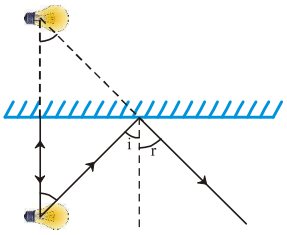


अध्याय–10

प्रकाश : परावर्तन एवं अपवर्तन समतल सतह से

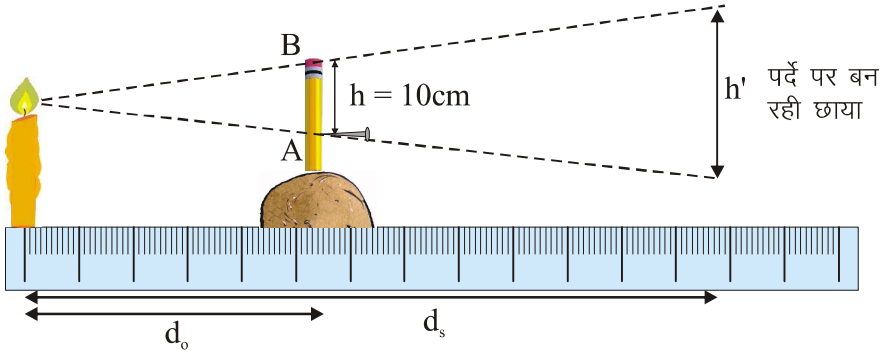
(LIGHT: REFLECTION AND REFRACTION FROM PLANE SURFACE)

पिछली कक्षा में आपने पढ़ा है कि प्रकाश सरल रेखा में गमन करता है। किसी प्रकाश स्रोत से दर्पण व काले कागज की सहायता से प्रकाश किरण प्राप्त की थी। इस प्रकाश किरण से आपने कई प्रयोग भी करके देखे थे। आपने देखा था कि जब कोई वस्तु प्रकाश के मार्ग में रुकावट पैदा करती है, तो उस वस्तु की छाया उत्पन्न होती है। छाया इस बात पर निर्भर करता है कि वस्तु प्रकाश के लिए कितनी अपारदर्शक है। पूर्णतः पारदर्शक वस्तु की छाया नहीं बनती। परंतु वास्तविकता में अधिकांश वस्तुएँ पूर्णतः पारदर्शक अथवा अपारदर्शक नहीं होती हैं। वस्तु अपने ऊपर पड़ने वाले प्रकाश की कुछ मात्रा को परावर्तित करती हैं, कुछ मात्रा को अपवर्तित करती हैं व कुछ मात्रा को अवशोषित करती हैं।

आपने प्रयोगों द्वारा यह भी देखा था कि प्रकाश हमेशा सरल रेखीय पथ पर गमन करता है। क्या यही कारण है कि हमें दूसरे कमरे में रखी वस्तु दिखाई नहीं देती है?

इस अध्याय में हम समतल सतहों पर प्रकाश के परावर्तन एवं अपवर्तन की घटना का अध्ययन करेंगे। हम प्रकाश किरण को एक सरल रेखा से प्रदर्शित करते हुए छाया व परावर्तन या अपवर्तन द्वारा बनने वाले प्रतिबिंब के बारे में अध्ययन करेंगे। इसमें आप सीखेंगे कि रेखागणित का उपयोग कर हम कई उपयोगी सूत्र बना सकते हैं और उनसे प्रतिबिंब का स्थान, प्रकृति, आकृति का सटीक अनुमान लगा सकते हैं। परंतु उससे पहले हम छाया का अवलोकन एक क्रियाकलाप द्वारा करेंगे।

क्रियाकलाप–1



चित्र–1

पेंसिल के भाग की छाया की लंबाई का अवलोकन करने के लिए पेंसिल को आलू के कटे टुकड़े पर लंबवत लगाएँ ताकि वह स्थिर रहे। अब पेंसिल के ऊपरी भाग से 10 सेमी. नीचे एक ऑलपिन को मोम या गोंद से लंबवत चिपकाएं। पेंसिल की छाया का अवलोकन करें। प्रकाश स्रोत से पेंसिल व पर्दे की दूरी को बढ़ाने व घटाने से छाया की लम्बाई में होने वाले परिवर्तन को देखेंगे।

- यदि स्रोत से पेंसिल की दूरी घटा दी जाए, अर्थात् पेंसिल व पर्दे की दूरी बढ़ा दी जाए और पर्दे को स्थिर रखा जाए, तो छाया का आकार बढ़ जाता है। यदि पेंसिल को स्रोत से दूर लिया जाए तो छाया छोटी हो जाती है।
- यदि पर्दे व पेंसिल को स्थिर रखा जाए और स्रोत को पेंसिल के पास लाया जाए, तो छाया बड़ी होती है, स्रोत को और दूर ले जाने पर छाया छोटी हो जाती है।
- यदि पेंसिल व स्रोत को स्थिर रखा जाए और पर्दे को पेंसिल से दूर बढ़ाया जाए तो पेंसिल की छाया का आकार बड़ा हो जाता है जबकि पर्दे को पेंसिल के करीब लाने पर छाया छोटी हो जाती है।

छाया के आकार व प्रकाश स्रोत की दूरी का अनुपात, वस्तु के आकार व उसकी स्रोत से दूरी के अनुपात के बराबर होता है। अर्थात्

$$\frac{\text{वस्तु की लंबाई}}{\text{वस्तु व प्रकाश स्रोत की दूरी}} = \frac{\text{छाया की लंबाई}}{\text{छाया व प्रकाश स्रोत की दूरी}}$$

$$\frac{h}{d_o} = \frac{h'}{d_s} \Rightarrow h' = \frac{h\,d_s}{d_o}$$

ऊपर किए गए क्रियाकलाप से नीचे दी गई सारणी को भरें– पेंसिल की लम्बाई (h) = 10 सेमी.

सूत्र से छाया की लम्बाई $= h' = \frac{h\,d_s}{d_o} = 10 \times \frac{d_s}{d_o}$

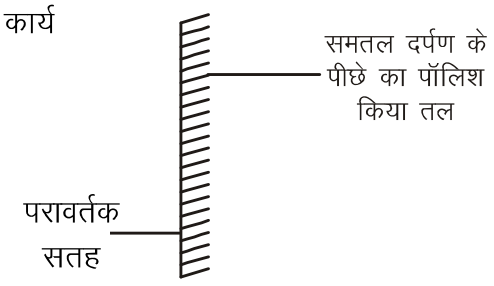
क्र.	मोमबत्ती से पेंसिल की दूरी (d_o)	मोमबत्ती से पर्दे की दूरी (d_s)	पेंसिल की लम्बाई (h)	सूत्र से प्राप्त छाया की लम्बाई (h')
1.	20 सेमी.	10 सेमी.		
2.	20 सेमी.	20 सेमी.		
3.	30 सेमी.	10 सेमी.		
4.	30 सेमी.	20 सेमी.		
5.	40 सेमी.	10 सेमी.		
6.	40 सेमी.	20 सेमी.		

क्या आप सूत्र की पुष्टि कर पाए?

अब आप भी किसी परिस्थिति में छाया की लंबाई का अनुमान लगा सकेंगे।

10.1 समतल दर्पण पर परावर्तन द्वारा प्रतिबिंब रचना

कोई भी समतल चमकमदार सतह समतल दर्पण की तरह कार्य करती है। समतल दर्पण में दरअसल एक सिल्वर धातु की पतली सी परत होती है जिसे सुरक्षित रखने के लिए एक और पारदर्शी काँच व दूसरी ओर गहरा रंग पोता जाता है। सिल्वर धातु प्रकाश का बहुत अच्छा परावर्तक होता है। यह दर्पण में परावर्तक तल का कार्य करता है।



चित्र–2 : परावर्तन तल

आपने परावर्तन के नियम पढ़े हैं जिसके अनुसार

1. परावर्तन कोण सदैव आपतन कोण के बराबर होता है।
2. आपतित किरण, आपतन बिंदु पर अभिलंब तथा परावर्तित किरण सभी एक ही तल में होते हैं।

आइए हम क्रियाकलापों द्वारा इन नियमों को समझेंगे।

10.1.1 परावर्तन के नियमों का अध्ययन

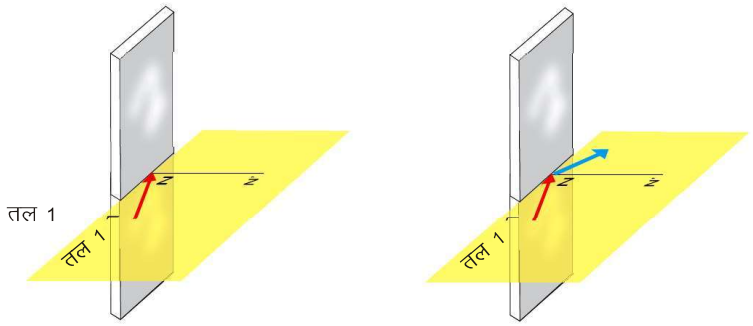
1. परावर्तन कोण, आपतन कोण के बराबर होता है

इस नियम को समझने के लिए हम प्रायोगिक कार्य–2 पृ. सं. 330 करके देखेंगे।

2. आपतित किरण, अभिलंब तथा परावर्तित किरण एक ही तल में होते हैं।

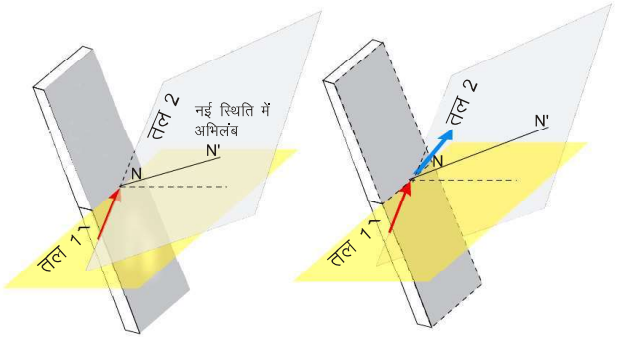
आपतित किरण दर्पण पर जिस बिंदु पर पड़ती है, आपतन बिंदु कहलाता है। आपतन बिंदु पर दर्पण से बनने वाला अभिलंब व आपतित किरण जिस तल पर है, परावर्तित किरण भी उसी तल पर होती है। यही परावर्तन का दूसरा नियम है। इस स्थिति में तीनों ही कागज़ के तल पर हैं। ऐसी स्थिति में यह आवश्यक है कि कागज की सतह दर्पण के तल के ठीक अभिलंब पर हो।

नीचे दिए चित्र में दर्पण को सतह पर सीधा खड़ा रखा गया है। आपतित किरण (लाल रंग) व अभिलंब के तल को पीले रंग में दर्शाया है। परावर्तन के दूसरे नियम के अनुसार परावर्तन किरण (नीले रंग में दशाई गई है) भी इसी तल पर होगी।



चित्र–3 (अ)

यदि हम दर्पण को नीचे दिए चित्र अनुसार घुमा दें तो क्या होगा? अभिलंब कहाँ होगा?



