

Chapter-07 Modern Physics

- 7.1 Lasers: Energy levels, ionization and excitation potential, spontaneous and stimulated emission, population inversion, pumping methods.
- 7.2 Types of lasers: Ruby, He- Ne lasers, Laser characteristic, Engineering and medical applications of lasers.
- 7.3 Fiber optics- introduction to optical fibers, light propagation, acceptance angle and numerical aperture, fiber types, application in telecommunication, medical and sensors.
- 7.4 Nano Science and Nano technology: Introduction, nano particles and nano materials, properties at Nano scale, Nano technology, nano technology based devices and applications.

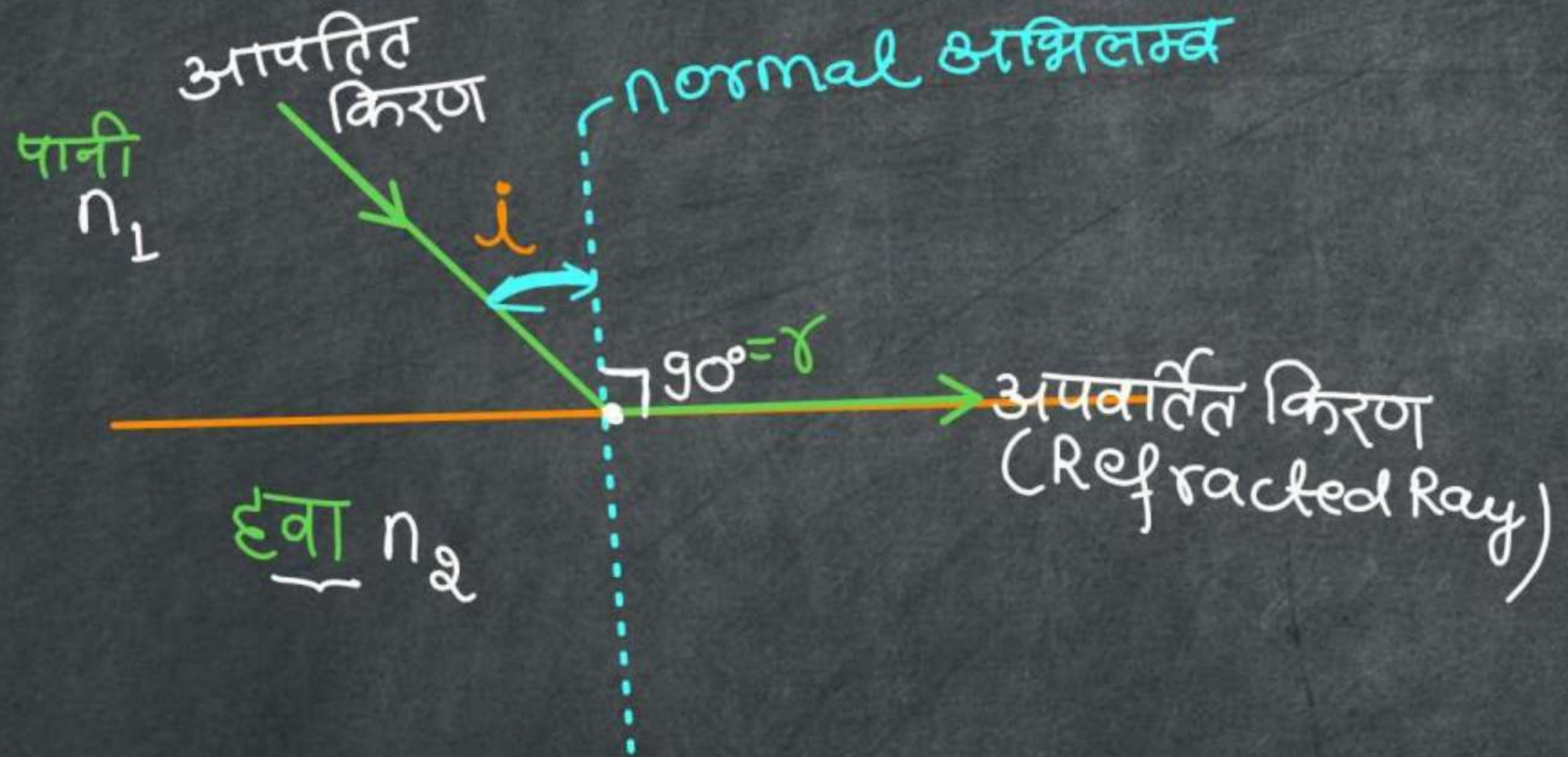
Critical Angle (क्रान्तिक कोण)

$$i = c = \theta_c$$

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

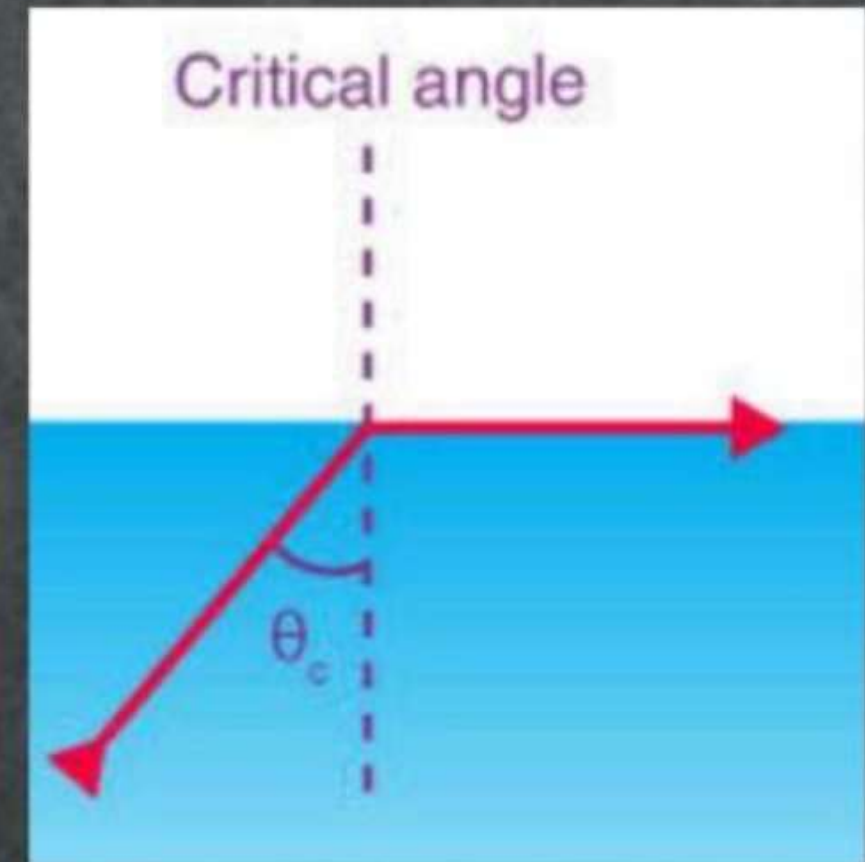
$$\frac{\sin c}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\boxed{\sin c = \frac{n_2}{n_1}}$$



