# 17. अपवर्तन (Refraction)

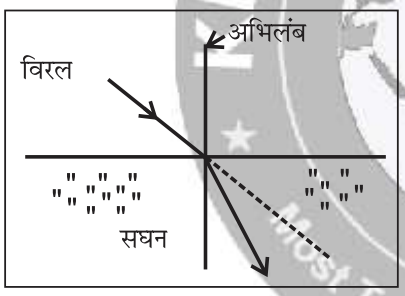
❖ जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाती है तो उसकी दिशा में परिवर्तन ही अपवर्तन कहलाता है।

☛ अपवर्तन के लिए दो माध्यमों की आवश्यकता होती है। तथा दोनों माध्यमों का अपवर्तनांक ($\mu$) अलग-अलग होनी चाहिए।

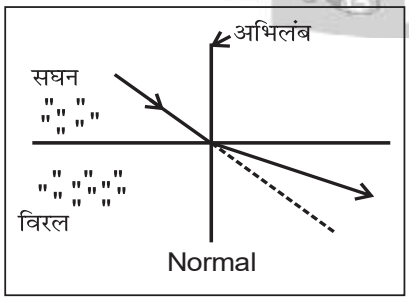
☛ जब प्रकाश एक माध्यम से दूसरे माध्यम में जाती है तो उसकी तरंगदैर्ध्य तथा वेग बदल जाती है किन्तु उसकी आवृत्ति नहीं बदलती है।

❖ **अपवर्तन के लिए शर्त (Condition of Refraction)–**

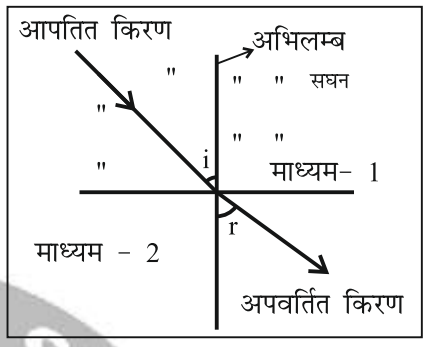
1. आपतित, अपवर्तित किरण तथा अभिलम्ब तीनों एक ही तल पर होता है।
2. जब प्रकाश विरल से सघन में जाती है तो वह अभिलम्ब कि ओर झुक जाती है।




3. जब प्रकाश सघन माध्यम से विरल में जाती है तो अभिलम्ब से दूर भागती है।




4. आपतित किरण की जया तथा अपवर्तित किरण की जया की अनुपात नियत होता है और वह अपवर्तनांक ( $\mu$ ) के बराबर होता है।




Formula. $\boxed{\text{अपवर्तनांक } \mu = \frac{C\,(\text{निर्वात में प्रकाश की चाल})}{V\,(\text{माध्यम में प्रकाश की चाल})}}$

☛ अपवर्तनांक की सहायता से किसी माध्य की सघनता एवं विरला का पता चलता है।

☛ अपवर्तनांक अधिक होने पर माध्यम सघन तथा अपवर्तनांक कम होने से माध्यम विरल होता है।

## अपवर्तनांक का प्रकाश की चाल से संबंध

☛ किसी पदार्थ का अपवर्तनांक जितना अधिक होता है वह पदार्थ उतना ही अधिक प्रकाशीय सघन होता है तथा उस पदार्थ में प्रकाश की चाल उतना ही कम होती है।

☛ प्रकाश के सातों रंगों में लाल रंग की तरंगदैर्ध्य सबसे अधिक तथा अपवर्तनांक सबसे कम होता है।

☛ बैंगनी रंग के प्रकाश की तरंगदैर्ध्य सबसे कम तथा अपवर्तनांक सबसे अधिक होता है।

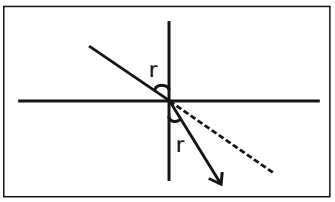
☛ ताप के बढ़ने पर अपवर्तनांक सामान्यत: घटता है।

☛ सघन माध्यम में स्थित किसी वस्तु को विरल माध्यम से देखने पर उसकी आभासी गहराई वास्तविक गहराई से कम प्रतीत होती है।

**1. यदि तालाब के आसपास के वायुमंडल का अपवर्तनांक उसके जल के अपवर्तनांक से अधिक हो तो क्या फर्क पड़ेगा?**

**Sol.** तालाब की गहराई, वास्तविक गहराई से अधिक प्रतीत होगी।

❖ **स्नेल का नियम (Snell's law)–** आपतन कोण की जया (sin i) तथा अपवर्तन कोण की जया (sin r) अपवर्तनांक कहलाता है।




**स्नेल का नियम–**

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

**Note :–**

1. यदि अपवर्तन कोण का मान घट रहा है तो प्रकाश सघन में प्रवेश कर रहा है।
2. यदि अपवर्तन कोण का मान बढ़ रहा है तो प्रकाश विरल में प्रवेश कर रहा है।

