

6. प्रकाश का अपवर्तन



- प्रकाश का अपवर्तन
- अपवर्तन के नियम
- अपवर्तनांक
- प्रकाश का विक्षेपण



थोड़ा याद कीजिए

1. प्रकाश के परावर्तन का क्या अर्थ है ?
2. प्रकाश के परावर्तन के नियम कौनसे हैं ?

हमने यह देखा है कि, साधारणतः प्रकाश सरल रेखा में गमन करता है। इसी कारण यदि प्रकाश के मार्ग में कोई अपारदर्शक वस्तु आती है तो उस वस्तु की छाया निर्मित होती है। निर्मित होने वाली छाया स्रोत के सापेक्ष वस्तु के स्थान के कारण कैसे परिवर्तित होती है, इसका भी हमने पिछली कक्षा में अध्ययन किया है। परंतु कुछ विशेष परिस्थितियों में प्रकाश किरण झुक भी सकती है, यह हम देखने वाले हैं।

प्रकाश के अपवर्तन (Refraction of light)



करके देखिए !

साहित्य : काँच का गिलास, 5 रुपये का सिक्का, पेन्सिल, धातु के बर्तन इत्यादी।

कृति 1 :

1. पानी से भरा काँच का एक गिलास लीजिए।
2. उसमें पेन्सिल खड़ी रखकर आधी डुबाइए और पानी में डूबे भाग की मोटाई का अवलोकन कीजिए।
3. अब पेन्सिल तिरछी रखकर अवलोकन कीजिए।

उपर्युक्त दोनों कृतियों में पानी में पेन्सिल की मोटाई बढ़ी हुई दिखाई देती है तो दूसरी कृति में पानी की सतह के पास पेन्सिल के टूटे होने का आभास होता है। ऐसा क्यों होता है ?

कृति 2 :

1. एक धातु के बर्तन में 5 रुपये का सिक्का रखिए।
2. बर्तन के पास से धीरे-धीरे दूर जाइए।
3. जिस स्थान पर वह सिक्का दिखाई न दे उस स्थान पर रुकिए।
4. आप सिक्के की ओर देखते रहिए।
5. आपके मित्र को उस बर्तन में धीरे-धीरे पानी इस प्रकार डालने के लिए कहिए कि सिक्के को धक्का न लगे। पानी का स्तर एक विशेष ऊँचाई तक आने के बाद आपको वह सिक्का पुनः दिखाई देने लगता है। ऐसा क्यों होता है ?

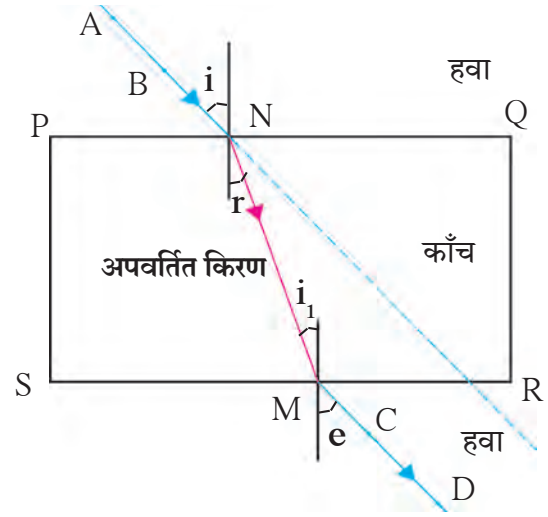
उपर्युक्त दोनों कृतियों में दिखाई देने वाले परिणाम पानी की सतह के पास पानी से बाहर आते समय प्रकाश की दिशा बदलने के कारण घटित होता है। प्रकाश जब एक पारदर्शक माध्यम में से दूसरे पारदर्शक माध्यम में जाता है तब उसके संचरण की दिशा परिवर्तित हो जाती है, इसे ही प्रकाश का अपवर्तन कहते हैं।

कृति 3 :

