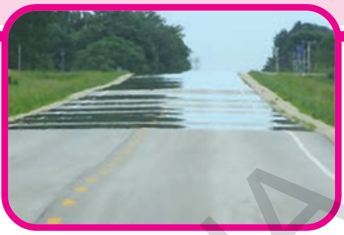
अध्याय 4

समतल धरातल पर प्रकाश का अपवर्तन



पिछले अध्यायों के हमने प्रकाश के परावर्तन के बारे में अध्ययन किया है। प्रकाश के कारण हमें प्रकृति के सौन्दर्य का आभास होता है। प्रकाश कई रोचक घटनाएँ प्रदर्शित करता है।

आइए हम इनमें से कुछ घटनाओं की आलोचना करें।

आपने देखा होगा कि किसी बर्तन के अन्दर पानी में एक सिक्का छोड़ने पर वह नीचे तक जाता है। परन्तु बाहर से देखने पर यह बर्तन के निचले भाग से कुछ ऊपर उठा हुआ दिखाई देता है। इसी तरह एक नींबू को एक गिलास पानी में रखने पर उसका आकार बड़ा दिखता है। अगर एक मोटी काँच की स्लाब को छपे हुए अक्षरों पर रखकर इसको ऊपर से देखा जाय तब अक्षर उठे हुए दिखाई देते है।

- उपरोक्त प्रेक्षण के क्या कारण हो सकते है?

क्रियाकलाप 1

किसी काँच के गिलास में पानी लीजिए इसमें एक पेन्सिल (सीधी) रखिए। गिलास की दीवार से एवं ऊपर से इस पेन्सिल को देखिए।

- यह कैसा दिखता है?
- इन दोनों दृष्यों में कोई अन्तर है?

क्रियाकलाप 2

सूरज की ओर दर्शाती हुई, लगभग 30 फुट लम्बी दीवार के समीप जाइए। दीवार के एक किनारे पर जाकर अपने दोस्त से कहिए कि वो एक चमकती हुई धातू की बनी वस्तु को दीवार के दूसरे किनारे पर लाकर रखे। जब यह वस्तु दीवार से कुछ इंच दूरी पर हो तब यह विकृत् रूप से दिखता है। हम इस वस्तु का प्रतिबिम्ब दीवार में देख सकते है जैसे कि यह दीवार एक दर्पण हो।

- दीवार पर वस्तु का प्रतिबिम्ब क्यों बनता है?

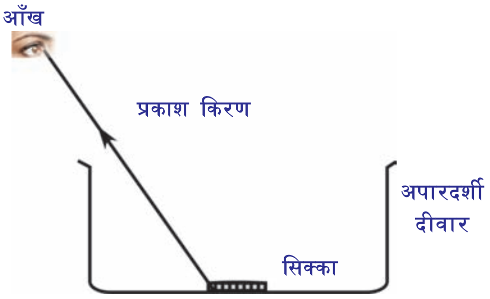
उपरोक्त प्रश्नों के उत्तर एवं परिस्थितियों के कारण बताने के लिए हमे प्रकाश की अपवर्तन परिघटना को समझने की आवश्यकता है।

अपवर्तन (Refraction)

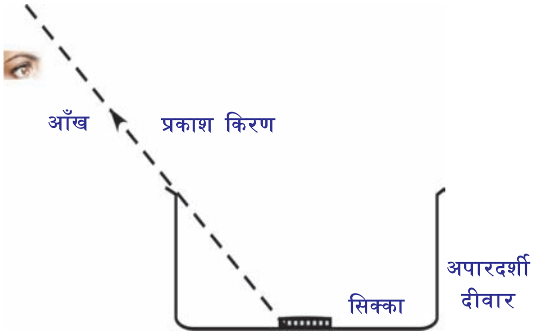
क्रियाकलाप 3

बहुत कम गहराई एवं अपारदर्शी पृष्ठों का एक पात्र लीजिए। (उदाहरण के लिए एक डिश या पैन ले सकते है)। इसमें एक सिक्का रख दीजिए। आप बर्तन से इतनी दूर जाइए कि आपको सिक्का नहीं दिखाई पडें। चित्र 1 (बी) में दिखाए अनुसार खडे होकर अपने दोस्त से कहिए कि वह बर्तन में पानी भर दे। जब पात्र पानी से भर जाता है तब सिक्का दिखने लगता है। चित्र 1 (सी) में देखिए।

SCERT TELANGANA



चित्र-1(a)

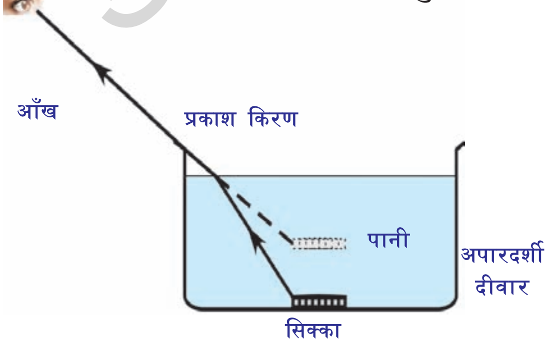


चित्र-1(b)

- जब पात्र में पानी भर दिया जाता है तब सिक्का क्यों दिखने लगता है?चित्र 1 (c) को देखिए।

आप जानते है कि सिक्के से निकलने वाला प्रकाश आपके आँख तक नही पहुँचता है जब बर्तन में पानी नहीं है। (चित्र 1 (b) में देखिए।) इसलिए आप सिक्के को नहीं देख पाते। जब बर्तन में पानी भर दिया जाए तब आप सिक्के को देख सकते है।

- यह कैसे सम्भव है?
- क्या आप सोचते हैं कि बर्तन में पानी भरने पर, प्रकाश किरण आप तक पहुँचती है?



चित्र-1(c)

यदि हाँ, तो सिक्के से आँख तक एक रेखा चित्र बनाइए। याद रखिए कि माध्यम में गमन करती हुई प्रकाश की किरण एक सरल रेखा में चलती है।

- पानी एवं हवा की सतह पर प्रकाश की किरण को क्या होता है?
- दूसरे माध्यम में प्रकाश किरण के मुड़ने का क्या कारण हो सकता है?

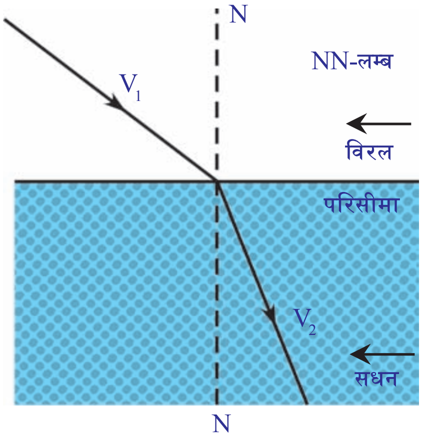
उपरोक्त प्रश्नों का उत्तर फर्मेट सिद्धान्त द्वारा दिया जा सकता है। इसके अनुसार प्रकाश किरण, किन्ही दो बिन्दुओं के बीच उसी पथ पर चलती है जिसके लिए कम से कम समय लगता हो। आइए हम इस सिद्धान्त को प्रयोग में उपयुक्त करे।

प्रकाश किरण के पथ को देखने पर, यह स्पष्ट हैं कि दो माध्यम जैसे पानी एवं वायु, की सतह पर प्रकाश किरण अपनी दिशा बदलती है। प्रकाश किरण यह पथ इसलिए चुनती है जिससे वह सिक्के से आँख तक न्यूनतम् समय में पहुँच जाय। यह तभी संभव है जब दो माध्यम की परिसीमा पर प्रकाश अपनी चाल बदल दे। अर्थात् हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते है कि जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में गमन करती है तब इसकी चाल बदलती है।

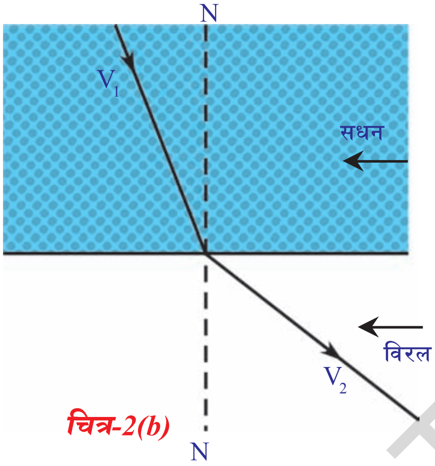
''जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में गमन करती है तब इन माध्यमों की परिसीमा पर, प्रकाश की चाल में परिवर्तन होता है जिसके कारण उसकी दिशा में परिवर्तन होता है। इस प्रक्रिया को प्रकाश का अपवर्तन कहते हैं। अपवर्तन प्रक्रिया में, केवल लम्बवत् आपतन को छोडकर, अन्य परिस्थितियों में, प्रकाश की किरण मुडती है।''

चित्र 2 (a) एवं 2 (b) में दिखाए अनुसार, माना कि प्रकाश माध्यम 2a में v_1 चाल एवं माध्यम 2b में v_2 चाल से गमन कर रही है।

SCERT TELANGANA



चित्र-2(a)



चित्र-2(b)

- अपवर्तित् किरणों के संदर्भ में, चित्र (2)(a) एवं 2(b) में आप क्या अन्तर पाते हैं?
- क्या प्रकाश की चाल एवं अपवर्तित् किरणों के व्यवहार में कोई सम्बन्ध है?

