरे अथवा छाया वाले क्षेत्र में क्यों करना चाहिए?
- इस प्रयोग को करने के लिए शांत वातावरण होना क्यों आवश्यक है?

© NCERT not to be republished

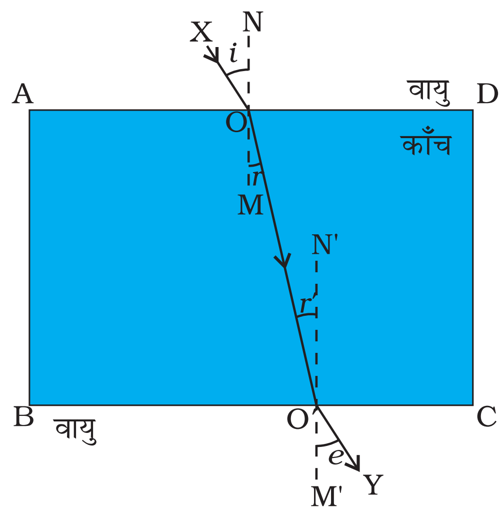
प्रयोग 40

उद्देश्य

विभिन्न आपतन कोणों के लिए आयताकार काँच की सिल्ली से गुजरने वाली प्रकाश किरण का पथ अनुरेखित करना तथा आपतन कोण, अपवर्तन कोण व निर्गत कोण मापकर परिणाम की व्याख्या करना।

सिद्धांत

जब कोई प्रकाश-किरण वायु से काँच की किसी आयताकार सिल्ली ABCD से होकर गुजरती है (चित्र 40.1 में दर्शाए अनुसार) तो वह वायु-काँच की परिसीमा (AD) पर पृष्ठ के ऊपर खींचे गए अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है। किसी प्रकाश-किरण के एक माध्यम से किसी दूसरे माध्यम में जाने पर दिशा में परिवर्तन होने की परिघटना को प्रकाश का अपवर्तन कहते हैं। चित्र 40.1 में, आपतन बिन्दु O पर अभिलम्ब NOM तथा आपतित किरण XO के बीच के कोण XON को आपतन कोण ($\angle i$) कहते हैं। अभिलम्ब NOM तथा अपवर्तित किरण OO′ के बीच के कोण MOO′ को अपवर्तन कोण ($\angle r$) कहते हैं। इसके पश्चात् अपवर्तित किरण OO′ काँच की सिल्ली के दूसरे फलक BC से टकराती है। BC पर काँच-वायु सीमा बनती है। यहाँ, इसका पुन: अपवर्तन होता है। आपतन बिन्दु O′ पर इस अपवर्तित किरण O′Y को फलक AD पर आपतन करने वाली आपतित किरण XO के सापेक्ष निर्गत किरण कहते हैं। निर्गत किरण O′Y तथा फलक BC के बिन्दु O′ पर अभिलम्ब M′O′N′ के बीच के कोण (अर्थात् कोण M′O′Y) को निर्गत कोण ($\angle e$) कहते हैं।



चित्र 40.1: *काँच की सिल्ली से अपवर्तन के प्रकरण में आपतित तथा निर्गत किरणें।*

© NCERT not to be republished

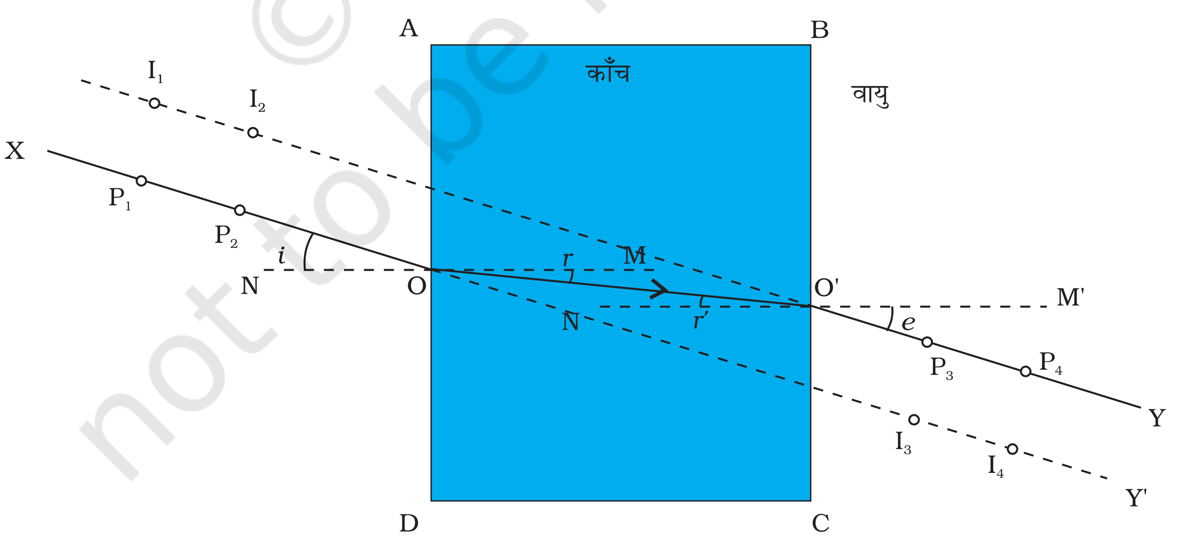
आवश्यक सामग्री

काँच की आयताकार सिल्ली, ड्राइंग बोर्ड, सफेद कागज की शीट, चांदा, मापक पैमाना, पिन तथा ड्राइंग पिन अथवा आसंजक टेप।

कार्यविधि

1. ड्राइंग बोर्ड पर सफेद कागज की शीट लगाइए। कागज के बीच में काँच की आयताकार सिल्ली रखिए तथा पेंसिल से चित्र 40.2 में दर्शाए अनुसार इसकी परिसीमा ABCD अंकित कीजिए।
2. काँच की सिल्ली हटाइए। सिल्ली के फलक AD से झुकाव बनाते हुए एक पतली रेखा XO (एक तीर सहित) खींचिए जिसका कोण 30º से 60º के बीच हो। यहाँ यह सुझाव दिया जाता है कि बिन्दु O रेखा AD के मध्य में लीजिए। काँच की सिल्ली को, कागज पर अंकित उसकी परिसीमा पर ठीक से रखिए।
3. रेखा XO पर दो पिन P_1 तथा P_2 इनके शीर्षों को हल्के से अँगूठे से दबाकर ऊर्ध्वाधर लगाइए। आयताकार काँच की सिल्ली के फलक BC से होकर P_1 तथा P_2 का प्रेक्षण करते हुए बिन्दु P_3 तथा P_4 पर दो और पिन इस प्रकार लगाइए कि सभी पिनों के पाद एक ही सरल रेखा में दिखाई देते प्रतीत हों। दूसरे शब्दों में, पिन P_3 तथा P_4 एवं पिन P_1 तथा P_2 के प्रतिबिम्ब संरेखित प्रतीत होने चाहिए।
4. पिन P_3 तथा P_4 के प्रतिबिम्बों के साथ पिन P_1 एवं P_2 की संरेखनता का सत्यापन फलक AD से चारों पिनों को देखकर भी कर सकते हैं।

© NCERT not to be republished



चित्र 40.2 : *फलक BC से होकर देखने पर पिन P_1 एवं P_2 के प्रतिबिम्ब I_1 एवं I_2 पर प्रतीत होते हैं जबकि फलक AD से होकर देखने पर पिन P_3 एवं P_4 के प्रतिबिम्ब I_3 एवं I_4 पर प्रतीत होते हैं*

5. सभी पिनों तथा काँच की सिल्ली को हटाकर चारों पिनों के पादों की स्थितियाँ चिह्नित कीजिए। पिन P_3 तथा P_4 की स्थितियों के चिह्नों के बिन्दुओं को मिलाइए तथा इस रेखा को बिन्दु O' तक आगे बढ़ाइए, जहाँ यह फलक BC पर मिलती है। चित्र 40.2 में दर्शाए अनुसार बिन्दुओं O तथा O′ को भी मिलाइए। यहाँ XOO′Y काँच की सिल्ली से गुजरने वाली प्रकाश किरण के पथ को दर्शाती है। रेखा XP_1P_2O आपतित किरण को दर्शाती है। रेखा OO′ काँच की सिल्ली में अपवर्तित किरण के पथ को दर्शाती है जबकि रेखा $O'P_3P_4Y$ निर्गत किरण को दर्शाती है।
6. फलक AD के आपतन बिन्दु O पर अभिलम्ब NOM खींचिए। इसी प्रकार फलक BC के बिन्दु O′ पर अभिलम्ब M′O′N′ खींचिए। आपतन कोण XON ($\angle i$) अपवर्तन कोण MOO′ ($\angle r$) तथा निर्गत कोण M′O′Y ($\angle e$) मापिए। कोणों $\angle i$, $\angle r$, तथा $\angle e$ के मानों को प्रेक्षण तालिका में लिखिए।
7. 30° से 60° के परिसर में दो और आपतन कोणों के लिए इस प्रयोग को दोहराइए तथा प्रत्येक प्रकरण में $\angle i$, $\angle r$, तथा $\angle e$ के मानों को प्रेक्षण तालिका में लिखिए।

प्रेक्षण

क्रम सं.	आपतन कोण	अपवर्तन कोण	निर्गत कोण	विचलन
	$\angle i = (\angle XON)$	$\angle r = (\angle MOO')$	$\angle e = (\angle M'O'Y)$	$\angle i \sim \angle e$
1.				
2.				
3.				

परिणाम एवं परिचर्चा

- काँच की सिल्ली से गुजरने वाली विभिन्न प्रकाश किरणों के पथ चित्र 40.2 में दर्शाए गए हैं (सभी शीट जोड़िए)।
- लिए गए प्रेक्षणों के विभिन्न समुच्चयों के आधार पर आपतन कोण, अपवर्तन कोण तथा निर्गत कोण के बीच संबंध का विवरण दीजिए।
- चूँकि प्रत्येक प्रकरण में $\angle r < \angle i$, वायु से काँच (विरल से सघन) में प्रवेश करने वाली किरण अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है।
- चूँकि प्रत्येक प्रकरण में $\angle i = \angle e$, आयताकार काँच की सिल्ली से निकलने वाली निर्गत किरण आपतित किरण के सापेक्ष समान्तर, परंतु पार्श्विक विस्थापित है।
- आपतन कोण $\angle i$ में वृद्धि होने पर अपवर्तन कोण $\angle r$ में वृद्धि होती है।

© NCERT not to be republished

सावधानियाँ

- काँच की सिल्ली पूर्णत: आयताकार तथा इसके चारों फलक चिकने होने चाहिए।
- पिनों P_1, P_2, P_3, तथा P_4 की नोक तीक्ष्ण होनी चाहिए। हो सकता है कि कागज की शीट पर लगे ये पिन तथ्यत: कागज के तल के लम्बवत् (ऊर्ध्वाधर) न हों। इस प्रकार यदि इनके शीर्ष संरेखित प्रतीत होते हैं तो यह आवश्यक नहीं कि इनके पाद संरेखित ही हों। अत: यह आवश्यक है कि पिनों तथा इनके प्रतिबिम्बों की संरेखनता सुनिश्चित करते समय हमें इनके शीर्षों की नहीं बल्कि इनके पादों के बीच संरेखनता देखनी चाहिए।
- पिनों तथा प्रतिबिम्बों की संरेखनता देखते समय आँख को पिनों से कुछ दूरी पर रखना चाहिए ताकि इन सबके पाद एक ही साथ सरल रेखा में देखे जा सकें।
- आलपिनों P_1 एवं P_2 अथवा P_3 एवं P_4 को लगाते समय यह सावधानी बरतनी चाहिए कि दो पिनों के बीच लगभग 5 cm दूरी बनी रहे। यह अधिक शुद्धता से आपतित किरण तथा निर्गत किरण की दिशा का अनुरेखन करने में सहायता करेगा।
- आपतन कोण का मान 30° से 60° के बीच लेना चाहिए।
- रेखाओं को तीक्ष्ण पेंसिल द्वारा खींचना चाहिए।
- इन कोणों को मापने के लिए अच्छी गुणता के स्पष्ट अंशांकन वाले चांदे का उपयोग करना चाहिए तथा कोणों की परिशुद्ध माप के लिए, आँखों की स्थिति चांदे के अंशाकनों के ठीक ऊपर होनी चाहिए।

प्रश्न

- आयताकार काँच की सिल्ली के प्रकरण में आपतित तथा निर्गत किरणें एक दूसरे के समांतर क्यों होती है?
- वायु से काँच की सिल्ली में प्रवेश करते समय प्रकाश-किरण अभिलम्ब की ओर तथा काँच से वायु में निर्गत होने पर अभिलम्ब से परे क्यों मुड़ जाती है?
- काँच की सिल्ली में पृष्ठ के लम्बवत् प्रवेश करने वाली प्रकाश किरण का पथ अनुरेखित कीजिए।
- काँच की सिल्ली से गुजरने वाली प्रकाश किरण का पथ अनुरेखित करते समय आपतन कोण का मान सामान्यत: 30° तथा 60° के बीच लिया जाता है। विभिन्न आपतन कोणों को लेकर प्रयोग करने के अपने अनुभवों के आधार पर इसके कारण की व्याख्या कीजिए।
- निर्गत किरण का पार्श्विक विस्थापन काँच की सिल्ली की चौड़ाई (मोटाई) तथा आपतन कोण पर किस प्रकार निर्भर करता है।

© NCERT not to be republished

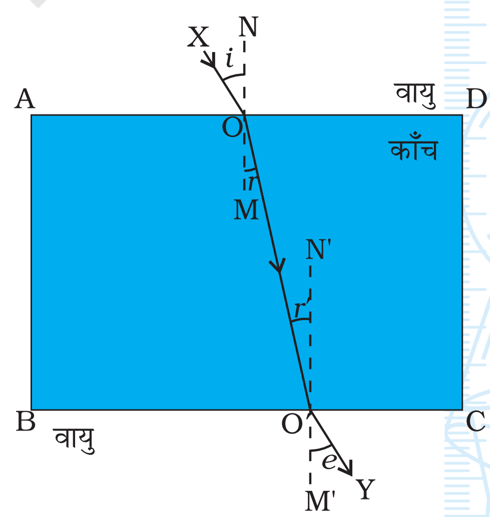
प्रयोग 41

उद्देश्य

काँच की आयताकार सिल्ली से तिरछी गुजरने वाली प्रकाश किरण का पथ अनुरेखित करना तथा काँच का अपवर्तनांक ज्ञात करना।