1. काँच का आयताकार गुटका कागज पर रखकर पेन्सिल की सहायता से उसकी रूपरेखा PQRS खींचिए। (आकृति 6.1 देखिए।)
2. काँच के गुटके की कोर PQ पर प्रतिच्छेदित करने वाली तिरछी रेखा खींचिए जो कोर PQ पर N बिंदु पर प्रतिच्छेदित करती है और उस पर A तथा B दो ऑलपिनें उर्ध्वाधरतः लगाइए।
3. जिस कोर की ओर ऑलपिनें लगाई गई हैं उसके विपरीत कोर से काँच के गुटके से A तथा B ऑलपिनों के प्रतिबिंब देखिए। इन प्रतिबिंबों की सरल रेखा में दो ऑलपिनें C तथा D उर्ध्वाधरतः लगाइए।
4. ऑलपिनों तथा काँच के गुटके को हटाइए और ऑलपिनों C तथा D की नोकों से बने निशानों को जोड़नेवाली रेखा को कोर SR तक बढ़ाइए। वह SR को M बिंदु पर प्रतिच्छेदित करती है।
5. बिंदु M तथा N को मिलाइए। आपतित किरण AN व निर्गत किरण MD का अवलोकन कीजिए।

उपर्युक्त कृति में काँच के गुटके से प्रकाश का दो बार अपवर्तन होता है। पहला अपवर्तन प्रकाश किरण का हवा माध्यम से काँच माध्यम में प्रवेश करते समय कोर PQ के बिंदु N के पास होता है तो दूसरा अपवर्तन प्रकाश किरण का काँच माध्यम से हवा माध्यम में प्रवेश करते समय कोर SR के बिंदु M के पास होता है। पहली बार आपतित कोण i तथा दूसरी बार i_1 है।

ध्यान रखिए $i_1 = r$ । यहाँ r पहले अपवर्तन के लिए अपवर्तन कोण है। इसी प्रकार दूसरे अपवर्तन के लिए e अपवर्तन कोण है तथा $e = i_1$ । काँच के गुटके की दोनों समांतर कोरों PQ तथा SR के पास प्रकाश किरणों की दिशा परिवर्तित होने का परिमाण समान परंतु विपरित दिशा में होता है। इस कारण काँच के गुटके से निकलने वाली निर्गत किरण MD गुटके पर आने वाली आपतित किरण AN के समांतर दिशा में होती है परंतु निर्गत किरण आपतित किरण के वास्तविक मार्ग से थोड़ी सी विस्थापित हुई दिखाई देती है।



6.1 काँच के आयताकार गुटके से होने वाला प्रकाश का अपवर्तन



थोड़ा सोचिए

1. प्रकाश जिस वेग से हवा में से जा सकता है, क्या उसी वेग से काँच के गुटके से जा सकता है ?
2. सभी माध्यमों के लिए, क्या प्रकाश का वेग समान होगा ?

अपवर्तन के नियम (Laws of Refraction)

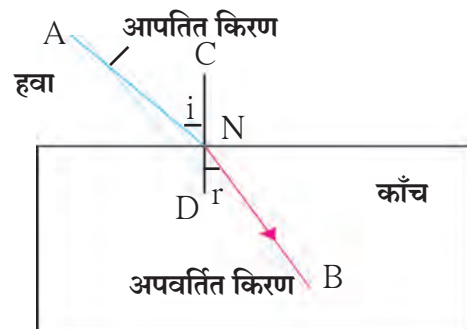
हम आकृति 6.2 में दिखाए अनुसार हवा से काँच में जानेवाली किरण का अध्ययन करेंगे। यहाँ AN आपतित किरण है और NB अपवर्तित किरण है।

1. आपतित किरण तथा अपवर्तित किरण आपतन बिंदु (N) पर स्थित अभिलंब अर्थात् CD के विपरित ओर होती हैं और वे तीनों एक ही प्रतल में होते हैं। अर्थात् आपतित किरण अपवर्तित किरण और अभिलंब तीनों एक ही प्रतल में होते हैं।
2. दिए गए माध्यमों के युग्म के लिए, यहाँ हवा और काँच, $\sin i$ और $\sin r$ का अनुपात स्थिर रहता है। यहाँ i आपतन कोण तथा r अपवर्तन कोण है।

अपवर्तनांक (Refractive index)

प्रकाश किरण का विभिन्न माध्यमों में जाते समय प्रकाश की दिशा में होने वाले परिवर्तन का परिमाण भिन्न-भिन्न होता है। वह माध्यम के अपवर्तनांक से संबंधित होता है। विभिन्न माध्यमों के लिए तथा एक ही माध्यम के लिए विभिन्न रंगों की प्रकाश किरणों के लिए भी अपवर्तनांक भिन्न होते हैं। कुछ माध्यमों के, निर्वात के सापेक्ष अपवर्तनांक आगे सारणी में दिए गए हैं। निर्वात के सापेक्ष किसी माध्यम के अपवर्तनांक को निरपेक्ष अपवर्तनांक कहते हैं।