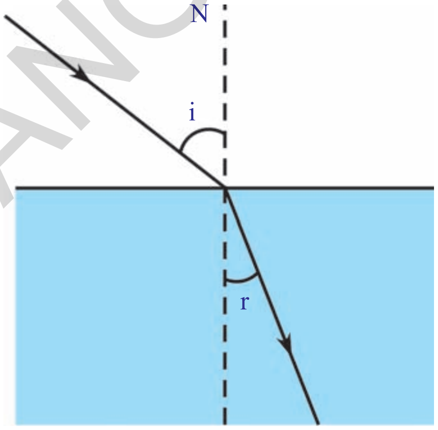
प्रयोग यह दर्शाते हैं कि, किसी माध्यम से प्रकाश की चाल बदलने के कारण ही प्रकाश की दिशा बदलती है ।

अगर v_1 से v_2 का मान कम है, तब माध्यम 2 माध्यम 1 के सापेक्ष अधिक सघन है।

अगर v_2 के सापेक्ष v_1 का मान अधिक है। तब माध्यम 2 माध्यम 1 के सापेक्ष विरल है।

अगर प्रकाश किरण विरल माध्यम से सघन माध्यम में प्रवेश करता है तब अपवर्तित् किरण, दोनों माध्यमों की परिसीमा पर खींची गयी लम्ब की ओर मुडती है। तब वह सघन माध्यम पर खींची गयी लम्ब की ओर मुडती है। जब वह सघन माध्यम से विरल माध्यम में गमन करती है तब वह लम्ब से दूर हटती हुई निकल जाती है। हमने देखा कि परिसीमा पर प्रकाश किरण अपनी दिशा से विचलित होती है। चित्र-3 में दिखाए जैसे, आपतन बिन्दु पर एक लम्ब खींचिए।

माना कि आपतित किरण द्वारा लम्ब से बनी कोण 'i' है। एवं अपवर्तित् किरण द्वारा लम्ब से बनी कोण 'r' है। इन्हें क्रमशः आपतन कोण एवं अपवर्तन कोण कहा जाता है।



चित्र-3 N

अपवर्तन प्रक्रिया को समझाने के लिए, हमें पारदर्शी माध्यमों के एक गुण जिसे अपवर्तनांक कहते है, इसके बारे में जानना आवश्यक है। आइए इनके बारे में अध्ययन करे।

प्रकाश की किरण एक माध्यम से दूसरे माध्यम में गमन करते समय, उसकी दिशा में परिवर्तन के स्तर को अपवर्तनांक के पदों में व्यक्त करते हैं।

अपवर्तनांक (Refractive index)

निर्वात में प्रकाश $3x10^8$ मी/से के चाल से गमन करती है। (इसे c से प्रदर्शित् करते हैं।) अन्य पारदर्शी माध्यमों में प्रकाश की चाल इससे कम होती है।

माना कि किसी माध्यम में प्रकाश की चाल 'v' है। और प्रकाश की निर्वात् में चाल 'c', है तब

SCERT TELANGANA

माध्यम में प्रकाश की चाल 'v' के अनुपात को अपवर्तनांक की परिभाषा मानते है। इसे 'n' से प्रदर्शित करते हैं। इसे परम अपवर्तनांक (Absolute Refractive Index) कहते है।

परम अपवर्तनांक = निर्वात् में प्रकाश की चाल/ माध्यम में प्रकाश की चाल

$n = c/v$ ....(1)

समान भौतिक राशियों का अनुपात होने के कारण इसका कोई आकार नहीं होता है। किसी माध्यम में प्रकाश कितनी तेज या धीमी गति से गमन कर रहा है, इसका आभास हमें अपवर्तनांक कराता है। अगर माध्यम की अपवर्तनांक अधिक है तब इसमें प्रकाश की चाल कम होती है एवं अपवर्तनांक कम होने पर चाल अधिक होती है। अपवर्तनांक 'n' का अर्थ है कि उस माध्यम में प्रकाश की चाल, निर्वात् में प्रकाश की चाल के n वें भाग के बराबर है।

उदाहरण के लिए काँच का अपवर्तनांक 3/2 है। अर्थात् काँच में प्रकाश की वेग, 3×10^8 की 3/2 वी भाग या $2/3 \times 3 \times 10^8$ मी/से जो 2×10^8 मी/से है।

सारणी:1 कुछ पदार्थ माध्यम का अपवर्तनांक

पदार्थ माध्यम	अपवर्तनांक	पदार्थ माध्यम	अपवर्तनांक
वायु	1.0003	केनेडा बालसम	1.53
बर्फ	1.31	राक साल्ट	1.54
पानी	1.33	कार्बन डैसल्फाइड़	1.63
किरोसीन	1.44	सघन फ्लिन्ट ग्लास	1.65
फ्यूस्ड क्वार्ट्ज	1.46	रूबी	1.71
टर्पेन्टाइन आइल	1.47	सफ्फायर	1.77
क्रोन ग्लास	1.52	हीरा	2.42
बेन्जीन	1.50		

नोटः सारणी 1से हमें यह जानकारी प्राप्त होती है कि यह आवश्यक नहीं है कि प्रकाशतः सघन माध्यम का द्रव्यमान घनत्व अधिक हो। उदाहरण के लिए केरोसीन का अपवर्तनांक प्रकाशतः पानी से अधिक सघन है। जबकि किरोसीन का द्रव्यमान घनत्व पानी से कम होता है।

- पदार्थ के माध्यम का अपवर्तनांक अलग-अलग क्यों होता है?
- माध्यम का अपवर्तनांक किन बातों पर निर्भर करता है?

अपवर्तनांक निम्न बातों पर निर्भर करता है।

(1) पदार्थ की प्रकृति (2) उपयुक्त प्रकाश की तरंगदैर्घ्य (आप इसके बारे में अगली कक्षाओं में पढ़ेंगे।)

सापेक्षिक अपवर्तनांक (Relative refractive index)

किसी माध्यम का, दूसरे माध्यम से सापेक्ष अपवर्तनांक, दूसरे माध्यम में प्रकाश की चाल एवं प्रथम माध्यम में प्रकाश की चाल के अनुपात के बराबर होता है। माना कि प्रथम एवं द्वितीय माध्यम में क्रमशः प्रकाश का वेग v_1 एवं v_2 है।

द्वितीय माध्यम का पहली माध्यम से सापेक्ष अपवर्तनांक बराबर

n_{21} = पहली माध्यम में प्रकाश का वेग-1 / दूसरी माध्यम में प्रकाश का वेग – 2

$n_{21} = v_1/v_2$

अंश एवं हर को 'c' से भाग देने पर

SCERT TELANGANA

$$\frac{v^1}{v^2} = (v_1/c)/(v_2/c) = (1/n_1)/(1/n_2)$$

$$\Rightarrow n_{21} = n_2/n_1 \;....................(2)$$

इसे सापेक्षिक अपवर्तनांक कहते हैं। इसकी परिभाषा निम्न है।

सापेक्षिक अपवर्तनांक $(n_{21}) =$

$$\frac{\text{द्वितीय माध्यम का अपवर्तनांक } (n_2)}{\text{प्रथम माध्यम का अपवर्तनांक } (n_1)}$$

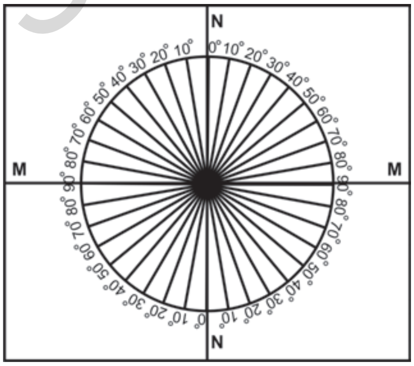
प्रयोगशाला कार्य 1

उद्देश्य : आपातित कोण एवं अपवर्तन कोण में सम्बन्ध प्राप्त करना।

उपयुक्त पदार्थ : एक तख्ता, (प्लेंक) सफेद चार्ट, प्रोट्रेक्टर (चांदा), स्केल, छोटी काली पेयन्ट की हुई प्लेंक, एक अर्ध वृत्ताकार काँच का डिस्क जिसकी मोटाई 2 से.मी. है, पेन्सिल, एक लेसर प्रकाश (लेसर लाइट)