सिद्धांत

जब कोई प्रकाश-किरण वायु से काँच की किसी आयताकार सिल्ली से गुजरती है तो वह चित्र 41.1 में दर्शाए अनुसार वायु-काँच परिसीमा (AD) के पृष्ठ पर अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है। किसी प्रकाश किरण के एक माध्यम से किसी दूसरे माध्यम में जाने पर दिशा में परिवर्तन होने की परिघटना को प्रकाश का अपवर्तन कहते हैं। चित्र 41.1 में आपतन बिन्दु O पर अभिलम्ब NOM तथा आपतित किरण XO के बीच के कोण XON को आपतन कोण ($\angle i$) कहते हैं। अभिलम्ब NOM तथा अपवर्तित किरण OO′ के बीच के कोण MOO′ को अपवर्तन कोण ($\angle r$) कहते हैं। इसके पश्चात् अपवर्तित किरण OO′, काँच की सिल्ली के दूसरे फलक BC से टकराती है। BC पर काँच-वायु सीमा बनती है। यहाँ इसका पुन: अपवर्तन होता है। इस बार प्रकाश किरण का विचलन, आपतन बिन्दु O′ पर अभिलम्ब M′O′N′ से परे होता है। आपतन बिन्दु O′ पर इस अपवर्तित किरण O′Y को फलक AD पर आपतन करने वाली आपतित किरण XO के सापेक्ष निर्गत किरण कहते हैं। निर्गत किरणO′Y तथा फलक BC के बिन्दु O′ पर अभिलम्ब M′O′N′ के बीच के कोण (अर्थात् कोण M′O′Y) को निर्गत कोण ($\angle e$) कहते हैं।



चित्र 41.1 : *काँच की झिल्ली से अपवर्तन के प्रकरण में आपतित तथा निर्गत किरणें।*

© NCERT not to be republished

वायु के सापेक्ष काँच के अपवर्तनांक n को निम्न प्रकार परिभाषित किया जाता है

$$n = \frac{\text{निर्वात् अथवा वायु में प्रकाश की चाल } (c)}{\text{काँच में प्रकाश की चाल } (v)} \qquad (1)$$

प्रकाश अपवर्तन संबंधी स्नेल के नियम के अनुसार तथा चित्र 41.1 से, काँच के अपवर्तनांक को इस प्रकार भी व्यक्त किया जा सकता है –

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

किसी दिए गए वर्ण (अथवा तरंगदैर्ध्य) के प्रकाश तथा दिए गए माध्यमों के युगल के लिए किसी काँच की सिल्ली के पदार्थ का अपवर्तनांक एक नियताँक होता है। सघन माध्यम (काँच) की तुलना में विरल माध्यम (वायु) में प्रकाश की चाल अधिक होती है। विरल माध्यम (वायु) से सघन माध्यम (काँच) में गमन करने पर, प्रकाश किरण की चाल मंद हो जाती है तथा वह वायु-काँच परिसीमा पर अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है (चित्र 41.1)। जब यह किरण सघन माध्यम (काँच) से विरल माध्यम (वायु) में गमन करती है तो इसकी चाल तीव्र हो जाती है तथा यह काँच-वायु परिसीमा पर अभिलम्ब से परे मुड़ जाती है। वायु-काँच परिसीमा AD के लिए, आपतन कोण XON (अथवा $\angle i$) तथा अपवर्तन कोण MOO′ (या $\angle r$) हैं। काँच-वायु परिसीमा BC पर आपतन कोण OO′N′ (या $\angle r'$) तथा अपवर्तन कोण $\angle$M′O′Y (या निर्गत कोण $\angle e$) है।

काँच के अपवर्तनांक का परिकलन या तो वायु-काँच परिसीमा AD, अथवा काँच-वायु परिसीमा BC (चित्र 41.2) पर किया जा सकता है :

वायु-काँच परिसीमा AD पर $$n = \frac{\sin \angle \mathrm{XON}}{\sin \angle \mathrm{MOO'}} = \frac{\sin \angle i}{\sin \angle r} \qquad (2)$$

काँच-वायु परिसीमा BC पर $$\frac{1}{n} = \frac{\sin \angle \mathrm{M'O'Y}}{\sin \angle \mathrm{OO'N'}}$$

इसी प्रकार, $$n = \frac{\sin \angle \mathrm{OO'N'}}{\sin \angle \mathrm{M'O'Y}} = \frac{\sin \angle e}{\sin \angle r} \qquad (3)$$

आवश्यक सामग्री

काँच की आयताकार सिल्ली, ड्राइंग बोर्ड, सफेद कागज की शीट, चांदा, ड्राइंग पिन (या आसंजक टेप), पिन, मापक पैमाना तथा प्राकृतिक ज्या सारणी।

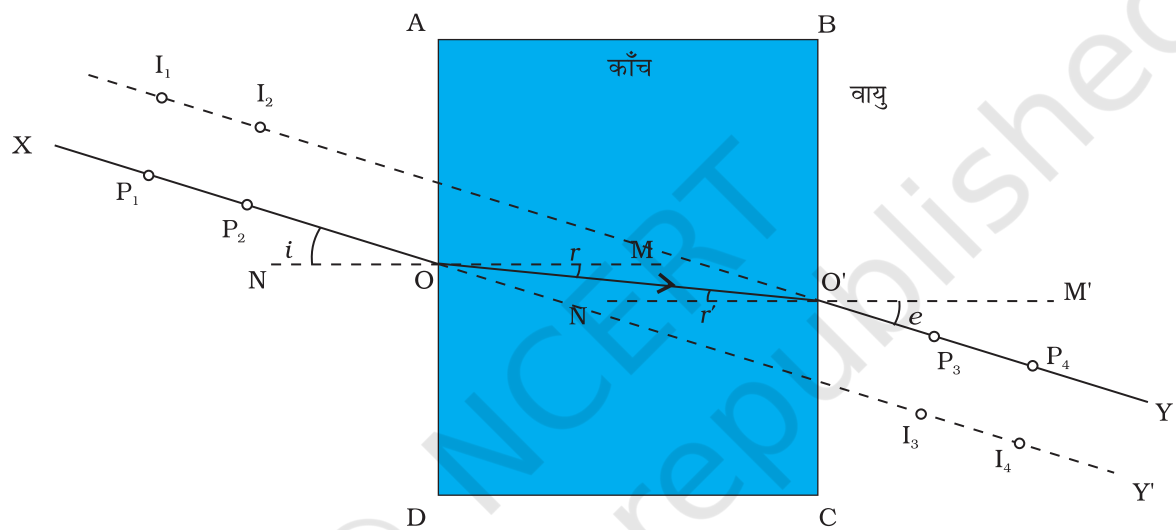
कार्यविधि

1. ड्राइंग बोर्ड पर एक सफेद कागज की शीट लगाइए, कागज के मध्य में काँच की आयताकार सिल्ली रखकर तीक्ष्ण पेंसिल से चित्र 41.2 में दर्शाए अनुसार इसकी परिसीमा ABCD अंकित कीजिए।

© NCERT not to be republished

2. काँच की आयताकार सिल्ली हटाइए तथा काँच की सिल्ली के फलक AD से झुकाव बनाते हुए एक पतली रेखा XO (एक तीर सहित) खींचिए, जिसका कोण 30° से 60° के बीच हो। यहाँ यह सुझाव दिया जाता है कि बिन्दु O रेखा AD के मध्य में लीजिए। काँच की सिल्ली को कागज की शीट पर अंकित उसकी परिसीमा ABCD पर ठीक-ठीक रखिए।

3. रेखा XO पर दो पिन P_1 तथा P_2 इनके शीर्षों को हल्के से अँगूठे द्वारा दबाकर ऊर्ध्वाधर लगाइए। आयताकार काँच की सिल्ली के फलक BC से होकर पिन P_1 तथा P_2 के प्रतिबिम्बों का प्रेक्षण कीजिए। आयताकार काँच की सिल्ली के फलक BC से होकर पिन P_1 तथा P_2 का प्रेक्षण करते हुए बिन्दु P_3 तथा P_4 पर दो पिन और इस प्रकार लगाइए कि सभी पिनों के पाद एक ही सरल रेखा में



चित्र 41.2 : *फलक BC से होकर देखने पर पिन P_1 तथा P_2 के प्रतिबिम्ब I_1 तथा I_2 पर प्रतीत होते हैं जबकि फलक AD से होकर देखने पर I_3 तथा I_4 पिन P_3 तथा P_4 के प्रतिबिम्बों की स्थिति दर्शाते हैं।*

दिखाई देते प्रतीत हों। दूसरे शब्दों में, पिन P_3 तथा P_4 एवं पिन P_1 तथा P_2 के प्रतिबिम्ब संरेखित प्रतीत होने चाहिए।

4. पिन P_3 तथा P_4 के प्रतिबिम्बों के साथ पिन P_1 एवं P_2 की संरेखनता का सत्यापन फलक AD से होकर चारों पिनों को देखकर भी कर सकते हैं।

5. सभी पिनों तथा काँच की सिल्ली को हटाकर चारों पिनों के पादों की स्थितियाँ चिह्नित कीजिए। पिन P_3 तथा P_4 की स्थितियों के चिह्नों के बिन्दुओं को मिलाइए तथा इस रेखा को बिन्दु O′ तक आगे बढ़ाइए जहाँ यह रेखा फलक BC पर मिलती है। चित्र 41.2 में दर्शाए अनुसार बिन्दुओं O तथा O′ को भी मिलाइए। यहाँ XOO′Y काँच की सिल्ली से गुजरने वाली प्रकाश किरण का पथ दर्शाती है।

रेखा XP_1P_2O आपतित किरण को दर्शाती है रेखा OO′ काँच की सिल्ली में अपवर्तित किरण के पथ को दर्शाती है जबकि रेखा $O'P_3P_4Y$ निर्गत किरण को दर्शाती है।

6. फलक AD के आपतन बिन्दु पर अभिलम्ब NOM खींचिए। इसी प्रकार फलक BC के बिन्दु O′ पर अभिलम्ब M′O′N′ खींचिए। आपतन कोण XON ($\angle i$) अपवर्तन कोण MOO′ ($\angle r$) तथा निर्गत कोण M′O′Y ($\angle e$) मापिए। कोणों $\angle i$, $\angle r$ तथा $\angle e$ के मान प्रेक्षण तालिका में लिखिए।
7. प्राकृतिक ज्या सारणी (Natural sine table) की सहायता से कोणों $\angle XON$ (= $\angle i$), $\angle MOO'$ (= $\angle r$), $\angle OO'N'$ (= $\angle r'$), तथा $\angle M'O'Y$ (= $\angle e$), की ज्याओं के मान ज्ञात कीजिए। समीकरणों (1) तथा (2) का उपयोग करके वायु-काँच परिसीमा AD पर तथा काँच-वायु परिसीमा BC पर काँच का अपवर्तनांक परिकलित कीजिए।
8. 30° से 60° कोणों के परिसर में दो और आपतन कोणों के लिए इस प्रयोग को दोहराइए।
9. सिल्ली के काँच के अपवर्तनांक का औसत मान ज्ञात कीजिए।

प्रेक्षण

क्रम सं.	फलक AD $\angle XON$	$\angle MOO'$	फलक BC $\angle M'O'Y$	$\angle M'O'Y$	वायु-काँच परिसीमा AD पर n	काँच-वायु परिसीमा BC पर n
1.						
2.						
3.						

परिणाम एवं परिचर्चा

- काँच की आयताकार सिल्ली से गुजरने वाली विभिन्न प्रकाश किरणों के पथ, चित्र 41.2 में दर्शाए गए हैं (सभी शीट जोड़िए)।
- क्या वायु-काँच परिसीमा AD तथा काँच-वायु परिसीमा BC पर वायु के सापेक्ष काँच के अपवर्तनांक के मान समान हैं? अपवर्तनांक n का औसत मान _____ है।

सावधानियाँ

- काँच की सिल्ली पूर्णतः आयताकार तथा इसके चारों फलक चिकने होने चाहिए।
- पिन P_1, P_2, P_3, तथा P_4 की नोक तीक्ष्ण होनी चाहिए। हो सकता है कि कागज की शीट पर लगे ये पिन तथ्यतः कागज के तल के लम्बवत् (ऊर्ध्वाधर) न हो। इस प्रकार यदि इनके शीर्ष संरेखित प्रतीत

© NCERT not to be republished

होते हैं तो यह आवश्यक नहीं है कि इनके पाद भी संरेखित हों। अतः यह आवश्यक है कि पिन तथा इनके प्रतिबिम्बों की संरेखनता सुनिश्चित करते समय हमें इनके शीर्षों की नहीं बल्कि इनके पादों के बीच संरेखनता देखनी चाहिए।

- पिनों तथा प्रतिबिम्बों की संरेखनता देखते समय, आँख को पिन से कुछ दूरी पर रखना चाहिए ताकि एक ही साथ इन सबके पाद एक सरल रेखा में देखे जा सकें।
- पिनों P_1 तथा P_2 अथवा P_3 तथा P_4 को लगाते समय यह सावधानी बरतनी चाहिए कि दो पिनों के बीच की दूरी लगभग 6 cm बनी रहे। यह, आपतित किरण तथा निर्गत किरण की दिशाओं का परिशुद्धता से अनुरेखन करने में सहायता करता है।
- आपतन कोण 30° से 60° के बीच होना चाहिए।
- रेखाओं को खींचने के लिए तीक्ष्ण पेंसिल का उपयोग करना चाहिए।
- कोणों को मापने के लिए अच्छी गुणता के स्पष्ट अंशांकन वाले चांदे का उपयोग करना चाहिए तथा कोणों की परिशुद्ध माप के लिए आँख की स्थिति अंशांकनों के ठीक ऊपर होनी चाहिए।