माध्यम में प्रकाश के वेग पर अपवर्तनांक निर्भर होता है।



6.2 हवा से काँच में जाने वाली किरण

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

स्थिरांक n को पहले माध्यम के सापेक्ष दूसरे माध्यम का अपवर्तनांक कहते हैं। इस नियम को स्नेल का नियम भी कहते हैं। दो माध्यमों की सीमा पर लंबवत आपतित किरण ($i = 0$) उसी रेखा पर आगे जाती है। ($r = 0$)

माध्यम	अपवर्तनांक	माध्यम	अपवर्तनांक	माध्यम	अपवर्तनांक
हवा	1.0003	फ्यूज्ड क्वार्ट्ज़	1.46	कार्बन डायसल्फाइड	1.63
बर्फ	1.31	टर्पेटाईन तेल	1.47	घन फ्लिंट काँच	1.66
पानी	1.33	बेंझिन	1.50	माणिक (लाल रत्न)	1.76
अल्कोहोल	1.36	क्राउन काँच	1.52	नीलम रत्न	1.76
केरोसिन	1.39	खनिज नमक	1.54	हीरा	2.42

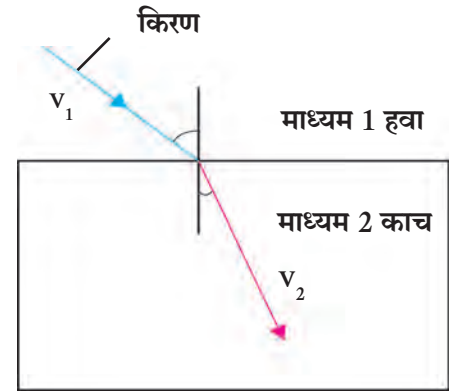
कुछ माध्यमों के निरपेक्ष अपवर्तनांक

माना, आकृति 6.3 में दर्शाए अनुसार माध्यम 1 में प्रकाश का वेग v_1 तथा माध्यम 2 में प्रकाश का वेग v_2 है। पहले माध्यम में प्रकाश के वेग तथा दूसरे माध्यम में प्रकाश के वेग के अनुपात को पहले माध्यम के सापेक्ष दूसरे माध्यम का अपवर्तनांक 1n_2 कहते हैं।

$$\text{अपवर्तनांक } {}^1n_2 = \frac{\text{पहले माध्यम में प्रकाश का वेग } (v_1)}{\text{दूसरे माध्यम में प्रकाश का वेग } (v_2)}$$

इसी प्रकार दूसरे माध्यम के सापेक्ष पहले माध्यम के अपवर्तनांक का अर्थ है ${}_2n_1 = \frac{v_2}{v_1}$

यदि पहला माध्यम निर्वात है तो दूसरे माध्यम का अपवर्तनांक निरपेक्ष अपवर्तनांक होता है। उसे केवल n कहा जाता है।

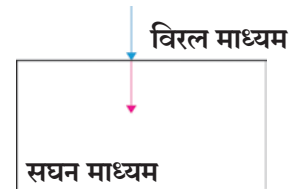
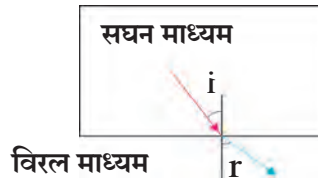
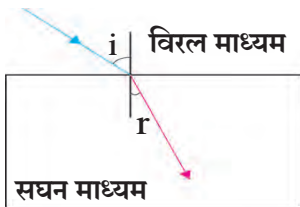


6.3 माध्यम 1 में से माध्यम 2 में जाने वाली प्रकाश किरण



बताइए तो

यदि दूसरे माध्यम का पहले माध्यम के सापेक्ष अपवर्तनांक 1n_2 है और तिसरे माध्यम का दूसरा माध्यम के बारे में ${}_2n_3$ होगा तो 1n_3 इसका अर्थ क्या है? इसका मान कितना होगा?



