

পদার্থের গাঠনিক ধর্ম

প্রয়োজনীয় সূত্রসমূহঃ

* দৈর্ঘ্য বিকৃতি $= \frac{l}{L}$; যেখানে, l = দৈর্ঘ্যের পরিবর্তন; L = আদি দৈর্ঘ্য

* আয়তন বিকৃতি $= \frac{V}{V}$; যেখানে, v = আয়তনের পরিবর্তন; V = আদি আয়তন

* কৃন্তন বিকৃতি = কৃন্তন কোণ $= \theta$

* পীড়ন $= \frac{F}{A}$; যেখানে, F = প্রযুক্ত বল, A = ক্ষেত্রফল

* হুকের সূত্রঃ $\frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}} = \text{ধ্রুবক}$

* ইয়ং এর গুণাঙ্ক $y = \frac{F/l}{A/L} = \frac{FL}{Al} = \frac{mgL}{\pi r^2 l}$ যেখানে, m = তারের ভর, r = তারের ব্যাসার্ধ

* আয়তন গুণাঙ্ক $B = \frac{FV}{Av} = \frac{p}{\frac{v}{V}}$

* দৃঢ়তার গুণাঙ্ক $\eta = \frac{F}{A\theta}$ যেখানে, $\theta = \frac{\text{সরণ}}{\text{বাহুর দৈর্ঘ্য}}$

* পয়সনের অনুপাত, $\sigma = \frac{d/l}{D/L} = \frac{Ld}{lD} =$

$\frac{\text{পার্শ্ব বিকৃতি}}{\text{দৈর্ঘ্য বিকৃতি}}$

যেখানে, D = আদি ব্যাসার্ধ, d = ব্যাসার্ধের পরিবর্তন

সীমাঃ $-1 < \sigma < \frac{1}{2}$

* স্থিতিস্থাপক স্থিতিশক্তি: $W = \frac{1}{2} \times \frac{YAl^2}{L}$ (দৈর্ঘ্য বিকৃতির ক্ষেত্র)

* একক আয়তনে স্থিতিশক্তি: $E = \frac{1}{2} \times \text{পীড়ন} \times \text{বিকৃতি}$

* তাপমাত্রার পরিবর্তনের ফলে প্রযুক্ত বল, $F = Y\alpha t$; যেখানে,

Y = ইয়ং এর গুণাঙ্ক ; A = ক্ষেত্রফল

α = দৈর্ঘ্য প্রসারণ গুণাঙ্ক; t = তাপমাত্রা বৃদ্ধি

* সংনম্যতা $k = \frac{1}{B}$

* অসহভারের অধেক হল স্থিতিস্থাপক সীমা।

স্থিতিস্থাপকতার তুলনা :

ইস্পাতের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $Y_s = \frac{Fl}{Al_s}$; রাবারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $Y_r = \frac{FL}{Al_r}$

$\frac{Y_s}{Y_r} = \frac{l_r}{l_s}$. $Y_s > Y_r$, $l_r > l_s$ \therefore ইস্পাত অপেক্ষা রাবার অধিক স্থিতিস্থাপক।

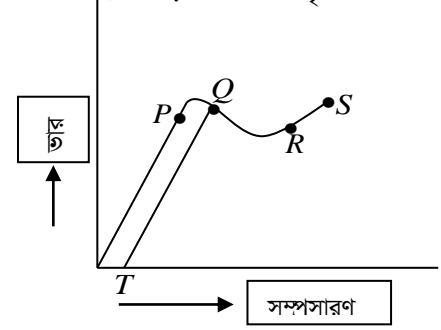
লেখচিত্র থেকে পীড়ন বিকৃতির সম্পর্কঃ

হকের সূত্র থেকে আমরা জানি, স্থিতিস্থাপক সীমার মধ্যে পীড়ন ও বিকৃতি একই হারে পরিবর্তন হয়। একটি লম্বা তারে এক প্রান্ত কোন দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝুলিয়ে অন্য প্রান্তে ভার চাপিয়ে ক্রমাগত ভার বৃদ্ধি করে প্রতিটি ভারের জন্য তারের দৈর্ঘ্যের পরিমাণ বৃদ্ধি করি। তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল এবং আদি দৈর্ঘ্য হতে ভিন্ন ভিন্ন পীড়নের জন্য ভিন্ন ভিন্ন বিকৃতি বের করি এবং পীড়ন বনাম বিকৃতি লেখচিত্র অংকন করি। লেখচিত্রে বিকৃতিকে X অক্ষ এবং পীড়নকে Y অক্ষ বরাবর স্থাপন করি। তাহলে পীড়নের সাথে বিকৃতি পরিবর্তন লেখ হতে স্পষ্ট বোঝা যায়।