प्रश्न

- वायु से काँच की सिल्ली में प्रवेश करते समय प्रकाश किरण अभिलम्ब की ओर तथा काँच से वायु में निर्गत होने पर अभिलम्ब से दूर क्यों मुड़ जाती है?
- काँच की सिल्ली में पृष्ठ के लम्बवत् प्रवेश करने वाली प्रकाश किरण का पथ अनुरेखित कीजिए।
- काँच की आयताकार सिल्ली के प्रकरण में आपतित एवं निर्गत किरणों के एक दूसरे के समांतर न होने का क्या कारण हो सकता है?
- काँच की सिल्ली से गुजरने वाली प्रकाश किरण का पथ अनुरेखित करते समय आपतन कोण का मान सामान्यतः 30° से 60° के बीच लिया जाता है। विभिन्न आपतन कोणों को लेकर प्रयोग करने के अपने अनुभवों के आधार पर इसके कारण की व्याख्या कीजिए।
- निर्गत किरण का पार्श्विक विस्थापन काँच की सिल्ली की मोटाई तथा आपतन कोण पर किस प्रकार निर्भर करता है?
- किसी माध्यम का अपवर्तनांक किन कारकों पर निर्भर करता है?
- क्या स्नेल का नियम आयताकार काँच की सिल्ली पर अभिलम्बवत् आपतन के प्रकरण में भी लागू होता है।

© NCERT not to be republished

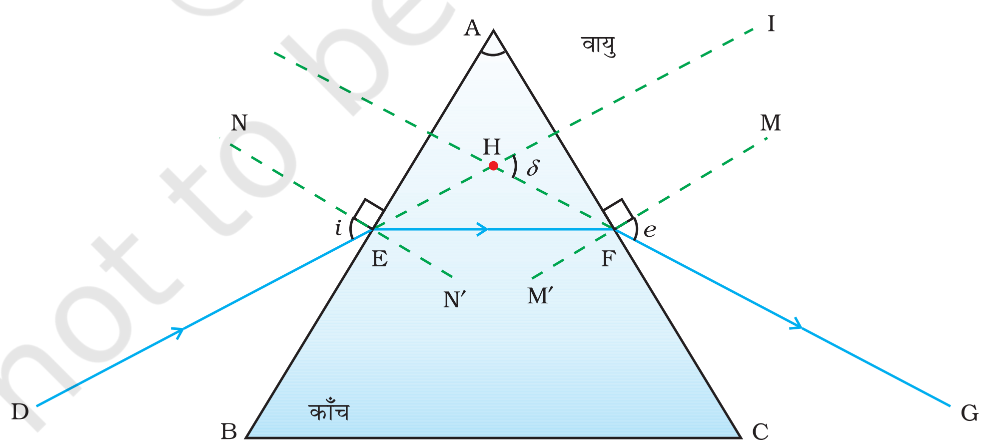
प्रयोग 42

उद्देश्य

काँच के प्रिज्म से गुजरने वाली प्रकाश किरण का पथ अनुरेखित करना तथा विचलन कोण मापना।

सिद्धांत

जब कोई प्रकाश किरण (DE) वायु से त्रिभुजाकार काँच के प्रिज्म ABC के फलक AB पर टकराती है तो यह अपवर्तित होकर फलक AB तल के अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है (चित्र 42.1)। अपवर्तित किरण



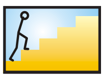
चित्र 42.1 : काँच के प्रिज्म से होकर प्रकाश का अपवर्तन

© NCERT not to be republished

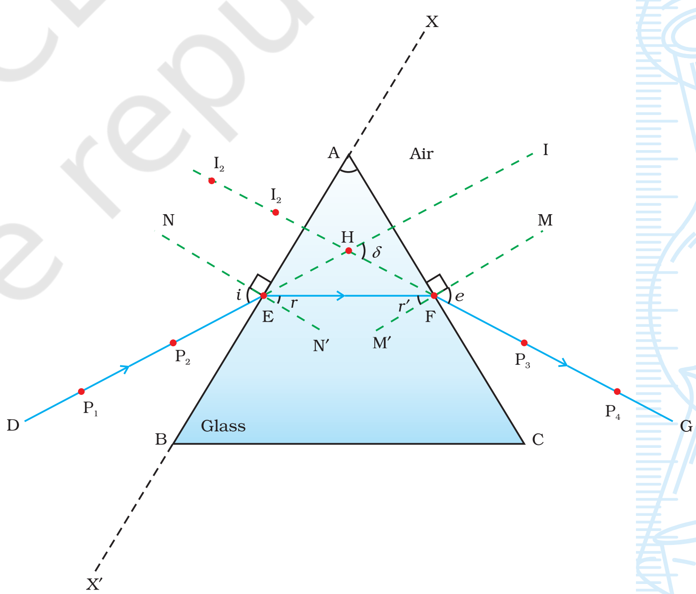
EF प्रिज्म के भीतर अन्य फलक AC से टकराने तक गमन करती है। यहाँ यह किरण काँच से वायु में अपवर्तित होती है, परंतु इस बार यह अभिलम्ब से फलक BC की ओर मुड़ती है। किरण FG वह किरण है, जो प्रिज्म के काँच-वायु परिसीमा फलक AC से निर्गत होती है। किरण FG जो काँच के प्रिज्म से क्रमागत अपवर्तनों के पश्चात् बाहर निकलती है, निर्गत किरण कहलाती है (चित्र 42.1)। सामान्यत: निर्गत किरण चित्र में दर्शाए अनुसार प्रिज्म के आधार (BC) की ओर मुड़ती है। आपतित किरण DE तथा निर्गत किरण FG के बीच के कोण ∠IHG को विचलन कोण (∠δ) कहते हैं। यहाँ निर्गत किरण को पीछे तथा आपतित किरण को आगे बढ़ाने पर बिन्दु H प्राप्त होता है।

आवश्यक सामग्री

काँच का प्रिज्म, ड्राइंग बोर्ड, सफेद कागज, ड्राइंग पिन अथवा आसंजक टेप, पिन, मापक पैमाना, तथा चांदा।

कार्यविधि 

1. ड्राइंग बोर्ड पर सफेद कागज की शीट लगाइए। कागज के मध्य में तीक्ष्ण पेंसिल से एक पतली रेखा XX′ खींचिए।
2. रेखा XX′ के आपतन बिन्दु E पर अभिलम्ब के रूप में पतली रेखा NEN′ खींचिए। चित्र 42.2 में दर्शाए अनुसार 30° से 60° के बीच NEN′ रेखा से कोई कोण बनाते हुए एक रेखा DE खींचिए।
3. प्रिज्म के किसी एक अपवर्तक पृष्ठ (मान लीजिए AB) को रेखा XX′ के अनुदिश रखिए तथा प्रिज्म को हाथ से कसकर पकड़े रखकर काँच के प्रिज्म की परिसीमा ABC अंकित कीजिए।
4. रेखा DE पर एक दूसरे से लगभग 6 cm दूरी रखते हुए दो पिन P_1 तथा P_2 पिनों के शीर्ष को अँगूठे से हल्का सा दबाकर ऊर्ध्वाधर लगाइए। प्रिज्म के सम्मुख फलक AC से पिन P_1 तथा P_2 के प्रतिबिम्ब देखिए।
5. प्रिज्म के फलक AC से होकर देखते हुए दो और पिन P_3 तथा P_4 ऊर्ध्वाधर इस प्रकार लगाइए कि पिन P_3 तथा P_4 के पाद तथा पिन P_1 तथा P_2 के प्रतिबिम्बों के पाद एक ही सरल रेखा में प्रतीत हों।
6. पिनों तथा प्रिज्म को हटा दीजिए। पिन P_3 तथा P_4 की स्थितियों के चिह्नों के बिन्दुओं को मिलाने वाली रेखा खींचिए। इस रेखा को इतना आगे बढ़ाइए कि यह प्रिज्म के फलक AC के बिन्दु F पर मिले। रेखा FG निर्गत किरण के पथ को निरूपित करती है।



चित्र 42.2 : काँच के प्रिज्म के फलक AC से देखने पर पिन P_1 तथा P_2 के प्रतिबिम्ब I_1 तथा I_2 पर प्रतीत होते हैं। किरणें DE, EF, तथा FG क्रमश: आपतित, अपवर्तित तथा निर्गत किरणों को निरूपित करती हैं। ∠DEN आपतन कोण (∠i) तथा ∠FHI विचलन कोण (∠δ) है

© NCERT not to be republished

7. आपतित किरण DE की दिशा को इतना आगे बढ़ाइए कि यह प्रिज़्म के फलक AC के किसी बिन्दु पर मिले। चित्र 42.2 में दर्शाए अनुसार निर्गत किरण FG को पीछे की ओर बढ़ाइए। ये दोनों विस्तारित रेखाएं (बढ़ाई गई) बिन्दु H पर मिलती हैं।
8. $\angle$DEN को आपतन कोण ($\angle i$) तथा $\angle$FHI को विचलन कोण ($\angle\delta$) के रूप में मापकर इनके मानों को प्रेक्षण तालिका में लिखिए।
9. इस प्रयोग को एक अन्य आपतन कोण (वरीयत: 30° एवं 60° के बीच) के लिए दोहराइए।

प्रेक्षण

क्रम सं.	आपतन कोण ($\angle i$) = $\angle$DEN	विचलन कोण ($\angle\delta$) = $\angle$FHI
1.		
2.		

परिणाम एवं परिचर्चा

- काँच के प्रिज़्म के एक फलक पर आपतित प्रकाश की किरण का पथ किरण ______ द्वारा दर्शाया गया है।
- आपतन कोण _____ के लिए विचलन कोण का मान _____ तथा अन्य आपतन कोण _____ के लिए विचलन कोण का मान _____ है।

सावधानियाँ

- पिनों तथा प्रतिबिम्बों की संरेखनता को देखते समय आँख को पिनों से दूर रखना चाहिए ताकि इन सभी को एक साथ देखा जा सके। काँच के प्रिज़्म के एक पार्श्व पर लगे पिनों तथा उसके दूसरे पार्श्व पर पिनों के प्रतिबिम्बों की संरेखनता की पुष्टि इनको देखते समय, सिर को हल्का सा इधर-उधर ले जाकर भी की जा सकती है। यदि पिन तथा प्रतिबिम्ब संरेखित है तो वे सभी एक साथ गति करते प्रतीत होंगे।
- हो सकता है कि कागज पर लगे पिन P_1, P_2, P_3 तथा P_4 कागज के तल के लम्बवत् (या ऊर्ध्वाधर) न हों। अत: यह वांछनीय है कि इनकी संरेखनता स्थापित करते समय हम पिनों तथा उनके प्रतिबिम्बों को देखें। यही कारण है कि, प्रत्येक आलपिन की स्थिति को कागज पर पिन की तीक्ष्ण नोंक द्वारा चिह्नित किया जाता है।
- परिशुद्धता से आपतित किरण तथा अपवर्तित किरण की स्थितियों का पता लगाने के लिए पिन P_1 तथा P_2 और P_3 तथा P_4 के बीच की दूरी बहुत कम अथवा बहुत अधिक नहीं होनी चाहिए। दो पिनों के बीच लगभग 6 cm का पृथकन पर्याप्त होता है।
- आपतन कोण का मान 30° से 60° के बीच होना चाहिए।

© NCERT not to be republished

शिक्षक के लिए

- काँच का प्रिज्म त्रिभुजाकार तथा आयताकार अपवर्तक फलकों द्वारा घिरा होना चाहिए। अपवर्तक फलक चिकने एवं पारदर्शी तथा प्रिज्म में कोई वायु का बुलबुला न होने के साथ-साथ उसके किनारे टूटे नहीं होने चाहिए।
- काँच का प्रिज्म उपलब्ध न होने पर एक पानी का प्रिज्म सरलतापूर्वक प्रयोगशाला में बना कर उपयोग में लाया जा सकता है। इसके लिए तीलियों का उपयोग कर दो छोटे सर्वसम समबाहु त्रिभुज बनाइए और इनके शीर्षों को तीन अन्य समान लम्बाई की तीलियों से जोड़ कर प्रिज्मवत् ढाँचा बनाइये। इस ढाँचे के आयताकार पार्श्वों और एक त्रिभुजाकार आधार को सेलोफेन पेपर और आसंजक टेप की सहायता से अच्छी प्रकार ढक दीजिए, इसमें पानी भरिए। प्रिज्म उपयोग के लिए तैयार है आप इसमें विभिन्न पारदर्शी द्रव भर कर उनके अपवर्तनांकों में अंतर का अध्ययन कर सकते हैं। तीन काँच के आयताकार टुकड़ों को एक त्रिभुजाकार प्रिज्म के रूप में जोड़ कर और उसको काँच के आधार पर चिपका कर भी ऐसा प्रिज्म बनाया जा सकता है।

प्रश्न

- विचलन कोण की परिभाषा दीजिए।
- प्रिज्म से होकर गुजरने वाली रेखा के लिए विचलन कोण किन कारकों पर निर्भर करता है?
- काँच के प्रिज्म से गुजरने पर कोई प्रकाश किरण प्रिज्म के आधार की ओर क्यों मुड़ जाती है?
- काँच के प्रिज्म से गुजरने पर श्वेत प्रकाश विभिन्न वर्णों में विक्षेपित क्यों हो जाता है?
- काँच की आयताकार सिल्ली से गुजरने पर श्वेत प्रकाश विभिन्न वर्णों में विक्षेपित क्यों नहीं होता?