6.4 अलग-अलग माध्यमों में प्रकाश अपवर्तन

जब प्रकाश किरण विरल माध्यम से सघन माध्यम में जाती है तब वह अभिलंब की ओर झुकती है।

जब प्रकाश किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाती है तब वह अभिलंब से दूर हटती है।

यदि प्रकाश किरण एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करते समय माध्यम की सीमा पर लंबवत आपतित होती है तो उसकी दिशा परिवर्तित नहीं होती, अर्थात् उसका अपवर्तन नहीं होता है।

तारों का टिमटिमाना (Twinkling of stars)



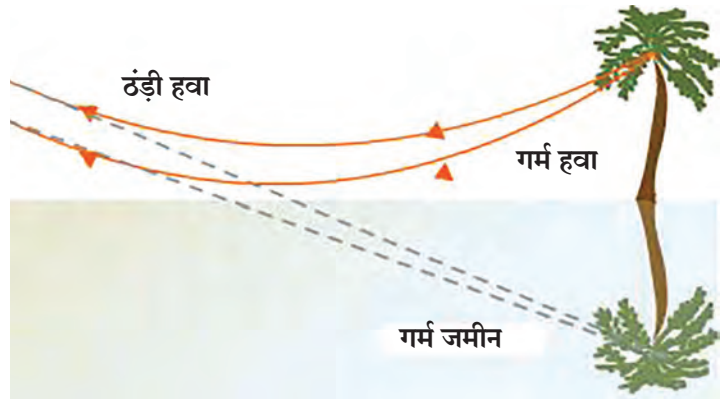
बताइए तो

1. क्या गर्मी के दिनों में रास्ते पर या रेगिस्तान में आपको पानी दिखाई देने का आभास हुआ है?
2. होली की ज्वाला के दूसरी ओर की कुछ वस्तुओं को क्या आपने हिलते हुए देखा है? ऐसा क्यों होता है?

स्थानीय वायुमंडल का प्रकाश के अपवर्तन पर थोड़े पैमाने पर प्रभाव होता है। उपर्युक्त दोनों उदाहरणों में रास्ते के पास या रेगिस्तान के पृष्ठभाग पर तथा ज्वाला के ऊपर की हवा गरम होने के वह कारण विरल होती है और उसका अपवर्तनांक कम होता है। ऊँचाई के अनुसार विरलता कम-कम होती जाती है और अपवर्तनांक बढ़ता जाता है पहले उदाहरण में बदलते हुए अपवर्तन के कारण अपवर्तन के नियमानुसार प्रकाश की दिशा निरंतर बदलती रहती है।

आकृति 6.5 में दर्शाए अनुसार दूर की वस्तु से आनेवाली प्रकाश किरण उस वस्तु के जमीन पर बनने वाले प्रतिबिंब से आती हुई प्रतीत होती है, इसे ही मृगमरीचिका कहते हैं।

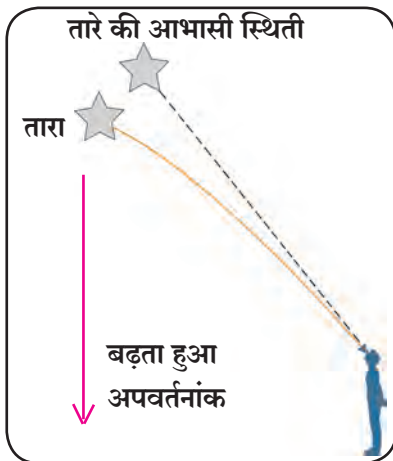
दूसरे उदाहरण में बदलनेवाले अपवर्तनांक के कारण प्रकाश किरणों की बदलने वाली दिशा के कारण ज्वाला के दूसरी ओर की वस्तु की स्थिति बदलती हुई दिखाई देती है अर्थात् वस्तु के हिलने का आभास होता है।