क्रांतिक कोण (Critical Angle) $\rightarrow [C \text{ या } \theta_c]$

- क्रांतिक कोण वह न्यूनतम आपतन कोण है जिस पर प्रकाश की किरण, कम अपवर्तनांक माध्यम में प्रवेश करते समय, 90° के अपवर्तन कोण (Refraction Angle) के साथ चल जाती है।
- Critical angle is the minimum angle of incidence at which a ray of light, when entering a less refractive medium, travels with an angle of refraction of 90° .*



C = क्रांतिक कोण (*Critical angle*)

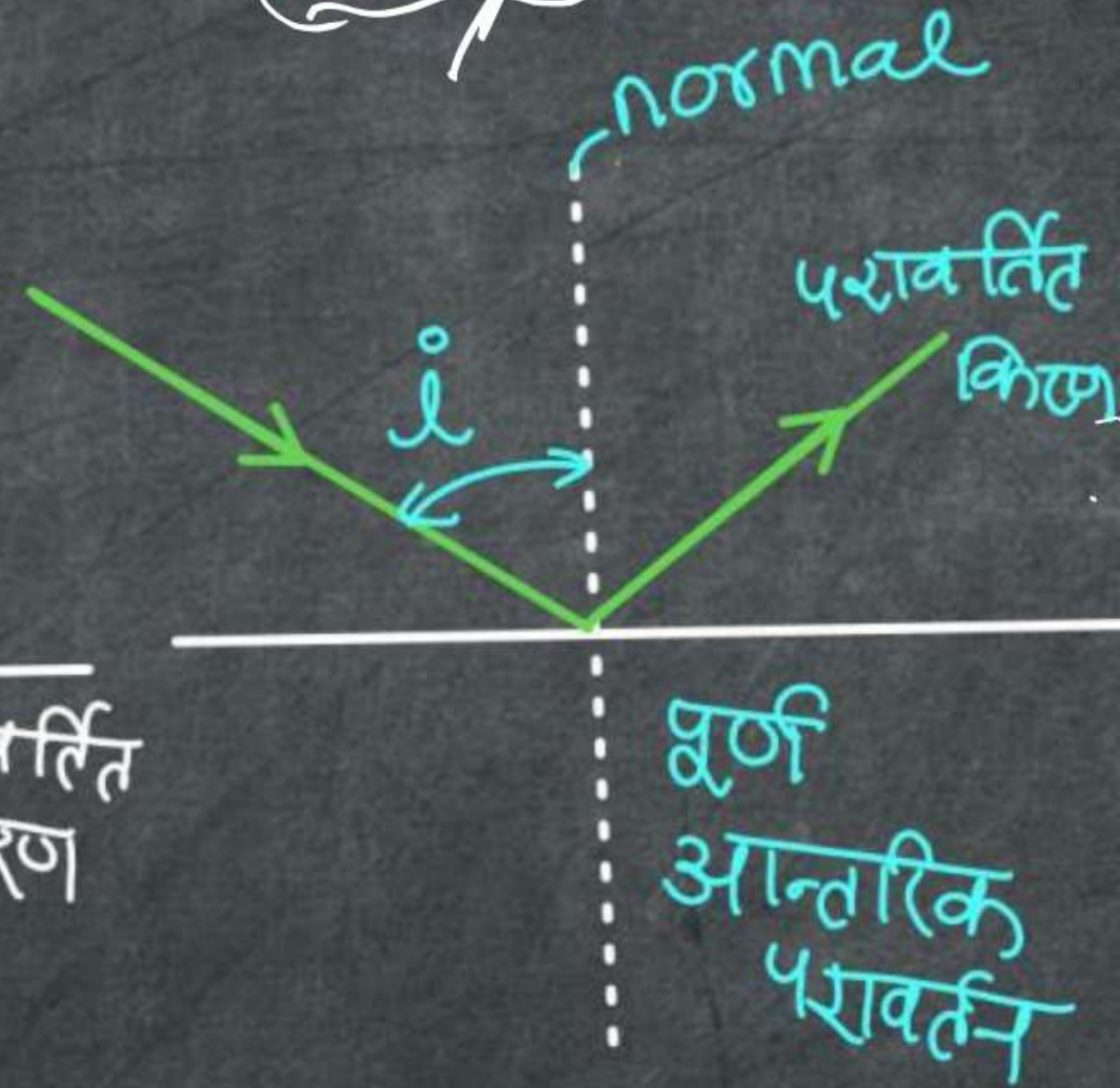
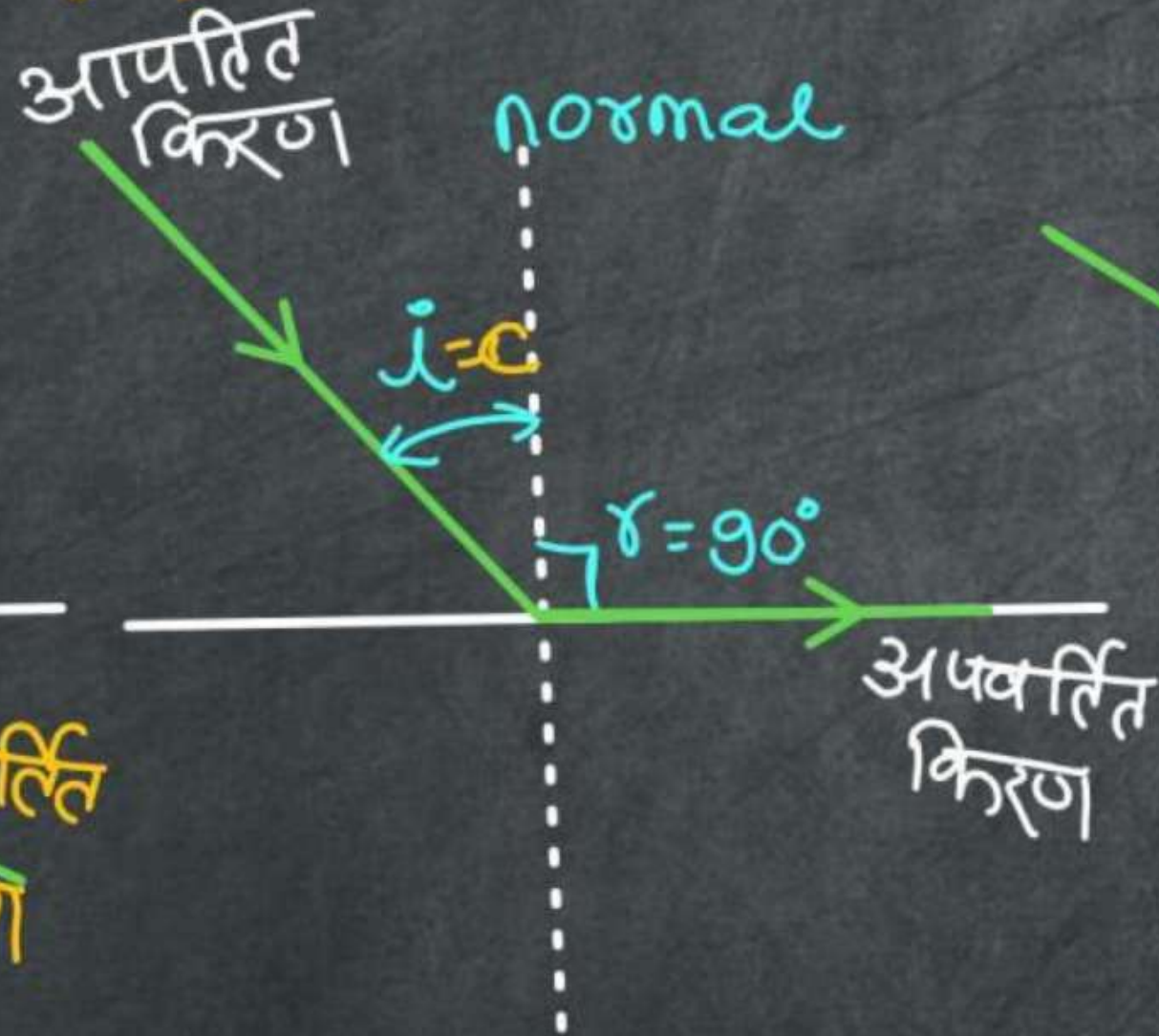
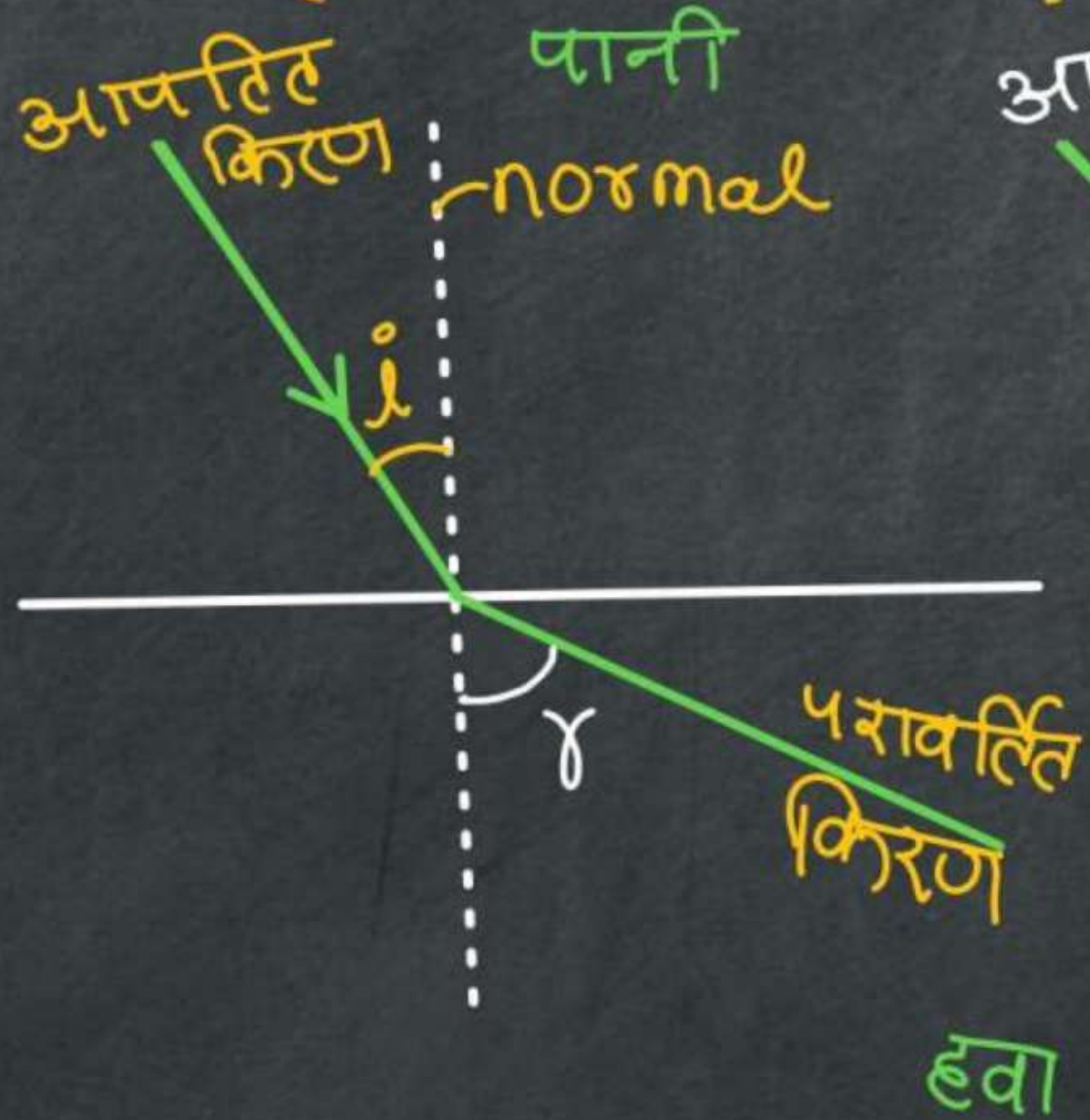
n_1 = अधिक घनत्व माध्यम का अपवर्तनांक (*refractive index of Denser medium*)