© NCERT not to be republished

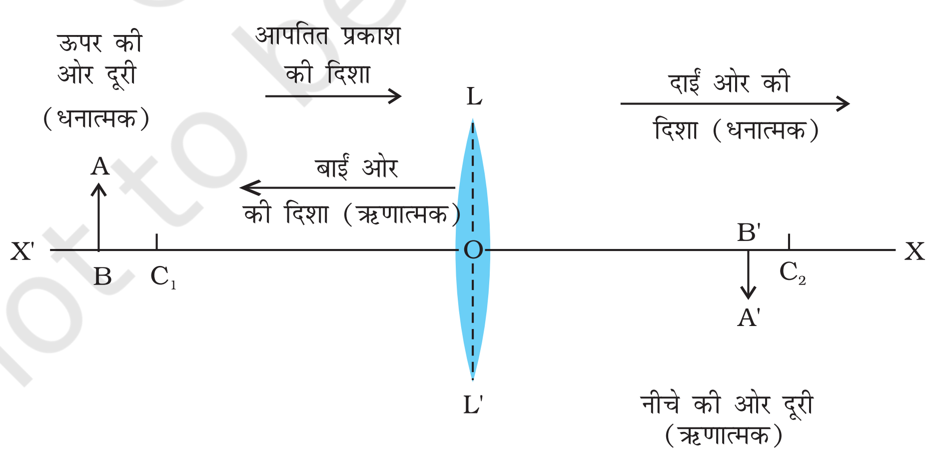
प्रयोग 43

उद्देश्य

बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए उत्तल लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्बों का आरेखन करना।

सिद्धांत

जब प्रकाश की किरणें किसी उत्तल लेंस से गुजरने पर अपवर्तित होती हैं तो वे अपवर्तन के नियमों का पालन करती हैं। उत्तल लेंस से प्रतिबिम्बों के बनने का अध्ययन हम किरण आरेख खींच कर और नई कार्तीय चिह्न परिपाटी का उपयोग करके कर सकते हैं।



चित्र 43.1 : *उत्तल लेंस के लिए नई चिह्न परिपाटी*

© NCERT not to be republished

इस संदर्भ में (चित्र 43.1) उत्तल लेंस LL′ के प्रकाशिक केंद्र को मूल बिंदु मानते हैं तथा इसके मुख्य अक्ष को निर्देशांक पद्धति का x-अक्ष (X′ X) लिया जाता है। किसी उत्तल लेंस LL′ के दो गोलीय पृष्ठों के वक्रता केन्द्रों C_1 तथा C_2 से गुजरने वाली काल्पनिक सीधी रेखा X′X, लेंस की मुख्य अक्ष कहलाती है। प्रकाशिक केन्द्र O उत्तल लेंस से सम्बद्ध एक ऐसा बिंदु है जिससे गुजरने वाली प्रकाश किरण में कोई विचलन नहीं होता। यहाँ हम केवल छोटे द्वारक के पतले उत्तल लेंसों की ही चर्चा करेंगे जिनका द्वारक इनकी वक्रता त्रिज्या से बहुत छोटा है।

नई कार्तीय चिह्न परिपाटी को चित्र 43.1 में दर्शाया गया है और इसे संक्षेप में निम्न प्रकार से प्रस्तुत किया जा सकता है : (i) बिम्ब सदैव लेंस के बाईं ओर रखा जाता है। इसका अर्थ है कि लेंस पर प्रकाश बाईं ओर से आपतित होता है; (ii) मुख्य अक्ष के समांतर सभी दूरियाँ लेंस के प्रकाशिक केन्द्र से मापी जाती है; (iii) मूल बिंदु के दाईं ओर (+x-अक्ष के अनुदिश) मापी गई सभी दूरियाँ धनात्मक मानी जाती हैं जबकि मूल बिंदु के बाईं ओर (–x-अक्ष के अनुदिश) मापी गई दूरियाँ ऋणात्मक मानी जाती हैं; (iv) मुख्य अक्ष के लंबवत् तथा ऊपर की ओर (+y-अक्ष के अनुदिश) मापी जाने वाली दूरियाँ धनात्मक ली जाती हैं तथा (v) मुख्य अक्ष के लंबवत् तथा नीचे की ओर (-y-अक्ष के अनुदिश) मापी जाने वाली दूरियाँ ऋणात्मक ली जाती हैं।

उत्तल लेंस के सामने रखे एक प्रदीप्त सीमित साइज के विस्तारित बिम्ब AB के लिए, इसका प्रत्येक छोटा भाग प्रकाश के एक बिंदु बिम्ब की भाँति कार्य करता है। इन बिंदु स्रोतों में प्रत्येक से प्रकाश की अनंत किरणें आती हैं जिन्हें उत्तल लेंस से बनने वाले किसी बिम्ब के प्रतिबिम्ब का किरण आरेख बनाने के लिए चुना जा सकता है।

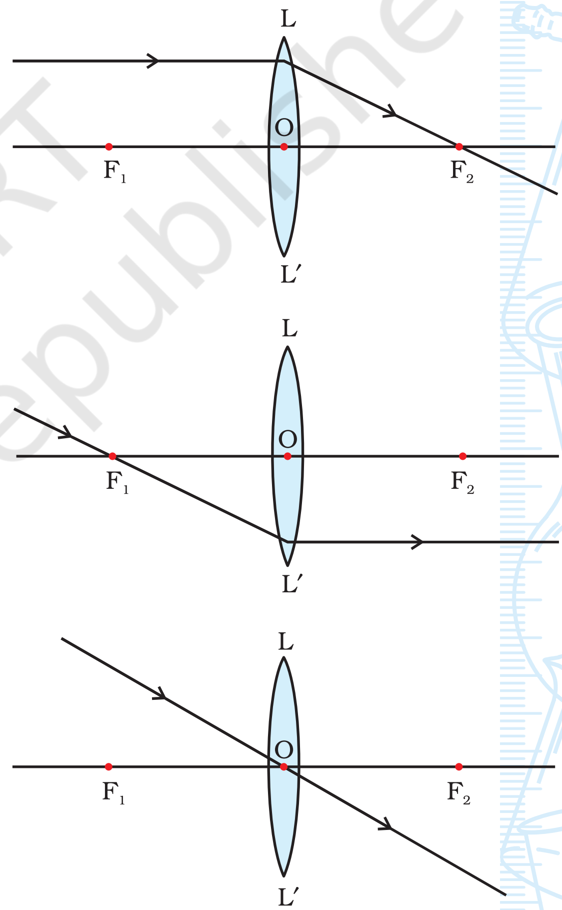
किरण आरेखों की स्पष्टता के लिए, केवल दो किरणों पर विचार किया जाता है। ये किरणें इस प्रकार चुनी जाती हैं कि उत्तल लेंस LL′ से अपवर्तन के पश्चात् उनकी दिशाओं को आसानी से जाना जा सके। कम-से-कम दो अपवर्तित किरणों के प्रतिच्छेदन से किसी प्रतिबिम्ब के स्थान निर्धारण के लिए निम्न में से किन्हीं भी दो किरणों पर विचार किया जा सकता है –

(i) बिम्ब से मुख्य अक्ष के समांतर आने वाली कोई प्रकाश किरण, उत्तल लेंस से अपवर्तन के पश्चात्, लेंस के दूसरी ओर मुख्य फोकस F_2 से गुजरेगी [चित्र 43.2(a)]।

(ii) मुख्य फोकस F_1 से गुजरने वाली प्रकाश किरण, उत्तल लेंस से अपवर्तन के पश्चात् मुख्य अक्ष के समांतर निर्गत होगी [चित्र 43.2(b)]।

(iii) उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O से गुजरने वाली प्रकाश किरण में कोई विचलन नहीं होगा [चित्र 43.2(c)]।

बिम्ब की स्थिति (a) अनन्त पर, (b) $2F_1$ से परे, (c) $2F_1$ पर,



***चित्र 43.2 :** उत्तल लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्ब का स्थान निर्धारण करने के लिए उपरोक्त में से किन्हीं भी दो किरणों को चुना जा सकता है।*

© NCERT not to be republished

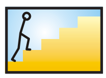
(d) F_1 तथा $2F_1$ के बीच, (e) फोकस F_1 पर, (f) फोकस F_1 तथा उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O के बीच हो सकती है।

नई कार्तीय चिह्न परिपाटी (चित्र 43.1) तथा प्रतिबिम्ब के स्थान निर्धारण के लिए सुविधाजनक किरणों (चित्र 43.2) का उपयोग करके, किसी उत्तल लेंस के सामने विभिन्न स्थितियों पर रखे बिम्ब के लिए किरण आरेखों को बनाया जा सकता है। यह मान लिया जाता है कि उत्तल लेंस पतला है तथा इसका द्वारक छोटा है (क्या यह आवश्यक है?)। प्रतिबिम्ब की स्थिति निर्धारण करने के पश्चात्, इसकी प्रकृति तथा साइज ज्ञात किए जा सकते हैं।

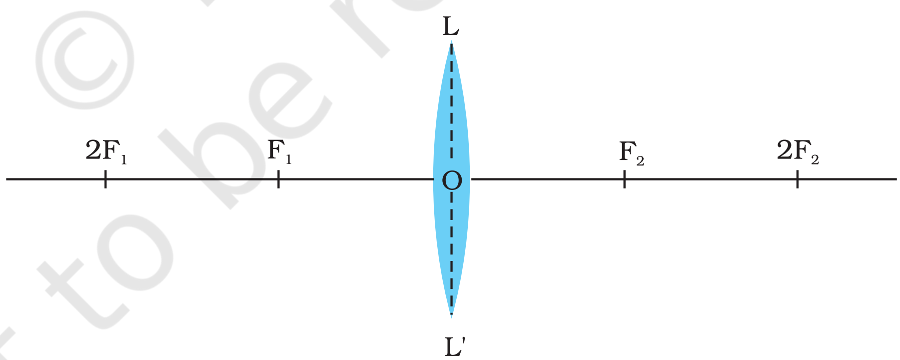
आवश्यक सामग्री

मापक स्केल, ड्राइंग बोर्ड, सफेद कागज की शीटें, प्रोट्रैक्टर (चांदा) तथा ड्राइंग पिन या आसंजक टेप।

कार्यविधि



1. ड्राइंग बोर्ड पर सफेद कागज की एक शीट लगाइए। शीट के मध्य में लगभग 15 - 18 cm लंबी एक बारीक रेखा खींचिए। इस रेखा के केन्द्र पर एक बिन्दु O चिह्नित कीजिए। इस बिन्दु के चारों ओर एक उत्तल लेंस बनाइए। O को लेंस का प्रकाशिक केन्द्र मान लीजिए। लेंस के दोनों ओर बिंदु F_1 और F_2 (इसके मुख्य फोकस) इस प्रकार चिह्नित कीजिए कि $OF_1 = OF_2$। इसी रेखा पर OF_1 तथा OF_2 से दुगुनी दूरी पर $2F_1$ तथा $2F_2$ बिंदुओं को भी चिह्नित कीजिए (चित्र 43.3)।
2. उचित ऊँचाई h का एक बिम्ब AB इस प्रकार खींचिए कि यह चित्र 43.4 (a) में दर्शाए अनुसार अनन्त दूरी पर रखा प्रतीत हो।

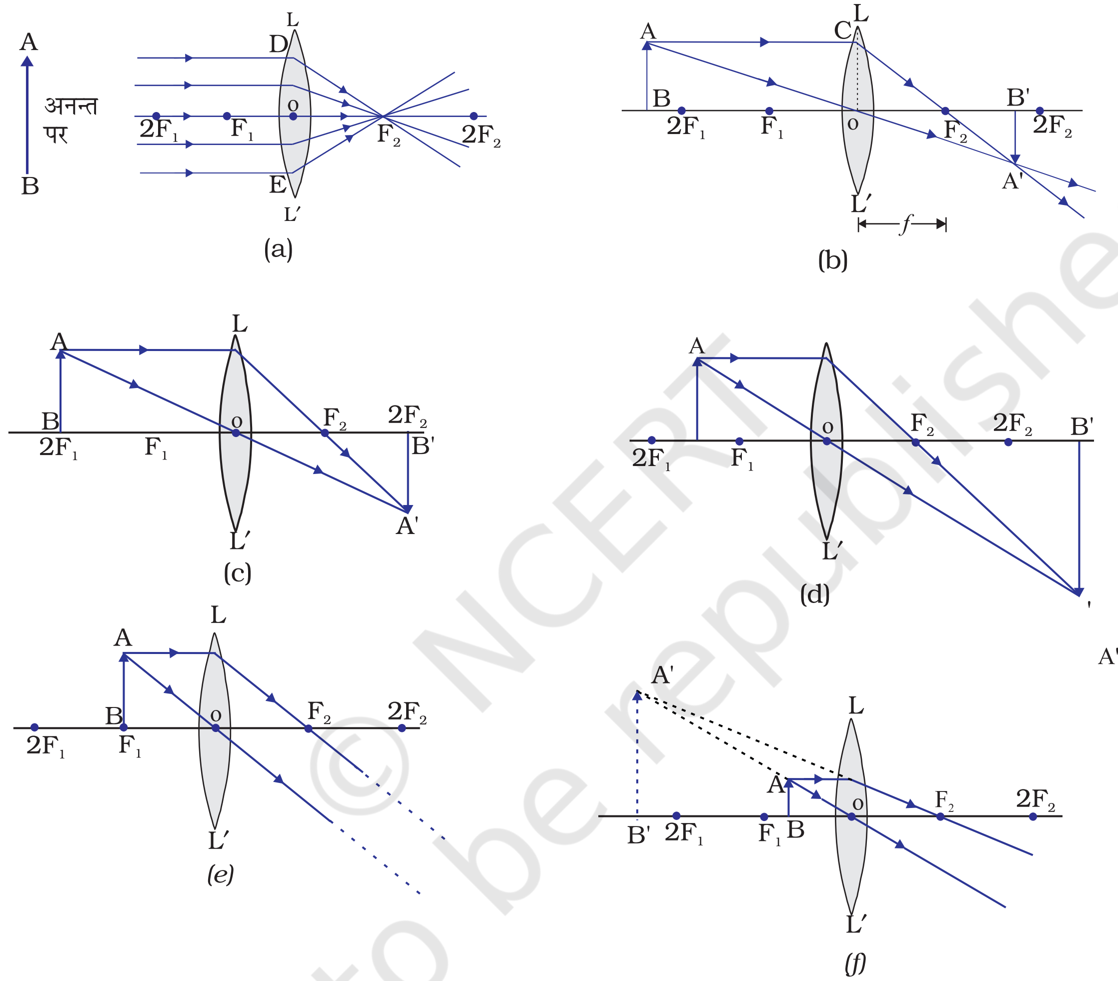


चित्र 43.3

3. बिम्ब AB से आते हुए और मुख्य अक्ष F_1OF_2 के समांतर आपतित किरणों को प्रदर्शित करते हुए दो पतली रेखाएं खींचिए जो उत्तल लेंस LL′ के पृष्ठ से क्रमश: आपतन बिन्दुओं D तथा E पर टकराएं। ये किरणें उत्तल लेंस LL′ से अपवर्तन के पश्चात् अपवर्तित किरणों DF_2 तथा EF_2 की तरह निर्गत होती हैं। ये किरणें एक दूसरे को लेंस के दूसरी ओर फोकस F_2 पर प्रतिच्छेद करती हैं और चित्र 43.3 (a) में दर्शाए अनुसार बिन्दु, F_2 पर बिम्ब का अत्यधिक छोटा प्रतिबिम्ब बन जाता है।