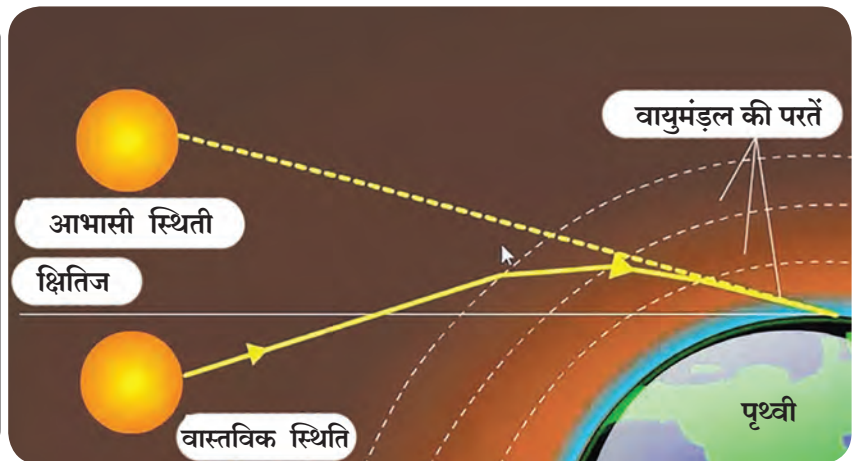
6.5 मृग मरीचिका

वायुमंडल का प्रकाश के अपवर्तन पर होनेवाले परिणाम के कारण तारों का टिमटिमाना घटित होता है।

तारे स्वयंप्रकाशित होने के कारण वे चमकते हैं और सूर्यप्रकाश रात में न होने के कारण वे हमें दिखाई देते हैं। तारे बहुत अधिक दूरी पर होने के कारण वे प्रकाश के बिंदुस्रोत की भाँति महसूस होते हैं। वायुमंडल की हवा का अपवर्तनांक जमीन की ओर जाते समय बढ़ता जाता है क्योंकि हवा का घनत्व बढ़ते जाता है। तारे से आने वाले प्रकाश का वायुमंडल में से अपवर्तन होते समय तारे का प्रकाश अभिलंब की ओर झुकने के कारण आकृति 6.6 में दिखाए अनुसार, तारा उसकी वास्तविक ऊँचाई की अपेक्षा थोड़ी अधिक ऊँचाई पर स्थित महसूस होता है।



6.6 तारों की आभासी स्थिति



6.7 वायुमंडलीय अपवर्तन का परिणाम

तारे की यह आभासी स्थिति स्थिर न रहकर थोड़ी बदलती रहती है। इसका कारण यह है कि हवा निरंतर गतिशील रहती है, घनत्व और तापमान परिवर्तित होने के कारण वायुमंडल स्थिर नहीं रहता। इस कारण किसी भी भाग की हवा का अपवर्तनांक निरंतर और आसानी से परिवर्तित होता रहता है। इस प्रकार अपवर्तनांक में होनेवाले परिवर्तन के कारण तारों की आभासी स्थिति और प्रखरता लगातार बदलती रहती है इसलिए तारे टिमटिमाते हुए दिखाई देते हैं।

हमें ग्रह टिमटिमाते हुए नहीं दिखाई देते क्योंकि वे हमसे तारों की तुलना में बहुत पास हैं। इस कारण वे बिंदु स्रोत न होकर बिंदुस्रोतों का समूह होते हैं। वायुमंडल की परिवर्तित हुई स्थिति के कारण इनमें से कुछ बिंदू अधिक चमकदार तो कुछ कम चमकदार दिखाई देते हैं, उनका स्थान भी परिवर्तित होता है परंतु उनकी औसत चमक स्थिर रहती है तथा उनका औसत स्थान भी स्थिर रहता है अतः वे टिमटिमाते नहीं हैं।

यदि सूर्य क्षितिज से ऊपर आता है तो हम कहते हैं कि सूर्योदय हुआ है परंतु आकृति 6.7 में दिखाए अनुसार सूर्य क्षितिज के थोड़े नीचे होने से भी उससे आनेवाला प्रकाश पृथ्वी के वायुमंडल से आते समय अपवर्तन होने के कारण वक्र मार्ग से हम तक पहुँचता है। इस कारण हमें सूर्य क्षितिज पर आने के पहले ही दिखाई देने लगता है। ऐसा ही सूर्यास्त के समय भी होता है और सूर्य हमें क्षितिज के नीचे जाने पर भी थोड़े समय तक दिखता रहता है।

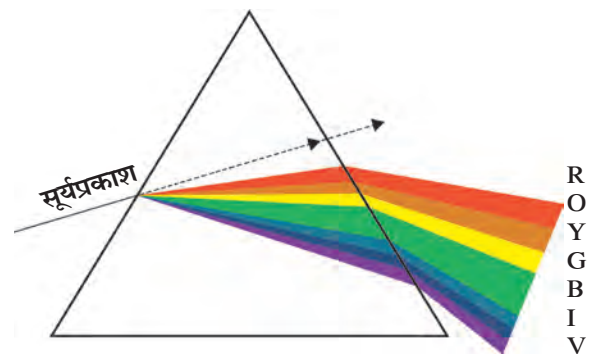
प्रकाश का विक्षेपण (Dispersion of light)