n_2 = कम घनत्व माध्यम का अपवर्तनांक (*refractive index of Rarer medium*)

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

Total Internal Reflection \rightarrow TIR (पूर्ण आंतरिक परावर्तन)

$$i > c$$



पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Total Internal Reflection –

- पूर्ण आंतरिक परावर्तन वह प्रक्रिया है जिसमें प्रकाश की किरण, जब वह एक अधिक अपवर्तनांक माध्यम (जैसे काँच, पानी) से एक कम अपवर्तनांक माध्यम (जैसे हवा) में जाने का प्रयास करती है,
- तो यदि उसका आपतन कोण (*Incidence Angle*) एक विशेष सीमा, अर्थात् क्रांतिक कोण, से अधिक हो जाए, तो वह किरण दूसरे माध्यम में प्रवेश न करके पूरी तरह से उसी अधिक अपवर्तनांक माध्यम में वापस परावर्तित हो जाती है।

- *Total internal reflection is the process in which a ray of light, when it tries to go from a high refractive index medium (such as glass, water) to a low refractive index medium (such as air),*
- *then if its incidence angle exceeds a particular limit, i.e. critical angle, then that ray does not enter the other medium and gets completely reflected back to the same high refractive index medium.*

पूर्ण आंतरिक परावर्तन के लिए आवश्यक शर्तें (Conditions for TIR)

- (I) आपतन कोण $>$ क्रान्तिक कोण
 $\text{Angle of Incidence (i)} > \text{critical angle (c)}$
- (II) प्रकाश की किरण अधिक अपवर्तनांक वाले माध्यम से कम अपवर्तनांक वाले माध्यम में प्रव
- (III) Surface चिकना

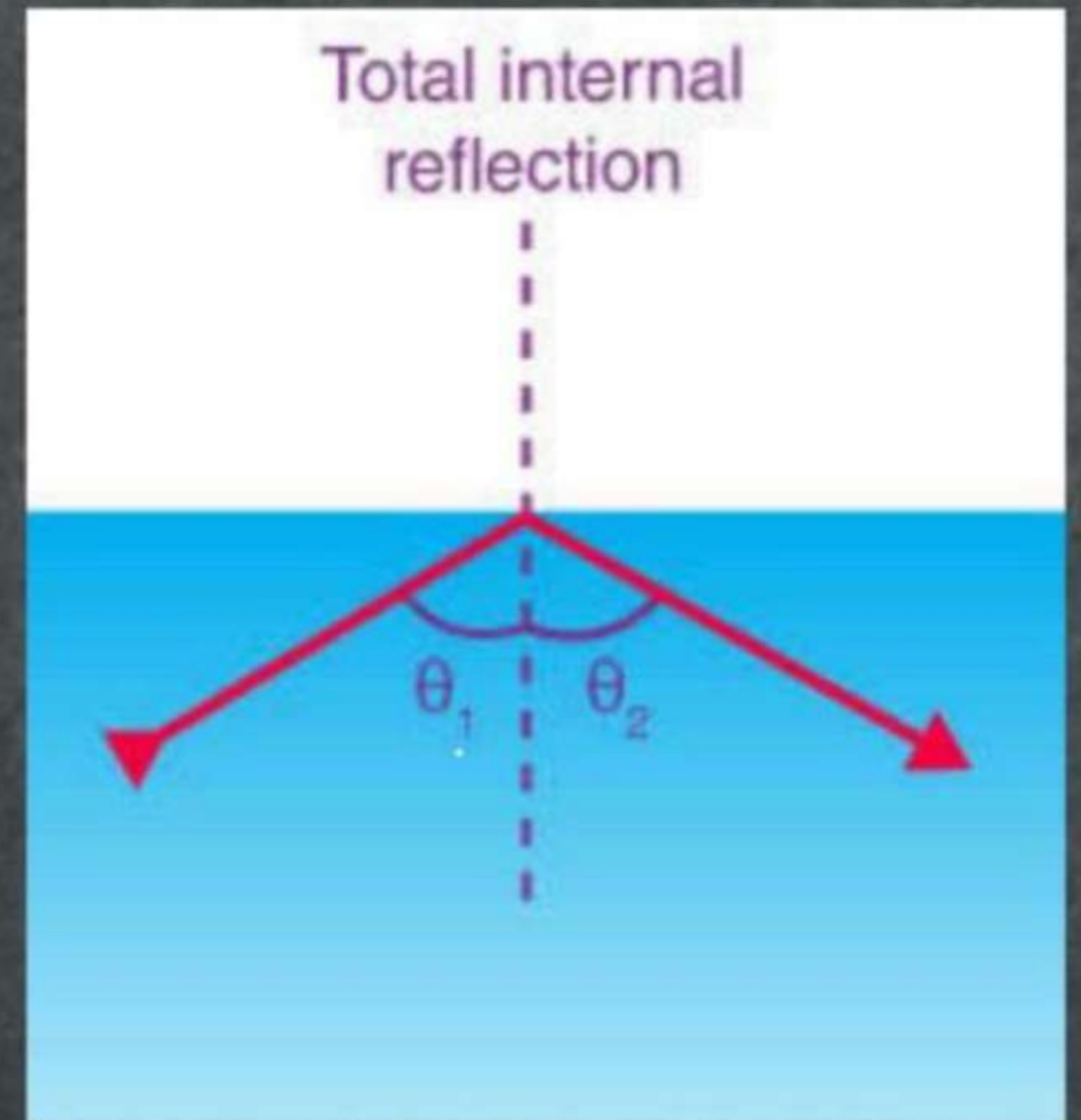
1. माध्यम का चयन:(Selection of Medium)

