10. Mechanical Properties of Solids

IMP DEFINITIONS & FORMULAS

1. **Elasticity :** The property of a body, by virtue of which, it regains its original Size and Shape when the deforming force is removed, is called Elasticity.
2. **Elastic body:** A body which returns to its original size and shape after the removal of deforming force (when deformed with in the elastic limit) is called Elastic body.
   Note1 : There is no perfect Elastic body.
   Note2: 'Quartz fibre' is a close approximation to perfectly Elastic body.
3. **Plasticity :** The property of a body by virtue of which, it does not regain its original size and shape on the removal of deforming force, is called Plasticity.
4. **Plastic body :** A body which does not regain its size and shape when the deforming force is removed is called a Plastic body.
   Ex : Wet Clay, Wax, chewing Gum

5.0 **Stress :** Stress is defined as the restoring force developed in the body per unit area

5.1. $\text{Stress} = \dfrac{\text{restoring force}}{\text{Area}}$, $\text{Stress} = \dfrac{F}{a}$

5.2. **SI unit:** Nm^{-2} (or) Pascal (Pa)

5.3. **Dimensional Formula:** $[M^1L^{-1}T^{-2}]$

5.4. **Types of Stress :**
i) Longitudinal stress (or) Tensile stress
ii) Bulk stress (or) Volume stress
iii) Shear stress (or) Tangential stress

6. **Strain :** The ratio of change in dimension of a body to the original dimension is called Strain.
Note: Being a Ratio of same quantities, Strain has no Units & no Dimensions

6.1 **Types of Strain:**
i) Longitudinal strain
ii) Volume strain (or) Bulk strain
iii) Shear strain

BABY BULLET-Q

BULLET MASTER'S PHYSI BEATS!

MP OF SOLIDS [1 SAQ]

SOLID విశ్వరూపదర్శనం!

ఒక 'ప్లాస్టిక్ టేబుల్' మీద ఈ క్రింద చెప్పిన Solids అన్నీ ఉన్నాయనుకొని, ఆ క్రింద ఇచ్చిన Properties of Solids ను అన్వయించుకుంటూ చదివితే మీకు Solids యొక్క 'విశ్వరూప దర్శనం' ప్రాప్తిస్తుంది!.

SOLIDS in Every day Life

ఒక Steel Rod, Duster, ఇటుక, కొంచెం పటిక, చిటికెడు Salt, చెంచాడు Sugar, మైసూర్‌పాక్ ముక్క, Ice Cube, Gold Ring, అల్యూమినియం గిన్నె, ఇత్తడి చెంబు, Copper wire, ఒక Coal Piece ,...

VARIOUS PROPERTIES OF SOLIDS

1. Mechanical Properties of Solids (Present Chapter)

1) Rigidity (Rock standing Shape and Size); 2) Elasticity (Regaining Original Shape and Size)
3) Plasticity (Keeping 'as it is'); 4) Stress (Restoring Force)
5) Strain (Changes in dimensions of a body) 6) Modulus of Elasticity (Stress by Strain)
7) Elastic Limit 8) Elastic Fatigue 9) Strain Energy, ...

----

10) Hardness (Hardest Organ in Our Body- Tooth Enamil, Iron Rod,...)
11) Malleability (Spreading into **Thin Sheets** when hammered; Gold, Silver, *Al* foils,...)
12) Ductility (Cu wire లాగా సాగటం; ఒక గ్రామ్ గోల్డ్‌ను 2km Gold wire గా సాగదీయొచ్చు!)
13) Durability (మన్నిక) (సిమెంట్ రోడ్...తారు రోడ్ కన్నా ఎక్కువ కాలం (Duration) మన్నికగా ఉంటుంది)
14) Brittleness (Bricks అంటే ఇటుకలు ఇరగడం, మైసూర్‌పాక్ లా తుంచితే తునగడం)

7. **Poisson's ratio(σ):** Poisson's ratio is the ratio of lateral contractional strain to the longitudinal elongational strain.