লেখচিত্র হতে দেখা যায়, O বিন্দুতে পীড়ন যখন শূন্য তখন বিকৃতিও শূন্য থাকে।

O বিন্দু হতে P বিন্দু পর্যন্ত লেখটি একটি মূল বিন্দুগামী সরলরেখা। P বিন্দু পর্যন্ত পীড়ন এর বিকৃতির সমানুপাতিক হয় অর্থাৎ পীড়ন যত বাড়াব বিকৃতি তত বাড়বে।

P বিন্দু পর্যন্ত তারটি পূর্ণ স্থিতিস্থাপক বস্তুর ন্যায় আচরণ করে।



এখানে পীড়ন প্রত্যাহার করলে তারটি পুনরায় পূর্বাবস্থায় ফিরে আসবে। এজন্য P বিন্দুর জন্য প্রযুক্ত বলই হবে তারটির স্থিতিস্থাপক সীমা। এই সীমার পর PQ অংশের জন্য পীড়ন বৃদ্ধি করলে তারের বিকৃতি অপেক্ষাকৃত দ্রুত বৃদ্ধি পায়। এবং প্রত্যাহার করলে এটি আর আদি অবস্থায় ফিরে আসে না অর্থাৎ বস্তুর স্থায়ী বিকৃতি ঘটে। চিত্রে, OT বস্তুর স্থায়ী বিকৃতি নির্দেশ করে। এরপর পীড়ন আরো বাড়াতে থাকলে R বিন্দু পর্যন্ত বিকৃতি অনিয়মিতভাবে হয়। এই R বিন্দুকে নতি বিন্দু বলে। এখন পীড়নের সামান্য বৃদ্ধিতে তার দ্রুত সরু হতে থাকে এবং S এ গিয়ে ছিঁড়ে যায়। S বিন্দুকে সহনসীমা বলে। এই S বিন্দু হতে প্রাপ্ত পীড়নের মানকে **অসহ পীড়ন** বলে। লেখচিত্র থেকে পীড়ন ও বিকৃতির সম্পর্কঃ একক আয়তনে কৃতকাজ = ΔOAB এর ক্ষেত্রফল

তারের প্রসারণে কৃতকাজঃ

ধরি, L দৈর্ঘ্য ও A ক্ষেত্রফলের একটি তারকে দৃঢ় অবলম্বন থেকে ঝোলানো হয়েছে। F বল প্রয়োগ করায় তারটি dl পরিমাণ দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়। সুতরাং সঞ্চিত স্থিতিশক্তি বা কৃতকাজ = বল \times দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $\therefore dW = Fdl$

সঞ্চিত মোট স্থিতিশক্তি বা কৃতকাজ, $W = \int_0^l Fdl$

ইয়ং এর গুণাঙ্ক থেকে, $F = \frac{YAl}{L}$

$$\therefore W = \int_0^l \frac{YAl}{L} dl = \frac{YA}{L} \int_0^l l dl = \frac{YA}{L} \left[\frac{l^2}{2} \right]_0^l = \frac{1}{2} \frac{YAl^2}{L}$$

আবার, তারের আয়তন = প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল \times দৈর্ঘ্য = AL

$$\therefore \text{একক আয়তনে সঞ্চিত স্থিতিশক্তি বা কৃতকাজ} = \frac{1}{2} \frac{YAl^2}{L} \div AL = \frac{1}{2} \frac{Yl}{L} \cdot \frac{l}{L} = \frac{1}{2} \times F \times \frac{l}{L} = \frac{1}{2} \times \text{পীড়ন} \times \text{বিকৃতি}$$

Type-01: পীড়ন, বিকৃতি, গুণাংক

EXAMPLE-01: একটি $10m$ লম্বা এবং $1mm$ ব্যাসবিশিষ্ট একটি তারকে $100N$ বল দ্বারা টানা হলো। তারের দৈর্ঘ্য শতকরা কত বৃদ্ধি পাবে? [$Y = 2 \times 10^{11} Nm^{-2}$] বল ধ্রুবক কত?