- प्रकाश की किरण अधिक अपवर्तनांक माध्यम (जैसे काँच, पानी) से कम अपवर्तनांक माध्यम (जैसे हवा) की ओर जानी चाहिए
- A ray of light should travel from a more refractive medium (e.g. glass, water) to a less refractive medium (e.g. air)

2. आपतन कोण का बड़ा होना: (Larger angle of incidence) $\underline{i > c}$

- प्रकाश का आपतन कोण क्रांतिक कोण से बड़ा होना चाहिए
- The angle of incidence of light must be greater than the critical angle

$$i > c$$



3. सतह की चिकनाई: (Surface Smoothness)

- जिस सतह से प्रकाश का अपवर्तन हो रहा है, वह चिकनी और साफ होनी चाहिए ताकि प्रकाश की किरणें बिना बिखरे सही तरीके से परावर्तित हों।
- The surface from which the light is refracting must be smooth and clean so that the light rays reflect properly without scattering.

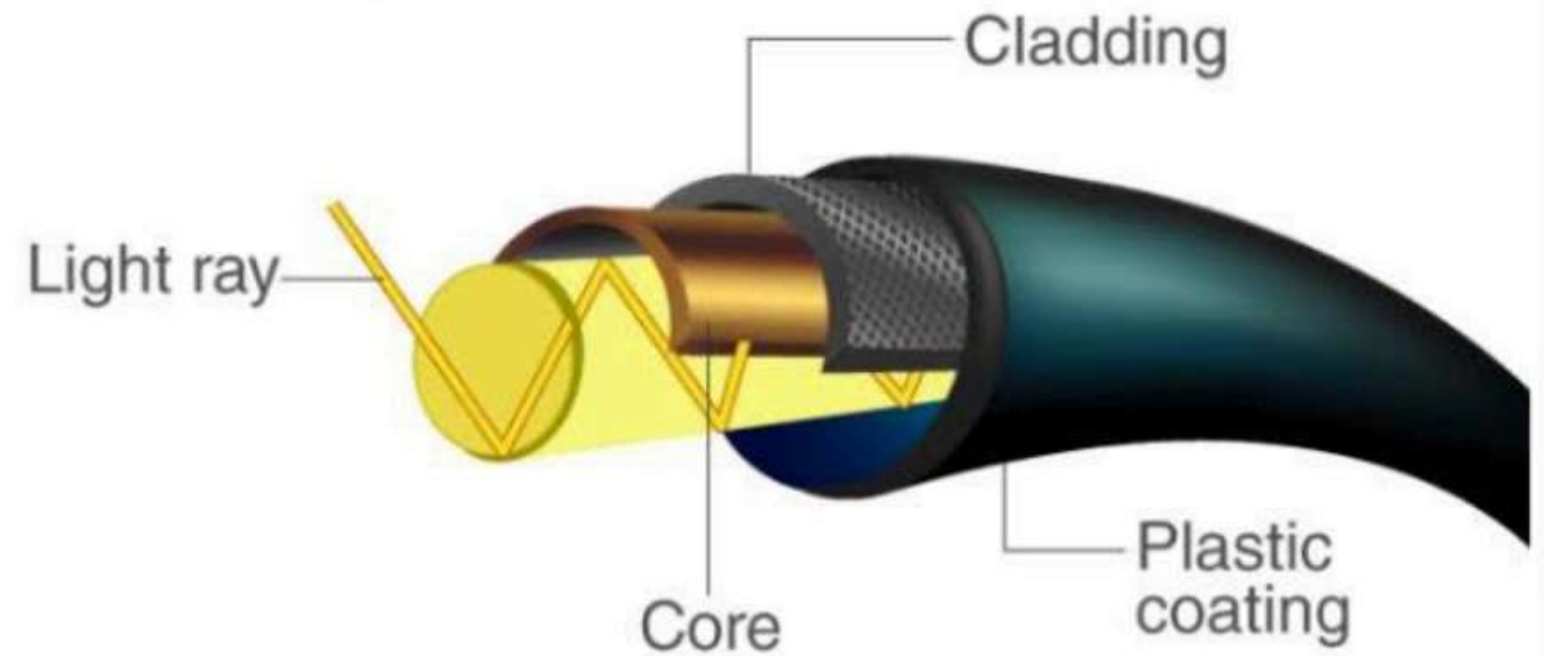
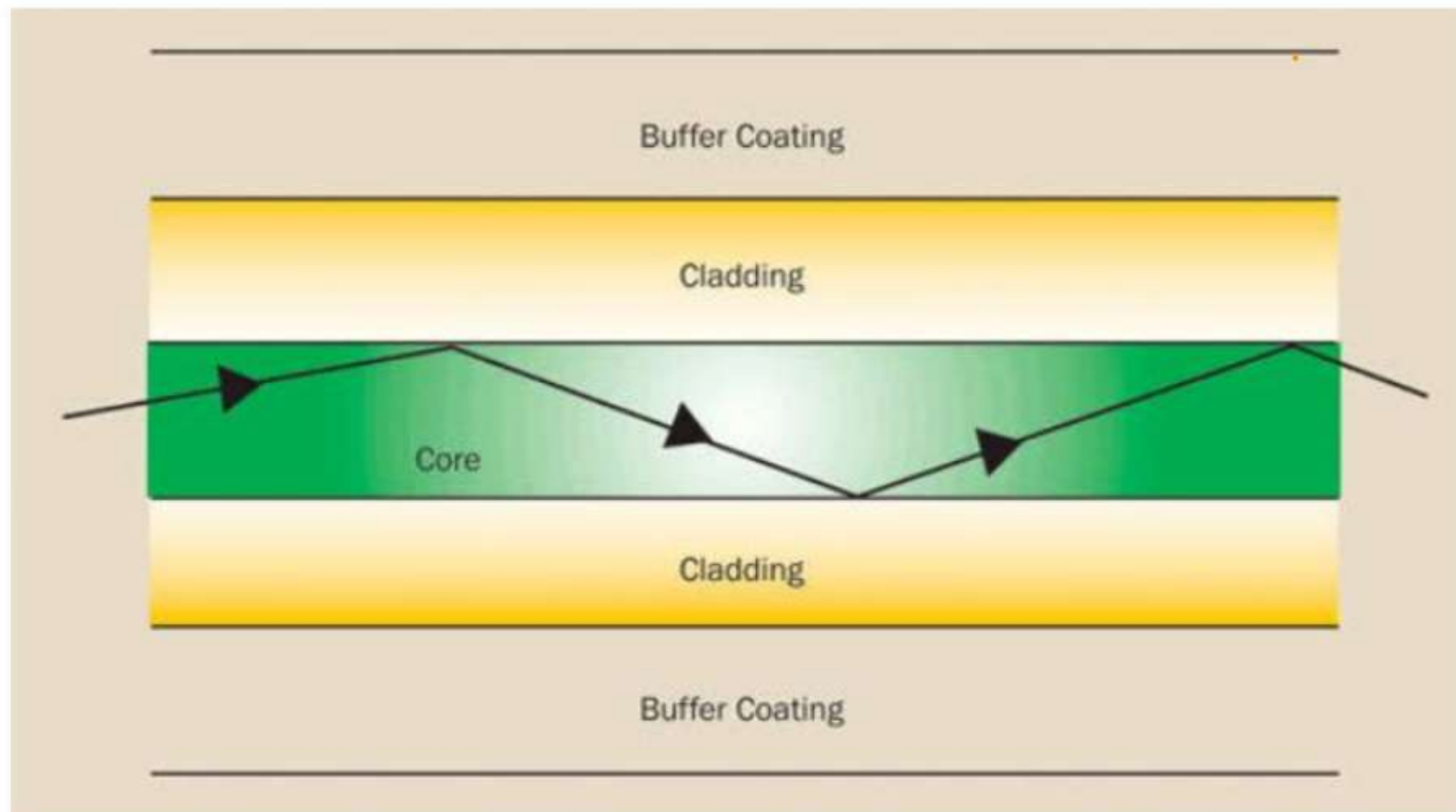
Fiber Optics →

