

(Q) → Numerical Aperture →

से आप क्या समझते हैं इसका
महत्व लिखिए ?

2 या
2.5
marks



Numerical Aperture (संख्यात्मक एपर्चर - NA)

संख्यात्मक एपर्चर (Numerical Aperture - NA) ऑप्टिकल फाइबर की प्रकाश को इकट्ठा करने और गाइड करने की क्षमता को दर्शाने वाला एक महत्वपूर्ण पैरामीटर है।

Numerical Aperture (NA) is an important parameter indicating the ability of an optical fiber to collect and guide light.

यह स्वीकृति कोण (Acceptance Angle) पर निर्भर करता है, जो फाइबर के अंदर प्रवेश करने वाले प्रकाश किरणों का अधिकतम कोण होता है।

It depends on the acceptance angle, which is the maximum angle at which the light rays enter the fiber.

NA का मूल्य कोर (Core) और क्लैडिंग (Cladding) के अपवर्तनांकों (Refractive Indices) पर निर्भर करता है।

The value of NA depends on the refractive indices of core and cladding.

इसका उपयोग फाइबर की प्रकाश पकड़ने की क्षमता और संचारण क्षमता निर्धारित करने के लिए किया जाता है।

It is used to determine the light capturing and transmitting ability of a fiber.

संख्यात्मक एपर्चर का महत्व (Importance of Numerical Aperture)

✓ प्रकाश पकड़ने की क्षमता (Light Gathering Ability): ✓

NA → Numerical Aperture

उच्च NA का अर्थ है कि फाइबर अधिक प्रकाश किरणों को स्वीकार कर सकता है।

Higher NA means the fiber can accept more light rays.

✓ डेटा ट्रांसमिशन (Data Transmission):

उच्च NA मल्टी-मोड फाइबर में बेहतर डेटा कैप्चरिंग को दर्शाता है।

Higher NA indicates better data capturing in multi-mode fiber.

✓ संकेत प्रकीर्णन (Signal Dispersion):

उच्च NA मल्टी-मोड ऑप्टिकल फाइबर में अधिक संकेत प्रकीर्णन (dispersion) का कारण बन सकता है।

Higher NA can cause more signal dispersion in multi-mode optical fiber.

✓ संचरण कोण (Propagation Angle): ✓

अधिक NA वाले फाइबर अधिक कोणों से प्रकाश स्वीकार कर सकते हैं।

Fibers with higher NA can accept light from greater angles.

✓ एंडोस्कोपी और मेडिकल उपकरण (Endoscopy & Medical Devices): ✓

मेडिकल इमेजिंग और लेजर सर्जरी में उच्च NA ऑप्टिकल फाइबर का उपयोग किया जाता है।

High NA optical fibers are used in medical imaging and laser surgery.

Fiber Types (ऑप्टिकल फाइबर के प्रकार)

ऑप्टिकल फाइबर को उनके प्रकाश संचरण और संरचना के आधार पर विभिन्न प्रकारों में विभाजित किया जाता है।

Optical fibers are divided into different types based on their light transmission and structure.

1. मोड के आधार पर (Based on Mode)✓
2. इंडेक्स प्रोफाइल के आधार पर (Based on Index Profile)✓
3. सामग्री के आधार पर (Based on Material)✓

1. मोड के आधार पर (Based on Mode)

(A) सिंगल मोड फाइबर (Single Mode Fiber - SMF)

✓ केवल एक प्रकाश किरण (Mode) को संचारित करता है।

Transmits only one light beam (mode).

✓ लंबी दूरी (100 किमी तक) और उच्च गति के लिए उपयुक्त।

Suitable for long distances (up to 100 km) and high speeds.

✓ डेटा हानि (Attenuation) कम होती है। Attenuation is low.

✓ लेजर डायोड (Laser Diode) स्रोत के रूप में प्रयोग किया जाता है।

Laser diode is used as the source.