$$\text{Solve : } Y = \frac{F/A}{l/L} \therefore \ell = \frac{FL}{\pi r^2 Y} = \frac{100 \times 100}{5 \times 10^{-4} \times \pi \times 2 \times 10^{11}} \therefore \ell = 6.37 \times 10^{-3} m$$

$$\% \Delta L = 6.37 \times 10^{-3} \times \frac{100}{10} \% = 6.37 \times 10^{-2} \%$$

$$\text{বল ধ্রুবক, } K = \frac{F}{\ell} = \frac{100}{6.37 \times 10^{-3}} = 1.57 \times 10^4 N.m^{-1}$$

EXAMPLE-02: একটি $3m$ লম্বা তারকে $16 kg - wt$ দিলে $10cm$ লম্বা হয়। তারের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $Y = 2 \times 10^{11} Nm^{-2}$ হলে তারের ব্যাসার্ধ কত?

$$\text{Solve : } Y = \frac{FL}{Al} \therefore A = \frac{mgL}{Yl} = \frac{16 \times 9.8 \times 3}{2 \times 10^{11} \times 0.1} = 2.325 \times 10^{-8}$$

$$\therefore r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{2.325 \times 10^{-8}}{\pi}} = 8.653 \times 10^{-5}$$

EXAMPLE-03: একটি ধাতব ঘনকের প্রতি বাহুর দৈর্ঘ্য $0.1m$ । এর নীচতল দৃঢ়ভাবে আটকানো। উপরিতলে $5 \times 10^6 N$ স্পর্শক বল প্রয়োগ করায় ঘনকের উপরের পৃষ্ঠ নীচতলের সাপেক্ষে $10^{-4}m$ সরে যায়। ব্যবর্তন পীড়ন, ব্যবর্তন বিকৃতি ও ব্যবর্তন গুণাংক কত?

$$\text{Solve : } \text{ব্যবর্তন পীড়ন} = \frac{F}{A} = \frac{5 \times 10^6}{(0.1)^2} = 5 \times 10^8 N.m^{-2}$$

$$\text{ব্যবর্তন বিকৃতি} = \frac{\delta}{h} = \frac{10^{-4}}{0.1} = 10^{-3}$$

$$\text{ব্যবর্তন গুণাংক} = \frac{F/A}{\delta/h} = \frac{5 \times 10^8}{1 \times 10^{-3}} = 5 \times 10^{11} N.m^{-2}$$

EXAMPLE-04: একটি গোলকের ব্যাসার্ধ 10cm । এর উপর 50atm চাপ প্রয়োগ করা হলে এর আয়তন 0.1cc কমে গেল। এর আয়তন গুণাঙ্ক কত?

$$\text{Solve : } K = \frac{PV}{v} = \frac{50 \times 1.013 \times 10^5 \times \frac{4}{3} \pi (5 \times 10^{-2})^3}{0.1 \times 10^{-6}}$$

$$\therefore K = 2.12 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}$$

EXAMPLE-05: কোনো তারের দৈর্ঘ্য 3m এবং ভর 20gm । 50N এর টানে এর দৈর্ঘ্য 1mm বাড়ে। তারের ঘনত্ব $7.5 \times 10^3 \text{kgm}^{-3}$ হলে এর উপাদানের ইয়ং এর গুণাঙ্ক কত ?

সমাধান : $V = A \times L$

$$\therefore A = V/L = \frac{m}{\rho \times L} [\because m = \rho V]$$

$$= \frac{20 \times 10^{-3}}{7.5 \times 10^3 \times 3} = 8.89 \times 10^{-7} \text{m}^2$$

$$\text{আবার, } Y = \frac{FL}{A\Delta l} = \frac{50 \times 3}{8.89 \times 10^{-7} \times 1 \times 10^{-3}} = 1.69 \times 10^{11} \text{Nm}^{-2} (\text{Ans})$$

$$L = 3\text{m}$$

$$m = 20\text{gm} = 20 \times 10^{-3} \text{kg}$$

$$l = 1\text{mm} = 1 \times 10^{-3} \text{m}$$

$$\rho = 7.5 \times 10^3 \text{kgm}^{-3}$$

$$F = 50\text{N}$$

$$y = ?$$

EXAMPLE-06: একটি উঁচু দালানের বাইরের দিকে ইটের ওপর একটি কনক্রিটের আবরণ দেয়া হয়। কনক্রিটের আবরণ ইটের দেয়ালের উপর 0.01m ব্যাসার্ধের স্টীলের বেলুনাকার পিনের সাহায্যে লাগানো হয়েছে। প্রতিটি আলপিনকে 1000kg ভর বহন করতে হলে (i) আলপিনের ওপর ব্যবর্তন পীড়ন কত? (ii) আলপিনের ব্যবর্তন বিকৃতি কত ? (স্টীলের ব্যবর্তন গুণাঙ্ক $8.4 \times 10^{10} \text{Nm}^{-2}$.)

