# স্থিতিস্থাপকতা

**www.ctphysics.org**

## ১) স্থিতিস্থাপক বস্তুর ক্ষেত্রে বিভিন্ন স্থিতিস্থাপক গুনাংক :

যেহেতু বস্তুর স্থিতিস্থাপক ব্যবহারের জন্য হুকের সূত্র থেকে আমরা জানি

স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে উদ্ভুত পীড়ন $\propto$ বিকৃতি $\Rightarrow$ পীড়ন $= \mathbf{k_o}$. বিকৃতি $\Rightarrow \mathbf{k_o} =$ পীড়ন / বিকৃতি । ফলে বস্তুতে বিভিন্ন বিকৃতি সৃষ্টি করার জন্য বিভিন্ন স্থিতিস্খাপক গুনাংক পাওয়া সম্ভব । এই বিভিন্ন স্থিতিস্থাপক গুনাংকগুলি হল নিম্নরুপ :

**ক) ইয়ং গুনাংক :** স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোন বস্তুতে বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি সৃষ্টি করা হলে ঐ বস্তুতে উদ্ভুত অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন ও অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতই হল ইয়ং গুনাঙ্ক । এই ইয়ং গুনাঙ্ককে $\mathbf{Y}$ দ্বারা প্রাকাশ করা হলে গাণিতিক ভাবে লেখা যায় $\mathbf{Y} \equiv$ উদ্ভুত অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন / অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি $= \frac{F/A}{\Delta L/L} = \frac{FL}{A\Delta L}$ ।

**খ) আয়তন বিকৃতি গুনাঙ্ক :** স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোন বস্তুতে বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে ইহার আয়তন বিকৃতি সৃষ্টি করা হলে ঐ বস্তুতে উদ্ভুত পীড়ন ও আয়তন বিকৃতির অনুপাতই হল আয়তন বিকৃতি গুনাঙ্ক । এই আয়তন বিকৃতি গুনাঙ্ককে $\mathbf{B}$ দ্বারা প্রাকাশ করা হলে গাণিতিক ভাবে লেখা যায় $\mathbf{B} \equiv$ উদ্ভুত পীড়ন / আয়তন বিকৃতি $= \frac{F/A}{\Delta V/V} = \frac{p}{\Delta V/V} = \frac{pV}{\Delta V}$ ।

যেখানে $\mathbf{p}$ অতিরিক্ত চাপ ও অপর চিহ্নগুলি প্রচলিত অর্থ বহন করে । এখন প্রাথমিক চাপ $\mathbf{P}$ এর জন্য অতিরিক্ত চাপ $\mathbf{p}$ কে $\Delta\mathbf{P}$ দ্বারা প্রতিস্থাপিত করা যায় এবং সেক্ষেত্রে লেখা যায় $\mathbf{B} \equiv -\frac{\Delta P}{\Delta V/V} = -V\left(\frac{\Delta P}{\Delta V}\right)$ এই আয়তন বিকৃতি গুনাঙ্কের ক্ষেত্রে উল্লেখযোগ্য যে

i) এই আয়তন বিকৃতি গুনাঙ্কের অনোন্যকই হল সংনম্যতা। ফলে গাণিতিক ভাবে এই সংনম্যতা হল $\mathbf{C} \equiv \frac{1}{B} = -\frac{1}{V}\left(\frac{\Delta V}{\Delta P}\right)$

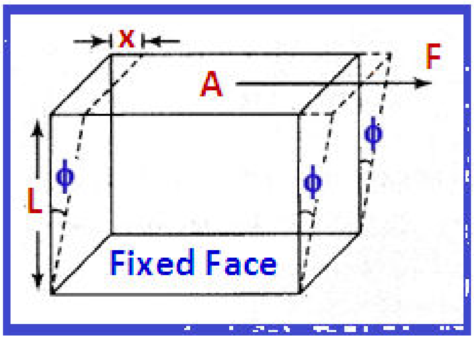
ii) কোন গ্যাসীয় ব্যবস্থার ক্ষেত্রে সমোষ্ণ আয়তন বিকৃতি গুনাংক ইহার প্রাথমিক চাপের সমান ।