© NCERT not to be republished

4. प्रतिबिम्ब की स्थिति निर्धारण के लिए नई कार्तीय चिह्न परिपाटी का उपयोग करके तथा संबद्ध किरणों को ध्यान में रखकर उपरोक्त चरणों को दोहराइए। बिम्ब की प्रत्येक स्थिति के लिए चित्र 43.3(a) - (f) में दर्शाए अनुसार स्वच्छ किरण आरेख खींचिए।



चित्र 43.4 : बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए उत्तल लेंस द्वारा बने प्रतिबिम्ब की स्थितियाँ, साइज एवं प्रकृति

5. सभी स्थितियों में क्रमशः बिम्ब AB (h) तथा प्रतिबिम्ब A′B′ (h'), की ऊँचाइयाँ मापिए [चित्र 43.4(a) - (f)]। इन्हें प्रेक्षण सारिणी में नोट कीजिए।

6. उत्तल लेंस द्वारा विभिन्न स्थितियों में रखे बिम्ब के लिए प्रतिबिम्ब की स्थिति, साइज एवं प्रकृति का वर्णन कीजिए। परिणामों को किसी सुविधाजनक रूप में (यथा नीचे दर्शाई गई) प्रेक्षण सारणी में सारणीबद्ध कीजिए।

© NCERT not to be republished

प्रेक्षण

चित्र 43.4(a)-(f) में दर्शाए अनुसार बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए उत्तल लेंस द्वारा बने प्रतिबिम्ब के अभिलक्षण –

क्रम सं.	किरण आरेख चित्र 43.4	बिम्ब की स्थिति	प्रतिबिम्ब की स्थिति	प्रतिबिम्ब की प्रकृति	बिम्ब का साइज h (cm)	प्रतिबिम्ब का साइज h' (cm)	आवर्धन (h'/h)
1.	(a)	अनन्त पर	फोकस F_2 पर	वास्तविक			
2.	(b)	$2F_1$ से परे	F_2 तथा $2F_2$ के बीच	वास्तविक तथा उल्टा			
3.	(c)	$2F_1$ पर	$2F_2$ पर	वास्तविक तथा उल्टा			
4.	(d)	F_1 तथा $2F_1$ के बीच	$2F_2$ से परे	वास्तविक तथा उल्टा			
5.	(e)	फोकस F_1 पर	अनंत पर	वास्तविक तथा उल्टा			
6.	(f)	फोकस F_1 तथा प्रकाशिक केन्द्र O के बीच	लेंस के उसी ओर जिस ओर बिम्ब है	आभासी तथा सीधा			

सावधानियाँ

- आपतित तथा अपवर्तित किरणों को निरूपित करने के लिए पतली रेखाएं खींचने के लिए तीक्ष्ण नोंक वाली पेंसिल का उपयोग करें।
- बनाया गया उत्तल लेंस पतला तथा छोटे द्वारक का होना चाहिए। (स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए यह अपेक्षित है)।

शिक्षक के लिए

- सामान्यतया हम विद्यालय की प्रयोगशाला में समोत्तल लेंस का उपयोग करते हैं। यदि यह लेंस समोत्तल नहीं है तो शर्त $OF_1 = OF_2$ लागू नहीं होती।
- उत्तल लेंस द्वारा बिम्ब का प्रतिबिम्ब बनाने के लिए किरण आरेखों को ग्राफ पेपर पर भी खींचा जा सकता है तथा बिम्ब और इसके प्रतिबिम्ब के साइज की लंबाइयों h तथा h' को अधिक सुविधापूर्वक मापा जा सकता है।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- कभी-कभी $2F_1$ पर रखे किसी बिम्ब का उत्तल लेंस द्वारा बनाया गया प्रतिबिम्ब उसी साइज तथा उत्तल लेंस के दूसरी ओर $2F_2$ की स्थिति पर नहीं होता। ऐसी स्थिति के संभावित कारण क्या हो सकते हैं?
- एक प्रकाश किरण किसी उत्तल लेंस के मुख्य फोकस से होकर गुजर रही है। लेंस से अपवर्तन के पश्चात् यह किस प्रकार निर्गत होगी?
- कोई बिम्ब लेंस (जिसकी फोकस दूरी 100 cm है) के बाईं ओर 20 cm की दूरी पर रखा है। बिम्ब-दूरी का चिह्न क्या होगा?

© NCERT not to be republished

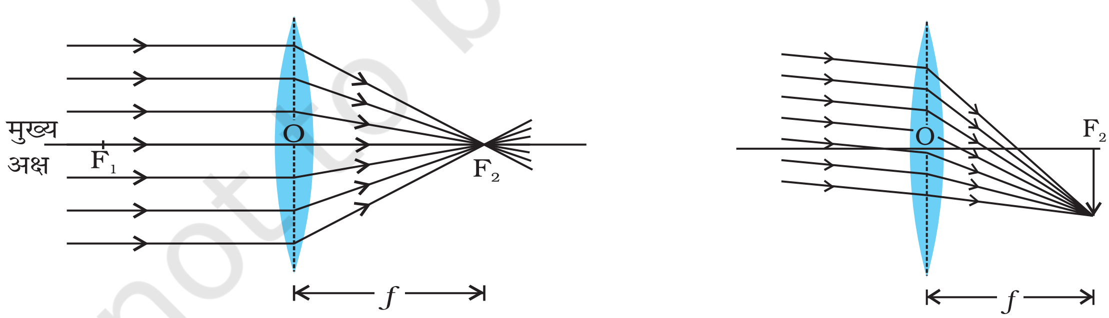
प्रयोग 44

उद्देश्य

किसी दूरस्थ बिम्ब का प्रतिबिम्ब बना कर एक पतले उत्तल लेंस की फोकस दूरी ज्ञात करना।

सिद्धांत

किसी दूरस्थ बिम्ब जैसे सूर्य (अथवा एक दूरस्थ पेड़ या दूरस्थ बिल्डिंग) से आने वाली प्रकाश की किरणें एक दूसरे के समांतर मानी जा सकती हैं। जब कोई समांतर प्रकाश किरण पुंज किसी उत्तल लेंस पर आपतित होता है तो अपवर्तन के पश्चात् किरणें इसके दूसरी ओर एक बिंदु पर अभिसरित हो जाती हैं। यह बिन्दु लेंस के दो फोकसों में से एक होता है। यदि प्रकाश का समांतर किरण पुंज किसी दूरस्थ बिम्ब से आता है, तो



(a) (b)

चित्र 44.1 : *उत्तल लेंस द्वारा किसी दूरस्थ बिम्ब का प्रतिबिम्ब बनाना*

(a) लेंस पर आपतित प्रकाश किरण पुंज मुख्य अक्ष के समांतर है

(b) लेंस पर आपतित प्रकाश किरण पुंज मुख्य अक्ष के समांतर नहीं है

© NCERT not to be republished

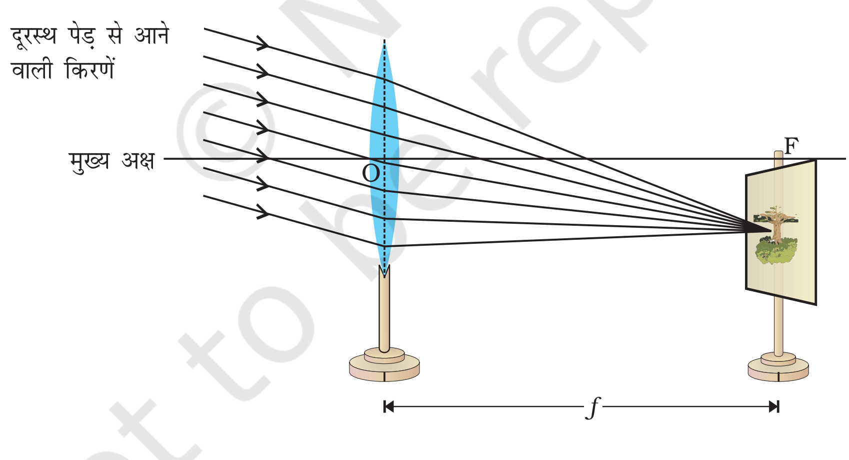
लेंस के फोकस पर एक वास्तविक, उल्टा तथा अत्यधिक छोटे साइज का प्रतिबिम्ब बनता है (चित्र 44.1)। क्योंकि लेंस द्वारा बनाया गया प्रतिबिम्ब उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O से इसके फोकस बिन्दु F_1 या F_2 तक की दूरी इसकी फोकस दूरी है। अतः किसी उत्तल लेंस की फोकस दूरी, किसी दूरस्थ बिम्ब का वास्तविक प्रतिबिम्ब इसके फोकस पर प्राप्त करके आकलित की जा सकती है।

आवश्यक सामग्री

एक पतला उत्तल लेंस, लेंस-स्टैण्ड, स्टैण्ड पर जुड़ा हुआ एक छोटा पर्दा तथा एक मापक स्केल।

कार्यविधि

1. एक पतले उत्तल लेंस को लेंस-स्टैण्ड पर लगाइए और इसे किसी ऐसी खुली हुई खिड़की के समीप रखिए जिसमें होकर पर्याप्त सूर्य का प्रकाश प्रवेश कर सके। लेंस के फलक को किसी दूरस्थ बिम्ब (कोई पेड़ या बिजली का खंबा या कोई दूरस्थ बिल्डिंग) की ओर घुमाइए।
2. स्टैण्ड पर कसे एक पर्दे को लेंस के दूसरी ओर रखिए। उत्तल लैंस के सापेक्ष पर्दे को आगे पीछे खिसका कर ऐसी स्थिति में लाइए कि इस पर दूरस्थ बिम्ब का तीक्ष्ण, स्पष्ट तथा उल्टा प्रतिबिम्ब बन जाए (चित्र 44.2)। दूरस्थ बिम्ब, जैसे पेड़ या बिल्डिंग सूर्य के प्रकाश से प्रदीप्त है तथा पर्दा छाया में रखा गया है अतः एक स्पष्ट तथा दीप्त प्रतिबिम्ब प्राप्त किया जा सकता है। यदि सूर्य के प्रकाश को लेंस पर सीधा ही डाला जाए तब भी सूर्य का दीप्त प्रतिबिम्ब प्राप्त किया जा सकता है।



चित्र 44.2 : एक पतले उत्तल लेंस की फोकस दूरी ज्ञात करना

3. जब पर्दे पर दूरस्थ बिम्ब का तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब बन जाए तो लेंस तथा पर्दे के स्टैण्डों के मध्य बिन्दुओं की स्थितियों को उनके आधार के पास चिह्नित कीजिए। एक मापक स्केल की सहायता से उत्तल लेंस के केन्द्र तथा पर्दे के बीच की उस क्षैतिज दूरी को मापिए। अपने प्रेक्षणों को प्रेक्षण सारणी में अंकित कीजिए।

© NCERT not to be republished

4. दो भिन्न-भिन्न दूरस्थ बिम्बों के प्रतिबिम्ब प्राप्त करके, प्रयोग को दो बार और दोहराइए। प्रत्येक बार उत्तल लेंस तथा पर्दे के बीच की दूरी को मापिए। इन्हें भी प्रेक्षण सारणी में अंकित कीजिए।
5. फोकस दूरी का औसत या माध्य मान ज्ञात कीजिए।

प्रेक्षण

क्रम सं.	दूरस्थ बिम्ब का नाम	उत्तल लेंस तथा पर्दे के बीच की दूरी (f)		उत्तल लेंस की माध्य फोकस दूरी (f)
		(cm)	(m)	(m)
1.				
2.				
3.				

परिणाम एवं परिचर्चा

दिए गए उत्तल लेंस की फोकस दूरी का सन्निकट मान ____ m है।

सावधानियाँ

- उत्तल लेंस के मुख्य अक्ष को क्षैतिज रखना चाहिए, अर्थात् लेंस को ऊर्ध्वाधर रखना चाहिए।
- उत्तल लेंस पर दूरस्थ बिम्ब से आपतित होने वाली प्रकाश की किरणों के रास्ते में कोई अवरोध नहीं होना चाहिए।
- लेंस द्वारा बनाए गए सूर्य के प्रतिबिम्ब को केवल पर्दे पर ही फोकसित करना चाहिए। सूर्य के प्रतिबिम्ब को कभी भी सीधे नग्न आँखों से नहीं देखना चाहिए। सूर्य के प्रकाश को कभी भी उत्तल लेंस से अपने शरीर के किसी भाग पर, कागज या किसी ज्वलनशील पदार्थ पर फोकसित नहीं करना चाहिए क्योंकि ऐसा करना हानिकारक हो सकता है।
- उत्तल लेंस की स्थिति को इस प्रकार समायोजित कीजिए कि दूरस्थ बिम्ब से आने वाली प्रकाश की किरणें लेंस पर बिना किसी अवरोध के आपतित हो सकें।
- पर्दे (या दीवार) पर दूरस्थ बिम्ब का तीक्ष्ण तथा स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए, यह सुनिश्चित कर लेना चाहिए कि दूरस्थ बिम्ब उचित रूप से प्रदीप्त हो। ताकि लेंस पर पर्याप्त मात्रा में प्रकाश पहुँचे। यह उचित रूप से प्रदीप्त तथा तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब उत्पन्न करने के लिए आवश्यक है।
- कुछ स्थितियों में हो सकता है कि दूरस्थ बिम्ब से आने वाली तथा उत्तल लेंस पर आपतित होने वाली प्रकाश की समांतर किरणें लेंस के मुख्य अक्ष के समांतर न हों जैसा कि चित्रों 44.1(b) तथा 44.2 में दर्शाया गया है। ऐसी स्थिति में प्रतिबिम्ब लेंस के मुख्य अक्ष से थोड़ा दूर बन सकता है।

© NCERT not to be republished

- उत्तल लेंस तथा पर्दे के स्टैण्डों के आधार, मापक पैमाने के समांतर होने चाहिए। फोकस दूरी ज्ञात करने के लिए, उत्तल लेंस तथा पर्दे के बीच की दूरी क्षैतिजत: मापनी चाहिए (पर्दा लेंस के दूसरी ओर फोकस बिन्दु पर रखना चाहिए)।