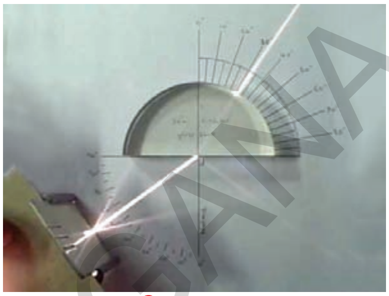
विधि :

एक लकडी की प्लेंक को सफेद चार्ट से ढ़ककर, इस पर चित्र 4(a) में दिखाए अनुसर, इसके केन्द्र से गुजरती हुई दो लम्बवत् रेखाएँ खींचिए। इनकी मिलन बिन्दु को O कहिए। एक रेखा को NN एवं दूसरी रेखा को MM नामांकित कीजिए। यहाँ दो माध्यमों की, अन्तरापृष्ठ (इनटर्फेस) पर खींची गयी रेखा MM है एवं NN, इस रेखा पर O बिन्दु पर खींची गयी लम्ब है।



चित्र-4(a)

एक प्रोट्रेक्टर (चांदा) को O बिन्दु पर NN के अनुदिश चित्र 4(a) में दिखाए अनुसार रखिए। अब 0^0 से 90^0 तक कोण बनाइए। यह NN की दोनो ओर कीजिए अब NN की दूसरी ओर चाँदा रखकर फिर से मार्किंग कीजिए। कोण की पीठ वक्राकार रेखा पर दिखनी चाहिए।



चित्र-4(b)

अब अन्तरपृष्ठ रेखा (MM) पर एक अर्ध-वृत्ताकार काँच की डिस्क इस तरह रखिए जिससे इसका व्यास पृष्ठ (MM) पर हो एवं केन्द्र O पर हो। NN के अनुदिशा में एक लेसर लाइट डालिए जो वायु से काँच में बिन्दु पर, अन्तरपृष्ठ से होकर गुजरती है। डिस्क की दूसरी ओर से यह लाइट (प्रकाश) किस पथ पर निकलती है देखिए चित्र 4(b)। (अगर आप लेसर लाइट की पथ को नही देख सकते है तब, आप एक काले प्लेंक को इस वक्राकार रेखा (डिस्क की वक्राकार रेखा) पर रखकर प्रकाश के बिंदु को देखते हुए प्रकाश के पथ की कल्पना कीजिए।)

- क्या कोई विचलन दिखाई देता है?

O बिन्दु पर, NN से 15^0 आपतन कोण बनाने की दिशा में लेसर प्रकाश डालिए। इसका अपवर्तन कोण का माप लीजिए। यह लेसर प्रकाश को दूसरे वृत्ताकार पृष्ठ। काँच का स्लेब या डिस्क की दूसरी ओर से देखते हुए लिया जा सकता है। सारणी (2)

SCERT TELANGANA

में इन्हे लिखिए। इसे $20^0, 30^0, 40^0, 50^0$ एवं 60^0 आपतन कोण के लिए दोहराइए। एवं इनका अपवर्तन कोण नोट कीजिए।

तालिका 2

i	r	(साइन i) (Sin i)	(साइन r) (Sin r)	(साइन r/Sin r) (Sin i / Sin r)

प्रत्येक ‘i’ एवं ‘r’ के लिए साइन i एवं साइन r निकालकर प्रत्येक ‘i’ के लिए साइन i/ साइन r का मान ज्ञात कीजिए।

नोट : आपके अध्यापक की सहायता से साइन i साइन r का मान ज्ञात कीजिए।

अंततः हमें साइन i / साइन r का मान नियत प्राप्त होता है।

- क्या यह अनुपात काँच का अपवर्तनांक है? क्यों?

यह अनुपात काँच का अपवर्तनांक का मान देता है। उपरोक्त प्रयोग में आप देख सकते है कि हमेशा ‘i’ से ‘r’ कम होता है। अर्थात् अपवर्तित् किरण लम्ब की ओर मुडती है।

- इन निरीक्षणों से आप क्या निष्कर्ष निकालते है?

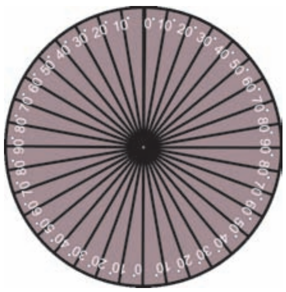
उपरोक्त प्रेक्षण से हम इस निष्कर्ष पर पहुँचते हैं कि जब एक प्रकाश की किरण विरल माध्यम (वायु) से सघन माध्यम (काँच) की ओर गमन करती है तब ‘r’ का मान ‘i’ के मान से कम हाता है, एवं अपवर्तित् किरण लम्ब की ओर मुडती है।

- क्या आप कल्पना कर सकते है कि प्रकाश किरण जब सघन माध्यम से विरल माध्यम की ओर गमन करती है तब इस पर क्या प्रभाव पड़ता है?

आइए इसे देखने के लिए एक अन्य प्रयोग करे।

क्रियाकलाप 4

एक धातु की डिस्क लीजिए। चित्र 5(a) में दिखाए अनुसार एक चाँदा लेकर इसकी वक्राकार सिरे पर कोण अंकित कीजिए। डिस्क के केन्द्र पर दो स्ट्रा रखिए जो ‘O’ के परितः घूम सकते हो।

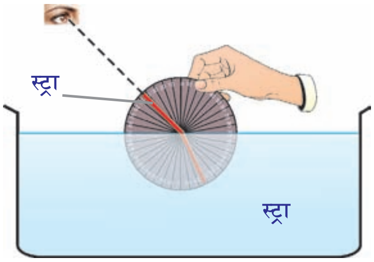


चित्र-5(a)

एक स्ट्रा को 10^0 कोण पर रखिए। डिस्क के आधे भाग को पानी में ऊर्ध्वाधर डुबो दीजिए। आप पानी को एक पारदर्शी बर्तन में ले सकते हैं। डुबोते समय यह ध्यान रहे की स्ट्रा पानी से अन्दर 10^0 का कोण बनाती हुई। अब बर्तन के ऊपर से पानी के अन्दर की स्ट्रा को देखिए। चित्र 5(b)। अब दूसरी स्ट्रा को (जो पानी से बाहर है) इस तरह रखिए जिससे पहली एवं दूसरी स्ट्रा एक ही सरल रेखा में दिखाई पडें।

SCERT TELANGANA

अब डिस्क को पानी से बाहर निकालिए। दोनो स्ट्रा को देखिए। आप देख सकते है कि ये दोनों एक सरल रेखा में नहीं है।



चित्र-5(b)

- ऊपर से देखने पर हमें दोनो स्ट्रा एक ही सरल रेखा में क्यों दिखाई देते हैं।

लम्ब एवं स्ट्रा के बीच कोण मापिए। आपकी पुस्तिका में दुबारा सारणी (2) बनाइए एवं मान लिखिए। विभिन्न कोण के लिए इसे दोहराइए। इस आंकडे के उपयोग से पानी का अपवर्तनांक ज्ञात कीजिए। यह प्रयोग आपतन कोण 48^0 से ऊपर होने पर नहीं करना चाहिए इसका कारण आप निचले विभाग में पढ़ेंगे।

उपरोक्त प्रयोग में हम देखते है कि 'i' से 'r' का मान अधिक है। इसका अर्थ है कि जब प्रकाश की किरण (सघन माध्यम) पानी से वायु (विरल माध्यम) की ओर गमन करता है तब लम्ब से दूर मुडती है अर्थात् प्रयोगशाला में प्रयोग-1 में प्रेक्षण के विपरीत दिशा में व्यवहार करती है।

इस प्रयोग से हम यह कह सकते हैं कि जब प्रकाश की किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में गमन करती है तब यह लम्ब से दूर मुडती है एवं $r > i$।

- क्या हम सैद्धान्तिक रूप से आपतन कोण एवं अपवर्तन कोण में सम्बन्ध प्राप्त कर सकते हैं? निम्न पद्धति को देखिए।

आपतन कोण एवं अपवर्तन कोण में संबंध को $n_1 \sin i = n_2 \sin r$. द्वारा बताया जा सकता है।

इसे स्नेल का सिद्धांत कहते है।

$\Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1}$ हम जानते $\frac{n_2}{n_1} = \frac{V_1}{V_2}$

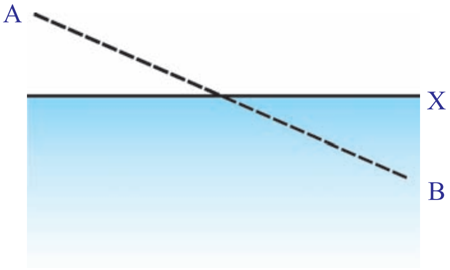
$$\Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$$

जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में गमन करता है तो उसके गति का अनुपात $\frac{V_1}{V_2}$ तथा उनके अपवर्तन का अनुपात $\frac{n_2}{n_1}$ होगा। इसलिए आपतन कोण एवं अपवर्तन कोण $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_1}{v_2}$.