❖ **प्रकाश के अपवर्तन के कुछ मुख्य उदाहरण–**

1. तिरछी पानी में डूबी हुई छड़ का टेढ़ी मालूम पड़ना।
2. तारों का टिमटिमाना (वायुमंडलीय अपवर्तन के कारण)।
3. सूर्योदय के 2 मिनट पहले तथा सूर्यास्त के 2 मिनट बाद तक सूर्य का दिखाई देना (वायुमंडलीय अपवर्तन के कारण)।
4. पानी में डाला गया सिक्का, पानी में तैरती हुई मछली का, तालाब की गहराई का कुछ ऊपर दिखाई देना।
5. सूर्य, तारे, चन्द्रमा आदि का अपनी वास्तविक ऊंचाई से कुछ ऊपर दिखाई पड़ना।
6. लिखे हुए अक्षरों पर यदि मोटी काँच की Slab रख दी जाए तो अक्षर थोड़ी ऊपर दिखाई देती है।

**2. यदि 60° पर आपतित किरण अपवर्तन के बाद 30° का कोण बनाती है तो अपवर्तनांक ज्ञात करें।**

**Ans.** $\mu = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin 60°}{\sin 30°} = \frac{\sqrt{3}/2}{\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$

**जल में प्रकाश की चाल–**

$$\mu = \frac{\text{वास्तविक गहराई } (R)}{\text{आभासी गहराई } (V)}$$

**3. यदि जल का अपवर्तनांक $\frac{4}{3}$ या 1.33 हो तो जल में प्रकाश की चाल ज्ञात करें।**

**Ans.** $\mu = 4/3$, $C = 3 \times 10^8$m/s

v = ?

$$\mu = \frac{C}{V}$$

$$\frac{4}{3} = \frac{3\times10^8}{V}$$

$$V = \frac{9}{4}\times10^8$$

$V = 2.25 \times 10^8$ m/s

**4. जल में रखा सिक्का 30 मी. गहराई पर दिखता है तो तालाब की वास्तविक गहराई क्या होगी।**

**Ans.** v = 30

r = ?

$$\mu = \frac{4}{3}\text{s}$$

$$\mu = \frac{R}{v}$$

$$\frac{4}{3} = \frac{R}{30}$$

R = 40 m

**5. एक मछुआरा 5 मी. ऊंचे दिवार पर बैठा है उसे एक मछली 3 मी. गहराई पर दिख रही है। वह कितना लम्बा भाला ले की मछली को मार दे?**

**Sol.** $\mu = \frac{\text{Real}}{\text{Vertual}}$

$$\frac{4}{3} = \frac{\text{Real}}{3}$$

Real = 4 meter

भाला = Real + दिवार = 4 + 5 = 9 m

**6. एक बाल्टी में 15 cm की गहराई तक पानी भरी जाती है तो बताएँ बाल्टी की पेंदी में पड़ा हुआ एक सिक्का कितना ऊपर उठा हुआ दिखाई देगा?**

**Sol.** $\mu = \frac{R}{A}$

$$\therefore \quad A = \frac{R}{\mu} = \frac{15}{4}\times3 = \frac{45}{4}\text{ cm}$$

विस्थापन (x) = R – A

$$= 15 - \frac{45}{4} = 15 - 11.25 = 3.75\text{ cm}$$

**7. एक माध्यम का क्रांतिक कोण 30° है इसका अपवर्तनांक क्या होगा?**

**Sol.** $\mu = \frac{1}{\sin c}$

$$\frac{1}{\sin 30°} = \frac{1}{\frac{1}{2}} = 2$$

❖ **कुछ प्रमुख अपवर्तनांक–**

| माध्यम | निरपेक्ष अपवर्त्तनांक |
|---|---|
| निर्वात | 0 |
| हवा | 1.0003 |
| पानी | $\frac{4}{3} = 1.33$ |
| बर्फ | 1.31 |
| Alcohol | 1.36 |
| किरोसीन तेल | 1.44 |
| तारीपन तेल | 1.47 |
| बेंजीन | 1.50 |
| क्राउन काँच | 1.51 |
| खनिज नमक | 1.54 |
| कार्बन डाइऑक्साइड | 1.63 |
| रूबी (मणिक्य) | 1.71 |
| नीलम | 1.77 |
| हीरा | 2.42 |

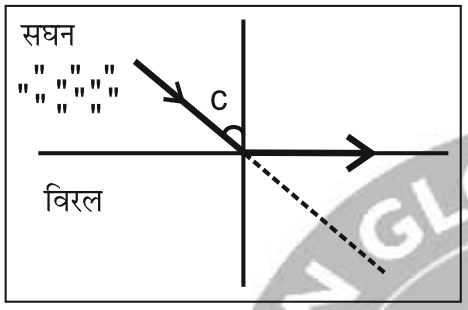
**8. यदि हीरे का अपवर्तनांक 2.42 हो तो हीरे में प्रकाश की चाल क्या होगी?**