शिक्षक के लिए

- सामान्यत: 15 cm से 20 cm फोकस दूरी के पतले उत्तल लेंस का उपयोग करना चाहिए।
- यह आवश्यक नहीं कि दूरस्थ बिम्ब बहुत दूर स्थित ही कोई वस्तु हो। कोई बिल्डिंग, पेड़, बिजली का खम्बा, उचित रूप से प्रदीप्त कोई खिड़की या 10 cm से 15 m दूर कोई दीप्तमान बल्ब (चाहे वह प्रयोगशाला में ही हो) भी दूरस्थ बिम्ब की भाँति प्रयुक्त किया जा सकता है।

प्रश्न

- किसी उत्तल लेंस तथा अवतल लेंस के बीच आप कैसे भेद करेंगे?
- उत्तल लेंस की फोकस दूरी ज्ञात करने के लिए कोई विद्यार्थी कक्षा के कमरे की खिड़की, कोई दूरस्थ पेड़ तथा सूर्य को पर्दे पर फोकसित करता है। विद्यार्थी को किस स्थिति में फोकस दूरी का अधिक परिशुद्ध मान प्राप्त होगा?
- किसी पतले उत्तल लेंस द्वारा एक दूरस्थ बिम्ब के बनाए गए प्रतिबिम्ब की प्रकृति क्या होगी? यदि लेंस कुछ मोटा हो तो आप प्रतिबिम्ब में किस प्रकार के परिवर्तन की अपेक्षा करते हैं।
- आपको समान द्वारक तथा भिन्न मोटाई के दो उत्तल लेंस दिए गए हैं। इनमें से किसकी फोकस दूरी कम होगी?
- किसी दूरस्थ बिम्ब के प्रतिबिम्ब को फोकस करते समय यदि उत्तल लेंस का आधा भाग ढक दिया जाए तो यह बनने वाले प्रतिबिम्ब को किस प्रकार प्रभावित करेगा?
- क्या फोकस दूरी ज्ञात करने की इस विधि को किसी अवतल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी ज्ञात करने में उपयोग किया जा सकता है?
- कलाई घड़ी के बारीक पुर्जों की मरम्मत करने के लिए कोई घड़ी साज किस प्रकार का लेंस प्रयोग करता है?

© NCERT not to be republished

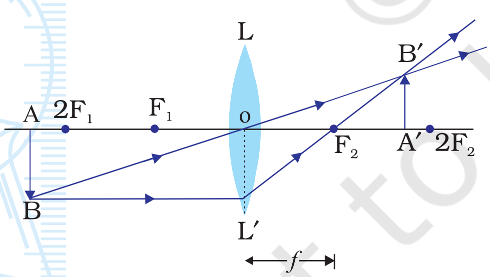
प्रयोग 45

उद्देश्य

एक उत्तल लेंस द्वारा किसी जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला प्रतिबिम्ब की रचना का अध्ययन करना, जबकि इसे लेंस के प्रकाशिक केन्द्र से फोकस दूरी (f) की दुगुनी दूरी से थोड़ा अधिक दूरी पर रखा गया हो।

सिद्धांत

नई कार्तीय चिह्न परिपाटी का उपयोग करके तथा किरण आरेख खींच कर किसी पतले उत्तल लेंस द्वारा किसी बिम्ब के लिए बनाए गए प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज के बारे में अध्ययन किया जा सकता है। बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए एक पतले उत्तल लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्बों के किरण आरेख प्रयोग संख्या 43 में दिए गए हैं। बने हुए प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज उत्तल लेंस LL′ के प्रकाशिक केन्द्र O से बिम्ब की दूरी पर निर्भर है।



चित्र 45.1 : पतले उत्तल लेंस LL′ द्वारा (जिसकी फोकस दूरी f है) $2f$ से थोड़ा अधिक दूरी पर रखे बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब A′ B′ का बनना: एक वास्तविक, उल्टा तथा छोटा प्रतिबिम्ब A′ B′, F_2 तथा $2F_2$ के बीच में स्थित है। F_2 उत्तल लेंस का दूसरा मुख्य फोकस है।

चित्र 45.1 में किसी पतले उत्तल लेंस द्वारा बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब बनने को दर्शाया गया है जबकि बिम्ब को उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र से फोकस दूरी की दुगुनी दूरी से थोड़ा अधिक दूरी पर ($2f$ से दूर) रखा गया है। इस दशा में एक वास्तविक उल्टा प्रतिबिम्ब पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है। उत्तल लेंस के एक ओर $2f$ दूरी से दूर रखी जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला का प्रतिबिम्ब लेंस के दूसरी ओर पर्दे पर फोकसित कर प्रतिबिम्ब की प्रकृति, स्थिति तथा साइज का अवलोकन किया जा सकता है। पतले उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O से दूरियाँ मापी जाती हैं।

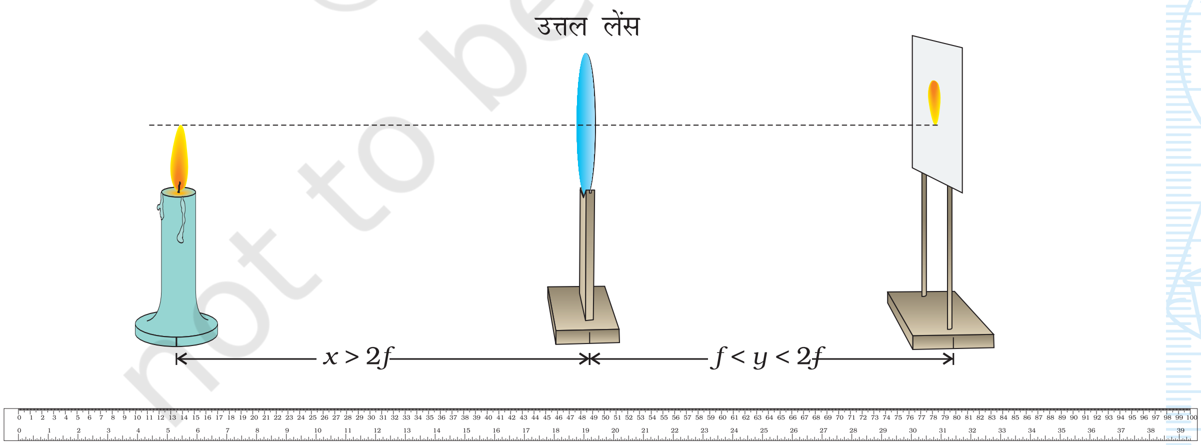
© NCERT not to be republished

आवश्यक सामग्री

एक पतला उत्तल लेंस, लेंस स्टैण्ड, स्टैण्ड पर जड़ा हुआ एक राइस पेपर का पर्दा, मीटर स्केल, स्टैण्ड सहित मोमबत्ती तथा माचिस की डिब्बी।

कार्यविधि

1. एक पतला उत्तल लेंस हाथ में पकड़िए और किसी दूरस्थ बिम्ब (जैसे सूर्य या कोई पेड़, अथवा बिजली का खंबा या कोई बिल्डिंग) का तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब दीवार या किसी पर्दे पर प्राप्त कीजिए। प्रतिबिम्ब और पतले उत्तल लेंस के बीच की दूरी को माप कर, लेंस की सन्निकट फोकस दूरी f ज्ञात कीजिए (प्रयोग 44)।
2. लेंस स्टैण्ड पर एक पतला उत्तल लेंस LL' ऊर्ध्वाधर लगाइए और इसे मेज के मध्य में रखिए। पतले उत्तल लेंस की स्थिति (l) नोट कीजिए और इसे प्रेक्षण सारणी में अंकित कीजिए।
3. एक छोटी मोमबत्ती को स्टैण्ड पर ऊर्ध्वाधर लगा कर जलाइए। लेंस के केन्द्र की ऊँचाई को लगभग मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई के बराबर समायोजित कीजिए। यहाँ पर ज्वाला को बिम्ब AB माना गया है। मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई h को मापिए तथा अंकित कीजिए। (यह महत्वपूर्ण है कि ज्वाला में स्फुरण या फड़फड़ाहट नहीं होना चाहिए। इससे सुनिश्चित होगा कि ज्वाला की ऊँचाई h पूरे प्रयोग की अवधि में एक समान रहती है। पंखों को बंद कर दें और सुनिश्चित करें कि तेज हवा ज्वाला को विक्षुब्ध न करे। प्रयोग को अंधेरे स्थान पर करें जिससे कि प्रतिबिम्ब को पर्दे पर देखा जा सके।
4. जलती हुई मोमबत्ती को उत्तल लेंस LL' के सामने पतले उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी की दुगुनी दूरी ($2f$) से परे रखें (चित्र 45.2)। जलती मोमबत्ती की स्थिति (c) को नोट करें और अंकित करें। लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O तथा मोमबत्ती की ज्वाला (बिम्ब) के बीच की दूरी, x ज्ञात करें।



चित्र 45.2 : पतले उत्तल लेंस की फोकस दूरी से दुगुनी दूरी से दूर रखी जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब की स्थिति का निर्धारण करना

© NCERT not to be republished

5. लेंस LL′ के दूसरी ओर इसकी सन्निकट फोकस दूरी से अधिक दूरी पर एक अर्ध पारदर्शी (राइस) पेपर के पर्दे को स्टैण्ड पर लगाकर रखें।

6. मोमबत्ती की ज्वाला AB का पतले उत्तल लेंस में बने तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब A′B′ को लेंस के दूसरी ओर निर्धारित करने के लिए, पर्दे की स्थिति को समायोजित कीजिए। पर्दे की स्थिति, s को नोट कीजिए और अंकित कीजिए। लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O तथा पर्दे के बीच की दूरी y ज्ञात कीजिए। पर्दे पर प्राप्त जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला के तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब की ऊँचाई h' को भी मापिए तथा अंकित कीजिए।

7. पतले उत्तल लेंस अथवा जलती हुई मोमबत्ती की स्थिति बदलकर x को बदलिए तथा प्रयोग को दो बार और दोहराइए। ज्वाला के तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब का स्थान निर्धारण कीजिए तथा प्रत्येक अवस्था में प्रतिबिम्ब की स्थिति तथा ऊँचाई को अंकित कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

पतले उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी, f = _____ cm

मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई, h = _____ cm.

प्रतिबिम्ब की प्रकृति : ______________________________ .

क्रम सं.	लेंस के प्रकाशिक केंद्र O की स्थिति l	ज्वाला की स्थिति c	लेंस के दूसरी ओर पर्दे की स्थिति s	ज्वाला तथा O के बीच की दूरी $x = l \sim c$	प्रतिबिम्ब तथा O के बीच की दूरी $y = s \sim l$	प्रतिबिम्ब की माप h'	आवर्धन (h'/h)
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
1.							
2.							
3.							

परिणाम एवं परिचर्चा

प्रेक्षणों के आधार पर निम्न के उत्तर दीजिए –

- पतले उत्तल लेंस के सापेक्ष पर्दे की स्थिति क्या है? क्या यह स्थिति पतले उत्तल लेंस के लिए $2f$ से कम है, अधिक है या बराबर है?
- क्या प्रतिबिम्ब का साइज बिम्ब (मोमबत्ती की ज्वाला) के साइज से कम है, अधिक है या बराबर है? पतले उत्तल लेंस द्वारा उत्पन्न आवर्धन के पदों में परिणाम की व्याख्या कीजिए।

© NCERT not to be republished

- पर्दे पर प्राप्त प्रतिबिम्ब की प्रकृति कैसी है? क्या प्रतिबिम्ब वास्तविक है या आभासी है? यह उल्टा है या सीधा है? क्या यह आवर्धित है या छोटा है?

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- मोमबत्ती की ज्वाला के स्पष्ट तथा तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए, इस प्रयोग को अंधेरे कमरे में या छाया में जहाँ प्रयोग करने वाली मेज पर सीधा प्रकाश न पड़े, करने के लिए वरीयता देनी चाहिए।
- मोमबत्ती की ज्वाला के स्फुरण फड़फड़ाहट को रोकने के लिए, इस प्रयोग को शांत वायु में करना चाहिए। इस प्रयोग को करते समय पंखे बंद कर देने चाहिए।
- उत्तल लेंस की फोकस दूरी का सन्निकट मान ज्ञात करते समय सूर्य का प्रकाश इस्तेमाल करते समय प्रतिबिम्ब को सीधे ही नग्न आँखों से नहीं देखना चाहिए अन्यथा इससे आँखों को क्षति पहुँच सकती है।
- उत्तल लेंस पतला तथा अच्छी गुणवत्ता के पारदर्शी काँच का बना होना चाहिए। स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए इस पर खरोंचे भी नहीं होना चाहिए। स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए पतले उत्तल लेंस का द्वारक छोटा होना चाहिए।
- उत्तल लेंस द्वारा पर्दे पर बनाए गए प्रतिबिम्ब से आँखों को कम-से-कम 25 cm की दूरी पर रखना चाहिए।
- उत्तल लेंस तथा पर्दे के स्टैण्डों के आधारों को मापक स्केल के समांतर रखना चाहिए।

शिक्षक के लिए

- प्रयोग 43 जिसका उद्देश्य था, *"बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए उत्तल लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्बों का आरेखन करना"* गुणात्मक रूप से किसी बिम्ब के प्रतिबिम्बों के बनने के बारे में सीखने के लिए था। यह अच्छा होगा कि इस प्रयोग को करने से पहले विद्यार्थियों को प्रयोग 43 को करने का सुझाव दिया जाए।
- इस प्रयोग में अर्धपारदर्शी (राइस) पेपर के पर्दे का उपयोग करना अच्छा रहेगा।
- पतले उत्तल लेंस की फोकस दूरी अधिमानतः 15 से 20 cm के बीच होनी चाहिए।
- यह विधि बहुत परिशुद्ध नहीं है लेकिन फिर भी उत्तल लेंस, जलती हुई मोमबत्ती तथा पर्दे की स्थितियों के अभिलेखन का सन्निकट मात्रात्मक वर्णन प्रस्तुत करती है।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- किसी उत्तल लेंस तथा अवतल लेंस को हाथ में लेकर उनमें से किसी मुद्रित पृष्ठ को बारी-बारी से देखकर, आप उनमें कैसे अंतर करेंगे?
- यदि इस प्रयोग को चमकीले प्रकाशित क्षेत्र में या तेज हवा में किया जाए तो जलती हुई मोमबत्ती के प्रतिबिम्ब पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- किसी पर्दे की नियत स्थिति के लिए उत्तल लेंस का उपयोग करके, एक जलती हुई मोमबत्ती का स्पष्ट प्रतिबिम्ब बनाया गया है। यदि इनमें से किसी की भी स्थिति को थोड़ा सा भी बदल दिया जाए तो मोमबत्ती का प्रतिबिम्ब धुंधला क्यों हो जाता है?
- यदि लेंस मोटा हो तो आप किस प्रभाव की अपेक्षा करेंगे?