$$\text{সমাধান : (i) ব্যবর্তন পীড়ন} = \frac{F}{A} = \frac{mg}{\pi r^2} = \frac{1000\text{kg} \times 9.8\text{ms}^{-2}}{\pi \times (0.01\text{m})^2} = 3.12 \times 10^7 \text{Nm}^{-2}$$

$$(ii) \text{ব্যবর্তন গুণাঙ্ক} = \frac{\text{ব্যবর্তন পীড়ন}}{\text{ব্যবর্তন বিকৃতি}}$$

$$\therefore \text{ব্যবর্তন বিকৃতি} = \frac{\text{ব্যবর্তন পীড়ন}}{\text{ব্যবর্তন গুণাঙ্ক}} = \frac{3.12 \times 10^7 \text{Nm}^{-2}}{8.4 \times 10^{10} \text{Nm}^{-2}} = 3.71 \times 10^{-4} (\text{Ans})$$

$$m = 1000\text{kg}$$

$$r = 0.01\text{m}$$

$$\text{স্টীলের ব্যবর্তন গুণাঙ্ক} = 8.4 \times 10^{10} \text{Nm}^{-2}$$

EXAMPLE-07: এক প্রকার তারের বিকৃতি $\frac{1}{1000}$ অপেক্ষা বেশি হলে এর স্থিতিস্থাপকতার সীমা অতিক্রম করে। তারের ব্যাস 1.0mm এবং এর উপাদানের ইয়ং এর গুণাঙ্ক $20 \times 10^{10}\text{N}$ হলে স্থায়ী বিকৃতি সৃষ্টি না হলে ঐ তার হতে সর্বোচ্চ কত ভার ঝোলানো যাবে?

সমাধান : $d = 1.0\text{mm} \therefore r = \frac{d}{2} = \frac{1}{2} = 0.5\text{mm} = 5 \times 10^{-4}\text{m}$

ইয়ং এর গুণাঙ্ক $= 20 \times 10^{10}\text{Nm}^{-2}$; বিকৃতি $= \frac{1}{1000}$; সর্বোচ্চ ভার, $F = ?$

ইয়ং এর গুণাঙ্ক $= \frac{\text{পীড়ন}}{\text{বিকৃতি}}$

পীড়ন $=$ ইয়ং এর গুণাঙ্ক \times বিকৃতি বা, $\frac{F}{\pi r^2} = 20 \times 10^{10} \times \frac{1}{1000}$

$F = \frac{20 \times 10^{10} \times \pi r^2}{1000} = \frac{20 \times 10^{10} \times 3.14 \times (5 \times 10^{-4})^2}{1000} \approx 157\text{N}(\text{Ans})$

EXAMPLE-08: $5 \times 10^7\text{Nm}^{-2}$ চাপে 1000cc পারদ কতটুকু সংকুচিত হবে? পারদের সংকোচন গুণাঙ্ক $2.5 \times 10^{10}\text{Nm}^{-2}$

সমাধান : $K = \frac{PV}{v} \therefore v = \frac{PV}{K} = \frac{5 \times 10^7 \times 1000 \times 10^{-6}}{2.5 \times 10^{10}} = 2 \times 10^{-6}\text{m}^3 = 2\text{cc}(\text{Ans})$

$V = 1000\text{cc} = 1000 \times 10^{-6}\text{m}^3$
 $P = 5 \times 10^7\text{Nm}^{-2}$
 $K = 2.5 \times 10^{10}\text{Nm}^{-2}$; $v = ?$

EXAMPLE-09: একটি ইস্পাতের তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $1 \times 10^{-6}\text{m}^2$ ও অসহ বিকৃতি 4.9×10^{-3} । তারটিতে দৈর্ঘ্য বরাবর সর্বোচ্চ কত বল প্রয়োগ করা যাবে? [স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক $= 2 \times 10^{11}\text{Nm}^{-2}$]

সমাধান : ইয়ং এর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক $= \frac{\text{অসহ পীড়ন}}{\text{অসহ বিকৃতি}}$

বা, $2 \times 10^{11} = \frac{\text{অসহ পীড়ন}}{4.9 \times 10^{-3}}$

\therefore অসহ পীড়ন $= 4.9 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{11}\text{Nm}^{-2} = 9.8 \times 10^8\text{Nm}^{-2}$