8. **Hooke's law:** With in the proportionality limit, the Strain produced in a body is directly proportional to the Stress applied.
Thus, Strain $\propto$ Stress $\Rightarrow$ Strain = k (Stress).

9. **Modulus of Elasticity (E) :** The ratio of Stress to Strain is called Modulus of Elasticity of the material of a body.

10. **Young's modulus (Y) :** With in the elastic limit, Young's modulus is the ratio of longitudinal stress to the longitudinal strain.

11. **Bulk modulus (K) :** With in the elastic limit, Bulk modulus is the ratio of volume stress to volume strain

12. **Compressibility :** The reciprocal of the bulk modulus of a material is called its compressibility.

13. **Rigidity modulus (n) :** With in the elastic limit, **Rigidity modulus** is the ratio of Tangential stress to the Shear strain

14. **Strain energy :** The amount of workdone per unit volume, in deforming a body is called "strain energy".

IMP FORMULAE

1) **Stress** $= \frac{F}{A}$

2) **Longitudinal Strain** $= \frac{\Delta l}{l}$

3) **Young's Modulus** $Y = \frac{F/A}{\Delta l / l} = \frac{Fl}{A\Delta l}$

4.1) **Bulk Modulus** $B = \frac{F/A}{-\Delta v / v} = \frac{-Fv}{A\Delta v}$

4.2) **Compressebility** $C = \frac{1}{B} = \frac{-\Delta v}{pv}$

5) **Rigidity Modulus** $n = \frac{F/A}{\theta} = \frac{F}{A\theta}$

6) **Poisson's Ratio** $\sigma = \frac{-\Delta B / b}{\Delta L / l}$

7) **Strain Energy** $E = \frac{1}{2} \text{ x stress x strain} = \frac{1}{2}\frac{Fe}{Al}$

BULLET MASTER'S
PHYSI BEATS!

2. Physical Properties of Solids:

(We can sense Physical Properties through our Five Senses)

1) Definite Volume 2) Definite Shape 3) High Density 4) Colour 5) Taste,....

3. Chemical Properties of Solids:

(Chemical Properties are due to Chemical Reactions)

1) Reactivity with other compounds

2) Melting Point (Tungston has Highest Melting Point)

3) pH (Acidity and Basisity); Acids (Zeolite); Bases (KOH); Salts (NaCl)

4) Heat of Combustion (బొగ్గును మండించి→Heat Energy→Electrical Energy)

5) Oxidation (Ability to combine with Oxygen) 6) Reduction

7) Corrosion (తుప్పుపట్టని Stainless Steel)

4. Electrical Properties of Solids:

1) Electric Conductivity (Cu, Al. current wires)

2) Electric Resistivity (Tungsten Filament in Bulb)

3) Semi Conductors (Silicon Chips in Computers)

5. Magnetic Properties of Solids:

1) Paramagnetic (Weak); 2) Ferromagnetic (Strong) (Iron, Cobalt, Nikel) 3) Diamagnetic

6. Thermal Properties of Solids: (12th Chapter)

1) Thermal Expansion 2) Heat 3) Specific Heat Capacity 4) Latent Heat 5) Heat Transfer

BABY BULLET-Q

BULLET MASTER'S

PHYSI BEATS!

MECHANICAL PROPERTIES OF SOLIDS

'SOLID BOY' - 'BHIM BHAI'

ఒక స్కూల్లో Bhim Bhai అని ఒక Fat Boy ఉండేవాడు. అతడు కొంచెం పొట్టివాడే కానీ చాలా గట్టివాడు! Physical గా మరియు Mental గా కూడా మహా Solid గా ఉండేవాడు!! Solids కి ఉన్న Mechanical Properties అన్నీ సరిగ్గా మన Bhim Bhai కి కూడా ఉన్నాయి!!!