आपके कंपास की प्लास्टिक की स्केल प्रकाश में आँखों के सामने धीरे-धीरे तिरछी करके देखिए। आपको प्रकाश अलग-अलग रंगों में विभाजित हुआ दिखाई देता है। प्रकाश के विभाजित होने के पश्चात मिलने वाले विभिन्न रंगों का क्रम लाल, नारंगी, पीला, हरा, नीला, आसमानी, बैंगनी होता है। आपको विदित ही है कि प्रकाश विद्युतचुंबकीय तरंगों के रूप में होता है। तरंगों का महत्वपूर्ण गुणधर्म तरंगदैर्घ्य होता है। हमारी आँखें जिन तरंगों के प्रति संवेदनशील होती हैं उस प्रकाश की तरंगदैर्घ्य 400 nm से 700 nm के बीच होती है, इसके बीच की विभिन्न तरंगदैर्घ्य की तरंगों हमें ऊपर लिखे गए विभिन्न रंगों की दिखती हैं। इसमें लाल तरंगों की तरंगदैर्घ्य सबसे अधिक अर्थात् 700 nm के निकट तो बैंगनी रंग के तरंगों की सबसे कम अर्थात् 400 nm के निकट होती है। ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$).

निर्वात में सभी आवृत्ति के प्रकाश तरंगों का वेग समान होता है, परंतु पदार्थ माध्यम में इन प्रकाश तरंगों का वेग समान नहीं होता है अतः वे विभिन्न वेगों से गमन करती हैं। इस कारण माध्यम का अपवर्तनांक विभिन्न रंगों के लिए भिन्न-भिन्न होता है यद्यपि श्वेत प्रकाश काँच जैसे एक ही माध्यम पर आपतित होता है तथापि विभिन्न रंगों के प्रकाश के लिए अपवर्तन कोण के माप भिन्न-भिन्न होते हैं। इसलिए सूर्य से आनेवाला श्वेत प्रकाश भी जब हवा से अन्य किसी अपवर्तनी माध्यम में आपतित होता है तो वह सात रंगों के वर्णक्रम में निर्गत होता है। किसी भी पदार्थ माध्यम में प्रकाश के अपने घटक रंगों

में पृथक् होने की प्रक्रिया को प्रकाश का विक्षेपण कहते हैं।

सर आइज़ैक न्यूटन ने सर्वप्रथम सूर्यप्रकाश से वर्णक्रम प्राप्त करने के लिए प्रिज्म (Prism) का उपयोग किया था। जब श्वेतप्रकाश का प्रिज्म द्वारा सात रंगों में विक्षेपण होता है तब आपतित किरणों की तुलना में विभिन्न रंग विभिन्न कोणों से झुकते हैं। बैंगनी रंग सर्वाधिक झुकता है। इस कारण प्रत्येक रंग की किरण अलग-अलग मार्गों से बाहर निकलती है और विभक्त होती हैं। इस प्रकार आकृति 6.8 में दिखाए अनुसार हमें सात रंगों का वर्णक्रम प्राप्त होता है।



6.8 प्रकाश का विक्षेपण



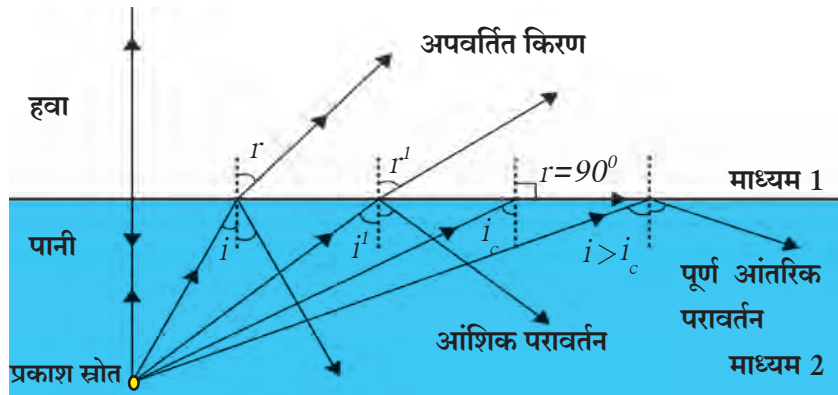
थोड़ा सोचिए

1. दो प्रिज्मों की सहायता से श्वेत आपतित प्रकाश से श्वेत निर्गत प्रकाश कैसे प्राप्त किया जा सकता है?
2. काँच के लोलक लगे हुए झूँमर आपने देखे ही होंगे उसमें लगाए गए टंगस्टन बल्ब का प्रकाश प्रिज्म से जाते समय उसका विक्षेपण होता है और हमें रंगबिरंगा वर्णक्रम दिखाई देता है। टंगस्टन बल्ब के स्थान पर एल ई डी बल्ब लगाया जाए तो क्या इस प्रकार के वर्णक्रम प्राप्त होंगे?