चित्र–3 (ब)

अभिलंब की दिशा को समझने के लिए किसी समतल दर्पण पर गोंद या मोम से एक माचिस की तीली को लंबवत चिपका लें। अब दर्पण को अलग–अलग कोणों पर घुमाकर माचिस की दिशा (अभिलंब की दिशा) को देखें।

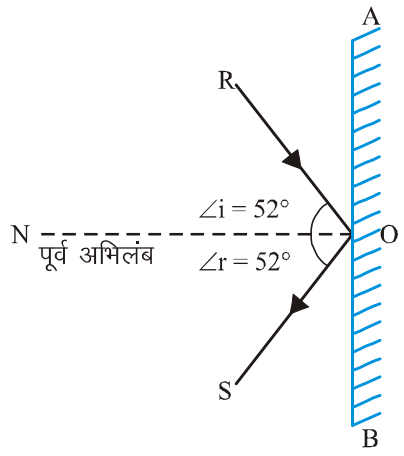
10.1.2 समतल दर्पण के घूमने का परावर्तित किरण पर प्रभाव

यदि हम समतल दर्पण को $\theta = 35°$ कोण से घुमा दें तो दर्पण पर बनने वाले अभिलंब की दिशा क्या होगी? परावर्तित किरण कितने कोण से घूम जाएगी? इसे हम चित्र–4 द्वारा समझेंगे।

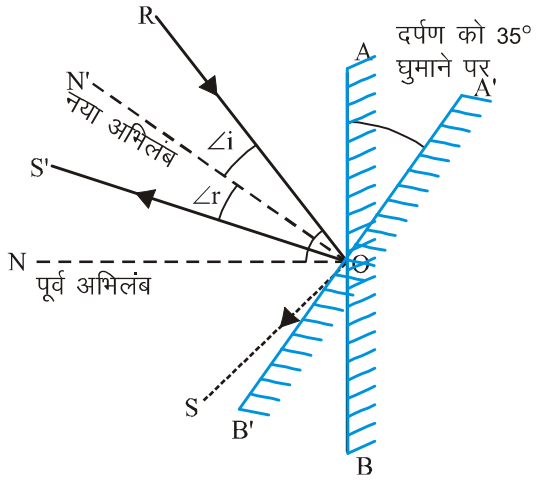
एक प्रकाश किरण समतल दर्पण AB पर अभिलंब से 52° कोण पर आपतित होती है।

अब आपतित किरण को स्थिर रखते हुए, समतल दर्पण को आपतन बिंदु पर $\theta = 35°$ के कोण से घुमा दिया जाए। तो आपतन बिंदु पर बना अभिलंब भी पूर्व स्थिति से $\theta = 35°$ कोण से घूम जाता है। इस समय दर्पण की नई स्थिति A'B' व अभिलंब की नई स्थिति ON' हो जाती है। जैसा कि हम देख सकते हैं, आपतन कोण नई स्थिति में पूर्व की तुलना में छोटा हो जाता है।

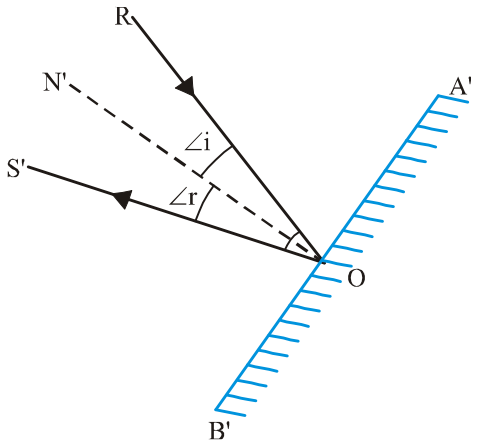
क्या आप बता सकते हैं कि नई स्थिति में परावर्तन कोण कितना होगा?



(अ) पूर्व स्थिति



(ब) दोनों स्थितियों (अ), (स) का संयुक्त रूप



ON = पूर्व अभिलंब

ON' = नया अभिलंब

RO = आपतित किरण

OS = पूर्व परावर्तित किरण

OS' = नई परावर्तित किरण

(स) $\theta = 35°$ कोण से घूमने पर स्थिति

चित्र–4

हल : नये अभिलंब से आपतन कोण $= \angle i - 35° = 52° - 35° = 17°$

परावर्तन के नियम अनुसार $\angle i = \angle r$

अतः नये अभिलंब से परावर्तन कोण $= 17°$

$\angle SON$ और $\angle S'ON'$ में अंतर $= 52 + 35 - 17 = 70°$

अर्थात् हमारी परावर्तित किरण $70° = 2 \times 35°$ प्राप्त हुई।

अतः जब समतल दर्पण आपतन बिंदु पर θ कोण से घूमता है तब परावर्तन किरणें $2\theta°$ कोण से घूम जाती हैं।

क्रियाकलाप–2

सारणी की पूर्ति करें–

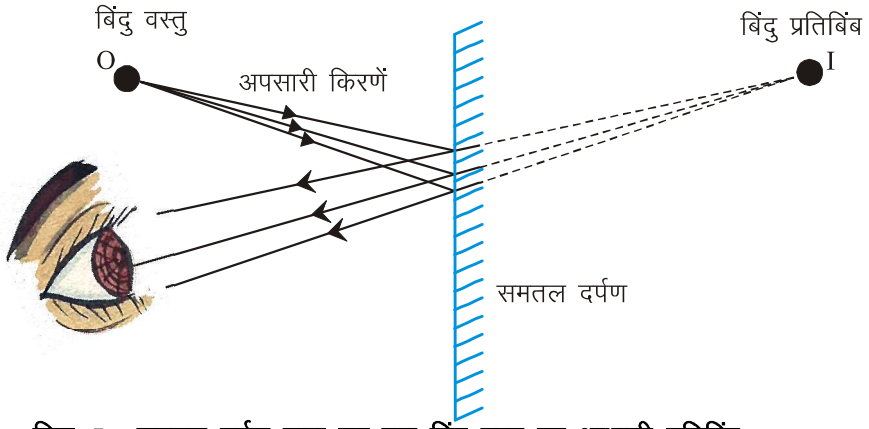
क्र.	आपतन कोण	दर्पण को θ कोण से घूमाने पर	नई स्थिति में परावर्तन कोण

10.2 समतल दर्पण पर बिन्दु वस्तु का प्रतिबिंब बनना

चित्र में दिखाए अनुसार एक बिंदु वस्तु O समतल दर्पण के सामने रखी हुई है। वस्तु O से कुछ प्रकाश की किरणें दर्पण पर पड़कर परावर्तित हो जाती हैं। जब हम दर्पण में देखते हैं तो ऐसा लगता है कि परावर्तित किरणें बिंदु I से आ रही हैं। अर्थात् बिंदु I, बिंदु O का प्रतिबिंब है।

जब हमारी आँखों को आभास होता है कि प्रकाश किरणें एक बिंदु से आ रही है जबकि वास्तव में प्रकाश किरणें उस बिंदु से नहीं आ रही होती हैं। तब ऐसे बिंदु को आभासी बिंदु कहते हैं और इस प्रकार से बनने वाले प्रतिबिंब को आभासी प्रतिबिंब कहते हैं।

इस प्रकार का प्रतिबिंब आभासी प्रतिबिंब होता है। यह दर्पण पर परावर्तन पश्चात्, फैली हुई किरणों को दर्पण के पीछे की तरफ बढ़ाकर एक बिंदु पर मिलाने से बनता है।



चित्र–5 : समतल दर्पण द्वारा बन रहा बिंदु वस्तु का आभासी प्रतिबिंब

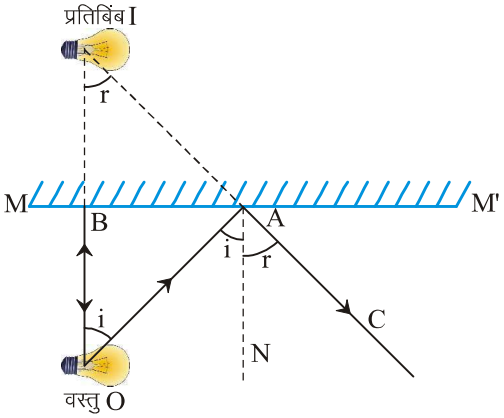
आँखों द्वारा ग्रहण की गई प्रकाश की परावर्तित किरण दर्पण के पीछे किसी बिंदु से उत्पन्न होती प्रतीत होती है। प्रतिबिंब I उतनी ही दूरी पर नज़र आता है जितनी दूरी पर वस्तु O है। इसको हम ज्यामितीय द्वारा भी सिद्ध कर सकते हैं।

10.2.1 समतल दर्पण द्वारा बने आभासी प्रतिबिंब की दूरी

समतल दर्पण के सामने खड़े होकर आप देखेंगे कि आपका प्रतिबिंब दर्पण के पीछे उतनी ही दूरी पर दिखाई देता है जितनी दूरी पर आप दर्पण के सामने खड़े हैं। यह देखने के लिए आप अपने और दर्पण के बीच एक मीटर स्केल रखकर देखें। आपका प्रतिबिंब मीटर स्केल से कितनी दूरी पर बनता है? जब आप दर्पण की तरफ बढ़ते हैं तब आपका प्रतिबिंब किस ओर बढ़ता है? दर्पण से दूर जाने पर क्या होता है?

