1. Torsion को परिभाषित कीजिए। एक गोलाकार छड़ पर Torsion Load क्रियाशील होने पर उसके प्रभावों को लिखिए। (Define torsion. Write down the effects of a torsional load applied to a circular bar.)

Torsion (टॉर्शन) : Torsion वह अवस्था है जब किसी **shaft या circular bar** पर ऐसा **moment (torque)** लगाया जाता है जिससे वह अपने **अनुदैर्ध्य अक्ष (longitudinal axis)** के चारों ओर **मुड़ने (twist)** लगता है।

गोलाकार छड़ पर Torsional Load के प्रभाव

जब किसी circular bar पर torsional load लगाया जाता है, तो निम्न प्रभाव उत्पन्न होते हैं:

1. **Twisting of the bar (मरोड़ उत्पन्न होना)** : छड़ अपने अक्ष के चारों ओर मुड़ जाती है। एक सिरा स्थिर हो और दूसरे पर torque लगे तो twist स्पष्ट दिखाई देता है।
2. **Shear stress का विकास** : छड़ के प्रत्येक cross-section में **shear stress** उत्पन्न होता है। यह stress **केंद्र (axis) पर शून्य** तथा **बाहरी सतह पर अधिकतम** होता है।
3. **Angle of twist उत्पन्न होना** : छड़ की लंबाई के साथ-साथ **angle of twist (θ)** विकसित होता है, जो torque और लंबाई के समानुपाती होता है।
4. **Circular sections का plane बने रहना** : मरोड़ के बाद भी छड़ के cross-section **plane और circular** ही रहते हैं, केवल घूम जाते हैं।
5. **Helical deformation** : छड़ की सतह पर स्थित longitudinal line, torsion के कारण **helical (सर्पिल)** आकार ले लेती है।

2. Write short notes on the following (निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए) :

(i) Torsional stress (मरोड़ी प्रतिबल)

(ii) Angle of twist (ऐंठन कोण)

(iii) Assumption of pure torsion (शुद्ध मरोड़ की अभिकल्पनायें)

(i) Torsional Stress (मरोड़ी प्रतिबल) : जब किसी **circular shaft / bar** पर **torque (T)** लगाया जाता है, तो उसके cross-section में **shear stress** उत्पन्न होता है, जिसे **torsional stress** कहते हैं। यह stress शाफ्ट के **केंद्र पर शून्य** तथा **बाहरी सतह पर अधिकतम** होता है।

$$\tau = \frac{Tr}{J}$$

जहाँ

τ = torsional shear stress,

T = लगाया गया torque,

r = neutral axis से दूरी,

J = polar moment of inertia

(ii) Angle of Twist (ऐंठन कोण) : Angle of twist (θ) वह कोण है जिससे शाफ्ट का एक सिरा दूसरे सिरे की तुलना में **घूम जाता है,** जब उस पर torsional load लगाया जाता है। यह torque और लंबाई के समानुपाती तथा rigidity के व्युत्क्रमानुपाती होता है।

$$\theta = \frac{TL}{GJ}$$

जहाँ

θ = angle of twist (radian),

L = शाफ्ट की लंबाई,

G = modulus of rigidity।

(iii) Assumptions of Pure Torsion : Pure torsion theory को लागू करने के लिए निम्न मान्यताएँ ली जाती हैं:

1. शाफ्ट **perfectly circular और uniform cross-section** का होता है।
2. Material **homogeneous और isotropic** होता है।
3. Stress elastic limit के भीतर होता है और **Hooke's law** लागू होता है।
4. Cross-sections torsion के बाद भी **plane और circular** रहते हैं।
5. Twist पूरे length में **uniform** होता है।
6. केवल **torsional moment** कार्य करता है, bending या axial load नहीं।

Write short notes on the following (निम्नलिखित पर संक्षिप्त टिप्पणियाँ लिखिए) :

(i) Torsional rigidity (मरोड़ी दृढ़ता)

(ii) Torsional section modulus (मरोड़ आकृति मापांक)

(iii) Modulus of rupture (माड्यूलस ऑफ रप्चर)

(iv) Power transmitted by shaft (शाफ्ट के द्वारा शक्ति संचरण)

(i) Torsional Rigidity (मरोड़ी दृढ़ता) : Torsional rigidity किसी shaft की वह क्षमता है जिसके कारण वह **torsional load (torque)** के प्रभाव में **twist का विरोध** करता है। यह **modulus of rigidity (G)** और **polar moment of inertia (J)** पर निर्भर करती है।

Torsional Rigidity = GJ

(ii) Torsional Section Modulus (मरोड़ आकृति मापांक) : Torsional section modulus (Z_p) shaft के cross-section की वह विशेषता है जो **torsional strength** को दर्शाती है। यह **polar moment of inertia और outer radius** के अनुपात के बराबर होता है।

$$Z_p = \frac{J}{R}$$

(iii) Modulus of Rupture (माड्यूलस ऑफ रप्चर) : **Modulus of rupture** वह **maximum bending stress** है जिस पर कोई material **fracture (टूट)** हो जाता है। यह प्रायः **bending test** से निर्धारित किया जाता है और brittle materials के लिए उपयोगी होता है।

(iv) Power Transmitted by Shaft : जब shaft torque के साथ घूमता है, तो वह **mechanical power** transmit करता है। Power का मान torque और angular speed पर निर्भर करता है।

How Hollow shaft can be compared with solid shaft?

Hollow shaft और **solid shaft** की तुलना सामान्यतः **strength, weight, material saving और torsional behaviour** के आधार पर की जाती है।

आधार	Solid Shaft (ठोस शैफ्ट)	Hollow Shaft (खोखला शैफ्ट)
संरचना	पूरा cross-section ठोस होता है	अंदर से खोखला, बाहर solid
Weight	अधिक वजन	कम वजन
Material उपयोग	अधिक material की आवश्यकता	कम material में समान कार्य
Torque capacity	तुलनात्मक रूप से कम	समान वजन में अधिक torque वहन करता है
Strength / Efficiency	कम efficient	अधिक efficient
Torsional rigidity	कम	अधिक (same weight के लिए)
Cost	Material अधिक → cost अधिक	Material कम → economical
Application	हल्के कार्यों में	Heavy duty shafts (automobile, marine)