অর্থাৎ $\mathbf{B_{isothermal}} = \mathbf{P} =$ প্রাথমিক চাপ ।

iii) কোন গ্যাসীয় ব্যবস্থার ক্ষেত্রে রুদ্ধতাপীয় আয়তন বিকৃতি গুনাংক ইহার প্রাথমিক চাপের $\boldsymbol{\gamma}$ গুন ।

অর্থাৎ $\mathbf{B_{adiabatic}} = \boldsymbol{\gamma}\mathbf{P} = \boldsymbol{\gamma} \times$ প্রাথমিক চাপ ।

## গ) কৃন্তন কোন :

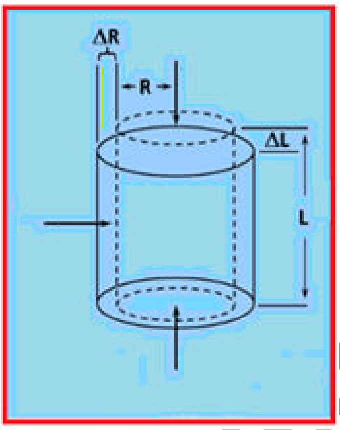



কোন বস্তুর নির্দিষ্ট অংশ স্থির রেখে অপর অংশে বাহ্যিক স্পর্শকীয় বল প্রয়োগ করা হলে বল সাপেক্ষে এই বস্তুর লম্ব তল যে কোনে আবর্তিত হয় তাকে ই বলা হয় কৃন্তন কোন । এই কোনকে   দ্বারা প্রকাশ করা হয় ও সাধারণ ভাবে ইহা ক্ষুদ্র হয় । এই কৃন্তন কোনের তাৎপর্য্য হল ইহা বাহ্যিক স্পর্শকীয় বলের প্রভাবে সৃষ্ট আকার বিকৃতি বা দৃঢ়তা বিকৃতির পরিমাপ । অর্থাৎ লেখা যায় আকার বিকৃতি $\equiv \varphi = \tan\varphi$.

এই কৃন্তন কোনের কোন একক বা মাত্রা নেই এবং ইহার ব্যবহারিক একক হল রেডিয়ান । আবার উল্লেখ করা প্রয়োজন যে কোন ঘনকাকৃতি বস্তুর ক্ষেত্রে এই কৃন্তন কোন ইহার কর্ণের অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতির দ্বিগুন ।

## ঘ) আকার বিকৃতি গুনাংক বা দৃঢ়তা গুনাংক :

স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোন বস্তুতে বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে ইহার আকার বিকৃতির সৃষ্টি করা হলে ঐ বস্তুতে উদ্ভুত পীড়ন ও আকার বিকৃতির অনুপাতই হল আকার বিকৃতি গুনাঙ্ক । এই গুনাঙ্ককে $\eta$ দ্বারা প্রাকাশ করা হলে গাণিতিক ভাবে লেখা যায়




$\eta \equiv$ উদ্ভুত পীড়ন / আকার বিকৃতি = উদ্ভুত পীড়ন / কৃন্তন কোন $= \dfrac{F/A}{\varphi} = \dfrac{F}{A\varphi}$ ।

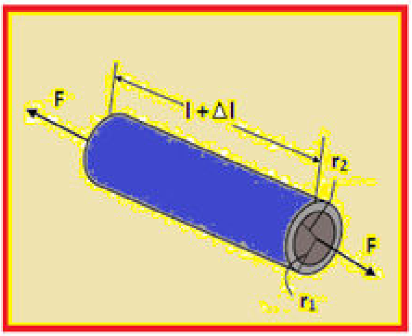
## ঙ) অক্ষীয় গুনাংক :

স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে কোন বস্তুতে বাহ্যিক বল প্রয়োগ করে ইহার অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি যদি এরুপে সৃষ্টি করা হয় যাহাতে ঐ বস্তুতে কোন পার্শ্বিয় বিকৃতির সৃষ্টি হয় না তবে সেক্ষেত্রে উদ্ভুত অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন ও পার্শ্বিয় বিকৃতি ছাড়া অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতই হল অক্ষীয় গুনাঙ্ক । এই অক্ষীয় গুনাঙ্ককে $\chi$ দ্বারা প্রাকাশ করা হলে গাণিতিক ভাবে