माना कि कोई वस्तु समतल दर्पण MM' से OB दूरी पर है। AN दर्पण पर अभिलंब है।

परावर्तन के नियमों के अनुसार प्रकाश की किरण OA दर्पण पर आपतित होती है और परावर्तन के पश्चात् AC दिशा में चली जाती है। प्रकाश की दूसरी किरण OB, जो दर्पण से अभिलंबित है, परावर्तन के पश्चात् उसी दिशा में वापस आ जाती है। इन दोनों परावर्तित किरणों AC व OB को दर्पण के पीछे की ओर बढ़ाने पर वे बिंदु I पर मिलती हैं। अर्थात् वस्तु O का आभासी प्रतिबिंब I बिंदु पर बनता है।



चित्र–6

चित्र के अनुसार,

यदि आपतन कोण $\angle OAN = \angle i$ है,

तो $\angle BOA = \angle i$ (एकांतर कोण) .....(1)

और यदि परावर्तन कोण $\angle NAC = \angle r$ है,

तो $\angle BIA = \angle r$ (संगत कोण) .....(2)

परावर्तन के नियमानुसार $\angle i = \angle r$ .....(3)

अतः समी. (1), (2) व (3) से

ΔBOA और ΔBIA में

$\angle BOA = \angle BIA$ ($\angle i = \angle r$)

$\angle OBA = \angle IBA$ (अभिलंब द्वारा 90° बना)

$AB = AB$ (उभयनिष्ठ भुजा)

(को. भु. को. सर्वांगसमता प्रमेय से) ΔBOA और ΔBIA एवं $OB = BI$

$\angle OAB = \angle IAB$ (त्रिभुज के अंतःकोणों का योग 180°)

अर्थात् प्रतिबिंब की दूरी समतल दर्पण से उतनी ही है जितनी वस्तु की दूरी।

प्रश्न–2 : यदि कोई वस्तु समतल दर्पण से 30 सेमी. की दूरी पर स्थित है। तब समतल दर्पण द्वारा बनने वाले प्रतिबिम्ब की वस्तु से कुल दूरी ज्ञात कीजिए।

हल : वस्तु की समतल दर्पण से दूरी = 30 सेमी.

वस्तु का प्रतिबिंब समतल दर्पण से उतनी ही दूरी पर बनता है जितनी दूरी पर समतल दर्पण से दूर वस्तु रखी गई है।

अतः प्रतिबिंब की दर्पण से दूरी = दर्पण की वस्तु से दूरी

वस्तु से प्रतिबिंब की दूरी

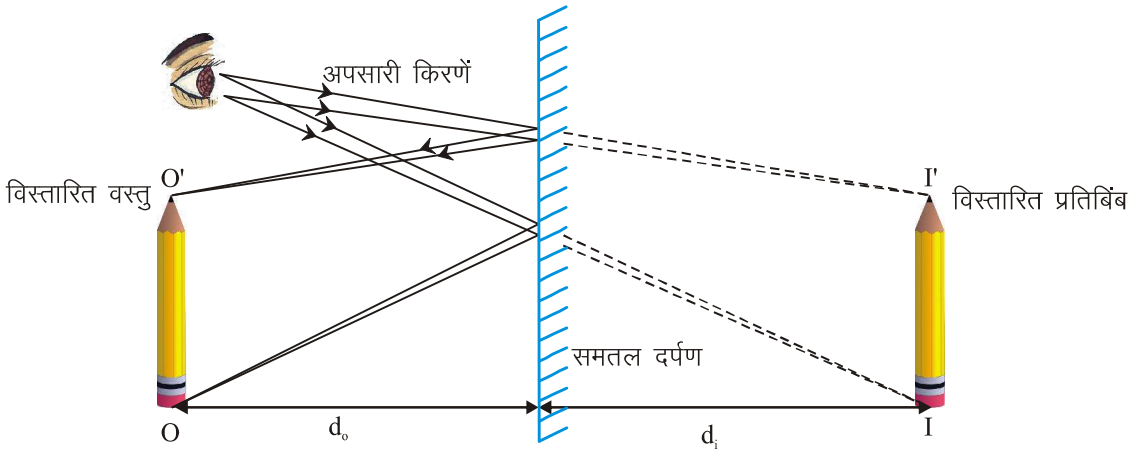
= 30 सेमी + 30 सेमी

= 60 सेमी

अतः प्रतिबिंब की वस्तु से कुल दूरी 60 सेमी.

10.3 समतल दर्पण पर विस्तारित वस्तु का प्रतिबिंब बनना

मान लीजिए कि एक वस्तु OO' दर्पण के सामने रखी है। परावर्तन के नियम के अनुसार दर्पण पर पड़ने वाली आपतित किरणें व परावर्तित किरणें कुछ इस प्रकार होंगी।



चित्र–7 : समतल दर्पण द्वारा किसी वस्तु O O' का आभासी प्रतिबिंब I I'

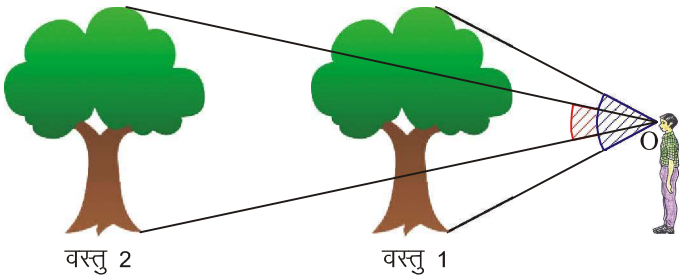
बिंदु O व O' से आने वाली किरणें दर्पण द्वारा परावर्तित हो जाती हैं और ऐसा लगता है मानों I व I' से आ रही हों। अर्थात् I, O का प्रतिबिंब है व I', O' का प्रतिबिंब है। O व O' के बीच के शेष सभी बिंदुओं के प्रतिबिंब भी I व I' के बीच में बन जाते हैं।

जब आप स्वयं को समतल दर्पण में देखते हैं तो आपके प्रतिबिंब के आकार और आपके आकार में क्या फर्क होता है? क्या आपके प्रतिबिंब की ऊँचाई आपके ऊँचाई जितनी ही होती है?

आप अपने हाथ में एक पेंसिल अथवा कोई वस्तु पकड़कर समतल दर्पण के सामने अपना प्रतिबिंब देखें। अब वस्तु को दर्पण से दूर व अपनी आँख के पास ले जाएँ। वस्तु के प्रतिबिंब के आकार में क्या कोई अंतर आया?

इसे समझने के लिए एक उदाहरण लेते हैं।

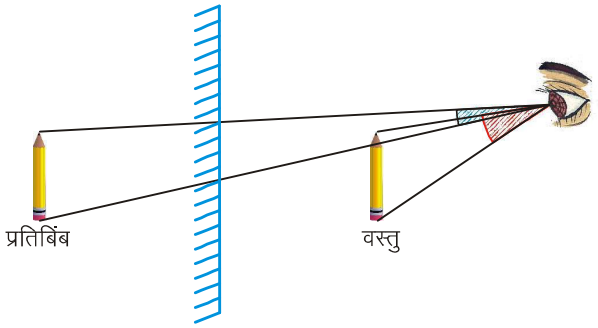
एक व्यक्ति बिंदु O पर खड़े होकर दो समान आकार वाले पेड़ों को देख रहा है।



चित्र–8 (अ) : वस्तु के समीप आने पर दर्शण कोण बढ़ जाता है।

नज़दीक वाला पेड़ व्यक्ति को दूर वाले पेड़ की तुलना में बड़ा नज़र आता है। ऐसा इसलिए है क्योंकि अधिक दूरी वाले पेड़ से परावर्तित होकर आ रही प्रकाश किरणें व्यक्ति की आँख में छोटा कोण बनाती है। जबकि पास वाला पेड़ बड़ा कोण बनाता है। हमारी आँख में वस्तु से आ रही किरणों द्वारा बनने वाला ये कोण ही वस्तु का आभासी आकार निर्धारित करता है।

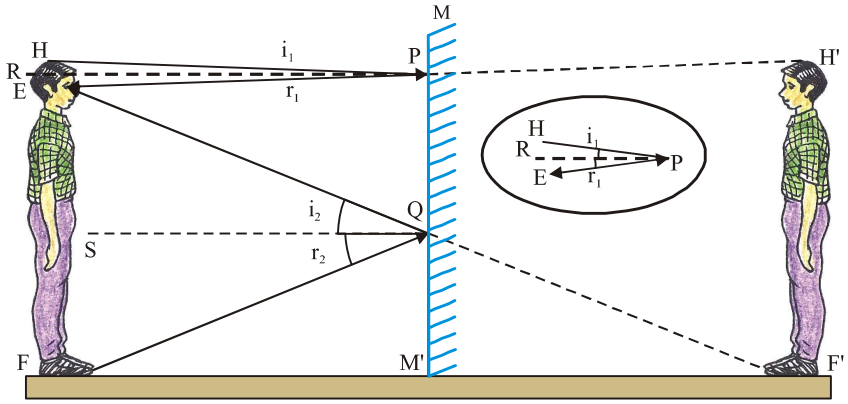
इसीलिए जब हम वस्तु को दर्पण से, हमारी ओर बढ़ाते हैं तो दर्पण से बनने वाला प्रतिबिंब दर्पण से और पीछे की ओर खिसक जाता है। इस कारण प्रतिबिंब और हमारे आँख के बीच की दूरी बढ़ जाती है और प्रतिबिंब का हमारी आँख पर बन रहे कोण का मान वस्तु द्वारा बन रहे कोण से छोटा हो जाता है। फलस्वरूप प्रतिबिंब हमें वस्तु से छोटा दिखाई देता है।



चित्र–8 (ब)

10.3.1 पूर्ण प्रतिबिंब बनने के लिए कितनी लंबाई के दर्पण की आवश्यकता होती है?