स्नेल सिद्धांत को व्युत्पन्न करना:

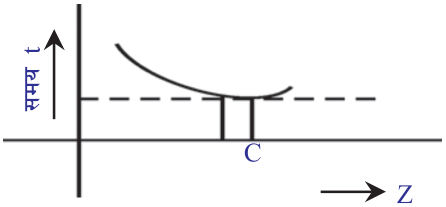
माना कि नाव में से एक आदमी पानी में गिर जाता है। वह सहायता के लिए आवाज़ लगाता है। वह आदमी पानी में B बिन्दु पर है। चित्र 6(a)।

'X' में गुजरती हुई रेखा पानी का तट है। माना की आप को तट के बिन्दु 'A' पर कुछ दूरी चलना होगा एवं पानी में कुछ दूरी तैरना होगा। हमें ज्ञात है कि हम पानी में तैरने की अपेक्षा तट पर अधिक वेग से चल सकते है।



चित्र-6(a)

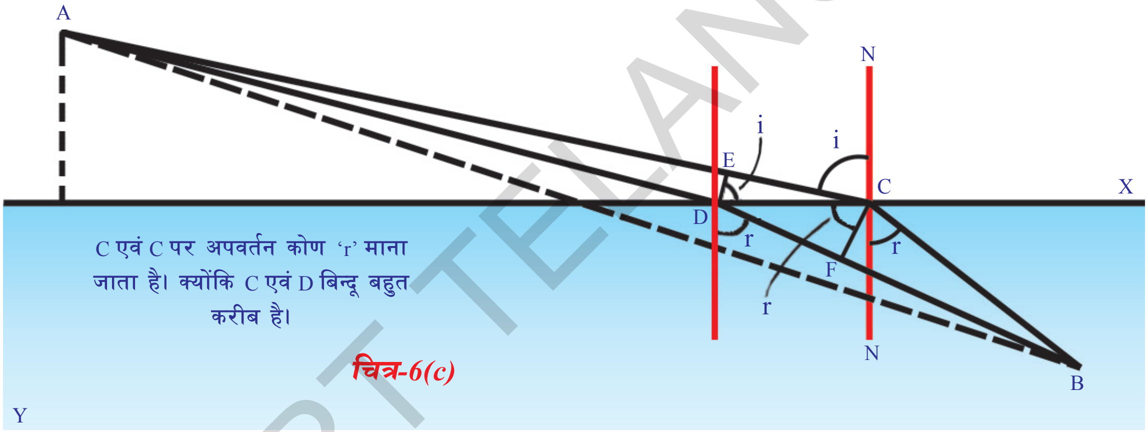
SCERT TELANGANA



चित्र-6(b)

- उस आदमी को बचाने के लिए आप क्या करेंगे।
- कम से कम समय में कौन से पथ पर जाने से हम उस आदमी को बचा पाएँगे।
- क्या हम एक सीधी रेखा में गमन कर सकते है?

बहुत सोचने पर हम समझते है कि तट पर अधिक दूरी तय करने से हमें पानी में कम दूरी तय करनी पडेगी जिससे हम समय बचा सके। क्योंकि पानी में तैरने के लिए अधिक समय लगता है।तट एवं पानी में हमारी वेग चाहे जितना भी हो, हमें उस आदमी तक पहुँचने के लिए ACB पथ तय करना होगा। क्योंकि यही पथ, कम से कम समय में तय किया जा सकता है। चित्र (6c)। किसी और पथ पर जाने पर हमें अधिक समय लग सकता है। अगर हम उस आदमी तक पहुँचने का समय एवं तट पर जिस बिन्दु से हम पानी में उतरते है, उसी बिन्दु की अवस्था के बीच ग्राफ बनाइए तब हमें चित्र 6(b) में दिखाए अनुसार एक वक्र प्राप्त होता है। इस आलेख में बिंदु y से C और D तक की दूरी को Z माना गाया है।



चित्र-6(c)

यह 'C' तट पर वह बिन्दु है जिस पर समय न्यूनतम प्राप्त हुआ। माना कि C के बहुत करीब बिन्दू D है। पथ ACB एवं ADB में कोई समय का अन्तर नहीं है।

आइए हम गणना करते है कि A से B तक इन दोनो पथों, एक D से होकर एवं दूसरी C से होकर जाने में कितना समय लगता है? (चित्र 6c देखिए) पहले तट पर पथ देखिए 6(c)। D पर दोनों पथों (तट पर एवं पानी में) के बीच एक लम्ब DE खींचने पर, हम देखते है कि तट पर पथ (AD), पथ (AC) के सापेक्ष EC दूरी कम है। अब पानी में, इसी तरह लम्ब CF खींचने पर, हम देखते है कि हम पानी में DF दूरी अधिक चलते है। अर्थात् हम तट पर EC दूरी तय करने से बच जाते है, लेकिन पानी में DF दूरी के लिए लगा समय खो देते है। ये दोनो पथ (EC तट पर एवं DF पानी में) के लिए लगा समय बराबर होना चाहिए। क्योंकि इन दोनो पथों के लिए लगा कुल समय समान है।

माना कि E से C तक एवं D से F तक गति का समय Δt है एवं v_1 एवं v_2 भागने एवं तैरने का वेग है। चित्र 6(c) से

SCERT TELANGANA

$EC = v_1\ \Delta t \quad DF = v_2\ \Delta t$

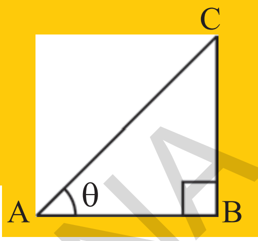
⇨ $EC / DF = v_1/v_2$ ——————(3)

तट रेखा x के लम्ब NN एवं पथ ACB में कोण की माप 'i' एवं 'r' मानिए।

- क्या आप चित्र 6(c) से 'साइन i' एवं 'साइन r' ज्ञात कर सकते है?

नोट : एक समकोण त्रिभुज में किसी भी sin न्यून कोण को सामने वाली भुजा तथा कर्ण के अनुपात से परिभाषित किया जा सकता है

$$\sin\theta = \frac{BC}{AC}$$



चित्र 6(c) से

साइन i = EC / DC एवं साइन r = DF / DC

अतः

साइन i / साइन r = EC / DF ——————(4)

समीकरण (3) एवं (4) से

साइन i / साइन r = v_1 / v_2 ——————(5)

अतः उस आदमी को बचाने के लिए, हमे वह रास्ता चुनना चाहिए जो उपरोक्त समीकरण का पालन करे। हमने उपरोक्त परिणाम प्राप्त करने के लिए **न्यूनतम समय सिद्धांत** का उपयोग किया है। अतः यही सद्धांत को हम प्रकाश की किरण पर भी लागू हो सकता है। समीकरण (5) से

साइन i / साइन r = $v_1 / v_2 = n_1 / n_2$, (क्योंकि $v_1 / v_2 = n_1 / n_2$)

⇨ n_1 साइन i = n_2 साइन r

इसे ही स्नेल का नियम कहते है।

उपरोक्त प्रयोग यह दर्शाते है कि प्रकाश की अपवर्तन कुछ नियमों के अनुसार होती है।

अपवर्तन में नियम निम्न है -

1. आपतित किरण, अपवर्तित् किरण एवं दो पारदर्शी माध्यमों की अन्तर्पृष्ठ पर आपतन बिन्दु पर खींचा गया लम्ब समी, एक ही में समतल में होते हैं।
2. अपवर्तन के समय प्रकाश स्नेल के नियम का पालन करती है।

n_1 साइन i = n_2 साइन r (या) साइन i / साइन r = नियतांक

- क्या अपवर्तन कोण कभी 90^0 के बराबर हो सकता है? यह कब होता है?

आइए देखें।

पूर्ण आन्तरिक परावर्तन (Total Internal Reflection)

क्रियाकलाप 5

प्रयोगशाला में प्रयोग-1 में उपर्युक्त सभी पदार्थों का उपयोग कीजिए। प्रयोग-1 में की तरह आप अर्धवृत्ताकार काँच के डिस्क को अन्तर्पृष्ट रेखा MM पर इस तरह रखिए ताकि बिन्दु 'O' पर इसका केन्द्र हों। अब काँच की डिस्क की वक्राकार ओर से प्रकाश डालिए। इसका अर्थ है कि हम प्रकाश को सघन माध्यम से विरल माध्यम में भेज

SCERT TELANGANA

रहे है। आपतन कोण 0^0 से आरंभ कीजिए। अर्थात् लम्ब के साथ-साथ डिस्क की दूसरी ओर अपवर्तित् किरण के लिए देखिए।

- अपवर्तित् किरण कहाँ दिखाई देती है?
- क्या आपतित किरण, विरल माध्यम में आने पर विचलित होती है?