$\chi \equiv$ উদ্ভুত অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন / পার্শ্বিয় বিকৃতি ছাড়া অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি

$$\chi = \frac{F/A}{\Delta L/L} = \frac{FL}{A\Delta L}$$

## ২) পয়সন অনুপাত :




যে কোন স্থিতিস্থাপক বস্তুর ক্ষেত্রে ইহার অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি ঘটানো হলে ঐ অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতির সাথে সাথে ইহার একটি পার্শ্বিয় বিকৃতি ঘটে । স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে এই পার্শ্বিয় বিকৃতি ও অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতির অনুপাতই হল পয়সন অনুপাত । ইহা একটি স্থিতিস্থাপক ধ্রুবক কিন্তু স্থিতিস্থাপক গুনাংক নয় । ইহাকে $\sigma$ দ্বারা প্রকাশ করা হলে গাণিতিক ভাবে লেখা যায় যে $\sigma \equiv -\dfrac{\Delta r/r}{\Delta l/l}$

প্রকৃতপক্ষে যদি একটি চোঙাকৃতি বস্তু নেওয়া হয় যার প্রাথমিক ব্যাসার্দ্ধ ও দৈর্ঘ্য যথাক্রমে $\mathbf{r}$ ও $\mathbf{l}$ তবে দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি করে $(\mathbf{l}+\Delta\mathbf{l})$ করা হলে যদি ব্যাসার্দ্ধ কমে $(\mathbf{r}-\Delta\mathbf{r})$ হয় তবে পার্শ্বিয় বিকৃতি $\equiv \frac{(r-\Delta r)-r}{r} = -\frac{\Delta r}{r}$

অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি $\equiv \frac{(l+\Delta l)-l}{l} = \frac{\Delta l}{l}$ সুতরাং গাণিতিক ভাবে এই পয়সন অনুপাত হবে $\sigma \equiv -\frac{\Delta r/r}{\Delta l/l}$ এই পয়সন অনুপাতের মূল বৈশিষ্ট্য হল

ক) ইহা একটি স্থিতিস্থাপক ধ্রুবক কিন্তু স্থিতিস্থাপক গুনাংক নয় ।

খ) ইহার কোন একক বা মাত্রা নেই ।

গ) ইহা ঋনাত্মক হতে পারে না ।

ঘ) বস্তুর আয়তন ধ্রুবক হলে ইহার সর্ব্বোচ্চ মান হবে $\mathbf{0.5}$

ঙ) বস্তুর আকার বিকৃতি না ঘটলে তাত্বিক ভাবে ইহার সর্ব্বোনিম্ন মান হবে $-\mathbf{1}$ $(\sigma \to \infty)$

চ) ইহার মানের সীমা হল $0 < \sigma \leq 0.5$ (পদার্থবিদ্যা) $-1 \leq \sigma \leq 0.5$ (গণিত)

ছ) বাস্তবে ইহার মান শুন্য হতে পারে না ।

## ৩) বিভিন্ন স্থিতিস্থাপক গুনাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক :

সাধারণত গাণিতিকভাবে বভিন্ন স্থিতিস্থাপক গুনাঙ্কের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয় করা সম্ভব যা হল

$Y = 3B(1-2\sigma)$ → $Y, B, \sigma$ - সম্পর্ক $\quad$ $Y = 2\eta(1+\sigma)$ → $Y, \eta, \sigma$ - সম্পর্ক

$\frac{3B}{2\eta} = \frac{(1+\sigma)}{(1-2\sigma)}$ → $B, \eta, \sigma$ - সম্পর্ক $\quad$ $\chi = \frac{Y(1-\sigma)}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}$ → $\chi, Y, \sigma$ - সম্পর্ক

$\chi = B + \frac{4}{3}\eta$ → $\chi, B, \eta$ - সম্পর্ক

## ৪) বস্তুর আয়তন বিকৃতি ও দৈর্ঘ্য বিকৃতির মধ্যে সম্পর্ক :

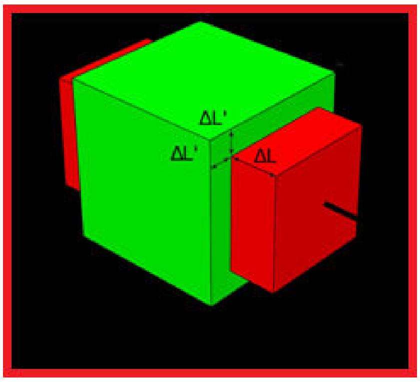
ধরা যাক একটি চোঙাকৃতি বস্তু নেওয়া হল যার দৈর্ঘ্য $\mathbf{l}$ ও ব্যাসার্দ্ধ $\mathbf{r}$ । সুতরাং বস্তুটির আয়তন হবে $V = \pi r^2 l$ । এখন ইহা স্পষ্টত যে আয়তন পরিবর্তন হল $\Delta V = \pi(r^2\Delta l + l.2r\Delta r)$ . ফলে ইহার আয়তন বিকৃতি হবে