दिए गए चित्र में आप देख सकते हैं कि दर्पण MM' का PQ भाग हमें हमारा पूर्ण प्रतिबिंब दिखाने के लिए पर्याप्त है, यदि दर्पण को M'O ऊँचाई पर रखा गया है।



चित्र–9

ΔHPE व ΔEQF को ध्यान से देखें।

हमारे सिर H से आ रही किरण P पर परावर्तित होकर हमारी आँख E में प्रवेश करती है और हमें हमारे सिर का प्रतिबिंब H' पर दर्पण के पीछे बना हुआ दिखाई देता है। इसी प्रकार हमारे पैर F से आ रही प्रकाश किरण Q से टकराकर हमारी आँख E में पहुँचती है और F' पर पैर का प्रतिबिंब बनता है। इसी प्रकार अन्य बिंदुओं का प्रतिबिंब भी H' F' के बीच बनता है। अर्थात् पूर्ण प्रतिबिंब बनने के लिए दर्पण का केवल PQ भाग ही उपयोग में आता है।

ΔHPE व ΔEQF में PR व QS को क्रमशः HF पर अभिलंबित कीजिए।

चूँकि $\angle i_1 = \angle r_1$

और $\angle i_2 = \angle r_2$ (परावर्तन का नियम)

इसलिए $HR = RE = \frac{HE}{2}$ .....(1)

और $SF = SE = \frac{EF}{2}$ .....(2)

अब, $PQ = RS,$

$PQ = RE + ES$

$PQ = \frac{HE}{2} + \frac{EF}{2}$

$$PQ = \frac{1}{2}[HE+EF]$$

$$PQ = \frac{1}{2} HF$$

अर्थात् दर्पण का उपयोगी भाग उस व्यक्ति की लंबाई का आधा होगा जो दर्पण में अपना प्रतिबिंब देख रहा है।

और चूंकि $QM' = SF$

$$QM' = \frac{EF}{2}$$

अर्थात् दर्पण को आँख के स्तर के आधी ऊँचाई पर रखने की आवश्यकता होगी।

चर्चा करें

समतल दर्पण द्वारा बने किसी वस्तु के प्रतिबिंब के क्या–क्या अभिलक्षण होते हैं।

प्रश्न–3 : एक व्यक्ति की लम्बाई 160 सेमी. है उसे अपना पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए कितनी लम्बाई के दर्पण की आवश्यकता होगी?

हल : व्यक्ति की लम्बाई = 160 सेमी.

हम जानते हैं कि व्यक्ति को अपना पूर्ण प्रतिबिंब देखने के लिए अपने लम्बाई की आधी दर्पण की आवश्यकता होती है।

अतः दर्पण की लम्बाई $= \frac{1}{2}$ व्यक्ति की लम्बाई

$= \frac{1}{2} \times 160$

= 80 सेमी.

अतः 160 सेमी. लम्बाई वाले व्यक्ति का अपना प्रतिबिंब देखने के लिए कम से कम 80 सेमी. की लम्बाई वाले दर्पण की आवश्यकता होती है।

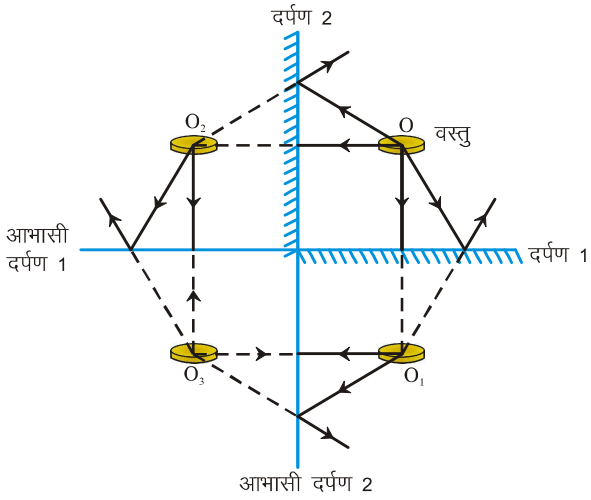
10.4 बहु प्रतिबिंब

आप जानते हैं कि एक समतल दर्पण वस्तु का केवल एक ही प्रतिबिंब बनाता है। यदि दो समतल दर्पणों को संयोजित किया जाए तो क्या होगा?

दो समतल दर्पणों को आपस में समकोण बनाते हुए रखें। दर्पणों के बीच यदि एक सिक्का रखा जाए तो सिक्के के कितने प्रतिबिंब बनेंगे?

चित्र में दिखाए अनुसार दर्पण 1 द्वारा वस्तु O का प्रतिबिंब O_1 पर बनता है। इसी प्रकार दर्पण 2 द्वारा वस्तु O का प्रतिबिंब O_2 पर बनता है।

दर्पण 1 द्वारा दर्पण 2 का प्रतिबिंब दर्पण 1 के पीछे बनता है। यह दर्पण 2 का आभासी प्रतिबिंब है। यह आभासी दर्पण O_1 पर बने वस्तु के प्रतिबिंब को वस्तु मानकर उसका प्रतिबिंब O_3 पर बनाता है। इसी प्रकार दर्पण 2 द्वारा बने दर्पण 1 के आभासी प्रतिबिंब द्वारा आभासी वस्तु O_2 का प्रतिबिंब भी O_3 पर ही बनता है। अतः दो लम्बवत दर्पणों के मध्य रखे किसी वस्तु के कुल तीन ही प्रतिबिंब बनते हैं। अर्थात् किसी वस्तु का प्रतिबिंब आभासी वस्तु की भाँति कार्य करता है जिसका हम आभासी प्रतिबिंब प्राप्त कर सकते हैं। कलाइडोस्कोप भी इसी सिद्धांत पर आधारित है।



चित्र–10

अब दर्पणों को आपस में 30°, 45°, 60°, 120°, 180° आदि कोण बनाते हुए संयोजित करें। प्रत्येक प्रकरण में वस्तु के कितने प्रतिबिंब बनते हैं? जब दर्पणों को एक दूसरे के समानांतर खड़ा रखा जाए तो कितने प्रतिबिंब बनेंगे?

आप अपने अवलोकनों से पाएँगे कि प्रतिबिंब की संख्या इस बात पर निर्भर करेगी कि दोनों समतल दर्पणों के बीच का कोण कितना है।

$$\text{प्रतिबिंब की संख्या} = \frac{360}{\theta} - 1$$

यदि दोनों दर्पणों के बीच का कोण 90° है तो $\frac{360}{\theta} - 1 = 4 - 1 = 3$ प्रतिबिंब बनेंगे।

10.5 प्रकाश का समतल सतह पर अपवर्तन

दैनिक जीवन में आपने अपवर्तन की कई घटनाओं को देखा होगा।

आपने देखा होगा कि पानी से भरे किसी बर्तन की तली उठी हुई दिखाई देती है। क्या आप जानते हैं ऐसा क्यों होता है?

यदि पानी के स्थान पर हम कोई अन्य द्रव जैसे मिट्टी का तेल, तारपीन का तेल प्रयोग करें तो क्या बर्तन की तली उतनी ही उठी हुई प्रतीत होगी?

पानी से भरे गिलास में पेंसिल या चम्मच डालकर देखें। वस्तु मुड़ी हुई नज़र आती है। इसके पीछे की अवधारणा हम क्रियाकलाप द्वारा समझेंगे।

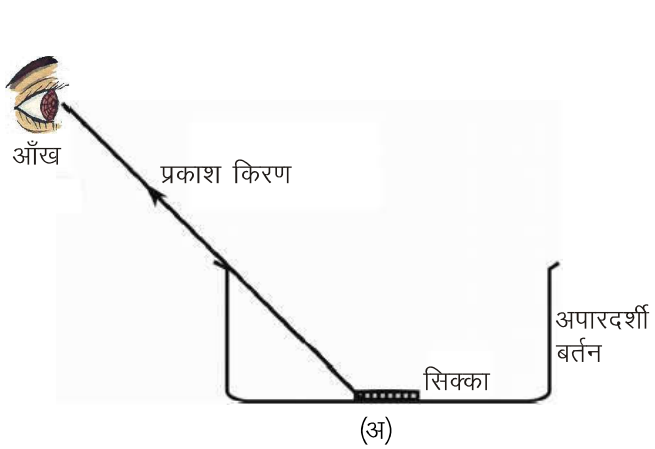
क्रियाकलाप–2

एक मेज़ पर एक कटोरी रखिए। कटोरी के तल में एक सिक्का रखें। अपने दोस्त को कहिए कि मेज़ के पास खड़े होकर कटोरी को देखें। अब उस विद्यार्थी को मेज़ से धीरे–धीरे दूर हटने को कहें ताकि सिक्का दिखाई देना बंद हो जाए। उस जगह पर उसे खड़े होने को कहें।

अब आप कटोरी में सिक्के को बिना हटाए उसमें पानी डालते जाएं।

क्या आपका दोस्त जहाँ खड़ा है वहाँ से उसे अब सिक्का दिखने लगा है? यह कैसे संभव हुआ?