✓ टेलीकॉम, इंटरनेट बैकबोन, और लॉन्ग-डिस्टेंस नेटवर्क में उपयोग।

Used in telecom, Internet backbone, and long-distance networks.

(B) मल्टी-मोड फाइबर (Multimode Fiber - MMF)

✓ कई प्रकाश किरणों को एक साथ संचारित कर सकता है।

Can transmit multiple light beams simultaneously.

✓ छोटी दूरी (2 किमी तक) और कम लागत वाली संचार प्रणालियों के लिए उपयुक्त।

Suitable for short distance (upto 2 km) and low cost communication systems.

✓ डेटा हानि अधिक होती है। Data loss is high.

✓ LED स्रोत के रूप में प्रयोग किया जाता है।

LED is used as source.

✓ LAN, CCTV, मेडिकल इमेजिंग और औद्योगिक नेटवर्क में उपयोग।

Used in LAN, CCTV, medical imaging and industrial networks.

2. इंडेक्स प्रोफाइल के आधार पर (Based on Index Profile)

(A) स्टेप इंडेक्स फाइबर (Step Index Fiber) ✓

✓ कोर और क्लैडिंग के बीच अचानक अपवर्तनांक (Refractive Index) परिवर्तन होता है।

There is a sudden refractive index change between the core and the cladding.

✓ सिंगल-मोड और मल्टी-मोड दोनों में उपलब्ध।

Available in both single-mode and multi-mode.

✓ मल्टी-मोड स्टेप इंडेक्स में डिस्पर्शन अधिक होता है।

Dispersion is higher in multi-mode step index.

(B) ग्रेडेड इंडेक्स फाइबर (Graded Index Fiber)

✓ कोर के भीतर अपवर्तनांक धीरे-धीरे बदलता है।

The refractive index changes slowly within the core.

✓ प्रकाश का संचरण अधिक संतुलित होता है।

The transmission of light is more balanced.

✓ मल्टी-मोड फाइबर में डेटा हानि कम करता है।

Reduces data loss in multi-mode fiber.

✓ हाई-स्पीड डेटा ट्रांसमिशन के लिए बेहतर होता है।

Better for high-speed data transmission.

3. सामग्री के आधार पर (Based on Material)

(A) ग्लास फाइबर (Glass Fiber)

✓ सिलिका (Silica) से बना होता है।

Made of Silica.✓

✓ उच्च गुणवत्ता और लंबी दूरी के लिए उपयुक्त।

High quality and suitable for long distances.

✓ टेलीकॉम और डेटा ट्रांसमिशन के लिए उपयोग किया जाता है।

Used for telecom and data transmission.

(B) प्लास्टिक फाइबर (Plastic Fiber)

✓ पॉलीमर से बना होता है।

Made of polymer.

✓ कम लागत और फ्लेक्सिबल (Flexible) होता है।

Low cost and flexible.

✓ छोटी दूरी और ऑटोमोबाइल एवं मेडिकल उपकरणों में उपयोग।

Used for short distances and in automobiles and medical equipment.

ऑप्टिकल फाइबर का टेलीकम्युनिकेशन में अनुप्रयोग (Applications of Optical Fiber in Telecommunication)

✓ हाई-स्पीड इंटरनेट और ब्रॉडबैंड नेटवर्क (High-Speed Internet & Broadband Network):

डेटा को तेज गति से ट्रांसमिट करने के लिए उपयोग किया जाता है।

Used to transmit data at high speed.

✓ समुद्री ऑप्टिकल फाइबर केबल (Submarine Optical Fiber Cable):

देशों के बीच अंडरसी केबल्स के माध्यम से इंटरनेट और टेलीकम्युनिकेशन कनेक्टिविटी प्रदान करता है।

Provides Internet and telecommunication connectivity through undersea cables between countries.

✓ मोबाइल नेटवर्क (Mobile Networks - 4G/5G Backhaul):

मोबाइल टावरों के बीच हाई-स्पीड डेटा ट्रांसफर के लिए प्रयोग किया जाता है।

Used for high-speed data transfer between mobile towers.