  आपने देखा होगा कि आपतित किरण विचलित नहीं होती।

अब लेसर प्रकाश को 5^0, 10^0, 15^0 इत्यादि आपतित कोण पर छोडिए। इनके अपवर्तन कोण ज्ञात कीजिए। सारणी (3) में परिणाम लिखिए 'i' एवं 'r' के मान सारणी 3 में लिखिए।

तालिका 3

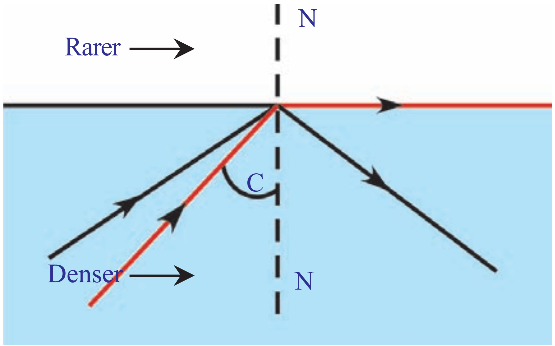
i	r

- किस आपतन कोण पर आप यह देखते है कि अपविर्तत् किरण दोनो माध्यमों (वायु एवं काँच) की परिसीमा पर बाहर निकलती है?

  हम यह देखते है कि किसी आपतन कोण के लिए, अपवर्तित किरण बाहर नहीं निकलती अर्थात् वायू एवं काँच की परिसीमा पर निकलती है। इस परिस्थिति के लिए आपतन कोण मापिए। इस आपतन कोण को ही ***क्रान्तिक कोण*** कहते है।

उपरोक्त परिणाम फर्मेट सिद्धांत के आधार पर समझ सकते है।

माना कि प्रकाश की किरण n_1 अपवर्तनांक की माध्यम-1 से, n_2 अपवर्तनांक की माध्यम-2 की ओर गमन करती है (चित्र-7 देखिए)। हमने देखा कि जब प्रकाश किरण सघन (n_1) माध्यम से विरल (n_2) माध्यम में प्रवेश करती है तब अपवर्तन कोण, आपतन कोण से अधिक होती है।



चित्र-7

माना कि आपतन कोण 'i' के लिए अपवर्तन कोण 'r' है।

स्नेल के नियमानुसार

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r \Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin r}{\sin i}$$

हम जानते है कि $\frac{n_1}{n_2}$ का मान 1 से अधिक है। अर्थात् साइन r/ साइन i भी 1 से अधिक है। अतः अपवर्तन कोण, आपतन कोण से अधिक है अर्थात् r का मान i में अधिक है।

जब प्रकाश की किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में गमन करती है, तब वह आपतन कोण जिसके लिए यह किरण अपवर्तन के पश्चात् परिसीमा को छूती हुई उसी दिशा में बाहर निकलती है, इस आपतन कोण को क्रान्तिक कोण कहते है। यह चित्र-7 में दिखाया गया है।

माना कि C क्रान्तिक कोण है। तब r 90^0 का कोण बनता है।

$$\text{अतः} \frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin 90^o}{\sin c}$$

$$\Rightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{1}{\sin c}$$

$\sin c = \frac{n_1}{n_2}$ हमें ज्ञात है कि $\frac{n_1}{n_2}$ अर्थात् n_{12} को

SCERT TELANGANA

अपवर्तनांक कहते है। यह सघन माध्यम की विरल माध्यम के साथ अपवर्तनांक है।

$$\sin c = \frac{1}{n_{12}}$$

- उपरोक्त समीकरण के उपयोग से क्या आप पानी को क्रान्तिक कोण ज्ञात कर सकते है। आपकी कक्षा में व्याख्या कीजिए।
- अगर आपतन कोण, क्रान्तिक कोण से अधिक हो तब प्रकाश को क्या होगा?

जब आपतन कोण, क्रान्तिक कोण से अधिक हो जाता है तब अन्तपृष्ठ पर प्रकाश की किरण सघन माध्यम में परावर्तित् हो जाती है। अर्थात् प्रकाश कभी भी विरल माध्यम से नहीं प्रवेश होती। इस परिघटना को पूर्ण आन्तरिक परावर्तन कहते है। यह चित्र-7 में दिखाया गया है।

आपकी कक्षा में इन आलोचनाओं की व्याख्या कीजिए। एवं इससे पानी की क्रान्तिक कोण ज्ञात कीजिए। आइए पूर्ण आन्तरिक परावर्तन का एक उदाहरण देखे।

आइए, पूर्ण आंतरिक परावर्तन के कुछ प्रयोग देखे।

क्रियाकलाप 6

एक पारदर्शी काँच का ग्लास एवं एक सिक्का लीजिए। सिक्के को टेबल पर रखकर उस पर काँच का ग्लास रख दीजिए। सिक्के को ग्लास की दूसरी ओर से देखिए।

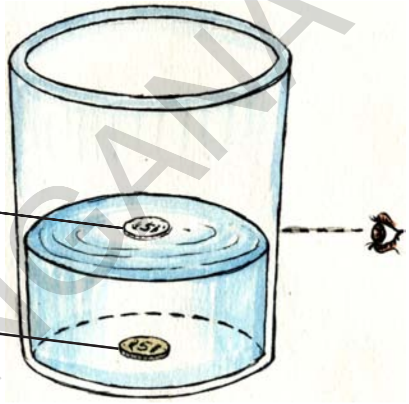
- क्या आप सिक्के को देख सकते हैं?

अब ग्लास में पानी डालकर ग्लास के पार्श्व से सिक्के को देखिए।

- क्या आप सिक्के को देख सकते है?
- सिक्का अदृश्य क्यों हो जाता है? समझाइए।

क्रियाकलाप 7

एक पारदर्शी बेलनाकार बर्तन लीजिए। (आप 1 L लीटर की बीकर ले सकते है।) इसके नीचे सिक्का रखिए। अब इसमें पानी तब तक डालिए जब तक कि सिक्के का प्रतिबिंब पानी के पृष्ठ पर दिखाई पडे। (पानी के पृष्ठ पर बीकर को पार्श्व से देखिए।) चित्र आठ देखिए।



चित्र-8

- क्या आप समझा सकते है कि सिक्के का प्रतिबिंब क्यों बनता है?

अपने चारो ओर ऐसी कई महत्वपूर्ण परिस्थितियाँ है जो पूर्ण आन्तरिक परावर्तन के कारण होती है। इसमें से एक मरीचिका है। ग्रीष्म ऋतु में एक दिन अगर आप रास्ते पर चल रहे होते है या गाडी चला रहे होते है तब आप मरीचिका महसूस कर सकते है।

मरीचिका(Mirages)

मरीचिका एक प्रकाशीय कल्पना है जिसमें हमें ऐसा लगता है कि रास्ते पर बहुत दूरी पर पानी इकट्ठा हुआ है। लेकिन जब हम वहाँ पहुँचते है तब पानी नहीं होता।

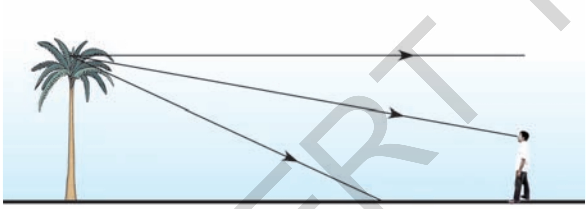
- क्या आप जानते हैं कि ऐसा क्यों दिखाई देता है?

मरीचिका एक ऐसा अच्छा उदाहरण है जहाँ माध्यम में अपवर्तनांक का मान बदलता है।

SCERT TELANGANA

चित्र-9(a)

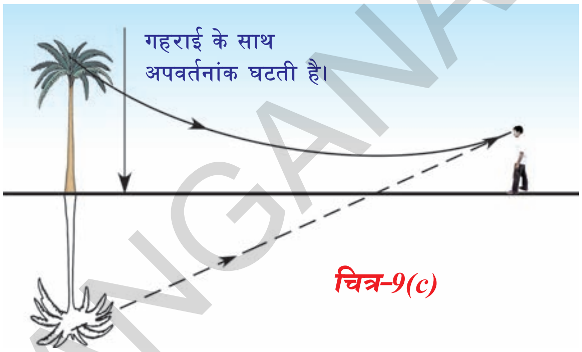
गर्मी में एक दिन, रास्ते पर वायु गरम होती है। जैसे-जैसे ऊपर पहुँचते है, वैसे-वैसे वायु ठंडी होती जाती है। इसका अर्थ है की ऊँचाई बढ़ने के साथ ताप घटता है। परिणामस्वरूप वायु का घनत्व ऊँचाई के साथ बढ़ता है। हमे ज्ञात है कि वायु का अपवर्तनांक उसके घनत्व के साथ बढ़ता है। अतः वायु क्र अपवर्तनांक ऊँचाई के साथ बढ़ता है। अर्थात् ऊँचाई पर वायु टंडी एवं इसका अपवर्तनांक अधिक होता है। रास्ते पर सटी हुई वायु में गर्म एवं इसका अपवर्तनांक कम होता है। गर्म पतली वायु में प्रकाश अधिक वेग से गमन करती है। ठंडी सघन वायु में प्रकाश सापेक्षतः धीमी गति से गमन करता है।