© NCERT not to be republished

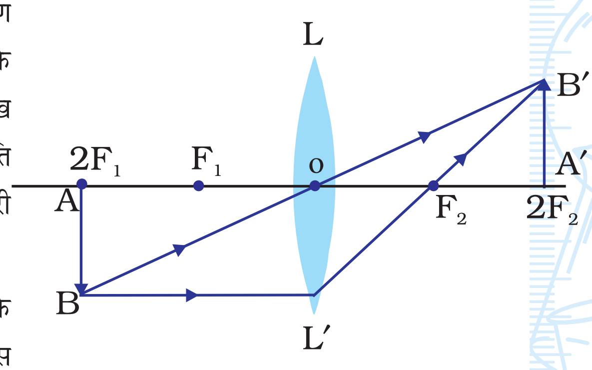
प्रयोग 46

उद्देश्य

एक उत्तल लेंस द्वारा किसी जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब की रचना का अध्ययन करना जबकि इसे उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र से $2f$ की दूरी पर रखा गया हो।

सिद्धांत

किसी पतले उत्तल लेंस द्वारा किसी बिम्ब के बनाए गए प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज के बारे में अध्ययन नई कार्तीय चिह्न परिपाटी का उपयोग करके तथा किरण आरेख खींच कर किया जा सकता है। बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए एक पतले उत्तल लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्बों के किरण आरेख प्रयोग संख्या 43 में दिए गए हैं। बने हुए प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज उत्तल लेंस LL′ के प्रकाशिक केन्द्र O से बिम्ब की दूरी पर निर्भर है।



चित्र 46.1: पतले उत्तल लेंस LL′ द्वारा (जिसकी फोकस दूरी f है) $2F_1$ पर $2f$ दूरी पर रखे बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब A′B′ का बनना। एक वास्तविक, उल्टा तथा समान साइज का प्रतिबिम्ब A′B′ लेंस के दूसरी ओर $2F_2$ पर स्थित है।

चित्र 46.1 में किसी पतले उत्तल लेंस द्वारा बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब बनने को दर्शाया गया है जबकि बिम्ब को पतले उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र से $2f$ की दूरी पर रखा गया है।

इस दशा में एक वास्तविक, उल्टा प्रतिबिम्ब पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है। उपरोक्त स्थिति के लिए (चित्र 46.1) एक जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला का प्रतिबिम्ब भी लेंस के दूसरी ओर पर्दे पर प्राप्त

© NCERT not to be republished

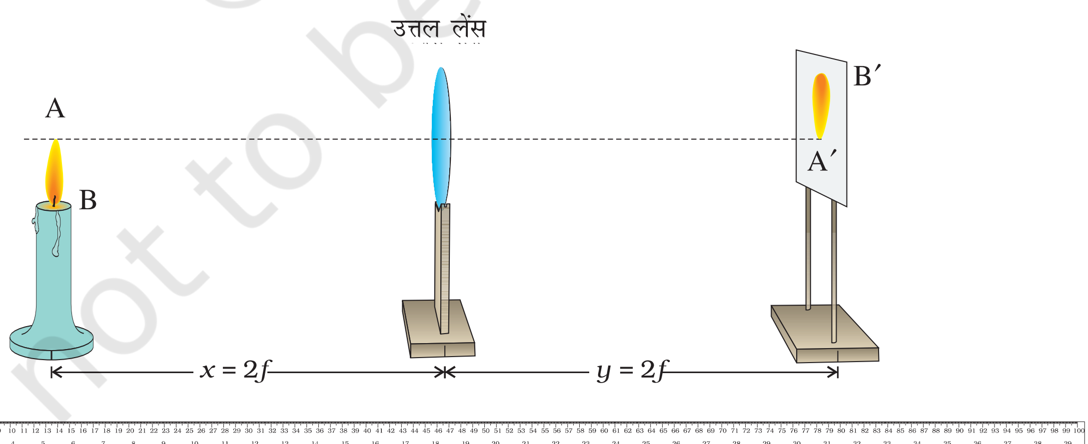
तथा फोकसित किया जा सकता है। प्रतिबिम्ब की प्रकृति, स्थिति तथा साइज को नोट किया जा सकता है तथा पतले उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O से मापा जा सकता है।

आवश्यक सामग्री

एक पतला उत्तल लेंस, लेंस होल्डर (या स्टैण्ड), स्टैण्ड पर जड़ा हुआ एक छोटे राइस पेपर का पर्दा, मीटर स्केल (या पैमाना), स्टैण्ड सहित एक छोटी मोमबत्ती तथा एक माचिस की डिब्बी।

कार्यविधि

1. एक पतला उत्तल लेंस हाथ में पकड़िए तथा किसी दूरस्थ बिम्ब (जैसे सूर्य या कोई पेड़ अथवा बिजली का खंबा या कोई बिल्डिंग) का तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब दीवार या किसी पर्दे पर प्राप्त कीजिए। इस प्रकार प्रतिबिम्ब और पतले उत्तल लेंस के बीच की दूरी को माप कर, लेंस की सन्निकट फोकस दूरी (f) ज्ञात कीजिए (प्रयोग 44)।
2. लेंस होल्डर में एक पतला उत्तल लेंस LL′ ऊर्ध्वाधर लगाइए और इसे मेज के मध्य में रखिए। प्रेक्षण सारणी में पतले उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O की स्थिति (l) नोट करके अंकित कीजिए।
3. एक छोटी मोमबत्ती को स्टैण्ड पर ऊर्ध्वाधर लगा कर जलाइए। इसे उत्तल लेंस के सामने रखिए (चित्र 46.2)। लेंस के केंद्र की ऊँचाई को लगभग मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई के बराबर समायोजित कीजिए। यहाँ पर ज्वाला को बिम्ब AB माना गया है। मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई को मापिए तथा अंकित कीजिए। (यह महत्वपूर्ण है कि ज्वाला में स्फुरण (या पड़फड़ाहट) नहीं होना चाहिए। इससे सुनिश्चित होगा कि ज्वाला की ऊँचाई h पूरे प्रयोग की अवधि में एक समान रहती है। पंखों को बंद कर दें और सुनिश्चित करें कि तेज हवा ज्वाला को विक्षुब्ध न करे। प्रयोग को अंधेरे स्थान पर करें जिससे कि प्रतिबिम्ब को पर्दे पर स्पष्ट देखा जा सके)।



चित्र 46.2 : पतले उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र से $2f$ दूरी पर रखी जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला AB के प्रतिबिम्ब A′B′ की स्थिति का निर्धारण करना

© NCERT not to be republished

4. जलती हुई मोमबत्ती को उत्तल लेंस LL′ के सामने इसके प्रकाशिक केन्द्र O से $2f$ की दूरी पर रखें।
5. स्टैण्ड पर लगे हुए अर्ध पारदर्शी (राइस पेपर) पर्दे को, उत्तल लेंस LL′ के दूसरी ओर इसके प्रकाशिक केन्द्र O से $2f$ दूरी पर रखें (चित्र 46.2)। कृपया ध्यान दें कि यह f पतले उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी है।
6. चित्र 46.1 से यह स्पष्ट है कि उत्तल लेंस अपने प्रकाशिक केन्द्र से $2f$ दूरी पर रखे किसी बिम्ब का उल्टा तथा समान साइज का प्रतिबिम्ब $2f$ दूरी पर ही लेकिन लेंस के दूसरी ओर बनाता है। इस दशा को प्राप्त करने के लिए मोमबत्ती की ज्वाला AB तथा पर्दे की स्थितियों को लेंस से इसके दोनों ओर बराबर दूरियों पर समायोजित कीजिए। अब मोमबत्ती की ज्वाला का तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब A′B′ पर्दे पर तभी बनेगा जब ज्वाला को लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O से $2f$ दूरी पर रखा जाए। मोमबत्ती की ज्वाला (c) तथा पर्दा (s) की स्थितियों को नोट करके अंकित कीजिए। मोमबत्ती तथा लेंस के बीच की दूरी [(x) = ($2f$)] तथा पर्दे तथा लेंस के बीच की दूरी (y) ज्ञात कीजिए। क्या दूरी x, दूरी y के बराबर है?
7. पर्दे पर बने ज्वाला के प्रतिबिम्ब की ऊँचाई h' को मापिए। क्या यह बिम्ब ज्वाला की ऊँचाई h के बराबर है?
8. उत्तल लेंस की स्थिति को बदलकर प्रयोग को कम से कम दो बार और दोहराइए। प्रेक्षणों को प्रेक्षण तालिका में अंकित कीजिए।

प्रेक्षण एवं परिकलन

उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी, f_a = ____ cm.

प्रतिबिम्ब की प्रकृति : ________________________ .

क्रम सं.	लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O की स्थिति, l	मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई, h	मोमबत्ती की ज्वाला की स्थिति, c	लेंस के दूसरी ओर पर्दे की स्थिति s	ज्वाला तथा O के बीच दूरी $x = 2f =$	प्रतिबिम्ब तथा O बीच की दूरी $y = 2f =$	प्रतिबिम्ब का साइज h'	आवर्धन (h'/h)
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	$l \sim c$ (cm)	$s \sim l$ (cm)	(cm)	
1.								
2.								
3.								

© NCERT not to be republished

परिणाम एवं परिचर्चा

- पतले उत्तल लेंस के सापेक्ष पर्दे की स्थिति क्या है? क्या यह स्थिति $2f$ से कम है, अधिक है या बराबर है?
- क्या प्रतिबिम्ब का साइज बिम्ब (मोमबत्ती की ज्वाला) के साइज से कम है, अधिक है या बराबर है? पतले उत्तल लेंस द्वारा उत्पन्न आवर्धन के पदों में परिणाम की व्याख्या कीजिए।
- पर्दे पर प्राप्त किए गए प्रतिबिम्ब की प्रकृति कैसी है? क्या यह वास्तविक है या आभासी है? क्या यह उल्टा है या सीधा है? क्या यह आवर्धित है या छोटी है?

सावधानियाँ एवं त्रुटि के स्रोत

- मोमबत्ती की ज्वाला के स्पष्ट तथा तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए इस प्रयोग को अंधेरे कमरे में या छाया में जहाँ प्रयोग करने वाली मेज पर सीधा प्रकाश न पड़े, करने के लिए वरीयता देनी चाहिए।
- मोमबत्ती की ज्वाला के स्फुरण फड़फड़ाहट को रोकने के लिए, इस प्रयोग को शांत वायु में करना चाहिए। इस प्रयोग को करते समय पंखे बंद कर देने चाहिए।
- उत्तल लेंस की फोकस दूरी का सन्निकट मान, सूर्य का प्रकाश का प्रयोग करके ज्ञात करते समय प्रतिबिम्ब को सीधे नग्न आँखों से नहीं देखना चाहिए, अन्यथा ये आँखें खराब कर सकता है।
- स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए उत्तल लेंस पतला तथा अच्छी गुणवत्ता के पारदर्शी काँच का बना होना चाहिए तथा इस पर खरोचें भी नहीं होनी चाहिए। स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए पतले उत्तल लेंस का द्वारक भी छोटा होना चाहिए।
- उत्तल लेंस द्वारा पर्दे पर बनाए गए प्रतिबिम्ब से आँखों को कम-से-कम 25 cm की दूरी पर रखना चाहिए।
- उत्तल लेंस तथा पर्दे के स्टैण्डों के आधारों को मापक स्केल के समांतर रखना चाहिए।

शिक्षक के लिए

- इस प्रयोग में बिम्ब के रूप में जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला को इस्तेमाल करने का सुझाव दिया गया है। इसके स्थान पर टॉर्च के काँच पर जाली (मैश) लगा बिम्ब अधिक अच्छा विकल्प है।
- प्रयोग 43 जिसका उद्देश्य था, "*बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए उत्तल लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्बों का आरेखन करना*" गुणात्मक रूप से किसी बिम्ब के प्रतिबिम्बों के बनने के बारे में सीखने के लिए था। यह अच्छा होगा कि इस प्रयोग को करने से पहले विद्यार्थियों को प्रयोग संख्या 43 को करने का सुझाव दिया जाए।
- इस प्रयोग में अर्धपारदर्शी (राइस) पेपर के पर्दे का उपयोग करना अच्छा रहेगा। एक पतले कागज पर किसी तेल की कुछ बूँदें फैला कर भी पर्दा तैयार किया जा सकता है।

© NCERT not to be republished

- पतले उत्तल लेंस की फोकस दूरी अधिमानतः 15 से 20 cm के बीच होनी चाहिए।
- यह विधि बहुत परिशुद्ध नहीं है फिर भी उत्तल लेंस, जलती हुई मोमबत्ती तथा पर्दे की स्थितियों के अभिलेखन का स्थूल मात्रात्मक वर्णन प्रस्तुत करती है।

प्रश्न

- किसी उत्तल लेंस तथा अवतल लेंस को हाथ में लेकर उनमें से किसी मुद्रित पृष्ठ को बारी-बारी से देखकर, आप उनमें कैसे अंतर करेंगे?
- यदि इस प्रयोग को चमकीले प्रकाशित क्षेत्र में या तेज हवा में किया जाए तो जलती हुई मोमबत्ती के प्रतिबिम्ब पर क्या प्रभाव पड़ेगा?
- किसी पर्दे की नियत स्थिति के लिए, उत्तल लेंस का उपयोग करके, एक जलती हुई मोमबत्ती का स्पष्ट प्रतिबिम्ब बनाया गया है। यदि इनमें से किसी की भी स्थिति को थोड़ा सा भी बदल दिया जाए तो मोमबत्ती का प्रतिबिम्ब धुंधला क्यों हो जाता है?
- यदि लेंस मोटा हो तो आप किस प्रभाव की अपेक्षा करेंगे?
- इस प्रयोग को करने के लिए हमें शांत वायुमंडल की आवश्यकता क्यों है?