Rigid Body of Bhim Bhai: ఎప్పుడైనా కొట్లాడుకునేటప్పుడు వీడిని ఎవరైనా ఎన్ని దెబ్బలు కొట్టినా వీడు గోడలా అలా Rigid గా ఉండేవాడు. Bhim Bhai is a Rigid Fellow.

Elastic Body of Bhim Bhai: Muscles of Bhim Bhai are Very Strong. బెత్తంతో ఎక్కడ ఎంత బాదినా వాడి 'Body' ఏమాత్రం కందిపోదు. పైగా Original Size and Shape కి వెంటనే regain అయ్యేది. మన Bhim Bhai మంచి Foody. ఒకసారి Pongal Holidays లో అదే పనిగా పిండివంటలు, N.V లాగించేయడం వలన మనోడు పూరీలాగా పొంగిపోయాడు. దాంతో సెలవుల తర్వాత Shapeout అయ్యాడు. వాడికి బుల్లి బొజ్జ కూడా వచ్చింది. అది చూసి Bhim Bhai ని Belly Boy అని పిలవడం మొదలెట్టారు వాడి Friends. దాంతో మన Bhim Bhai తన బాడీని slim గా zero size గా మార్చాలని గట్టిగా decide అయ్యాడు. వెంటనే తన గురువుగారు Mr. Hook దగ్గరకు వెళ్లి సలహా తీసుకున్నాడు. ఆయన చెప్పిన Stress $\propto$ Strain అనే concept ప్రకారం Hook's Law ని అర్థం చేసుకొని మూడునెలలపాటు మూడు రకాల Stress Exercises ను తన బాడీకి ఎలాంటి Elastic Fatigue కలగనీయకుండా Elastic Limit లోనే చేశాడు. ఈ విధంగా తన Body లో మూడు రకాల Strains తెచ్చి తాను అనుకున్న Zero size body ని సాధించాడు మన బుల్లి బాహుబలి.

Bhim Bhai's 'Stress, Strain and Rigidity Modulus' Routine Program:

3 STRESS EXERCISES:

1) **Longitudinal Stress:** బాగా పొడవు సాగడానికి Pole మీద Pullups అనే L.S.Exercises చేశాడు.
2) **Bulk Stress:** తన Belly Volume ని తగ్గించడానికి Floor Rolling అనే Bulk Exercises చేశాడు.
3) **Shear Stress:** నడుం దగ్గర చేరిన క్రొవ్వును తగ్గించడానికి... నడుంను అటూ ఇటూ మెలి తిప్పడం, 'వజ్రాసనం' వంటి యోగాసనాలతో Shear Stress Exercises చేశాడు మన Bhim Bhai.

3 STRAINS IN HIS BODY:

1) **Longitudinal Strain:** L.S.Exercises చేయడం వలన Bhim Bhai Body లో Longitudinal Strain కలిగి మూడు నెలల్లోనే తన original height కన్నా 2 cm height పెరిగాడు.
2) **Bulk Strain:** Bulk Stress Exercises వలన వాడి బొజ్జపై Volume Strain కలిగి, మూడునెలలలోనే బొజ్జ compress అయ్యి, చివరికి Original old పొట్ట కంటే కూడా తగ్గిపోయింది.
3) **Shear Strain:** Shear Exercises చేస్తూ నడుమును రకరకాల కోణాలలో తిప్పడం వలన, వాడి నడుం దగ్గర క్రొవ్వు కరిగి చివరికి Zero size కి వచ్చేశాడు మన Bhim Bhai.