पानी में हो रहे प्रकाश के अपवर्तन के कारण सिक्का अपनी वास्तविक स्थिति से थोड़ा सा ऊपर उठा हुआ प्रतीत होता है। सिक्के का यही आभासी प्रतिबिंब आपके दोस्त को दिखाई देता है।

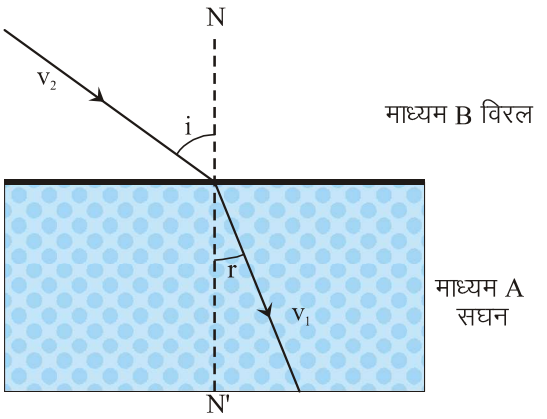


चित्र–11 : प्रकाश अपवर्तन के कारण सिक्का ऊँचा उठा दिखता है।

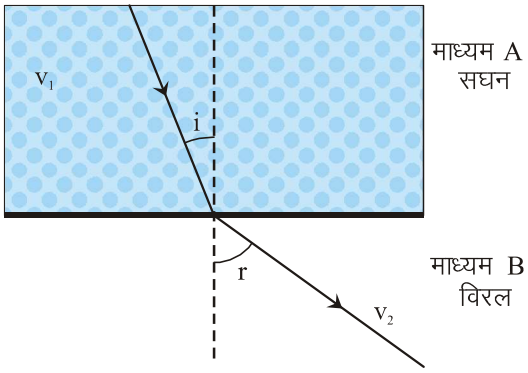
हम जानते हैं कि प्रकाश की किरण किसी एक माध्यम में जब गमन करती है तब सरल रेखा में चलती है। पर क्या होता है जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करता है? प्रकाश के सरल रेखीय पथ का दोनों माध्यमों के अंतरापृष्ठ पर क्या होता है? जब प्रकाश किरण एक माध्यम से दूसरे माध्यम में तिरछा प्रवेश करता है, तो दूसरे माध्यम में इसके मार्ग की दिशा बदल जाती है। अर्थात् जब प्रकाश किरण एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करती है तो यह अपने पथ से विचलित हो जाती है, इस घटना को प्रकाश का अपवर्तन कहते हैं।

प्रकाश किरण का दो माध्यमों के अंतरापृष्ठ पर चाल बदलना और सरल रेखा से मुड़ जाना ही अपवर्तन कहलाता है। प्रकाश किरण यदि समतल सतह पर अभिलंबवत् प्रवेश कर रही हो, तो उसकी दिशा में अपवर्तन पश्चात् कोई परिवर्तन नहीं होता है।

इस अध्याय में हम 'विरल माध्यम' व 'सघन माध्यम' शब्दों का प्रयोग कर रहे हैं। इनका अर्थ प्रकाशिक घनत्व से है। प्रकाशिक घनत्व, द्रव्यमान घनत्व से अलग होता है। अधिक अपवर्तनांक वाला माध्यम दूसरे की अपेक्षा प्रकाशिक सघन होता है।



चित्र–12 (अ) : अपवर्तित किरण विरल से सघन माध्यम में जाते समय अभिलंब की ओर मुड़ जाती है।



चित्र–12 (ब) : अपवर्तित किरण सघन से विरल माध्यम में जाते समय अभिलंब से दूर जाती है।

जब प्रकाश किरण विरल माध्यम से सघन माध्यम में प्रवेश करती है तब अपवर्तित किरण, दोनों माध्यमों के अंतरापृष्ठ पर बने अभिलम्ब की ओर मुड़ जाती है।

क्या आप बता सकते हैं कि अपवर्तित किरण सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाते समय अभिलम्ब की ओर मुड़ेगी या उससे दूर? चित्र को देखकर बताएं और इसके पीछे के कारण पर चर्चा करें।

आपतित किरण द्वारा अभिलम्ब से बने कोण को आपतन कोण ($\angle i$) व अपवर्तित किरण के द्वारा लम्ब से बने कोण को अपवर्तन कोण ($\angle r$) कहते हैं।

क्या आप बता सकते हैं कि सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाते समय प्रकाश किरण द्वारा बने $\angle i$ व $\angle r$ में से कौनसा कोण बड़ा होगा? चित्र–12 (ब)

चित्र–12 (अ) माध्यम A, माध्यम B की तुलना में अधिक सघन है तो माध्यम B में प्रकाश की चाल V_2, माध्यम A में प्रकाश की चाल v_1 से अधिक होगी।

10.5.1 अपवर्तनांक

हमने देखा कि प्रकाश की चाल अलग–अलग पारदर्शी माध्यमों में अलग–अलग होती है। निर्वात में प्रकाश की चाल 3×10^8 m/s है जो अन्य किसी भी माध्यम में प्रकाश की चाल से अधिक है। वायु में प्रकाश की चाल निर्वात की तुलना में थोड़ी ही कम होती है।

यदि किसी माध्यम में प्रकाश की चाल 'v' है, व निर्वात् में प्रकाश की चाल 'c' है, तो निर्वात् में प्रकाश की चाल व माध्यम में प्रकाश की चाल के अनुपात को परम अपवर्तनांक (absolute Refractive Index) या आपेक्षिक अपवर्तनांक या निरपेक्ष अपवर्तनांक कहते हैं, इसे 'n' से प्रदर्शित करते हैं।

$$\text{परम अपवर्तनांक} = \frac{\text{निर्वात् में प्रकाश की चाल}}{\text{माध्यम में प्रकाश की चाल}}$$

अर्थात् $n = c/v$ समी. (1)

प्रश्न–4 : यदि पानी का परम अपवर्तनांक $\frac{4}{3}$ है तो पानी में प्रकाश की चाल ज्ञात कीजिए।

हल : पानी का अपवर्तनांक $= \frac{4}{3}$

निर्वात में प्रकाश की चाल $c = 3\times10^8$ मी./से.

पानी में प्रकाश की चाल $v = ?$

हम जानते हैं कि

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

$$n_w = \frac{c}{v_w}$$

$$\frac{4}{3} = \frac{3\times10^8 m/s}{v_w}$$

$$v_w = \frac{3\times3\times10^8\, m/s}{4}$$

$$v_w = \frac{9\times10^8\, m/s}{4}$$

$$= 2.25\times10^8 \text{ m/s}$$

पानी में प्रकाश की चाल 2.25×10^8 m/s होगी।

किसी माध्यम में प्रकाश कितनी तेज़ या धीमी गति से गमन कर रही है इसकी जानकारी हमें पदार्थ के अपवर्तनांक से होता है। अधिक अपवर्तनांक वाले पदार्थ में प्रकाश की चाल कम होगी।

नीचे दी गई सारणी में अलग–अलग पदार्थों के अपवर्तनांक और आपेक्षिक घनत्व का मान दिया गया है $n = \frac{c}{v}$ के आधार पर हम विभिन्न माध्यमों में प्रकाश की चाल की गणना कर सकते हैं। सारणी को पूरा करें।

सारणी–1 : कुछ पदार्थों के अपवर्तनांक एवं आपेक्षिक घनत्व

क्र.	पदार्थ (माध्यम)	अपवर्तनांक	आपेक्षिक घनत्व	प्रकाश की चाल
1.	हीरा	2.42	3.52	1.24×10^8 m/s
2.	फ्लिंट काँच	1.64	2.9–4.5	1.83×10^8 m/s
3.	क्राउन काँच	1.52	2.5–2.7	.....
4.	साधारण काँच	1.50	2.5	.....
5.	पानी	1.33	1.00	.....
6.	बर्फ	1.31	0.92	.....

10.5.2 सापेक्षिक अपवर्तनांक (Relative Reflective index)

पहले माध्यम में प्रकाश की चाल एवं दूसरे माध्यम में प्रकाश की चाल के अनुपात को सापेक्षिक अपवर्तनांक कहते हैं। इसे प्रायः संकेत ${}_1\mu_2$ अथवा n_{21} से व्यक्त करते हैं।

$$n_{21} = \frac{\text{प्रथम माध्यम में प्रकाश की चाल}}{\text{द्वितीय माध्यम में प्रकाश की चाल}} \quad \text{.....(1)}$$

$n_{21} = \frac{v_1}{v_2}$ समी. (2) जहाँ v_1 प्रथम माध्यम में प्रकाश की चाल है व v_2 दूसरे माध्यम में प्रकाश की चाल है।

यदि हम समी. (2) को ऊपर नीचे c से भाग करें, तो

$$n_{21} = \frac{v_1/c}{v_2/c}$$

$$= \frac{v_1}{c}\times\frac{c}{v_2}$$

$$= \frac{1}{n_1}\times n_2$$

$$= \frac{n_2}{n_1}$$

अर्थात्, सापेक्षिक अपवर्तनांक $(n_{21}) = \frac{\text{द्वितीय माध्यम का आपेक्षिक अपवर्तनांक}}{\text{प्रथम माध्यम का आपेक्षिक अपवर्तनांक}} \quad \frac{(n_2)}{(n_1)}$

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \qquad \text{समी. (3)}$$

सोचिए

क्या अपवर्तनांक आपतन कोण पर निर्भर करता है?

प्रश्न–5 : यदि जल का अपवर्तनांक 1.33 तथा काँच का अपवर्तनांक 1.5 हो तो जल के सापेक्ष काँच का अपवर्तनांक $({}_{w}n_{g})$

$= \frac{n_g}{n_w} = \frac{1.5}{1.33} = 1.13$ लगभग होगा।

तथा काँच के सापेक्ष जल का अपवर्तनांक ${}_{g}n_{w} = \frac{n_w}{n_g} = \frac{1.33}{1.5} = 0.89$ (लगभग) होगा

टिप्पणी : उपर्युक्त में हम देखते हैं कि;

$$\frac{n_g}{n_w} \times \frac{n_w}{n_g} = 1$$

${}_{g}n_{w} \times {}_{w}n_{g} = 1$ या ${}_{1}n_{2} \times {}_{2}n_{1} = 1$

अर्थात् माध्यम 1 के सापेक्ष माध्यम 2 का अपवर्तनांक × माध्यम 2 के सापेक्ष माध्यम 1 का अपवर्तनांक = 1

अतः ${}_{1}n_{2} = \frac{1}{{}_{2}n_{1}}$

याद रखें:

- निरपेक्ष अपवर्तनांक का मान सदैव एक से अधिक होगा क्योंकि प्रकाश की निर्वात् में चाल सदैव अन्य माध्यम में प्रकाश की चाल से अधिक होती है।
- वायु का अपवर्तनांक 1.003 होता है परन्तु उसे सरलता के लिए 1 माना जाता है।