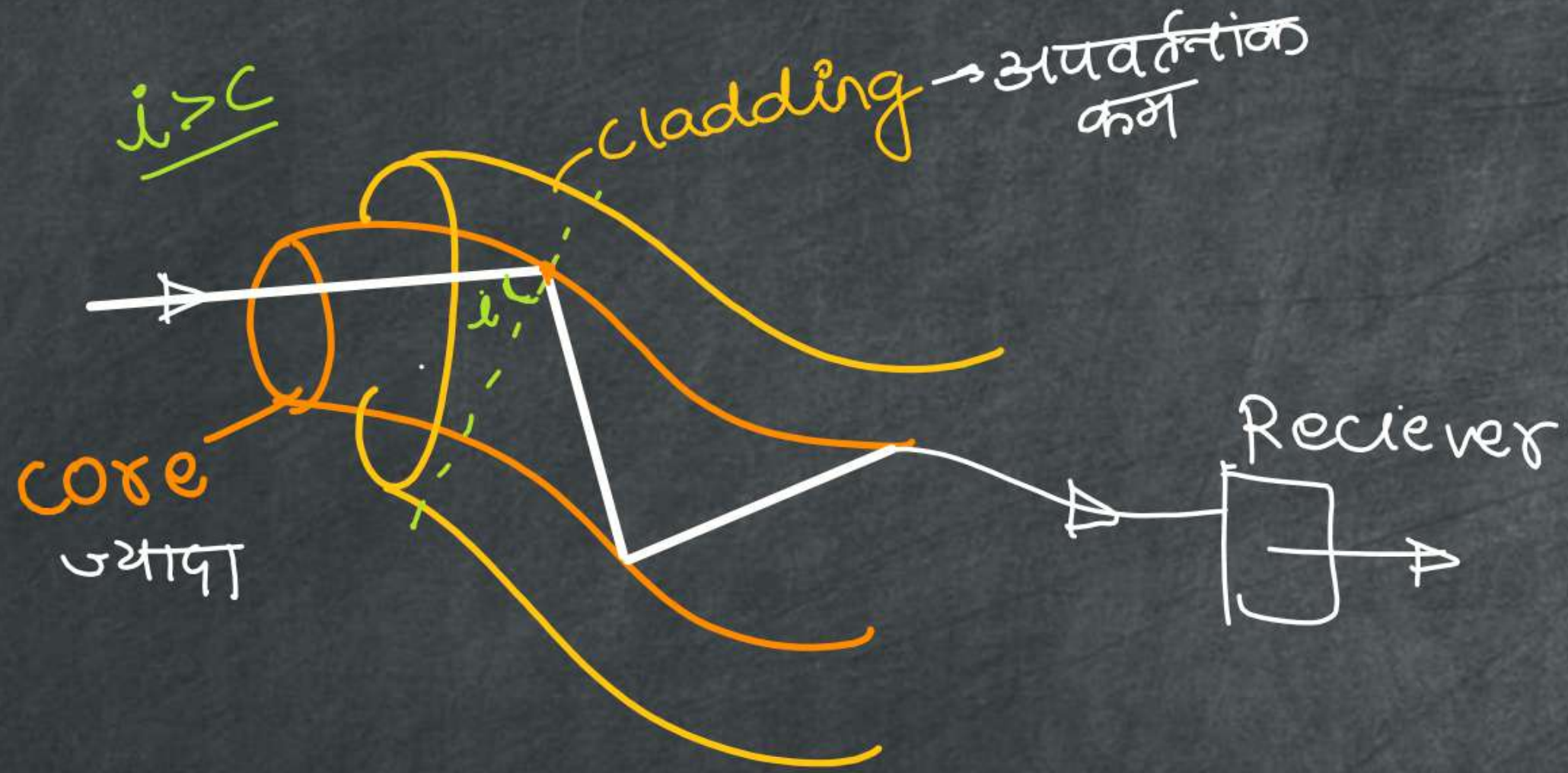
Optical fiber → Total Internal Reflection के सिद्धान्त पर
(पूर्ण आन्तरिक परावर्तन) कार्य करता है।

Optical Fiber (ऑप्टिकल फाइबर)

- ऑप्टिकल फाइबर एक कोर (Core) और क्लैडिंग (Cladding) से बना होता है। कोर का अपवर्तनांक (Refractive Index) अधिक होता है, जबकि क्लैडिंग का अपवर्तनांक कम होता है।
- Optical fiber is made up of a core and cladding. The core has a high refractive index, while the cladding has a low refractive index.
- पूर्ण आंतरिक परावर्तन (TIR) के कारण प्रकाश बिना किसी नुकसान के ऑप्टिकल फाइबर के अंदर ही यात्रा करता रहता है।
- Due to total internal reflection (TIR), light continues to travel inside the optical fiber without any loss.