आंशिक और पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Partial and total internal reflection)

जब प्रकाश सघन माध्यम में से विरल माध्यम में गमन करता है तब उसका आंशिक रूप में परावर्तन होता है अर्थात् परावर्तन के नियम के अनुसार प्रकाश का कुछ भाग पहले माध्यम में पुनः लौटता है, इसे ही आंशिक परावर्तन कहते हैं। प्रकाश के उर्वरित भाग का अपवर्तन होता है।

यदि प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम में गमन करता है तो वह अभिलंब से दूर हटता है अतः आपतन कोण i का मान अपवर्तन कोण r से कम होता है। यह आकृति 6.9 में बायी ओर दिखायी गयी है। यदि हम i का मान बढ़ाते गए तो स्नेल के नियमानुसार r का मान भी बढ़ता जाएगा क्योंकि अपवर्तनांक स्थिर हैं।

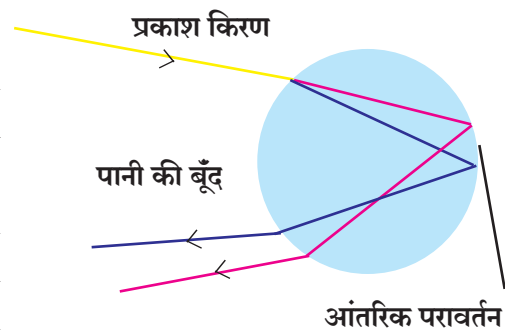


6.9 आंशिक और पूर्ण आंतरिक परावर्तन

i के एक विशेष मान के लिए r का मान 90° होता है, इस विशेष मान को क्रांतिक कोण (Critical angle) कहते हैं। इससे अधिक आपतन कोण वाली किरणों के लिए r का मान 90° से अधिक होता है और वे किरणें सघन माध्यम में पुनः लौट जाती हैं। इस स्थिति में संपूर्ण प्रकाश का परावर्तन होता है, इस प्रक्रिया को पूर्ण आंतरिक परावर्तन कहते हैं। यह आकृति में दाहिनी ओर दिखाया गया है। क्रांतिक कोण का मान हम निम्न सूत्र की सहायता से ज्ञात कर सकते हैं।

$${}_1n_2 = \frac{\sin i}{\sin r} \quad \text{पूर्ण आंतरिक परावर्तन के लिए } i = \text{क्रांतिक कोण} \quad r = 90^\circ \quad {}_1n_2 = \frac{\sin i}{\sin 90^\circ} = \sin i \quad (\because \sin 90^\circ = 1)$$

प्रकृति की सुंदर घटना इंद्रधनुष का बनना, अनेक प्राकृतिक घटनाओं का एकत्रीकरण है। इंद्रधनुष प्रकाश के विक्षेपण, अपवर्तन और पूर्ण आंतरिक परावर्तन इन तीनों घटनाओं का एकत्रित परिणाम है। मुख्यतः बरसात हो जाने के बाद आकाश में इंद्रधनुष दिखाई देता है। पानी की सूक्ष्म बूँदें प्रिज्म की तरह कार्य करती हैं। जब वायुमंडल की पानी की सूक्ष्म बूँदों में प्रकाश किरण प्रवेश करती है तब पानी की बूँदों द्वारा सूर्यप्रकाश का अपवर्तन और विक्षेपण होता है, उसके पश्चात् बूँद के अंदर आंतरिक परावर्तन होता है और अंत में बूँद से बाहर आते समय पुनः अपवर्तन होता है। इन सभी प्राकृतिक घटनाओं का एकत्रित परिणाम सप्तरंगी इंद्रधनुष के रूप में देखने को मिलता है। (आकृति 6.10)



6.10 इंद्रधनुष की निर्मिति

पुस्तक में मित्र

1. Why the Sky is Blue – Dr. C.V. Raman talks about science : C.V. Raman and Chandralekha
2. Optics : principles and applications : K.K. Sharma
3. Theoretical concepts in physics : M.S. Longair

थोड़ा मनोरंजन !