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{\pi(r^2\Delta l + l.2r\Delta r)}{\pi r^2 l} \Rightarrow \frac{\Delta V}{V} = \left(\frac{\Delta l}{l} + 2\frac{\Delta r}{r}\right)$$

আবার আমরা জানি পয়সন অনুপাত $\sigma = -\frac{\Delta r/r}{\Delta l/l} \Rightarrow \frac{\Delta r}{r} = -\sigma\frac{\Delta l}{l}$ ফলে লেখা যায় $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta l}{l}(1-2\sigma)$ ইহাই সধারণভাবে আয়তন বিকৃতি ও অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতির মধ্যে সম্পর্ক । এই সম্পর্ক থেকে দেখা যাচ্ছে যে গাণিতিকভাবে বস্তুর আয়তন ধ্রুবক থাকলে $\Delta V = 0 \Rightarrow \frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta l}{l}(1-2\sigma) = 0$ এবং $1-2\sigma = 0$ । ফলে $\sigma = \frac{1}{2}$

অর্থাৎ স্থিতিস্থাপকতার ক্ষেত্রে বস্তুর আয়তন ধ্রুবক থাকলে বা বস্তুর কোন আয়তন বিকৃতি না হলে পয়সন অনুপাতের মান $\frac{1}{2}$ হবে ।

## ৫) পয়সন অনুপাতের তাত্ত্বিক ঋনাত্মক মান :




যদি ধরা হয় যে স্থিতিস্থাপকতার ক্ষেত্রে বস্তুর আকার ধ্রুবক থাকছে বা বস্তুর কোন আকার বিকৃতি হচ্ছে না তবে সেক্ষেত্রে আকার বিকৃতি বা কৃন্তন কোন শুন্য হবে এবং আকার বিকৃতি গুনাংক বা দৃঢ়তা গুনাংক অসীম হবে অর্থাৎ যেহেতু দৃঢ়তা গুনাংক $\eta = \frac{F}{A\theta}$ ফলে $\theta = 0$ হলে $\to \infty$ .

এক্ষেত্রে যেহেতু আমরা জানি যে স্থিতিস্থাপক গুনাংক গুলির সম্পর্কের মধ্যে একটি বিশেষ সম্পর্ক হল $Y = 2\eta(1+\sigma)$ । ফলে লেখা যায়

$$\eta = \frac{Y}{2(1+\sigma)} \to \infty \text{ এবং } 1+\sigma = 0 \Rightarrow \sigma = -1 \text{ ।}$$

অর্থাৎ স্থিতিস্থাপকতার ক্ষেত্রে বস্তুর আকার ধ্রুবক থাকলে বা বস্তুর কোন আকার বিকৃতি না হলে পয়সন অনুপাতের মান $-1$ হবে ।

## ৬) পয়সন অনুপাতের মানের গাণিতিক সীমা প্রতিষ্ঠা :

আমরা জানি যে স্থিতিস্থাপক গুনাংক গুলির সম্পর্কের মধ্যে দুটি বিশেষ সম্পর্ক হল $Y = 3B(1-2\sigma)$ ও $Y = 2\eta(1+\sigma)$ । ফলে লেখা যায় $(1-2\sigma) = 2\eta(1+\sigma) \Rightarrow \frac{3B}{2\eta} = \frac{1+\sigma}{1-2\sigma}$ .