चित्र-9(b): जब हवा के घनत्व में कोई फर्क न हो तब प्रकाश किरणों की पथ

जब किसी लम्बी वस्तु जैसे एक वृक्ष या आकाश पर से प्रकाश रास्ते से लगी वायु माध्यम में गुजरती है, जिसकी अपवर्तनांक नीचे पृथ्वी की ओर जाते समय कम हो जाती है, तब यह प्रकाश की किरण अपवर्तित् होकर एक वक्राकार मार्ग पर चलती है। यह पूर्ण आंतरिक परावर्तन के कारण होता है। चित्र 9(c) देखिए।

यह अपवर्तित् प्रकाश उस दिशा में पहूँचती है जैसे चित्र 9c में दिखाया गया है। यह प्रेक्षक को ऐसी दिखाई पड़ती है जैसे यह किरण पृथ्वी से परावर्तित् हो रही है। अतः हमें यह कल्पना होती है कि रास्ते पर पानी है। (चित्र-9a में दिखाए जैसे)। यह आकाश की एक काल्पनिक प्रतिबिम्ब है (मरीचिका) एवं वृक्ष का एक उल्टा प्रतिबिम्ब है (चित्र 9c में दिखाए जैसे)



चित्र-9(c)

सोचो और विचार करो.

- मरीचिका, एक बहते हुए पानी की तरह क्यों दिखाई देती है?
- क्या आप मरीचिका की एक प्रतिबिम्ब (फोटो) निकाल सकते है?

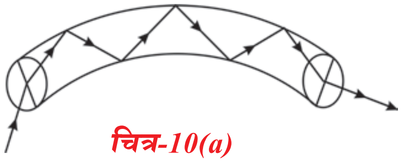
पूर्ण आंतरिक परावर्तन के अनुप्रयोग
(Applications of total internal reflection)

i) **हीरों की अपार चमक :** हीरों की अपार चमक का कारण है पूर्ण आंतरिक परावर्तन। हीरे का क्रान्तिक कोण (24.4°) कम है। अतः अगर एक प्रकाश की किरण धीरे से प्रवेश करती है तब, यह कई बार पूर्ण आन्तरिक परावर्तित् होती है जिसकी वजह से हीरा चमकता है।

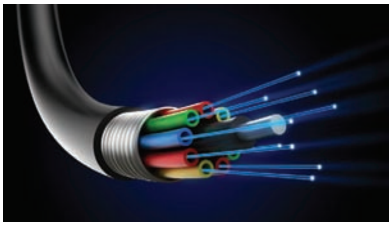
ii) **प्रकाशीय तंतु :** प्रकाशीय तंतु (आप्टिकल फइबर) की कार्य विधि का एक सिद्धांत पूर्ण

SCERT TELANGANA

आन्तरिक परावर्तन है। एक प्रकाशीय तंतु, एक काँच की बनी हुई पतली तंतु है। या फिर यह एक प्लास्टिक है जिसका अर्ध व्यास एक माइक्रोमीटर (10^{-6} मीटर) है। इन पतली तंतुओं का एक गुच्छा, मिलकर, एक प्रकाशीय पाइप बनाता है।



चित्र-10(a)



चित्र-10(b)

चित्र 10(a) में प्रकाशीय तंतु से प्रकाश के संचरण (ट्रान्समिसन) का सिद्धांत दर्शाया गया है। चित्र10(b) में प्रकाशीय तन्तू केवल दिखाया गया है। तंतु के बहुत कम त्रिज्या के कारण, इसमें प्रवेश लेने वाली प्रकाश, इसकी दीवारों को केवल छूती हुई आपतित होती है। आपतन कोण, क्रान्तिक कोण से अधिक होती है। अतः पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है। अतः इस तंतु में प्रकाश का संचरण होता है।

किसी चिकित्सक (डाक्टर) को, शरीर के सभी अंग आँख से नहीं दिखते। उदाहरण के लिए इन्टेस्टाइन। चिकित्सक, मरीज के मुख से, पेट के अन्दर, एक प्रकाशीय तन्तू पाइप डालता है। इस पाइप में तन्तू के एक सेट में से प्रकाश भेजा जाता है। यह पेट के अंदर के भाग को प्रकाशित कर देता है। तंतु के एक दूसरे सेट के द्वारा अंदर का प्रकाश बाहर आता है एवं प्रेक्षक अंदर के दृष्य को बाहर से देख सकता है। (यह साधारणतः कंप्यूटर में भेज कर स्क्रीन पर देखा जाता है।)

प्रकाशीय तंतु का एक अन्य महत्वपूर्ण अनुपयोग है - लाइट पाइप से संचारण सिग्नल संचरित करना। उदाहरण के लिए 2000 टेलीफोन सिग्नेल जो प्रकाश तरंगों से सही तरह से मिलायी गई हो, इसे एक प्रकार की प्रकाशीय तंतु से, एक ही साथ संचरित किया जा सकता है। इस तरह संचरित सूचना की स्पष्टता, साधारण विधि द्वारा संचरण से बहुत अधिक होती है।

- जल प्रकाश के पथ में एक काँच की स्लाब रखी जाती है तब प्रकाश का व्यवहार कैसा होता है?

  आइए देखे

काँच की स्लाब में अपवर्तन (Refraction Through a Glass Slab)

जब एक माध्यम को दो समतल समानान्तर पृष्ठों से अलग किया जाता है तब एक काँच का स्लाब बनता है। अगर इस स्लाब को किसी वस्तु के सामने रखा जाय तब इसके कारण बने प्रतिबिम्ब की स्थिति एवं प्रकृति का निर्धारण करते है। आइए एक प्रयोग करें।

प्रयोगशाला कार्य 2

उद्देश्य : ग्लास स्लाब द्वारा बने प्रतिबिम्ब की स्थिति एवं प्रकृति का निर्धारण करना।

उपयुक्त पदार्थ : ड्राईंग बोर्ड चार्ट कागज़, क्लैंप, स्केल, पेन्सिल पतली ग्लास स्लेब एवं पिन।

विधि :

एक प्लेंक पर चार्ट पेपर लगाइए। इसे क्लैंप कीजिए। इसके बीचों बीच एक काँच की स्लाब रखिए। पेन्सिल से इस स्लाब की किनारी रेखा खींचिए। इसे निकालने पर आपको एक आयताकार

SCERT TELANGANA

चित्र मिलेगा जिसके कोणों को A, B, C व D नाम दीजिए।

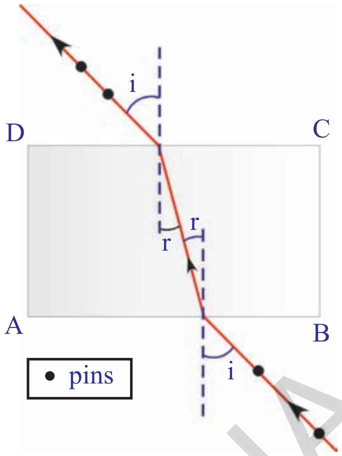
इस आयताकार चतुर्भुज में भुजा AB पर एक लम्ब खींचिए। दुबारा स्लाब को कागज पर रखिए जहाँ उसे पहले रखा गया था। दो पिन लीजिए। इन्हे AB पर खींची गयी लम्ब पर लगा दीजिए। दो और पिन लेकर, स्लाब की दूसरी ओर लगाइए ताकि सभी पिन एक ही सरल रेखा में दिखाई पडे। अब स्लाब को निकाल दीजिए। पिन को भी निकाल दीजिए। इन पिन द्वारा बनी बिन्दुओं को मिलाकर एक ऐसी सरल रेखा बनाइए जो किनारे AB तक पहुँचे आपको एक लम्बी सरल रेखा प्राप्त होगी।

- आप इससे क्या समझ सकते है?