**Sol :** $2.42 = \frac{3\times10^8}{\text{हीरे में प्रकाश का वेग}}$

हीरे में प्रकाश का वेग $= \frac{3\times10^8}{2.42}$ m/s

❖ **क्रांतिक कोण (Critical Angle)–** वैसा आपतन कोण जिस पर किसी किरण को आपतित कराया जाए तो वह दोनों माध्यम को अलग करने वाली रेखा के समांतर गुजर जाए। क्रांतिक कोण को c से दर्शाते है।

☞ क्रांतिक कोण के लिए यह आवश्यक है कि प्रकाश सघन से विरल में जाए। यहाँ अपवर्तन कोण का मान 90° होता है।




$$\mu = \frac{1}{\sin c}$$

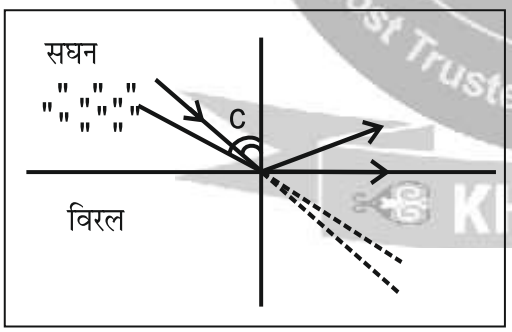
जहाँ c = क्रांतिक कोण

❖ **पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Total Internal Reflection)–** जब किसी किरण को क्रांतिक कोण से भी अधिक कोण पर आपतित कराया जाए तो वह अपवर्तन के फलस्वरूप उसी माध्यम से लौट जाती है जिसे पूर्ण आंतरिक परावर्तन कहते है।

❖ **पूर्ण आंतरिक परावर्तन दो शर्त–**

(i) प्रकाश सघन से विरल में जाए

(ii) आपतन कोण का मान क्रांतिक कोण से बड़ा हो।




❖ **पूर्ण आंतरिक परावर्तन पर आधारित घटनाएं–**

(i) हीरा का चमकना

(ii) काँच की दरार का चमकना

(iii) जल में बुलबुले का चमकना

(iv) Indoscopy (पेट की जाँच)

(v) मरीचिका

(vi) प्रकाशिक तन्तु (Optical fiver)

(vii) गर्मी में सड़क पर जल का दिखना

**Note :–**

☞ Optical fiver का प्रयोग सूचना प्रौद्योगिकी संचार के लिए करते हैं।

☞ Optical fiver की खोज नरेन सिंह कपानी ने किया था।

☞ पानी के अंदर बना हवा का बुलबुला पूर्ण आंतरिक परावर्तन के कारण ही सफेद एवं चमकीला प्रतीत होता है।

☞ मृगमरीचिका के बनने में अपवर्तन सहायक कारक है जबकि पूर्ण आंतरिक परावर्तन मुख्य कारक है।

**1. पूर्ण आंतरिक परावर्तन की घटना होगी?**

(a) पानी से काँच में जाने पर

(b) हवा से पानी में जाने पर

**(c) पानी से हवा में जाने पर**

(d) काँच से हीरा में जाने पर

**Note :** अधिक अपर्वतनांक वाले माध्यम का क्रांतिक कोण कम होगा (सबसे कम हीरा के लिए, लगभग 24°)

## प्रकाशिक तन्तु (Optical Fibre)

☞ वैसे तो प्रकाश सीधी रेखा में गति करता है परन्तु पूर्ण आन्तरिक परावर्तन की युक्ति द्वारा उसे किसी भी दिशा में मोड़ा जा सकता है।

☞ प्रकाशिक तंतु, कांच (प्राय: क्वार्ट्ज कांच) लंबे तथा पतले कई रेशों को मिलाकर बनाया जाता है।

☞ प्रकाशिक तंतु का उपयोग संचार सेवाओं में संकेतों को एक स्थान से सुदूर स्थानों को प्रेषित करने, और शरीर के आंतरिक अंगों की जांच करने आदि में किया जाता है।

☞ इसके द्वारा 10 जीबी/सेकण्ड डाटा को 1 किमी. की परिधि में भेजा जा सकता है।

☞ भारत में 29 जनवरी, 2018 को इलेक्ट्रॉनिक एवं सूचना प्रौद्योगिकी मंत्रालय द्वारा पायलट प्रोजेक्ट के रूप में इस तकनीक का सफल परीक्षण किया।

☞ प्रकाशिक तंतु में तंतुओं के व्यास की कोटि $10^{-4}$ cm होती है।

☞ प्रकाशित तंतु के चारों तरफ लगे पदार्थ का अपवर्तनांक लगभग 1– 1.5 तक होता है।

| पदार्थ | पूर्ण आंतरिक परावर्तन हेतु क्रांतिक कोण |
|---|---|
| हीरा | 24.4° |
| कांच (क्रउन) | 41.1° |
| कांच (फ्लिंट) | 37.4° |
| जल | 48.5° |