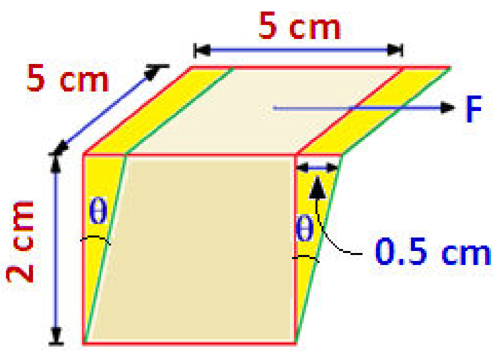
এই সমীকরণটির ক্ষেত্রে লেখা যাতে পারে যে $\frac{3B}{2\eta} = \frac{1+\sigma}{1-2\sigma} = \frac{1-(-\sigma)}{1-2\sigma} = \text{positive}$ কারণ স্থিতিস্থাপক গুনাংক $B$ ও $\eta$ উভয়েই ধনাত্মক ।

অর্থাৎ দেখা যাচ্ছে যে উপরের সমীকরণ অনুযায়ী $-\sigma < 1$ এবং $2\sigma < 1$ হবে অর্থাৎ $-1 < \sigma$ ও $\sigma < \frac{1}{2}$ হবে

আবার আমরা জানি বস্তুর আয়তন ধ্রুবক থাকলে বা বস্তুর কোন আয়তন বিকৃতি না হলে পয়সন অনুপাতের মান $\sigma = \frac{1}{2}$ হবে ও বস্তুর আকার ধ্রুবক থাকলে বা বস্তুর কোন আকার বিকৃতি না হলে পয়সন অনুপাতের মান $\sigma = -1$ হবে । অর্থাৎ দেখা যাচ্ছে যে গাণিতিকভাবে পয়সন অনুপাতের মানের সীমা হল $-1 \le \sigma \le \frac{1}{2}$

# Solved Problems

১) একটি কঠিন বস্তুর অবিকৃত অবস্থায় মাত্রা $5\ \mathrm{cm} \times 5\ \mathrm{cm} \times 2\ \mathrm{cm}$। চিত্র অনুযায়ী বস্তুটির উপরিতলে 0.25N মানের স্পর্শকীয় বল ক্রিয়া করলে নীচের তলের সাপেক্ষে লম্ব তল 0.5 cm সরে গেল । ক) কৃন্তন বিকৃতি খ) কৃন্তন পীড়ন ও গ) আকার বিকৃতি গুনাংক নির্ণয় কর ।




Ans: এক্ষেত্রে কৃন্তন বিকৃতি হল $\theta = \frac{\Delta L}{L} = \frac{0.5}{2} = 0.25$

কৃন্তন পীড়ন $= \frac{F}{A} = \frac{0.25}{25 \times 10^{-4}} = 100\ \mathrm{Nm^{-2}}$

এবং আকার বিকৃতি গুনাংক হল

$$G = \frac{\text{Shearing Stess}}{\text{Shearing Strain}} = \frac{100}{0.25} = 400\ \mathrm{Nm^{-2}}$$

২) 3.0 mm ব্যাস বিশিষ্ট একটি সমবায় তারের একটি অংশ তামার তৈরী যার দৈর্ঘ্য  ও অপর অংশ ইস্পাতের তৈরী যার দৈর্ঘ্য  । এই সমবায় তারে বল প্রয়োগ করে দৈর্ঘ্য 0.7 mm বৃদ্ধি করা হল । প্রয়োজনীয় ভার নির্নয় কর যেখানে তামার ইয়ং গুনাংক $1.1 \times 10^{11}\mathrm{Pa}$ ও ইস্পাতের ইয়ং গুনাংক $2.0 \times 10^{11}\mathrm{Pa}$ । $(1\ \mathrm{Pa} = 1\ \mathrm{Nm^{-2}})$

Ans: এখানে সমবায় তারটির তামা অংশের জন্য $L_C = 2.2\ \mathrm{m}, Y_C = 1.1 \times 10^{11}\mathrm{Nm^{-2}}$; এবং ইস্পাত অংশের জন্য $L_S = 1.6\ \mathrm{m}, Y_S = 2.0 \times 10^{11}\mathrm{Nm^{-2}}$

$$\Delta L_C + \Delta L_S = 0.7\ \mathrm{mm} = 7 \times 10^{-4}\mathrm{m} \quad r = \frac{3}{2} \times 10^{-3} = 1.5 \times 10^{-3}\mathrm{m}$$