स्लाब तल की एक ओर से लम्बवत प्रवेश करती हुई एक प्रकाश किरण दूसरी ओर से बिना किसी विचलन के बाहर निकलती है।

अब प्लेंक पर एक नया चार्ट लगाइए। इसे क्लैम्प कीजिए। इसके मध्य एक ग्लास स्लाब रखिए। इस स्लाब के किनारे को पेन्सिल से बनाइए। स्लाब को निकालकर इस आयताकार चतुर्भुज के किनारों को A, B, C एवं D नामांकित कीजिए। अब भुजा AB पर एक लम्ब खींचिए। इस लम्ब व AB की मिलन बिन्दु पर लम्ब से 30^0 का कोण बनाती हुई एक रेखा खींचिए। स्लाब पर गिरनेवाली आपतन रेखा को दर्शाती है। यह रेखा लम्ब से बनानेवाली कोण को आपतन कोण कहते है।

अब उसी जगह पर स्लाब को रखिए। 30^0 का कोण बनाती हुई खींची गयी रेखा पर दो पिन ऐसे लगाइए ताकि वे उर्ध्वाधर समान ऊँचाई पर खडे हो



चित्र-11

सकें। अब स्लाब की दूसरी ओर से देखकर दो और पिन ऐसे लगाइए ताकि चारो पिन एक ही सरल रेखा में नजर आए। अब स्लाब को निकालकर पिन भी निकाल लीजिए। पिन द्वारा बनी डाट को जोड़कर, CD तक एक सरल रेखा खींचिए। यह रेखा प्रकाश की उत्सर्जित् किरण कहलाती है।

इस उत्सर्जित् किरण, की, CD पर मिलाप बिन्दु पर एक लम्ब OM खींचिए, इस लम्ब एवं उत्सर्जित् किरण के बीच कोण मापिए। इसे उत्सर्जन कोण कहते है। (चित्र -11 से आपके चित्र की तुलना कीजिए।)

- क्या बनायी गयी रेखाएँ एक सरल रेखा में होती हैं?
- क्या आपतन कोण एवं उत्सर्जन कोण समान एवं बराबर हैं?
- क्या आपतन किरण एवं उत्सर्जन किरण समानान्तर हैं?

आप एक मुख्य परिणाम देख सकते हैं। आपतन किरण एवं उत्सर्जन किरण एक दूसरे के समानान्तर हैं।

- क्या आप इन किरणों के बीच दूरी निकाल सकते हैं?

SCERT TELANGANA

इन समानान्तर किरणों के बीच दूरी को ही पार्श्व स्थानांतरण (lateral shift) कहते हैं। इसे मापिए अलग-अलग आपतन कोण के लिए इसे दोहराइए एवं सारणी (4) में आपतन कोण एवं शिफ्ट के मूल्य लिखिए।

- क्या आप आपतन कोण एवं स्थानांतरण में कोई सम्बन्ध बता सकते हैं?
- क्या आप स्लाब की अपवर्तनांक ज्ञात कर सकते है?

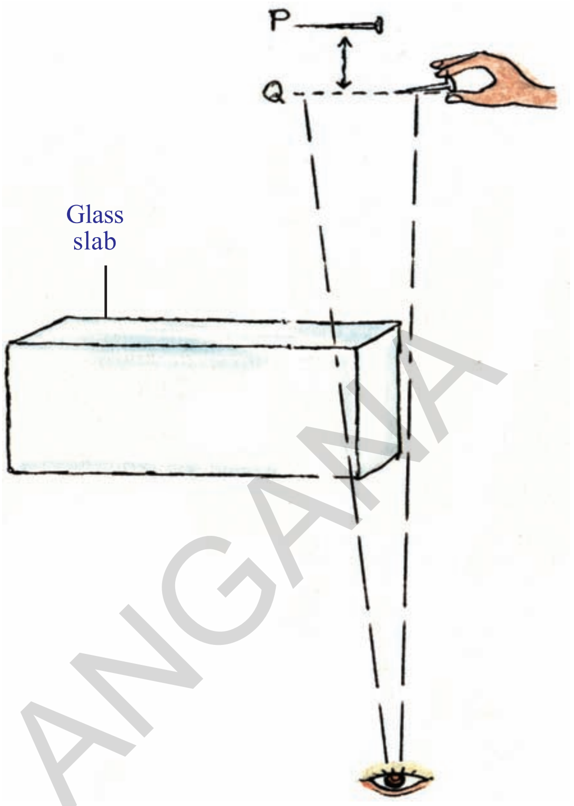
सारणी - 4

आपतन कोण	शिफ्ट

आइए हम स्लाब की अपवर्तनांक ज्ञात करे।

क्रियाकलाप 8

स्लाब की मोटाई का माप लीजिए। इसे अपनी पुस्तक में लिखिए। टेबल पर सफेद चार्ट लगाइए। अब स्लाब को इस चार्ट के मध्य में रखिए। इसके किनारे पेन्सिल से बनाइए। स्लाब को हटा दीजिए। ये किनारे एक आयताकार बनाते है। इसके कोनों को A,B,C एवं D से नामांकित कीजिए। इसमें लम्बी भुजा AB के किसी बिन्दु पर लम्ब खींचिए। चतुर्भुज ABCD में फिर से स्लाब को रख दीजिए। एक पिन लीजिए इसे P बिन्दु पर, AB के समानान्तर, AB पर खींची गयी लम्ब पर AB से 15 से.मी. दूरी पर अब



चित्र-12

दूसरी पिन लेकर लगाइए। स्लाब की दूसरी ओर से पहले पिन को देखते हुए, इसे पहले पिन की ओर इस तरह रखिए ताकि पहली एवं दूसरी पिन एक ही सरल रेखा में दिखे। यह प्रयोग करते समय अपनी दृष्टि स्लाब के किनारे पर रखें। पहली पिन स्लाब के भीतर से और दूसरी पिन स्लाब के बाहर से अर्थात् हवा में से दिखाई दें। स्लाब को निकालकर दोनों पिन की स्थिति देखिए।

- क्या ये दोनों पिन एक ही सरल रेखा में होती है?

SCERT TELANGANA

दूसरी पिन से पहली पिन रखी गयी रेखा पर एक लम्ब खींचिए। इस मिलन बिन्दु को 'Q' मानिए। P एवं Q में दूरी ज्ञात कीजिए। इसे हम ऊर्ध्वाधर शिफ्ट कहते है।

- क्या यह शिफ्ट, पहली पिन की स्लाब से दूरी पर निर्भर नहीं करता।

इसे ज्ञात करने के लिए यही विधि, पहली पिन की AB से अलग-अलग दूरियों के लिए देहराइए। आपको ऊर्ध्वाधर शिफ्ट (vertical shift) समान प्राप्त होगा। हम एक सूत्र के उपयोग से काँच की अपवर्तनांक ज्ञात कर सके है।

$$\text{अपवर्तनांक} = \frac{\text{स्लाब की मोटाई}}{(\text{स्लाब की मोटाई} - \text{उर्ध्वाधर शिफ्ट})}$$

मुख्य शब्द

अपवर्तन, आपतित किरण, अपवर्तित् किरण, आपतन कोण, अपवर्तन कोण, परम अपवर्तनांक, सापेक्षिक अपवर्तनांक, स्नेल का नियम, क्रान्तिक कोण, पूर्ण आन्तरिक परावर्तन, मरीचिका, शिफ्ट, प्रकाशीय तंतु ।

हमने क्या सीखा ?

- जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में गमन करता है तब अर्न्तपृष्ठ पर इसकी दिशा बदल जाती है। दो माध्यमों की परिसीमा पर दिशा परिवर्तन को ही अपवर्तन कहते है।
- परम अपवर्तनांक = निर्वात् में प्रकाश की चाल / माध्यम में प्रकाश की चाल ⇨ n=c/v.
- सापेक्षिक अपवर्तनांक $n_{21} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1}$.
- स्नेल के नियम निम्न है, n_1 साइन i = n_2 साइन r .
- वह आपतन कोण जिसके लिए प्रकाश किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाते हुए, अर्न्तपृष्ठ को छूती हुई, उसकी दिशा में निकल जाती है, उस कोण को उस माध्यम का क्रान्तिक कोण कहते है। साइन C = n_2/n_1, जहाँ n_1 माध्यम का अपवर्तनांक है, एवं n_2 विरल माध्यम की अपवर्तनांक है। ($n_1 > n_2$)
- जब आपतन कोण क्रान्तिक कोण से अधिक होता है तब, प्रकाश किरण, अर्न्तपृष्ठ पर वापस सघन माध्यम में परावर्तित् हो जाता है। इस परिघटना को पूर्ण आन्तरिक परावर्तन कहते है।

अभ्यास में सुधार

I संकल्पना पर पुनर्विचार (Reflection on Concept)

1) हीरे में प्रकाश का वेग वायु में 1,24,000 किमी/सेकन्ड है। अगर प्रकाश का वेग 3, 00,000 किमी/से है, तब हीरे का अपवर्तनांक ज्ञात कीजिए।(AS1) (उत्तर: 2.42)

SCERT TELANGANA

2) पानी की तुलना में काँच का अपवर्तनांक 9/8 है। काँच की तुलना में पानी का अपवर्तनांक कितना होगा? (AS1) (उत्तर : 8/9)

3) पानी का परम अपवर्तनांक 4/3 है। इसका क्रान्तिक कोण ज्ञात कीजिए। (AS1) (उत्तर : sin C = ¾))