మూడునెలల తర్వాత తన గురువుగారు Mr. Hook గారి వద్దకు వెళ్లి తన zero size body ని చూపించాడు. Hook గారు 'శభాష్ భీమ్' అని మెచ్చుకున్నారు. దాంతో మనోడు 'మహా ఖుషీ' అయ్యాడు. ఆ తర్వాత Mr. Hook భీంభాయ్ చేసిన మూడు రకాల Stress Exericses మరియు వాటి వలన వాడి బాడీలో కలిగిన మూడు రకాల Strains కొలతలను కొలిచాడు. $E = \frac{\text{Stress}}{\text{Strain}}$ అనే Formula నుండి 'Bhim Bhai Body Nature' తెలియచేసే 1) Young's Modulus(Y) 2) Bulk Modulus(K) 3) Shear Modulus(η) అనే మూడు రకాల Modulus of Elasticity Reports ను తయారుచేసి మన Bhim Bhai కి అందచేశాడు.

ఇదే మన **'Solid Boy - Bhim Bhai'** Story.

ఈ Chapter concepts తో పోల్చుకుంటూ అర్థంచేసుకొంటూ వీటిని చదివితే ఈ concepts పై మీకు clarity వస్తుంది.

BABY BULLET-Q

BULLET MASTER'S

PHYSI BEATS!

MECHANICAL PROPERTIES OF SOLIDS

BEHAVIOUR OF MIND UNDER GRADUALLY INCREASING STRAIN

కొంతమంది పెద్దవారు తమ పిల్లల్ని 'చదువు చదువు...' అంటూ అదేపనిగా Shunting చేస్తుంటారు. దాని వలన క్రమ క్రమంగా ఆ పిల్లల Mindset ఎలా మారుతుందో చూద్దాం!

1) **Proportionality Limit (OP):** మొదట్లో బాగా చదువు అంటూ పెద్దలు తమ పిల్లల్కి మంచిగా, నిదానంగా చెప్పడం మొదలెడతారు. Mr.Hook చెప్పినట్లు పిల్లలు మొదట్లో కొంత కాలం పెద్దల మాటలకు Respect ఇస్తూ, P అనే Point of Time వరకు Positive గానే స్పందిస్తారు.

2) **Elastic Limit (PE):** తాము చెప్పినట్లు పిల్లలు వింటున్నారు కదా అనుకొంటూ పెద్దవారు మరింత ఉత్సాహంగా ఇంకొంచెం shunting పెంచుతారు. దాంతో పిల్లలు కొంచెం Emotional గా react అవ్వడం ప్రారంభిస్తారు. కానీ ఈ స్టేజిలో పెద్దలు వారి shunting ను ఆపేస్తే పిల్లలు వారి original form (సరిగ్గా చదవని స్థితి) కి వస్తారు.

3) **Yielding Point (Y):** పెద్దల shunting ఇంకా శృతిమించితే పిల్లలు Wex అయిపోతారు. దాంతో పెద్దలు చెప్పిన మాటలు ఎందుకు వినాలి? why (Y)... అనే Questioning Attitude పిల్లల్లోకి ప్రవేశిస్తుంది.

4) **Tensile Point (T):** పిల్లలు ఎదురుతిరుగుతున్నారు అని తెలిసినా కూడా కొంతమంది పెద్దలు దానిని పెద్దగా పట్టించుకోకుండా మరింత shunting పెంచుతారు. ఆ స్టేజిలో ఆపాటికే పిల్లలు భరించగలిగేంత Maximum load ని వారి మీద వేసేశారు. ఈ స్టేజిలో పిల్లల Mind పూర్తిగా ఖరాబ్ అవుతుంది.

5) **Breaking Point (B):** ఇక ఈ స్టేజీలో పెద్దవారు పిల్లల్ని ఒక్క మాట అన్నా కూడా వారు ఊరుకోరు. కొందరు పిల్లలైతే ఇంట్లో వస్తువులను Break చేయడం వంటి Sensational Breaking News items చేయడం మొదలెడతారు.

ముఖ్యగమనిక: ఈ ఉదాహరణ Behaviour of a Wire Under increasing Load అనే concept ను comparativeగా అర్థం చేసుకోవడానికి మాత్రమే చెప్పబడిందని గమనించాలి.

BABY BULLET-Q