যেহেতু আমরা জানি পীড়ন $= Y \times$ বিকৃতি $= Y \times \frac{\Delta L}{L}$ এবং সমবায় তারটির উভয় অংশের উদ্ভুত পীড়ন সমান ফলে লেখা যেতে পারে যে $Y_C \times \frac{\Delta L_C}{L_C} = Y_S \frac{\Delta L_S}{L_S}$ Or $\frac{\Delta L_C}{\Delta L_S} = \frac{Y_S}{Y_C} \times \frac{L_C}{L_S} = \frac{2 \times 10^{11}}{1.1 \times 10^{11}} \times \frac{2.2}{1.6} = 2.5$ এবং $\Delta L_C = 2.5\ \Delta L_S$

কিন্তু $\Delta L_C + \Delta L_S = 7 \times 10^{-4}$ Or $2.5\ \Delta L_S + \Delta L_S = 7 \times 10^{-4}$

সুতরাং $\Delta L_S = 2 \times 10^{-4}\mathrm{m}$ এবং $\Delta L_C = 5 \times 10^{-4}\mathrm{m}$. ফলে লেখা যায়

$$F = Y_C \times \pi r^2 \times \frac{\Delta L_C}{L_C} \quad \text{Or}, F = 1.1 \times 10^{11} \times 3.14 \times (1.5 \times 10^{-3})^2 \times \frac{5 \times 10^{-4}}{2.2} = 176.8\ \mathrm{N}$$

৩) 5.0 m দৈর্ঘ্য ও $2.0\ \mathrm{mm^2}$ প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট একটি তামার তারে বল প্রয়োগ করে ইহার দৈর্ঘ্য 2.5 mm বৃদ্ধি করা হল । তারটিতে সন্চিত স্থিতিস্থাপক স্থিতিশক্তি ঘণত্ব নির্ণয় কর । তামার ইয়ং গুনাংক $1.20 \times 10^{11}\mathrm{Nm^{-2}}$ ।

Ans: এক্ষেত্রে প্রদত্ত যে $L = 5.0\ \mathrm{m}, A = 2 \times 10^{-6}\mathrm{m^2}, \Delta L = 2.5\ \mathrm{mm}.$

সুতরাং বিকৃতি $= \frac{\Delta L}{L} = \frac{2.5 \times 10^{-3}}{5} = 0.5 \times 10^{-3}$ এবং

পীড়ন $= Y \times$ বিকৃতি $= 1.20 \times 10^{11} \times 0.5 \times 10^{-3} = 6 \times 10^{7} Nm^{-2}$

ফলে স্থিতিস্থাপক স্থিতিশক্তি ঘণত্ব

$$= \frac{1}{2} \times \text{পীড়ন} \times \text{বিকৃতি} = \frac{1}{2} \times 6 \times 10^{7} \times 0.5 \times 10^{-3} = 1.5 \times 10^{4} Jm^{-3}$$

৪) জলাশয়ের নির্দিষ্ট্য গভীরতায় যেখানে জলের চাপ 80.0 atm সেখানে জলের ঘণত্ব কত হবে ? প্রদত্ত যে জলাশয়ের উপরিতলে জলের ঘনত্ব $0.03 \times 10^{3} kgm^{-3}$, জলের সংনম্যতা $45.8 \times 10^{-11} Pa^{-1}$ এবং $1\ Pa = 1\ Nm^{-2}$

Ans: প্রদত্ত যে সংনম্যতা $= \frac{1}{B} = 45.8 \times 10^{-11} Pa^{-1}$

চাপের বৃদ্ধি $\Delta P = 80 - 1 = 79\ atm. = 79 \times 1.03 \times 10^{5} Nm^{-2}$.

যেহেতু আমরা জানি $B = \Delta P . \frac{V}{\Delta V}$

ফলে লেখা যায় $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta P}{B} = 79 \times 1.03 \times 10^{5} \times 45.8 \times 10^{-11} = 3.665 \times 10^{-3}$

কিন্তু $\frac{\Delta V}{V} = \frac{V - V\prime}{V} = \frac{M/\rho - M/\rho\prime}{M/\rho} = 1 - \frac{\rho}{\rho\prime}$

সুতরাং $\rho' = \frac{\rho}{1 - \Delta V/V} = \frac{1.03 \times 10^{3}}{1 - 3.665 \times 10^{3}} = 1.034 \times 10^{-3} kgm^{-3}$