✓ केबल टेलीविजन (Cable Television - CATV):

डिजिटल टीवी और IPTV प्रसारण के लिए ऑप्टिकल फाइबर का उपयोग किया जाता है।

Optical fiber is used for digital TV and IPTV transmission.

✓ स्पेस कम्युनिकेशन (Space Communication):

सैटेलाइट और अंतरिक्ष अभियानों में संचार के लिए प्रयोग किया जाता है।

Used for communication in satellites and space missions.

ऑप्टिकल फाइबर का मेडिकल क्षेत्र में अनुप्रयोग (Applications of Optical Fiber in Medical Field)

✓ एंडोस्कोपी (Endoscopy):

शरीर के अंदरूनी अंगों की इमेजिंग और डायग्नोसिस के लिए ऑप्टिकल फाइबर कैमरे का उपयोग किया जाता है।

Optical fiber cameras are used for imaging and diagnosis of internal organs of the body.

✓ लेजर सर्जरी (Laser Surgery):

आँखों की लेसिक सर्जरी, त्वचा उपचार, और कैंसर ट्रीटमेंट में ऑप्टिकल फाइबर लेजर का उपयोग किया जाता है।

Optical fiber lasers are used in eye LASIK surgery, skin treatment, and cancer treatment.

✓ फोटो-थेरेपी (*Phototherapy*):

त्वचा संबंधी बीमारियों और नवजात शिशुओं के पीलिया (Jaundice) के इलाज के लिए उपयोग किया जाता है।

It is used to treat skin diseases and jaundice in newborn babies.

✓ डेंटल ट्रीटमेंट (*Dental Treatment*):

दांतों की सफाई और सटीक सर्जरी के लिए ऑप्टिकल फाइबर लेजर तकनीक का उपयोग किया जाता है

Optical fiber laser technology is used for teeth cleaning and precision surgery.

✓ बायोसेंसर (*Biosensors*):

रक्त में ग्लूकोज, बैक्टीरिया और अन्य जैविक तत्वों का पता लगाने के लिए ऑप्टिकल फाइबर सेंसर का उपयोग किया जाता है।

Optical fiber sensors are used to detect glucose, bacteria and other biological elements in the blood.

ऑप्टिकल फाइबर का सेंसर में अनुप्रयोग (Applications of Optical Fiber in Sensors)

✓ **फाइबर ऑप्टिक जाइरोस्कोप (Fiber Optic Gyroscope - FOG):**

विमान, जहाज और ऑटोमेशन सिस्टम में दिशा निर्धारण के लिए प्रयोग किया जाता है।

Used for direction determination in aircraft, ships and automation systems.

✓ **तापमान मापन (Temperature Sensing):**

अत्यधिक गर्मी वाले स्थानों में तापमान मापने के लिए फाइबर ऑप्टिक सेंसर का उपयोग किया जाता है।

Fiber optic sensors are used to measure temperature in places with extreme heat.

✓ दबाव और कंपन मापन (*Pressure & Vibration Sensing*):

औद्योगिक पाइपलाइन, पुल, और इमारतों में संरचनात्मक निगरानी के लिए उपयोग किया जाता है।

Used for structural monitoring in industrial pipelines, bridges, and buildings.

✓ फाइबर ब्रैग ग्रेटिंग (*Fiber Bragg Grating - FBG*) सेंसर:

विद्युतचुंबकीय प्रभावों से मुक्त रहते हुए, सटीक स्ट्रेस और वोल्टेज माप के लिए प्रयोग किया जाता है।

Used for accurate stress and voltage measurements while being free from electromagnetic effects.

✓ बायोमेडिकल सेंसर (*Biomedical Sensors*):

शरीर के अंदर जैविक गतिविधियों की निगरानी के लिए ऑप्टिकल फाइबर तकनीक का उपयोग किया जाता है।

Optical fiber technology is used to monitor biological activities inside the body.