সর্বোচ্চ বল $=$ অসহ পীড়ন \times প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $= 9.8 \times 10^8\text{Nm}^{-2} \times 1 \times 10^{-6}\text{m}^2 = 980\text{N}(\text{Ans})$

তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $= 1 \times 10^{-6}\text{m}^2$
অসহ বিকৃতি $= 4.9 \times 10^{-3}$
ইয়ং এর স্থিতিস্থাপক গুণাঙ্ক $= 2 \times 10^{11}\text{Nm}^{-2}$
সর্বোচ্চ বল $= ?$

EXAMPLE-10: 2.5m দীর্ঘ একটি ইস্পাতের সুষম তারের ভর 16g এবং ঘনত্ব 7800kgm^{-3} . 80N বলে টানা দিলে তারটির দৈর্ঘ্য প্রসারণ হয় 1.2mm . ঐ তারের উপাদানের ইয়ং এর গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : $V = \frac{m}{\rho} = \frac{16 \times 10^{-3}}{7800} = 2.05 \times 10^{-6}\text{m}^3$

\therefore তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল, $A = \frac{V}{L} = 8.205 \times 10^{-7}\text{m}^2$

$Y = \frac{F/A}{l/L} = \frac{FL}{Al} = \frac{80 \times 2.5}{8.205 \times 10^{-7} \times 1.2 \times 10^{-3}} = 2.031 \times 10^{11}\text{Nm}^{-2}(\text{Ans})$

$L = 2.5\text{m}$; $F = 80\text{N}$
 $L = 1.2\text{mm} = 1.2 \times 10^{-3}\text{m}$
 $m = 16\text{g} = 16 \times 10^{-3}\text{kg}$
 $\rho = 7800\text{kgm}^{-3}$

Type-02: তারের প্রসারণে কৃতকাজ

EXAMPLE-01: 2 mm ব্যাসার্ধ বিশিষ্ট 2.4m তারের দৈর্ঘ্য 15 cm বৃদ্ধি করলে সঞ্চিত শক্তি কত?

$$[Y = 2 \times 10^{11} \text{ Nm}^{-2}]$$

$$\text{Solve : } U = \frac{1}{2} \times \frac{2 \times 10^{11} \times \pi \times (2 \times 10^{-3})^2 \times (15 \times 10^{-3})^2}{2.4} = 11.78 \times 10^3 \text{ J} = 11.78 \text{ kJ}$$

EXAMPLE-02: একটি তারে 10^5 N বল প্রয়োগ করলে দৈর্ঘ্য 2mm বৃদ্ধি পায়। তারের প্রসারণে কৃতকাজ নির্ণয় করো।

$$\text{সমাধান : } W = \frac{1}{2} \times F \times l = \frac{1}{2} \times 10^5 \times 2 \times 10^{-3} \text{ J} = 100 \text{ J (Ans)} \quad \left| \begin{array}{l} F = 10^5 \text{ N}; l = 2 \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ m}; W = ? \end{array} \right.$$

Type-03: পয়সনের অনুপাত

EXAMPLE-01: একটি তারের ব্যাস 5mm এবং দৈর্ঘ্য 1m. এবং দৈর্ঘ্য বরাবর বল প্রয়োগ করার ফলে দৈর্ঘ্য 1cm বৃদ্ধি পায় কিন্তু ব্যাস 0.01mm হ্রাস পায়। তারের উপাদানের পয়সনের অনুপাত বের করো।

$$\text{সমাধান : } \sigma = \frac{dL}{DL} = \frac{1 \text{ m} \times 0.00001 \text{ m}}{0.1 \text{ m} \times 0.005 \text{ m}} = 0.2 \text{ (Ans)}$$

$$\left| \begin{array}{l} L = 1 \text{ m}; l = 1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m} \\ D = 5 \text{ mm} = 0.005 \text{ m} \\ d = 0.01 \text{ mm} = 0.00001 \text{ m} \\ \sigma = ? \end{array} \right.$$

EXAMPLE-02: 1m দীর্ঘ কোনো তারের ব্যাস $5 \times 10^{-3} \text{ m}$ । তারের দৈর্ঘ্য বরাবর একটি বল প্রয়োগ এর দৈর্ঘ্য $1 \times 10^{-2} \text{ m}$ । পয়সনের অনুপাত 0.2 হলে তারের ব্যাস এর হ্রাস নির্ণয় করো।

$$\text{সমাধান : } \sigma = \frac{dL}{DL} \text{ বা, } 0.2 = \frac{d \times 1}{5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-2}}$$

$$d = 0.2 \times 5 \times 10^{-3} \times 10^{-2} = 0.01 \times 10^{-3} \text{ m} = 0.01 \text{ mm} = 1 \times 10^{-5} \text{ m (Ans)}$$

$$\left| \begin{array}{l} L = 1 \text{ m} \\ D = 5 \times 10^{-3} \text{ m} \\ l = 1 \times 10^{-2} \text{ m}; \sigma = 0.2; d = ? \end{array} \right.$$