৫) দুটি তার একই উপাদান নির্মিত যার দৈর্ঘ্যের অনুপাত 2 : 3 এবং ব্যাসার্ধের অনুপাত 2 : 1। উহাদের উপর কার্য্যকর বলের অনুপাত নির্ণয় কর যখন ক) উভয় তারের বিকৃতি সমান খ) উভয় তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি সমান গ) উভয় তারে উদ্ভুত পীড়ন সমান

Ans: এখানে প্রদত্ত যে $\frac{L_1}{L_2} = \frac{2}{3}, \frac{r_1}{r_2} = \frac{2}{1}$ এবং $Y_1 = Y_2$

(i) যেহেতু $\frac{L_1}{\Delta L_1} = \frac{L_2}{\Delta L_2}$ ফলে লেখা যায় $\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{4}{1}$

(ii) কিন্তু প্রদত্ত যে $\Delta L_1 = \Delta L_2$ ফলে $\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} . \frac{L_2}{L_1} = \frac{4}{1} \times \frac{3}{2} = \frac{6}{1}$.

(iii) যেহেতু $\frac{F_1}{\pi r_1^2} = \frac{F_2}{\pi r_2^2}$ ফলে লেখা যায় $\frac{F_1}{F_2} = \frac{r_1^2}{r_2^2} = \frac{4}{1}$

৬) একটি তারের উপাদানের পয়সন অনুপাত নির্ণয় কর যার বাহ্যিক বলের প্রভাবে আয়তন ধ্রুবক থাকে ।

Ans: ধরা যাক ঐ তারের প্রাথমিক দৈর্ঘ্য L ও ব্যাসার্দ্ধ R । সুতরাং তারটির আয়তন $V = \pi R^2 L = constant.$ উভয় পক্ষ কে অবকলন করে পাই $0 = \pi(2R\Delta R \times L + R^2 \Delta L)$. এখন উভয় পক্ষ কে $R^2 L$ দিয়ে ভাগ করে পাই

$\frac{2\Delta R}{R}+\frac{\Delta L}{L}=0$ Or $\frac{2\Delta R}{R}=-\frac{\Delta L}{L}$ i.e $\frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}=-\frac{1}{2}$ এখানে ঋনাত্নক চিহ্ন ইহাই নির্দেশ করে যে তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পেলে ব্যাসার্দ্ধ হ্রাস পাবে । সুতরাং এক্ষেত্রে পয়সন অনুপাতের মান $\sigma=-\frac{\Delta R/R}{\Delta L/L}=\frac{1}{2}=0.5$

৭) 10 cm দৈর্ঘ্য বিশিষ্ট্য একটি তামার ঘনক কে $10^{8}\mathrm{Nm}^{-2}$ হাইড্রলিক পীড়ন প্রয়োগ করা হল । নির্ণয় কর : ক) ঘনকের আয়তন পরিবর্তন খ) আয়তন বিকৃতি । প্রদত্ত যে তামার আয়তন বিকৃতি গুনাংক $(B)=14\times10^{10}\mathrm{Nm}^{-2}$

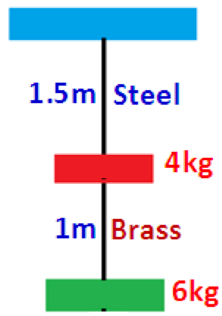
Ans:এখানে প্রদত্ত যে $l=10$ cm, $P=10^{8}\mathrm{Nm}^{-2}$ এখন যেহেতু আয়তন বিকৃতি গুনাংক $B=\frac{P}{\frac{\Delta V}{V}}$ ফলে

আয়তন বিকৃতি $\frac{\Delta V}{V}=\frac{P}{B}=\frac{10^{8}}{14\times10^{10}}=7.1\times10^{-4}$

আবার যেহেতু প্রাথমিক আয়তন $V=10^{3}\mathrm{cm}^{3}=10^{-3}\mathrm{m}^{3}$ ফলে $7.1\times10^{-4}=\frac{\Delta V}{10^{-3}}$