10.5.3 अपवर्तन के नियम

प्रयोग : आपतन कोण व अपवर्तन कोण के बीच में संबंध स्थापित करना।

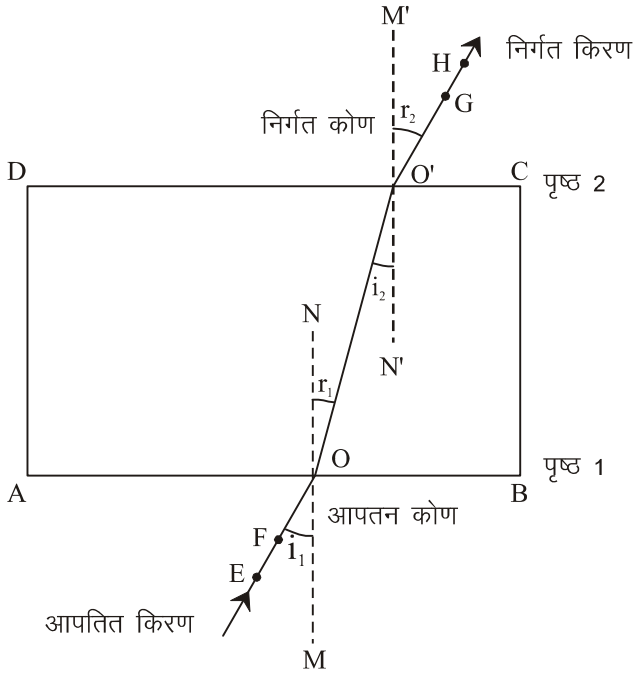
आवश्यक सामग्री : ड्राईंग बोर्ड, सफेद कागज़ की शीट, ड्राइंग पिन, आलपिन, कांच का आयताकार गुटका, पेंसिल, स्केल व चांदा।

विधि : ड्राईंग बोर्ड पर सफेद कागज़ की शीट लगाएं। शीट के बीचों बीच काँच का आयताकार गुटका रखें।

पेंसिल से गुटके की सीमा रेखा खींचकर, इसे ABCD नामांकित करें। गुटके को हटाकर AB पर लंब MN खींचे। MN से किसी कोण पर एक रेखा खींचे और दो पिनें E व F इस रेखा पर उर्ध्वाधर लगाएं। अब गुटके को फिर से सीमा रेखा पर रखें। दो अन्य पिन लेकर विपरीत फलक से, पिन E तथा F के सीध में लगाएं। गुटके को हटा दें इसके पश्चात् सभी पिनें हटाकर पिनों द्वारा बने बिंदुओं पर छोटे गोले बना लें।

अब EF को AB तक बढ़ाकर O पर मिलाएं व GH को CD तक बढ़ाकर O' पर मिलाएं। O तथा O' को मिलाएं। O' पर अभिलंब M'N' खींचिएं।

आप देख सकते हैं कि प्रकाश किरण ने बिन्दुओं O व O' पर अपनी दिशा बदली है जो दोनों माध्यमों को पृथक करने वाले पृष्ठों पर स्थित हैं।



चित्र–13 : आयताकार गुटके के दोनों पृष्ठों से हो रहा अपवर्तन।

उपर्युक्त प्रयोग को अलग–अलग आपतन कोण के लिए कई बार दोहराकर प्राप्त परिणाम को सारणी में भरो।

सारणी–2

	पृष्ठ 1		पृष्ठ 2	
क्रम	आपतन कोण (i_1)	अपवर्तन कोण (r_1)	आपतन कोण (i_2)	अपवर्तन कोण/ निर्गत कोण (r_2)

दोनों अपवर्तक पृष्ठों पर आपतन कोण तथा अपवर्तन कोण के मानों की तुलना करें।

चित्र में दिखाए अनुसार आप देख सकते हैं कि निर्गत किरण GH, आपतित किरण EF की दिशा के समानांतर है। प्रत्येक युग्म के लिए आपतन कोण व निर्गत कोण का मान भी समान पाया जाता है। अर्थात्, आयताकार कांच के गुटके के विपरीत फलकों पर प्रकाश किरण के मुड़ने का परिणाम समान तथा विपरीत है।

प्रयोग दर्शाते हैं कि प्रकाश का अपवर्तन निश्चित नियमों के आधार पर होता है। अपवर्तन के नियम निम्नलिखित हैं–

(i) आपतित किरण, अपवर्तित किरण तथा दोनों माध्यमों को पृथक करने वाले पृष्ठ के आपतन बिंदु पर अभिलंब सभी एक ही तल में होते हैं।

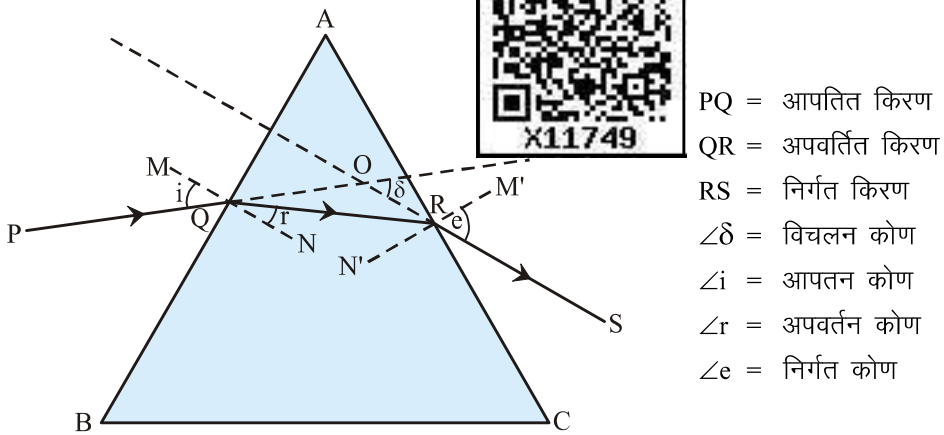
(ii) प्रकाश के किसी निश्चित रंग तथा निश्चित माध्यमों के युग्म के लिए आपतन कोण की ज्या (sine) तथा अपवर्तन कोण की ज्या (sine) का अनुपात स्थिर होता है। इस नियम को स्नेल का अपवर्तन का नियम भी कहते हैं। यदि i आपतन कोण हो तथा r अपवर्तन कोण हो तो

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \text{स्थिरांक} \quad \text{या} \quad \mu = \frac{\sin i}{\sin r}$$

इस स्थिरांक के मान को दूसरे माध्यम का पहले माध्यम के सापेक्ष अपवर्तनांक (refractive index) कहते हैं। यह स्नेल का नियम भी है।

10.6 प्रिज्म द्वारा प्रकाश का अपवर्तन

अभी तक हमने अपवर्तन की घटना का अध्ययन काँच की स्लेब, पानी तथा अन्य माध्यमों में किया है। इन सभी क्रियाकलापों में माध्यम की दोनों अपवर्तक सतहें एक–दूसरे के समानान्तर थीं। क्या होगा यदि दो अपवर्तक सतहें एक–दूसरे से कोण बनाएँ? आइए, यहां हम कुछ कोण पर झुकी हुई दो अपवर्तक सतहों में प्रकाश किरण की अपवर्तन घटना का अध्ययन करेंगे।

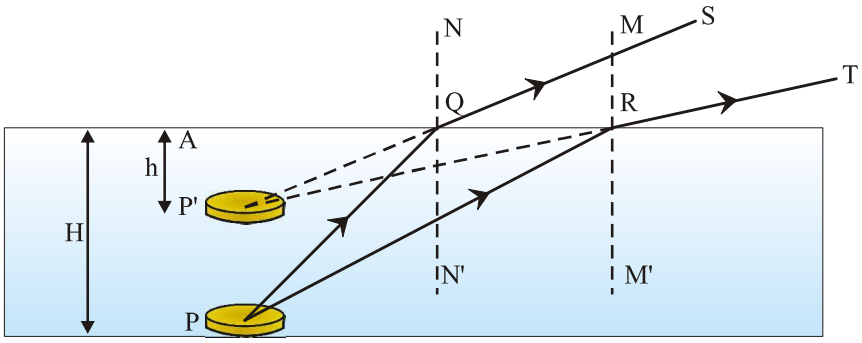


चित्र–14

चित्र के अनुसार आपतित किरण PQ किसी प्रिज्म के पृष्ठ AB पर i आपतन कोण पर आपतित होती है तथा इस पृष्ठ से QR दिशा में अपवर्तित हो जाती है। यह किरण पृष्ठ AC के लिये आपतित किरण होती है जो पृष्ठ AC से अपवर्तित होकर RS दिशा में निर्गत हो जाती है। इस प्रकार यदि आपतित किरण PQ को आगे और निर्गत किरण RS को पीछे की ओर बढाएं तो वे O बिन्दु पर मिल जाती हैं। प्रिज्म में प्रकाश के अपवर्तन की घटना के फलस्वरूप प्रकाश किरण की दिशा में परिवर्तन अथवा विचलन हो जाता है। जिसे हम विचलन कोण कहते है।

10.7 वास्तविक एवं आभासी गहराई

शुरूआत में आपने पानी के कटोरे में सिक्के के आभासी प्रतिबिंब का जो प्रयोग किया था, क्या अब आप बता सकते है कि वह कैसे संभव हुआ था?



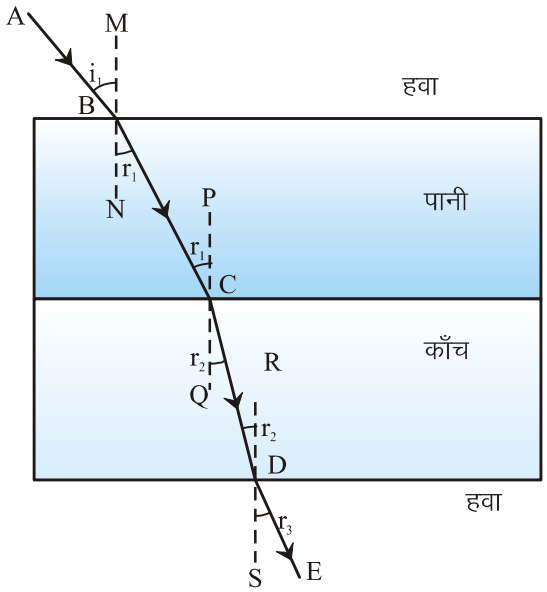
चित्र–15

मान लिजिए कि सिक्का पानी में AP = H गहराई पर स्थित है। Q बिन्दु पर प्रकाश की किरणें सघन माध्यम (पानी) से विरल माध्यम (हवा) में अपवर्तित होती हैं और अभिलंब NN' से दूर हटकर चली जाती हैं। ये किरण पीछे से बिन्दु P' से आती हुई प्रतीत होती हैं। अतः P का प्रतिबिंब P' पर बनता है। यही कारण है कि सिक्के की आभासी गहराई AP' = h वास्तविक गहराई H से कम होती है और सिक्के का प्रतिबिंब ऊँचे तल पर दिखाई देता है।

$$\text{अपवर्तनांक} = \frac{\text{वास्तविक गहराई}}{\text{आभासी गहराई}} = \frac{H}{h}$$