EXAMPLE-03: একটি ১ মিটার দীর্ঘ তারে কিছু বল প্রয়োগ করায় তারটির দৈর্ঘ্য 0.015 মিটার বৃদ্ধি পেল এবং ব্যাস 0.32% হ্রাস পেল পয়সনের অনুপাত নির্ণয় কর।

$$\text{Solve : } \sigma = \frac{-\Delta r/r}{\Delta L/L} = \frac{0.0032}{0.015} = 0.213$$

Type-04: পৃষ্ঠটান ও পৃষ্ঠশক্তি

পৃষ্ঠটান, $T = \frac{F}{L}$; L = প্রবাহীর উপরিপৃষ্ঠে যতটুকু দৈর্ঘ্য জুড়ে কোন পদার্থের সংস্পর্শে থাকে।

পৃষ্ঠশক্তি, $E = T$

পানির ফোঁটার ক্ষেত্রে চাপের পার্থক্য, $P = \frac{2T}{R}$; সাবান বুদবুদের জন্য অতিরিক্ত চাপ, $P = \frac{4T}{R}$

পৃষ্ঠটানের ক্ষেত্রফলের পরিবর্তনে কৃতকাজঃ

তরলের পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন করতে কাজ করতে হয় এবং পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি করতে হলে (যেমন কোনো বড় তরল ফোঁটাকে ভেঙ্গে অনেকগুলো সমআয়তন ক্ষুদ্র ফোঁটায় পরিনত করা) শক্তি সরবরাহ করতে হয় অথবা পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফল কমিয়ে সংকুচিত করতে হলে (যেমন অনেক ক্ষুদ্র ফোঁটা একত্রিত করে বড় ফোঁটায় রূপান্তরিত করা) শক্তি বের করে নিতে হয়। এ শক্তির পরিমাণ সম্পাদিত কাজের সমান।

সম্পাদিত কাজ = প্রয়োজনীয় বা নির্গত শক্তি = পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন \times পৃষ্ঠশক্তি = পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন \times পৃষ্ঠটান

\therefore প্রয়োজনীয় শক্তি = পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের প্রসারণ \times পৃষ্ঠটান

নির্গত শক্তি = পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের সংকোচন \times পৃষ্ঠটান

\therefore পৃষ্ঠক্ষেত্রফলের সংকোচন বা প্রসারণ ΔA এবং পৃষ্ঠটান T হলে সম্পাদিত কাজ, $W = \Delta A \times T$

কোনো বৃহৎ তরল ফোঁটাকে ভেঙ্গে N সংখ্যক সমআয়তন ক্ষুদ্র ফোঁটায় পরিনত করলে ও এদের মোট আয়তন বড় ফোঁটার আয়তনের সমান হবে। সুতরাং বড় ফোঁটার আয়তন = $N \times$ ছোট ফোঁটার আয়তন

$$\text{বা, } \frac{4}{3}\pi R^3 = N \times \frac{4}{3}\pi r^3$$

এখানে, R ও r যথাক্রমে বৃহৎ ও ছোট ফোঁটার ব্যাসার্ধ বড় ফোঁটার ক্ষেত্রফল $4\pi R^2$ এবং N সংখ্যক ক্ষুদ্র ফোঁটার পৃষ্ঠের ক্ষেত্রফল = $N \times 4\pi r^2$

$$\therefore \text{পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের প্রসারণ, } \Delta A = N \times 4\pi r^2 - 4\pi R^2 = 4\pi(Nr^2 - R^2)$$

আর, N সংখ্যক ক্ষুদ্র ফোঁটা (প্রতিটির ব্যাসার্ধ r) একত্রিত করে একটি বড় ফোঁটা (ব্যাসার্ধ R) করলে পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের সংকোচন, $\Delta A = N \times 4\pi r^2 - 4\pi R^2 = 4\pi(Nr^2 - R^2)$