4) अगर बेन्जीन का वायु के साथ क्रान्तिक कोण 42^0 है तब इसका अपवर्तनांक कितना होगा? (AS1) (उत्तर :1.51)

5) मरीचिका की बनावट समझाइए। (AS1)

6) एक स्वच्छ किरण चित्र की सहायता से, एक काँच की स्लाब में प्रकाश का अपवर्तन समझाइए। (AS5)

7) सितारें क्यों चमकते हैं? (AS7)

II संकल्पना का उपयोग (Application of concept)

1) हवा-द्वारा अन्तर्पृष्ठ पर 45^0 कोण से एक प्रकाश की किरण आपतित है। यह 30^0 से अपवर्तित होती है। द्रव का अपवर्तनांक ज्ञात कीजिए। (AS7) (उत्तर : 1.414)

2) किन प्रयोगों में, दो माध्यमों के अन्तर्पृष्ठ पर, प्रकाश की किरण अविचलित होती है? (AS7)

3) टेबल पर एक वस्तु रखिए। इसे एक पारदर्शी काँच की स्लाब रखकर देखिए आप देखते हैं कि यह वस्तु और समीप दिखती है। इस परिस्थिति के लिए प्रकाश के गमन का एक किरण चित्र बनाइए। (AS5)

4) काँच की अपेक्षा हीरा क्यों अधिक चमकता है, जबकी दोनों के आकार समान है? (AS7)

III उच्चस्तरीय चिंतन (Higher order thinking)

1) पानी में तैरती हुई मछली को मारना (शूट करना) क्यों कठिन है? (AS1)

2) एक टम्बलर में पानी के अन्दर किसी कोण पर डुबोई गयी टेस्टट्यूब को किसी कोण से देखने पर, यह एक दर्पण की सतह जैसी दिखाई पड़ती है। क्यों? (AS7)

3) एक कैम्प फायर (भट्टी) पर बैठने पर इस भट्टी की दूसरी ओर की वस्तुएँ झूमती हुई दिखाई पड़ती है। इसका कारण बताइए। (AS7)

सही उत्तर चुनिए।

1. निम्न में से स्नेल का नियम कौन-सा है - [ ]

a) n_1 साइन i = साइन r/ n_2 b) n_1/n_2 = साइन r / साइन i

c) n_2/n_1 = साइन r / साइन i d) n_2 साइन i = नियतांक

2. हवा के सापेक्ष काँच का अपवर्तनांक 2 है। काँच - हवा की अन्तर्पृष्ठ पर क्रान्तिक कोण .... है। [ ]

a) 0^o b) 45^o c) 30^o d) 60^o

SCERT TELANGANA

3. जब एक प्रकाश किरण .... से गमन करती है तब पूर्ण आन्तरिक परावर्तन होता है। [ ]

a) विरल से सघन माध्यम b) विरल से विरल माध्यम

c) सघन से विरल माध्यम d) सघन से सघन माध्यम

4. काँच की स्लाब द्वारा प्राप्त विचलन कोण .... है। [ ]

a) 0^o b) 20^o c) 90^o d) 180^o

5. मरीचिका किस घटना का उदाहरण है। [ ]

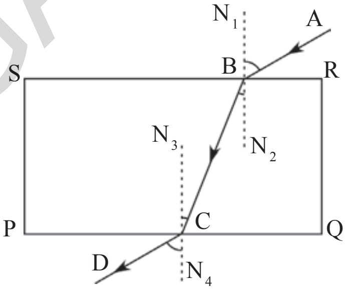
a) परावर्तन b) अपवर्तन c) पूर्ण आंतरिक परावर्तन d) स्थानांतरण

6. बरफ बेंजीन, रूबी, तथा केरोसीन के क्रांतीक कोण क्रमशः 1.31, 1.50, 1.71 तथा 1.44 होंगे, कौनसे माध्यम से प्रकाश धीमी गति से गमन करता है? [ ]

a) बरफ b) बेंजीन c) रूबी d) केरोसीन

7. वायु की तुलना में पानी का अपवर्तनाक 4/3 है तो इनके क्रांतिक कोण का संबंध क्या होगा? [ ]

a) 4 b) 3 c) 4/3 d) 3/4



8. शिवा ने किरण के पथ को ट्रेस करने के लिए चित्र में दिखाए अनुसार प्रयोग किया। अध्यापक ने उत्सर्जित किरण को पहचानने केलिए कहा शिवा ने कौनसा बताया होगा? [ ]

a) AB b) BC

c) CD d) N_2

प्रस्तावित प्रयोग (Suggested Experiments)

1. प्रयोग करके सिद्ध कीजिए $\frac{\sin i}{\sin r}$ का मान एक नियतांक है?

2. कुछ क्रियाकलापों द्वारा पूर्ण आंतरिक परावर्तन की परिघटना समझाइए।

3. जब प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करता है तब अपवर्तन कोण, आपतन कोण से अधिक होता है सिद्ध करने के लिए प्रयोग कीजिए।

4. एक चमकती हुई धातु की गेंद लेकर इसे मोमबत्ती की आंच में रखकर काला कर दीजिए। इसे पानी में डुबोइए। यह कैसा लगता है और क्यों? (कुछ कल्पना कर इस प्रयोग को कीजिए।)

5. एक कांच के बर्तन को लेकर इसमें थोडा सा ग्लीसरीन डालिए। अब इसमें बर्तन भरने तक पानी डालिए। एक क्वार्टज की बनी काँच छड़ (क्वार्टज एक प्रकार की काँच है) लेकर इसे बर्तन में रखिए। काँच की बर्तन के दीवार से देखते हुए इस छड़ को प्रेक्षित कीजिए।

- आप क्या परिवर्तन देखते है?
- इन परिवर्तन के क्या कारण हो सकते हैं?

SCERT TELANGANA

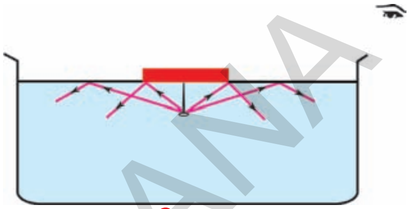
6. कांच तथा पानी का वायु के साथ क्रान्तीक कोण क्रियाकलाप-5 की सहायता से ज्ञात किजीए।

7. प्रयोग 7 दुबारा कीजिए। पानी की क्रांतिक कोण किस प्रकार निकाल सकते हैं। विधि में अलग-अलग चरणों को संक्षिप्त में समझाइए।

प्रस्तावित परियोजनाएँ (Suggested Project Works)

1. निम्न माध्यमों के अपवर्तनांक के मान एकत्रित कीजिए।

   पानी, नारियल तेल, फ्लिंट काँच, क्रौन काँच, हीरा, बेन्जीन, हाइड्रोजन गैस।



चित्र - P4

2. प्रकाशित तंतु की कार्यकलाप पर जानकारी कीजिए।

3. दैनिक जीवन में प्रकाशित तंतु के विभिन्न उपयोग पर एक टिप्पणी लिखिए।

4. एक पतली थर्मोकोल शीट लीजिए। इसे वृत्ताकार डिस्क के रूप में काटिए। इन वृत्तों की त्रिज्या 2 सें.मी., 3 सें.मी., 4सें.मी इत्यादी हो। इनके केंद्र को स्केच पेन से मार्क कीजिए। अब लगभग 6 सें.मी लंबी सूइयाँ लीजिए। प्रत्येक डिस्क पर एक सुई अर्ध्वाधर लगाइए। एक बडी अपारदर्शी ट्रे में पानी लीजिए। चित्र P4 में दिखाए जैसे 2 सेमी त्रिज्या की एक डिस्क को पानी में उसी तरह रखिए जिससे सूई पानी के अंदर हो। अब पानी के पृष्ठ के ऊपर से सूई मुक्त शीर्ष को देखने का प्रयत्न कीजिए।

- क्या आप सूई का शीर्ष देख सकते है?

  अब बाकी डिस्क लेकर इसे दोहराइए। प्रत्येक बार सूई का सिरा देखने का प्रयास कीजि।

नोट : अन्य डिस्क के साथ यह प्रयोग दोहराते समय, आपके आँख की स्थिति एवं पानी के पृष्ठ पर डिस्क की स्थिति बदलनी नहीं चाहिए।

- किस अधिकतम त्रिज्या वाली डिस्क पर आप सूई के सिरे को देख सकते है?
- कुछ त्रिज्याओं वाली डिस्क पर आप सूई का सिरा क्यों नहीं देख पाए?
- क्या यह प्रयोग, माध्यम (पानी) की क्रांतिक कोण ज्ञात करने में सहायक है?
- अलग-अलग स्थितियों में, सूई के सिरे से प्रकाश किरण के गमन को दर्शाते हुए एक चित्र बनाइए।

SCERT TELANGANA