10.8 उत्क्रमणीयता का सिद्धान्त

अब तक हमने क्रियाकलापों द्वारा देखा कि एक प्रकाश किरण अलग–अलग माध्यमों से अपवर्तित होती हुई एक विशेष पथ पर चलती है। क्या आपने कभी सोचा है कि किरण के मार्ग की दिशा बदलने पर वह किस पथ का अनुसरण करेगी? उत्क्रमणीयता के सिद्धान्त को समझने के लिए हम चित्रानुसार एक काँच का आयताकार गुटका तथा पानी का एक निकाय बनाते हैं।



चित्र–16

किरण AB वायु से पानी (विरल से सघन माध्यम) में अपवर्तित होकर बिंदु B से अभिलंब MN की ओर झुक जाती है और पथ BC का अनुसरण करती है। किरण BC जब बिन्दु C पर जल (विरल) से काँच (सघन) में प्रवेश करती है तो यह अपवर्तित किरण CD अभिलंब PQ की ओर झुक जाती है। काँच से वायु में प्रवेश करते समय आपतित किरण CD, आपतन बिन्दु D पर अभिलंब RS से दूर हट जाती है। इस प्रकार वायु–जल–काँच–वायु वाले निकाय में प्रकाश किरण का पथ ABCDE होगा। इस निकाय को उल्टा करने पर नए निकाय का क्रम वायु–काँच–जल–वायु होगा। इस स्थिति में अपवर्तन के नियमानुसार हमें प्रकाश किरण का मार्ग EDCBA प्राप्त होगा। इससे हम निष्कर्ष निकाल सकते हैं कि प्रकाश के विभिन्न माध्यमों में गमन के मार्ग में यदि किसी बिन्दु पर उसकी दिशा पलट दी जाए तब उसके चलने के मार्ग में उत्क्रमणीय व्यवहार दिखाई देता है।

10.9 क्रांतिक कोण तथा पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Critical Angle and Total Internal Reflection)

पिछले क्रियाकलाप की भांति हम एक काँच की मोटी सिल्ली लेते है तथा लेज़र लाईट की प्रकाश किरण का उपयोग करते हुए प्रकाश के अपवर्तन तथा अन्य घटनाओं का अध्ययन करते हैं। जब काँच की सिल्ली से प्रकाश किरण वायु में आती है, तब प्रकाश किरण का अपवर्तन सघन से विरल माध्यम में होता है। हम अपनी क्रियाकलाप में सर्वप्रथम लेजर प्रकाश किरण को अभिलंब से शून्य 0° का कोण बनाते हुए काँच की सिल्ली में गमन कराते है। इसके पश्चात् निम्न बिन्दुओं का अवलोकन करते है।

X1A35H

- क्या आप अपवर्तित किरण को देख सकते है?
- क्या काँच से वायु में जाने पर प्रकाश किरण के मार्ग में विचलन हो रहा है?

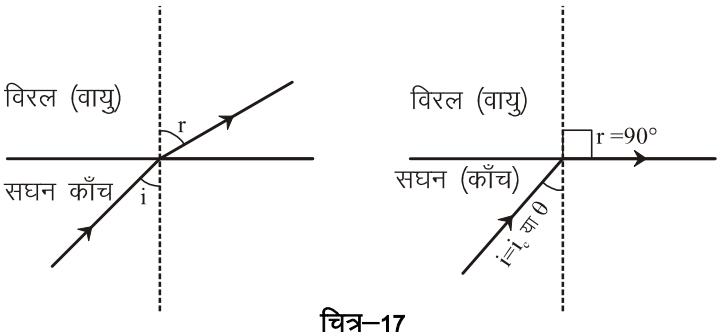
आप शायद देख सकते हैं कि इस स्थिति में विचलन नहीं होता है।

इस क्रियाकलाप को हम विभिन्न आपतन कोण 5°, 10°, 15° आदि पर दोहराते हैं तथा अपवर्तन कोण का अवलोकन करते हैं।

आपतन कोण के किसी एक मान के लिए निर्गत अपवर्तित किरण दोनों माध्यमों को अलग करने वाले पृष्ठ को छूती हुई निकलती है। यही कोण उस पदार्थ का क्रांतिक कोण (Critical angle) कहलाता है।

जब प्रकाश सघन माध्यम जैसे (कांच) से विरल माध्यम (वायु) में प्रवेश करता है तो वह अभिलंब से दूर हट जाता है। इस स्थिति में अपवर्तन कोण r का मान आपतन कोण i से बड़ा होता है। ($\angle r > \angle i$)

अब यदि आपतन कोण i का मान बढ़ाया जाए तो अपवर्तन कोण r का मान भी बढ़ता जाता है। किन्तु आपतन कोण के एक विशेष मान पर एक स्थिति ऐसी आती है कि अपवर्तन कोण का मान $\angle r = 90°$ हो जाता है। इस दशा में अपवर्तित किरण दोनों माध्यमों को अलग करने वाले तल को छूती हुई निकलती है। इस विशेष स्थिति को क्रांतिक स्थिति कहते हैं तथा इस स्थिति में आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण कहलाता है, इसे i_c या θ_c से व्यक्त करते हैं।

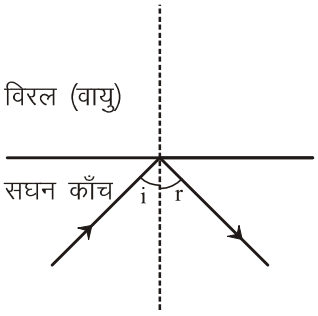


चित्र–17

अतः क्रांतिक कोण सघन माध्यम में आपतन कोण का वह मान हैं जिसके लिए विरल माध्यम में अपवर्तन कोण 90° के बराबर होता है।

10.9.1 पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Total Internal Reflection)

अब यदि उक्त प्रकरण में सघन माध्यम (कांच) में आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण (i_c या θ) से अधिक हो जाए ($i > i_c$) तो अपवर्तन कोण का मान 90° से अधिक हो जायेगा तब प्रकाश विरल माध्यम में (वायु में) न जाकर सघन माध्यम में (कांच में) ही नये मार्ग पर जाएगा। स्पष्ट है कि यह स्थिति अपवर्तन की नहीं परावर्तन की है। अर्थात् जब प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करे तथा उसका आपतन कोण क्रांतिक कोण से अधिक हो जाए तो प्रकाश उसी माध्यम में आंतरिक रूप से परावर्तित हो जाता है, इसे पूर्ण आंतरिक परावर्तन कहते हैं।



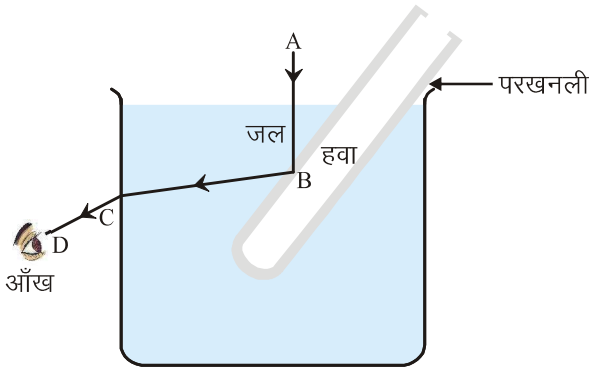
चित्र–18

पूर्ण आंतरिक परावर्तन के लिए ज़रूरी है कि–

1. प्रकाश सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करें।
2. आपतन कोण क्रांतिक कोण से अधिक हो।

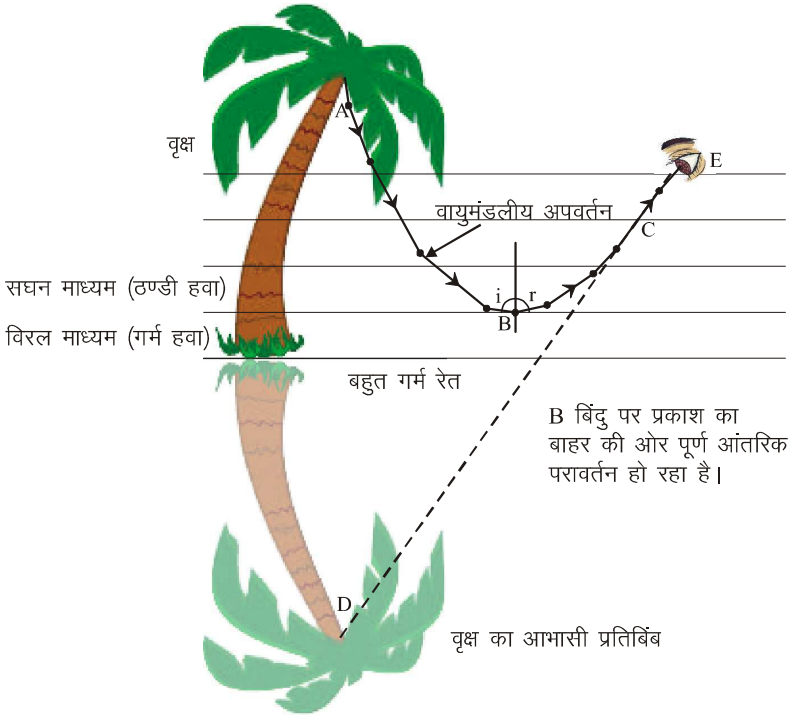
10.9.2 पूर्ण आंतरिक परावर्तन के उदाहरण

1. पानी से भरे बीकर में एक खाली परखनली को तिरछा डुबाकर उसे ऊपर से देखने पर उसका ऊपरी भाग इस प्रकार चमकदार दिखाई देता है जैसे कि कलई कर दी गई हो। इसका कारण यह है कि प्रकाश की किरणें पानी से चलकर परखनली पर आपतित होती है परखनली के अन्दर वायु है। अतः प्रकाश किरणें सघन माध्यम से विरल माध्यम में प्रवेश करती हैं इनमें से कुछ किरणे ऐसी होती है जिनका आपतन कोण क्रांतिक कोण से अधिक होता है। अतः ये किरणें पूर्ण परावर्तित होकर आंख में पहुंचती है जिससे परखनली का वह भाग चांदी के समान चमकदार दिखाई देता है। यदि परखनली में पानी भर दें तो चमक समाप्त हो जाएगी। यह घटना बुलबुलों पर देखने का प्रयास करें।