সুতরাং, প্রয়োজনীয় বা নির্গত শক্তি, $W = \text{পৃষ্ঠ ক্ষেত্রফলের পরিবর্তন} \times \text{পৃষ্ঠটান} = \Delta A \times T$

$$\text{বা, } W = 4\pi(Nr^2 - R^2) T.$$

EXAMPLE-01: সাবান পানি দ্বারা 5×10^{-2} ব্যাসার্ধের একটি বুদবুদ ফোলাতে কৃতকাজের পরিমাণ নির্ণয় করো। সাবান পানির পৃষ্ঠটান = $4 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-1}$

সমাধান : ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি, $\Delta A = 2 \times 4\pi r^2$ [\because ২টি তল] = $2 \times 4 \times 3.14 \times (5 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 0.0628 \text{ m}^2$

আবার, $W = \Delta A \times T = 0.0628 \text{ m}^2 \times 4 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-1} = 2.512 \times 10^{-3} \text{ J (Ans)}$

$$\left. \begin{array}{l} r = 5 \times 10^{-2} \text{ m} \\ T = 4 \times 10^{-2} \text{ Nm}^{-1} \\ W = ? \end{array} \right\}$$

EXAMPLE-02: 10^{-4}m ব্যাসার্ধের একটি পানির বিন্দু 125 বিন্দুতে বিভক্ত হলে পৃষ্ঠশক্তির বৃদ্ধি বের করো। দেয়া আছে, পানির তল টান $7.2 \times 10^{-2} \text{Nm}^{-1}$.

সমাধান : মনে করি, ক্ষুদ্র বিন্দু এবং বৃহৎ বিন্দুর ব্যাসার্ধ যথাক্রমে r এবং R .

$$125 \times \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$\text{বা, } r^3 = \frac{R^3}{125} \therefore r = \frac{R}{5} = \frac{10^{-4}}{5} = 2 \times 10^{-5} \text{m}$$

$$\text{এখন, } E = \Delta A \times T = 4\pi(125 \times r^2 - R^2) \times T$$

$$E = 4 \times 3.14 \times \{125 \times (2 \times 10^{-5} \text{m})^2 - (10^{-4} \text{m})^2\} \times 7.2 \times 10^{-2} \text{Nm}^{-1} = 3.62 \times 10^{-8} \text{J}$$

$$\begin{aligned} R &= 10^{-4} \text{m} \\ T &= 7.2 \times 10^{-2} \text{Nm}^{-1} \\ E &= ? \end{aligned}$$

EXAMPLE-03: $2 \times 10^{-7} \text{m}$ ব্যাসার্ধের দুইটি পানি বিন্দুকে একত্রিত করে একটি পানি বিন্দুতে পরিনত করলে তাপমাত্রা কত বৃদ্ধি পাবে ?

পানির পৃষ্ঠটান = 0.074Nm^{-1}

সমাধান : আমরা জানি,

ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি ΔA এবং নির্গত শক্তি E হলে

$$E = \Delta A \times T = 4\pi(2r^2 - R^2) T.$$

$$\text{এখন, } 2 \times \frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{4}{3}\pi R^3$$

$$\text{বা, } 2r^3 = R^3 \text{ বা, } R = \sqrt[3]{2} r = 2.52 \times 10^{-7} \text{m}$$

$$\therefore E = 4 \times 3.14 \{2 \times (2 \times 10^{-7} \text{m})^2 - (2.52 \times 10^{-7} \text{m})^2\} \times 0.074 \text{Nm}^{-1} = 1.53 \times 10^{-14} \text{J}$$

$$\text{এখন, দুটি পানি বিন্দুর ভর} = 2 \times \text{আয়তন} \times \text{পানির ঘনত্ব} = 2 \times \frac{4}{3}\pi r^3 \times 1 \times 10^3 \text{kg}$$

আবার, আমরা জানি, উৎপন্ন তাপ = নির্গত শক্তি

বা, ভর \times আপেক্ষিক তাপ \times তাপমাত্রার পার্থক্য = নির্গত শক্তি

$$\text{বা, } 2 \times \frac{4}{3}\pi r^3 \times 10^3 \times 4200 \times \Delta\theta = 1.53 \times 10^{-14}$$

$$\text{বা, } \Delta\theta = \frac{1.53 \times 10^{-14}}{2 \times \frac{4}{3}\pi \times 8 \times 10^{-21} \times 10^3 \times 4200} \therefore \Delta\theta = 0.054 \text{K(Ans)}$$

$$\begin{aligned} r &= 2 \times 10^{-7} \text{m} \\ T &= 0.074 \text{Nm}^{-1} \\ \Delta\theta &= ? \end{aligned}$$