Application of Total Internal Reflection in Optical Fiber ऑप्टिकल फाइबर में पूर्ण आंतरिक परावर्तन का उपयोग





1. प्रकाश का प्रवेश (Light Injection)

प्रकाश को एक विशेष कोण पर फाइबर में डाला जाता है।

Light is introduced into the fiber at a suitable angle.

आपतन कोण $i > c$ क्रांतिक कोण



2. बार-बार पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Multiple TIR Occurrences)

जब प्रकाश किरण कोर और क्लैडिंग की सीमा पर क्रांतिक कोण से अधिक कोण पर गिरती है, तो यह बार-बार पूर्ण आंतरिक परावर्तित होती है।

When light enters the core at an angle greater than the critical angle, it undergoes repeated total internal reflections at the core-cladding boundary.

3. संकेत संचारण: (Signal Transmission)

यह निरंतर परावर्तन प्रकाश को बिना किसी प्रकार की ऊर्जा हानि के आगे बढ़ाता है।

Due to continuous reflections, the light travels through the fiber without significant energy loss.

4. डेटा संचारण: (Data Transmission)

डिजिटल सूचनाओं को ले जाने के लिए प्रकाश संकेतों का उपयोग किया जाता है, जिससे हाई-स्पीड कम्युनिकेशन संभव होता है।

The encoded light signals carry digital information, enabling high-speed communication

ऑप्टिकल फाइबर के अनुप्रयोग (TIR के उपयोग से) Applications of Optical Fiber Using TIR

- 1. दूरसंचार (Telecommunication): इंटरनेट, टेलीफोन और केबल टीवी के लिए हाई-स्पीड डेटा ट्रांसमिशन।
- 2. मेडिकल एंडोस्कोपी: शरीर के अंदर प्रकाश भेजकर आंतरिक अंगों की जांच के लिए।
- 3. औद्योगिक निरीक्षण: मशीनों और पाइपलाइनों की जांच के लिए बोरस्कोप का उपयोग।
- 4. सुरक्षा और रक्षा: गुप्त संचार और निगरानी प्रणालियों में उपयोग।
- 5. ऑप्टिकल सेंसर: तापमान, दबाव और रासायनिक संवेदन के लिए उपयोग।

- 1. Telecommunication: High-speed internet, cable TV, and telephone networks use optical fibers for data transmission.
- 2. Medical Endoscopy: Optical fibers help in transmitting light inside the human body for internal examinations.
- 3. Industrial Inspections: Used in borescopes for inspecting machinery and pipelines.
- 4. Defense and Security: Fiber optics are used in secure communication and surveillance.
- 5. Optical Sensors: Used in temperature, pressure, and chemical sensing applications.

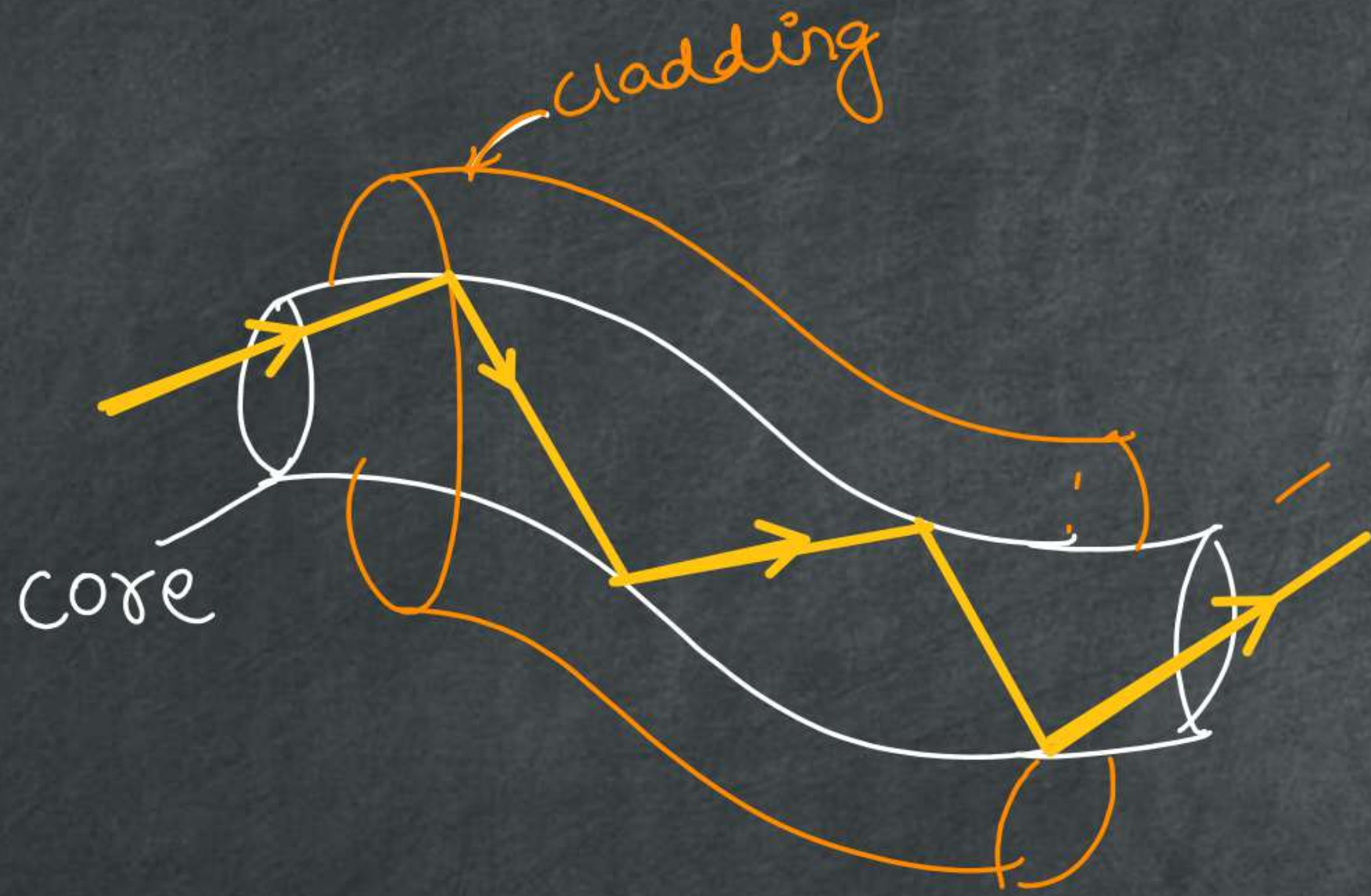
Light Propagation in Optical Fiber (ऑप्टिकल फाइबर में प्रकाश का संचरण)