আয়তন পরিবর্তন $\Delta V=7.1\times10^{-7}\mathrm{m}^{3}=0.71\ \mathrm{cm}^{3}$

৮) প্রতিটি 0.25 cm ব্যাস বিশিষ্ট্য দুটি তারের একটি ইস্পাত নির্মিত ও অপরটি পিতল নির্মিত । চিত্র অনুযায়ী তার দুটির উপর ভার প্রযুক্ত করা হল । এর ফলে ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 1.5 m ও পিতলের তারের দৈর্ঘ্য 1.0 m হল । ঐ দুই তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি নির্নয় কর । প্রদত্ত যে ইস্পাতের ইয়ং গুনাংক $2.0\times10^{11}\mathrm{Pa}$ ও পিতলের ইয়ং গুনাংক $0.91\times10^{11}\mathrm{Pa}$ ।




Ans: এখন আমরা জানি $Y=\frac{MgL}{\pi r^{2}\Delta L}$, $\Delta L=\frac{MgL}{\pi r^{2}Y}$;

এখানে চিত্র অনুযায়ী ইস্পাতের তারের উপর মোট প্রযুক্ত ভার $=6+4=10$ kgwt

ফলে ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $\Delta L=\frac{10\times9.8\times1.5}{3.14\times(0.125\times10^{-2})^{2}\times2\times10^{11}}=1.5\times10^{-4}\mathrm{m}$

আবার অনুরুপে পিতলের তারের জন্য $\Delta L=\frac{6\times9.8\times1}{3.14\times(0.125\times10^{-2})^{2}\times0.91\times10^{11}}=1.3\times10^{-4}\mathrm{m}$

৯) একটি 10 m দৈর্ঘ্যের রাবারের তারকে দৃঢ় অবলম্বন থেকে এক প্রান্তে ঝুলিয়ে দেওয়া হল । তারটির নিজের ওজনের জন্য ইহার দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি নির্ণয় কর । তারটির ঘনত্ব $1.5\times10^{3}\mathrm{kgm}^{-3}$ ও ইহার উপাদানের ইয়ং গুনাংক $=5\times10^{6}\mathrm{Nm}^{-2}$

Ans: এখানে তারটিতে অনুদৈর্ঘ্য পীড়ন

$$\frac{F}{A}=\frac{Mg}{A}=\frac{LA\rho g}{A}=L\rho g=10\times1.5\times10^{3}\times10=1.5\times10^{5}\mathrm{Nm}^{-2}.$$

এবং অনুদৈর্ঘ্য বিকৃতি $=\frac{\Delta L}{L}$

যেহেতু $Y=\frac{\text{Stress}}{\text{Strain}}=1.5\times10^{5}\times\frac{L}{\Delta L}$ ফলে আমরা পাই $\Delta L=\frac{1.5\times10^{5}\times10}{5\times10^{6}}=0.30\ \mathrm{m}$

১০) প্রদত্ত উপাত্ত থেকে জলের আয়তন বিকৃতি গুনাংক নির্ণয় কর : প্রাথমিক আয়তন = 100.0 litre, চাপ বৃদ্ধি = 100.0 atm, চূড়ান্ত আয়তন = 100.5 liter । এই আয়তন বিকৃতি গুনাংকের সহিত বায়ুর আয়তন বিকৃতি গুনাংকের তুলনা কর । এই অনুপাত এত বেশী কেন ?

**Ans:** এখানে প্রদত্ত যে $\Delta P = 100 \times 1.013 \times 10^5 Nm^{-2}$; $\Delta V = 100.5 - 100.0 = 0.5$ litre

জলের আয়তন বিকৃতি গুনাংক $B_w = \Delta P \frac{V}{\Delta V} = \frac{101.3 \times 10^5 \times 100 \times 10^{-3}}{0.5 \times 10^{-3}} = 2.026 \times 10^9 Nm^{-2}$

আবার ধ্রুবক তাপমাত্রায় বায়ুর আয়তন বিকৃতি গুনাংক $B_a = P = 1.013 \times 10^5 Nm^{-2}$

[ কারন যেহেতু $PV = \text{Constant}$ এবং $P\Delta V + V\Delta P = 0, \Delta P \,.\, (V/\Delta V) = P$ ]

সুতরাং জলের আয়তন বিকৃতি গুনাংক ও বায়ুর আয়তন বিকৃতি গুনাংকের অনুপাত হল $\frac{B_w}{B_a} = \frac{2.026 \times 10^9}{1.013 \times 10^5} = 2 \times 10^4$

এই অনুপাত সাধারন ভাবে অনেক বেশী কারন জল অসংনম্য কিন্তু বায়ু খুবই সংনম্য প্রবাহী ।