© NCERT not to be republished

प्रयोग 47

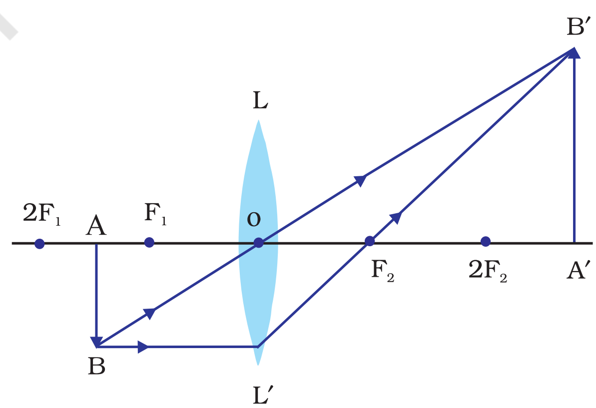
उद्देश्य

एक उत्तल लेंस द्वारा किसी जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब की रचना का अध्ययन करना, जब इसे उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र $2f$ से कम दूरी लेकिन f से अधिक दूरी पर रखा गया हो।

सिद्धांत

किसी पतले उत्तल लेंस द्वारा किसी बिम्ब के बनाए गए प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज के बारे में अध्ययन नई कार्तीय चिह्न परिपाटी का उपयोग करके तथा किरण आरेख खींच कर किया जा सकता है। बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए एक पतले उत्तल लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्बों के किरण आरेख प्रयोग संख्या 43 में दिए गए हैं। बने हुए प्रतिबिम्ब की स्थिति, प्रकृति तथा साइज उत्तल लेंस LL′ की प्रकाशिक केन्द्र O से बिम्ब की दूरी पर निर्भर है।

चित्र 47.1 में किसी पतले उत्तल लेंस द्वारा बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब बनने को दर्शाया गया है जबकि बिम्ब को उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O से $2f$ तक कम दूरी लेकिन f से अधिक दूरी पर रखा गया है।



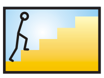
चित्र 47.1 : *पतले उत्तल लेंस LL′ द्वारा (जिसकी फोकस दूरी f है) F_1 तथा $2F_1$ के बीच रखे (अर्थात् दूरी पतले उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र से $2f$ से कम तथा f से अधिक) किसी बिम्ब AB के प्रतिबिम्ब A′B′ का बनना। एक वास्तविक, उल्टा तथा आवर्धित प्रतिबिम्ब A′B′ लेंस के दूसरी ओर $2F_2$ से दूर स्थित है।*

© NCERT not to be republished

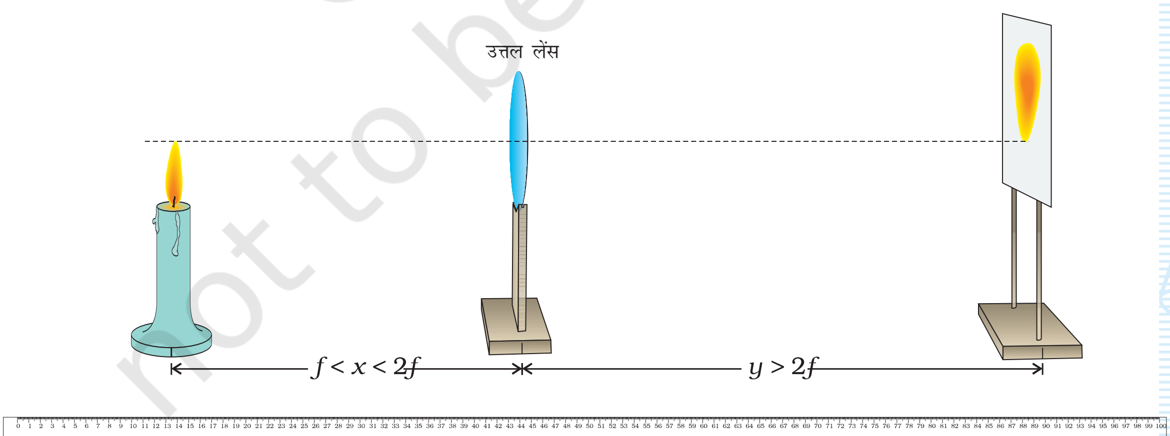
एक वास्तविक, उल्टा प्रतिबिम्ब पर्दे पर प्राप्त किया जा सकता है। उपरोक्त स्थिति के लिए चित्र 47.1 के अनुसार एक जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला का प्रतिबिम्ब भी लेंस के दूसरी ओर पर्दे पर फोकसित किया जा सकता है। प्रतिबिम्ब की प्रकृति, स्थिति तथा साइज को नोट किया जा सकता है तथा पतले उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O से मापा जा सकता है।

आवश्यक सामग्री

एक पतला उत्तल लेंस, लेंस होल्डर (या स्टैण्ड), स्टैण्ड पर जड़ा हुआ एक छोटे राइस पेपर (या कोई पारदर्शी शीट) का पर्दा, एक मीटर स्केल (या पैमाना), स्टैण्ड सहित एक छोटी मोमबत्ती तथा एक माचिस की डिब्बी।

कार्यविधि 

1. एक पतला उत्तल लेंस हाथ में पकड़िए तथा किसी दूरस्थ बिम्ब (जैसे सूर्य या कोई पेड़ अथवा बिजली का खंबा या कोई बिल्डिंग) का तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब दीवार या किसी पर्दे पर प्राप्त कीजिए। प्रतिबिम्ब और पतले उत्तल लेंस के बीच की दूरी को माप कर, लेंस की सन्निकट फोकस दूरी f ज्ञात कीजिए।
2. लेंस होल्डर में एक पतला उत्तल लेंस LL′ ऊर्ध्वाधर लगाइए और इसे मेज के बीच में रखिए। पतले उत्तल लेंस की स्थिति (l) नोट करके प्रेक्षण सारणी में अंकित कीजिए।
3. एक छोटी मोमबत्ती को स्टैण्ड पर ऊर्ध्वाधर लगाइए और इसे जलाइए। इसे उत्तल लेंस के सामने रखिए (चित्र 47.2)। लेंस के केंद्र की ऊँचाई को लगभग मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई के बराबर समायोजित कीजिए। यहाँ पर ज्वाला को बिम्ब AB माना गया है। मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई h को मापिए तथा अंकित कीजिए। (यह महत्वपूर्ण है कि ज्वाला में स्फुरण [या फड़फड़ाहट] नहीं होना चाहिए। इससे सुनिश्चित होगा कि ज्वाला की ऊँचाई h प्रयोग की पूरी अवधि में एक समान रहती है। पंखों को बंद कर दें और सुनिश्चित करें कि तेज हवा ज्वाला को विक्षुब्ध न करें। प्रयोग को अंधेरे स्थान पर करें जिससे कि प्रतिबिम्ब को पर्दे पर स्पष्ट देखा जा सके)।



चित्र 47.2 : *पतले उत्तल लेंस के प्रकाशिक केन्द्र से f तथा $2f$ दूरी के बीच रखी जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब की स्थिति का निर्धारण करना*

© NCERT not to be republished

4. जलती हुई मोमबत्ती को उत्तल लेंस LL′ के सामने लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O से $2f$ तथा f दूरी के बीच में कहीं रखें (चित्र 47.2)। जलती हुई मोमबत्ती की स्थिति (c) को नोट करें तथा अंकित करें। लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O तथा मोमबत्ती की ज्वाला (बिम्ब) के बीच की दूरी, x (माना) ज्ञात करें।
5. स्टैण्ड पर लगे अर्ध पारदर्शी (राइस पेपर) पर्दे को उत्तल लेंस LL′ के दूसरी ओर इसके प्रकाशिक केन्द्र से $2f$ से अधिक दूरी पर रखें।
6. मोमबत्ती की ज्वाला AB का पतले उत्तल लेंस में बने तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब A′B′ को लेंस के दूसरी ओर स्थिति निर्धारण करने के लिए, पर्दे की स्थिति को समायोजित कीजिए। पर्दे की स्थिति, s को नोट कीजिए और अंकित कीजिए। लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O तथा पर्दे के बीच की दूरी y ज्ञात कीजिए। पर्दे पर प्राप्त जलती हुई मोमबत्ती की ज्वाला के प्रतिबिम्ब की ऊँचाई h' को भी मापिए तथा अंकित कीजिए।
7. पतले उत्तल लेंस अथवा जलती हुई मोमबत्ती की स्थिति बदलकर x को बदलिए तथा प्रयोग को दो बार और दोहराइए। ज्वाला के तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब का स्थान निर्धारण कीजिए तथा प्रत्येक अवस्था में प्रतिबिम्ब की स्थिति तथा ऊँचाई को अंकित कीजिए।

प्रेक्षण

पतले उत्तल लेंस की सन्निकट फोकस दूरी, f = _____ cm

मोमबत्ती की ज्वाला की ऊँचाई, h = _____ cm

प्रतिबिम्ब की प्रकृति : __________________________ .

क्रम सं.	लेंस के प्रकाशिक केन्द्र O की स्थिति, l	ज्वाला की स्थिति c	लेंस के दूसरी ओर पर्दे की स्थिति	ज्वाला तथा O के बीच की दूरी $x = l \sim c$	प्रतिबिम्ब तथा O के बीच की दूरी $y = s \sim l$	प्रतिबिम्ब का साइज h'	आवर्धन (h'/h)
	(cm)	(cm)	s (cm)	(cm)	(cm)	(cm)	
1.							
2.							
3.							

परिणाम एवं परिचर्चा

प्रेक्षणों के आधार पर निम्न के उत्तर दीजिए –

- पतले उत्तल लेंस के सापेक्ष पर्दे की स्थिति क्या है? क्या यह दूरी $2f$ से कम है, अधिक है या बराबर है?

© NCERT not to be republished

- क्या प्रतिबिम्ब का साइज बिम्ब (मोमबत्ती की ज्वाला) के साइज से कम है, अधिक है या बराबर है? उत्तल लेंस द्वारा उत्पन्न आवर्धन के पदों में परिणाम की व्याख्या कीजिए।
- पर्दे पर प्राप्त किए गए प्रतिबिम्ब की प्रकृति कैसी है? क्या यह वास्तविक है या आभासी है? क्या यह उल्टी है या सीधी है? क्या यह आवर्धित (बड़ी) है या छोटी है?

सावधानियाँ

- मोमबत्ती की ज्वाला के स्पष्ट तथा तीक्ष्ण प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए इस प्रयोग को अंधेरे कमरे में या छाया में जहाँ प्रयोग करने वाली मेज पर सीधा प्रकाश न पड़े, करने के लिए वरीयता देनी चाहिए।
- मोमबत्ती की ज्वाला के स्फुरण (या फड़फड़ाहट) को रोकने के लिए, इस प्रयोग को शांत वायु में करना चाहिए। इस प्रयोग को करते समय पंखे बंद कर देने चाहिए।
- सूर्य का प्रकाश इस्तेमाल करके, उत्तल लेंस की फोकस दूरी का सन्निकट मान ज्ञात करते समय प्रतिबिम्ब को सीधे ही नंगी आँखों से नहीं देखना चाहिए, अन्यथा ये आँखें खराब कर सकता है।
- स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए उत्तल लेंस पतला तथा अच्छी गुणवत्ता के पारदर्शी काँच का बना होना चाहिए तथा इस पर खरोंचे भी नहीं होनी चाहिए।
- स्पष्ट प्रतिबिम्ब प्राप्त करने के लिए पतले उत्तल लेंस का द्वारक भी छोटा होना चाहिए।
- उत्तल लेंस द्वारा पर्दे पर बनाए गए प्रतिबिम्ब से आँखों को कम-से-कम 25 cm की दूरी पर रखना चाहिए।
- उत्तल लेंस तथा पर्दे के स्टैण्डों के आधारों को मापक स्केल के समांतर रखना चाहिए।

शिक्षक के लिए

- प्रयोग 43 जिसका उद्देश्य, "*बिम्ब की विभिन्न स्थितियों के लिए उत्तल लेंस द्वारा बनाए गए प्रतिबिम्बों का आरेखन करना*" गुणात्मक रूप से किसी बिम्ब के प्रतिबिम्बों के बनने के बारे में सीखने के लिए है। यह अच्छा होगा कि इस प्रयोग को करने से पहले विद्यार्थियों को प्रयोग संख्या 43 को करने का सुझाव दिया जाए।
- इस प्रयोग में अर्धपारदर्शी (राइस पेपर) के पर्दे का उपयोग करना अच्छा रहेगा। एक पतले कागज पर किसी तेल की कुछ बूँदें फैला कर भी पर्दा तैयार किया जा सकता है।
- पतले उत्तल लेंस की फोकस दूरी अधिमानत: 15 से 20 cm के बीच होनी चाहिए।
- यह विधि बहुत परिशुद्ध नहीं है लेकिन फिर भी उत्तल लेंस, जलती हुई मोमबत्ती तथा पर्दे की स्थितियों के अभिलेखन का स्थूल मात्रात्मक वर्णन प्रस्तुत करती है।

© NCERT not to be republished

प्रश्न

- किसी उत्तल लेंस तथा अवतल लेंस को हाथ में लेकर उनमें से किसी मुद्रित पृष्ठ को बारी-बारी से देखकर, आप उनमें कैसे अंतर करेंगे।
- किसी पर्दे की नियत स्थिति के लिए, उत्तल लेंस का उपयोग करके, एक जलती हुई मोमबत्ती का स्पष्ट प्रतिबिम्ब बनाया गया है। यदि इनमें से किसी की भी स्थिति को थोड़ा सा भी बदल दिया जाए तो मोमबत्ती का प्रतिबिम्ब धुंधला क्यों हो जाता है?
- इस प्रयोग को करने के लिए हमें शांत वायुमंडल की आवश्यकता क्यों है?
- यदि लेंस मोटा हो तो आप किस प्रभाव की अपेक्षा करेंगे?
- इस प्रयोग को अंधेरे में या छाया में करने का सुझाव क्यों दिया जाता है?

© NCERT not to be republished