प्लास्टिक का डिब्बा, आइना और पानी का उपयोग करके प्रकाश का विक्षेपण होता है क्या? देखिए।

उदाहरण 1. यदि पानी का निरपेक्ष अपवर्तनांक 1.36 हो तो प्रकाश का पानी में वेग कितना होगा ?
(प्रकाश का निर्वात में वेग $3 \times 10^8 \text{ m/s}$)

दत्त :

$$V_1 = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$$n = 1.36$$

$$n = \frac{V_1}{V_2} \quad 1.36 = \frac{3 \times 10^8}{V_2}$$

$$V_2 = \frac{3 \times 10^8}{1.36} = 2.21 \times 10^8 \text{ m/s}$$

उदाहरण 2. यदि एक माध्यम से $1.5 \times 10^8 \text{ m/s}$ के वेग से जानेवाला प्रकाश दूसरे माध्यम में जाने पर उसका वेग $0.75 \times 10^8 \text{ m/s}$ हो जाता है तो दूसरे माध्यम का पहले माध्यम के सापेक्ष अपवर्तनांक कितना होगा ?

दत्त :

$$V_1 = 1.5 \times 10^8 \text{ m/s}, V_2 = 0.75 \times 10^8 \text{ m/s}$$

$${}_2n_1 = ? \quad {}_2n_1 = \frac{1.5 \times 10^8}{0.75 \times 10^8} = 2$$

स्वाध्याय

1. निम्नलिखित कथनों के रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए ।

पूर्ण किए गए कथनों का स्पष्टीकरण लिखिए ।

अ. प्रकाश के आगे जाने वाले..... पर अपवर्तनांक निर्भर होता है ।

आ. प्रकाश के एक पारदर्शक माध्यम में से दूसरे पारदर्शक माध्यम में जाते समय बदलने की प्राकृतिक घटना को अपवर्तन कहते हैं ।

2. निम्नलिखित कथनों को सिद्ध कीजिए ।

अ. यदि किसी काँच के आयताकार गुटके पर आने वाली प्रकाश किरण का आपतन कोण i हो और उस गुटके से बाहर निकलते समय उसका निर्गत कोण e हो तो $i = e$.

आ. इंद्रधनुष्य यह प्रकाश के विक्षेपण, अपवर्तन और आंतरिक परावर्तन इन तीन प्राकृतिक घटनाओं का एकत्रीकरण है ।

3. निम्नलिखित प्रश्नों के लिए नीचे दिए गए उत्तरों में से सही उत्तर कौनसा है, लिखिए ।

अ. तारों के टिमटिमाने का कारण क्या है ?

1. तारों में समय-समय पर होने वाले विस्फोट
 2. तारों के प्रकाश का वायुमंडल में होनेवाला अवशोषण
 3. तारों की गति
 4. वायुमंडल में वायु का परिवर्तित होने वाला अपवर्तनांक
- आ. सूर्य क्षितिज के थोड़ा नीचे होने पर भी हमें दिखाई देता है इसका कारण

1. प्रकाश का परावर्तन
2. प्रकाश का अपवर्तन
3. प्रकाश का विक्षेपण
4. प्रकाश का अवशोषण

इ. काँच का हवा के सापेक्ष अपवर्तनांक $3/2$ हो तो हवा का काँच के सापेक्ष अपवर्तनांक कितना होगा ?

- (1) $\frac{1}{2}$ (2) 3 (3) $\frac{1}{3}$ (4) $\frac{2}{3}$

4. निम्नलिखित उदाहरण हल कीजिए ।

अ. किसी माध्यम में प्रकाश का वेग यदि $1.5 \times 10^8 \text{ m/s}$ हो तो उस माध्यम का निरपेक्ष अपवर्तनांक कितना होगा ? **उत्तर : 2**

आ. यदि काँच का निरपेक्ष अपवर्तनांक $3/2$ तथा पानी का $4/3$ हो तो काँच का पानी के सापेक्ष अपवर्तनांक कितना होगा ?

$$\text{उत्तर : } \frac{9}{8}$$

उपक्रम :

लेझर के उपकरण और साबुन के पानी का उपयोग करके प्रकाश के अपवर्तन का अध्ययन कीजिए ।