चित्र–19

2. **मृगतृष्णा या मरीचिका**– रेगिस्तान में गर्मी के दिनों में मनुष्य को दूरी पर स्थित खजूर का वृक्ष का उल्टा प्रतिबिंब दिखाई देता है जिससे मनुष्य समझता है उस वृक्ष के पास जल है परन्तु प्यासे लोग जब पेड़ के पास जाते हैं तो उसे वहाँ जल नहीं मिलता यह मनुष्य की आँख का धोखा होता है जिसे मृगतृष्णा या मरीचिका कहते हैं।



चित्र–20

गर्मी के दिनों में ऊपर की वायु ठंडी होने के कारण सघन तथा भूमि को स्पर्श करने वाली वायु गर्म होने के कारण विरल होती है। अतः पृथ्वी के धरातल से जैसे जैसे हवा ऊपर उठती जाती है वह सघन होती जाती है।

वृक्ष के ऊपरी भाग से चलने वाली प्रकाश किरणों को भूमि तक पहुँचने के लिए सघन से विरल माध्यम में प्रवेश करना पड़ता है। भिन्न भिन्न घनत्व की हवा की परतें समानांतर रेखाओं द्वारा दिखाई गई है। जैसे जैसे प्रकाश की किरणें आगे बढ़ती हैं आपतन कोण का मान बढ़ता जाता है, एक ऐसी स्थिति आती है जब आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण से ज्यादा होता है और किरण का उसी माध्यम में पूर्ण आंतरिक परावर्तन होता है। इसी प्रकार कंक्रीट की पक्की सड़कों पर भी आपने मरीचिका बनते देखा होगा। आपस में चर्चा कीजिए कि यह कैसे होता होगा?

चित्र–21

मुख्य शब्द (Keywords)

परावर्तन, अपवर्तन अभिलंब, आपतित किरण, परावर्तित किरण, अपवर्तित किरण, निर्गत किरण, आपतन कोण, परावर्तन कोण, अपवर्तन कोण, विचलन कोण, निर्गत कोण, वास्तविक प्रतिबिंब, आभासी प्रतिबिंब, अपवर्तन, अपवर्तनांक, प्रिज़्म, उत्क्रमणीयता सिद्धांत, क्रांतिक कोण, पूर्ण आंतरिक परावर्तन, वास्तविक गहराई, आभासी गहराई।

हमने सीखा

- जब प्रकाश अपारदर्शी वस्तु पर पड़ता है, तब वस्तु के पीछे पर्दे पर वस्तु की छाया बनती है।
- आपतन कोण परावर्तण कोण के बराबर होता है।
- आपतित किरण, परावर्तित किरण और अभिलंब एक ही तल में होते है।
- समतल दर्पण द्वारा सदैव आभासी, सीधा तथा वस्तु के बराबर प्रतिबिंब बनाता है।
- समतल दर्पण को θ कोण से घुमाने पर परावर्तित किरण 2 θ कोण से घूमेगी।
- समतल दर्पण द्वारा किसी वस्तु का पूरा समान आकार का प्रतिबिंब देखने के लिए दर्पण की लंबाई कम–से–कम वस्तु के लंबाई की आधी होनी चाहिए।
- यदि दो समतल दर्पण एक दूसरे से θ कोण बनाते हों तो बनने वाले प्रतिंबिंब की संख्या $\frac{360}{\theta}-1$ होगी।
- जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में प्रवेश करता है तो वह संपर्क सतह से अपने मार्ग से विचलित हो जाता है यह प्रकाश का अपवर्तन कहलाता है।
- निर्वात में प्रकाश की चाल $3\times10^{8} m/s$ होती है।
- जब प्रकाश सघन से विरल माध्यम में जाता है तो वह अभिलंब से दूर जाता है।
- जब प्रकाश विरल से सघन माध्यम में जाता है तो वह अभिलंब की ओर झुकता है।
- किसी पारदर्शी माध्यम का अपवर्तनांक प्रकाश की निर्वात में चाल तथा माध्यम में प्रकाश की चाल का

अनुपात होता है। इसे निरपेक्ष अपवर्तनांक कहते हैं।

- उत्क्रमणीयता के सिद्धांत से $2n_1 = \frac{1}{1n_2}$ प्रकाश किरण जिस मार्ग का अनुसरण करती है वही मार्ग विपरीत दिशा में भी सत्य है।
- अपवर्तन का द्वितीय नियम ${}_1\mu_2 = \frac{\sin i}{\sin r}$ स्नैल के नियम से जाना जाता है।
- प्रिज्म में आपतित किरण व निर्गत किरण के बीच का कोण विचलन कोण कहलाता है।

X1IY7J

अभ्यास

1. सही विकल्प चुनकर लिखिए–

(i) समतल दर्पण को 2θ कोण से घुमाने पर परावर्तित किरण कितने कोण से घूम जाती है।

(अ) 2θ (ब) 3θ (स) 4θ (द) θ

(ii) समतल दर्पण में किसी वस्तु का पूर्ण प्रतिबिम्ब देखने के लिए दर्पण की न्यूनतम लम्बाई होगी।

(अ) वस्तु की लम्बाई की एक चौथाई (ब) वस्तु की लम्बाई की एक तिहाई

(स) वस्तु की लम्बाई के बराबर (द) वस्तु की लम्बाई की आधी

(iii) कोई वस्तु दो समतल दर्पणों के बीच रखी है यदि दोनों दर्पणों के बीच का कोण 45° हो तो उस वस्तु के बनने वाले प्रतिबिम्ब होंगे।

(अ) 5 (ब) 6 (स) 7 (द) 8

(iv) यदि वस्तु समतल दर्पण से 3 से.मी. की दूरी पर हो तो प्रतिबिंब की वस्तु से दूरी होगी–

(अ) 4 से.मी. (ब) 6 से.मी. (स) 3 से.मी. (द) 12 से.मी.

2. रिक्त स्थानों की पूर्ति कीजिए।

(i) समतल दर्पण द्वारा बना प्रतिबिंब सीधा, अभासी और .....होता है।

(ii) अपवर्तन के दूसरे नियम को .....नियम के नाम से जाना जाता है।

(iii) प्रकाश किरण समतल दर्पण पर अभिलंबवत आपतित होती है, उसके परावर्तन कोण का माप . .....होगा।

(iv) ..... की घटना हेतु प्रकाश को सघन माध्यम से विरल माध्यम में जाना आवश्यक होता है।

3. परावर्तन के नियम लिखिए?
4. अपवर्तन के नियम लिखिए?
5. दो माध्यमों A और B के अपवर्तनांक क्रमशः n_A तथा n_B है। इनमें से किस माध्यम से किस माध्यम में जाने पर प्रकाश का पूर्ण आंतरिक परावर्तन संभव है, यदि $n_A > n_B$?
6. पूर्ण आंतरिक परावर्तन क्या है इसके लिए क्या आवश्यक है?
7. अपवर्तन की घटना के दैनिक जीवन में कोई दो उदाहरण दीजिए?

8. क्रांतिक कोण से आप क्या समझते है?
9. प्रकाश वायु से 1.50 अपवर्तनांक की काँच की प्लेट में प्रवेश करता है। काँच में प्रकाश की चाल कितनी है? निर्वात् में प्रकाश की चाल 3×10^8 m/s है। (उत्तर– 2×10^8 मी./से.)
10. हीरे का अपवर्तनांक 2.42 है। इस कथन का क्या अभिप्राय है?
11. वायु में गमन करती प्रकाश की एक किरण बर्फ में प्रवेश करती है। क्या प्रकाश किरण अभिलंब की ओर झुकेगी अथवा अभिलंब से दूर हटेगी? बताइए क्यों?
12. जब हम दर्पण से वस्तु की दूरी को बढ़ा देते हैं, तब प्रतिबिंब की वस्तु से दूरी पर क्या प्रभाव पड़ता है?
13. किसी माध्यम के निरपेक्ष अपवर्तनांक तथा दो माध्यमों के सापेक्ष अपवर्तनांक में अंतर स्पष्ट कीजिए। इनमें क्या संबंध होता है?
14. उत्क्रमणीयता का सिद्धांत क्या है?
15. निम्न का कारण बताइये:–
    (i) तालाब में स्थित मछली वही नहीं होती जहाँ दिखाई देती है क्यों?
    (ii) पानी में वायु का बुलबुला चकमता दिखता है क्यों?
    (iii) मरीचिका एक भ्रम है क्यों?
16. सिद्ध कीजिए कि अपना पूर्ण प्रतिबिंब देखने के लिए समतल दर्पण की लंबाई, व्यक्ति की लंबाई की आधी होती है।
17. प्रकाश के अपवर्तन से क्या तात्पर्य है? यह प्रकाश के परावर्तन से किस प्रकार भिन्न होता है?
18. यदि कांच और जल के निरपेक्ष अपर्वनांक क्रमशः 3/2 व 5/4 हैं, तब जल एवं काँच में प्रकाश की चाल का अनुपात ज्ञात कीजिए। (1 : 2)
19. एक मछली तालाब की सतह से 75 सेमी. गहराई पर प्रतीत होती है तो सतह से उसकी वास्तविक गहराई बताइए (पानी का अपवर्तनांक 1.33 होता है)। (उत्तर– 100 से.मी.)

दर्पण से बूझो

तुम्हें एक मास्टर चित्र के साथ और भी चित्र दिए गए है। समतल दर्पण पट्टी लेकर मास्टर चित्र के पास रखो और उसका प्रतिबिंब देखो। प्रतिबिंब और मास्टर चित्र मिलाकर एक नया चित्र बनता है। तुम्हें दर्पण और मास्टर चित्र की मदद से यह बूझना है कि ये चित्र कैसे बने?