ऑप्टिकल फाइबर में प्रकाश का संचरण पूर्ण आंतरिक परावर्तन (Total Internal Reflection - TIR) के सिद्धांत पर आधारित होता है।

The transmission of light in optical fiber is based on the principle of Total Internal Reflection (TIR).

प्रकाश किरण जब कोर (Core) में प्रवेश करती है और एक्सेप्टेंस कोण (Acceptance Angle) के भीतर होती है, तो यह कोर और क्लैडिंग (Cladding) के बीच बार-बार परावर्तित होती है और आगे बढ़ती रहती है।

When the light ray enters the core and is within the acceptance angle, it reflects repeatedly between the core and the cladding and continues to travel forward.



यह प्रक्रिया तब तक जारी रहती है जब तक प्रकाश आउटपुट छोर तक नहीं पहुंच जाता।

This process continues until the light reaches the output end.

Acceptance Angle (एक्सेप्टेंस कोण)

✓ एक्सेप्टेंस कोण वह अधिकतम कोण होता है जिससे प्रकाश किरण ऑप्टिकल फाइबर में प्रवेश कर सकती है और पूर्ण आंतरिक परावर्तन के जरिए आगे बढ़ सकती है।

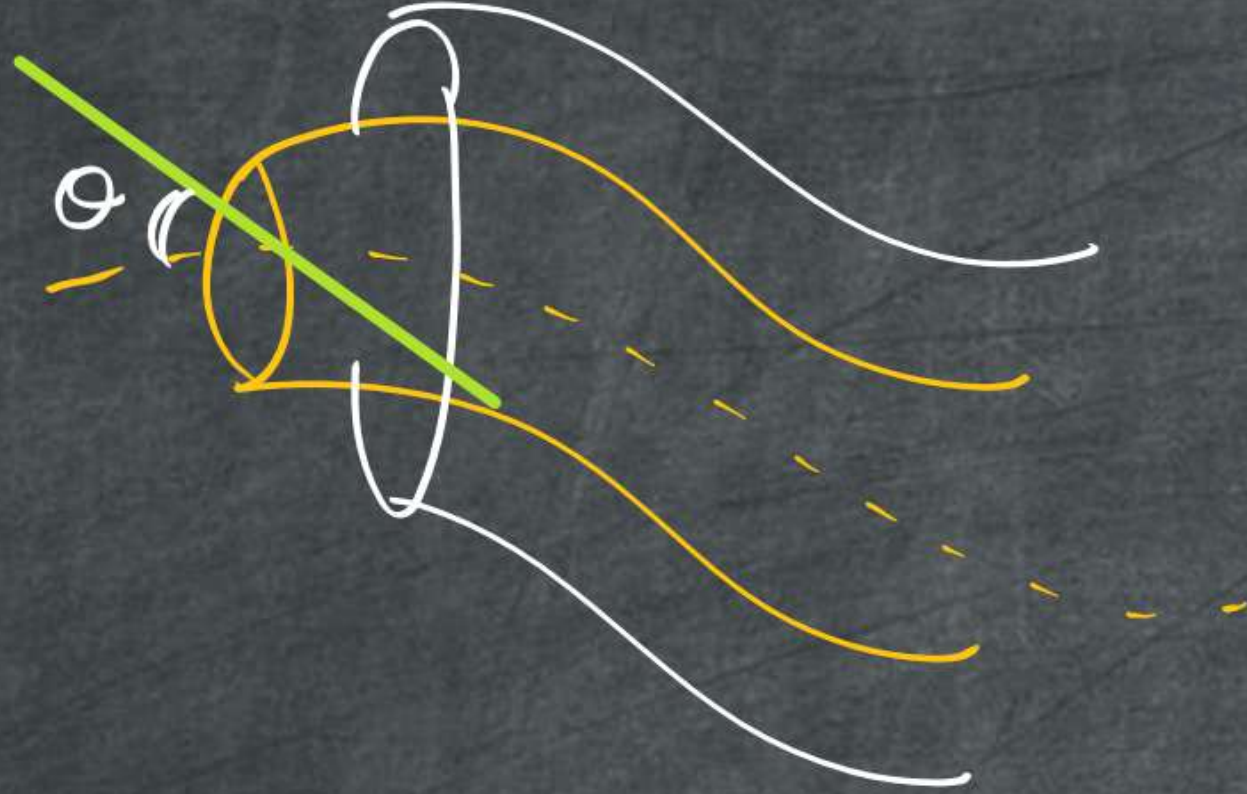
The acceptance angle is the maximum angle through which a beam of light can enter an optical fiber and propagate through total internal reflection.

✓ यदि कोण इस सीमा से बड़ा होता है, तो प्रकाश क्लैडिंग में रिसकर बाहर निकल जाता है, जिससे डेटा लॉस हो सकता है।

If the angle is larger than this limit, light leaks out of the cladding, which may cause data loss.

Acceptance angle \rightarrow

Accept \rightarrow लीकर



Acceptance Angle (एक्सेप्टेंस कोण)