EXAMPLE-04: একটি সাবানের বুদবুদের ব্যাসার্ধ 0.01m থেকে বাড়িয়ে 0.04m করা হয়। এ প্রক্রিয়ায় কী পরিমাণ কাজ সম্পন্ন হলো? সাবান দ্রবনের পৃষ্ঠটান = $26 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-2}$

সমাধান : ক্ষেত্রফলের বৃদ্ধি ΔA হলে,

সম্পাদিত কাজ, $W = \Delta A T$

কিন্তু, বুদবুদের পৃষ্ঠ থাকে দুইটি। সুতরাং ক্ষেত্রফল বৃদ্ধি,

$$\Delta A = 2 \times [4\pi(r_2^2 - r_1^2)] = 2 \times [4 \times 3.14 (0.04)^2 - (0.01)^2] = 37.68 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

$$\therefore W = \Delta A \times T = 37.68 \times 10^{-3} \times 26 \times 10^{-3} = 9.796 \times 10^{-4} \text{J} \quad (\text{Ans})$$

$$\begin{aligned} r_1 &= 0.01 \text{m} \\ r_2 &= 0.04 \text{m} \\ T &= 26 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-2} \\ W &= ? \end{aligned}$$

EXAMPLE-05: 10^{-4}m ব্যাস বিশিষ্ট পানির 1000 ক্ষুদ্র ফোঁটা মিলে একটি বৃহৎ ফোঁটা তৈরী করলো। এতে কী পরিমাণ শক্তি নির্গত হলো? (পানির পৃষ্ঠটান $72 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-1}$)

সমাধান : এখন, $1000 \times \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{4}{3} \pi R^3$ বা, $10^3 r^3 = R^3$

$$\therefore R = 10r = 10 \times 0.5 \times 10^{-4} \text{m} = 5 \times 10^{-4} \text{m}$$

$$\therefore E = \Delta A \times T = 4\pi(1000r^2 - R^2)T = 4 \times 3.14 [10^3 \times (0.5 \times 10^{-4} \text{m})^2 - (5 \times 10^{-4} \text{m})^2] \times 72 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-1} = 2.035 \times 10^{-6} \text{J}$$

$$\text{ক্ষুদ্র ফোঁটার ব্যাসার্ধ, } r = \frac{1 \times 10^{-4} \text{m}}{2} = 0.5 \times 10^{-4} \text{m}$$

$$T = 72 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-1}; E = ?$$

EXAMPLE-06: একটি গোলায় পানির ফোঁটার ব্যাসার্ধ 1mm । পানির পৃষ্ঠটান $73 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-1}$ হলে ফোঁটাটির ভিতরের ও বাইরের চাপের পার্থক্য বের করো।

সমাধান : পানির ফোঁটার ক্ষেত্রের চাপের পার্থক্য, $P = \frac{2T}{R} = \frac{2 \times 73 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-1}}{10^{-3} \text{m}} = 146 \text{Nm}^{-2}$

$$\begin{aligned} T &= 73 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-1} \\ R &= 1 \text{mm} = 10^{-3} \text{m} \\ P &= ? \end{aligned}$$

EXAMPLE-07: একটি সাবান বুদবুদের ব্যাস 1cm এবং সাবান পানির পৃষ্ঠটান $3.2 \times 10^{-2} \text{Nm}^{-1}$ । বুদবুদের বাইরের ও ভিতরের চাপের পার্থক্য নির্ণয় করো।

সমাধান : বুদবুদের বাইরের ও ভিতরের চাপের পার্থক্য; $P = \frac{4T}{r} = \frac{4 \times 3.2 \times 10^{-2} \text{Nm}^{-1}}{0.005 \text{m}} = 25.6 \text{Pa (Ans)}$

$$\begin{aligned} d &= 1 \text{cm} = 0.01 \text{m} \\ r &= 0.005 \text{m} \\ T &= 3.2 \times 10^{-2} \text{Nm}^{-1} \\ P &= ? \end{aligned}$$

Type-05: কৈশিক নলের সাহায্যে তরলের পৃষ্ঠটান নির্ণয়

ধরি, r ব্যাসার্ধের একটি কৈশিক নলকে পানি বা কাঁচ ভিজায় এমন কোনো তরলে ডুবানোর ফলে নলের মধ্যে তরলের উচ্চতা বাইরে অপেক্ষা বেড়ে গেলো। পৃষ্ঠটানের জন্য তরল তল বেকে অবতল আকার ধারণ করে।

তরলের স্পর্শকোণ = θ ; তরলের পৃষ্ঠটান = T

নলের মধ্যকার অবতল তলের সর্বনিম্ন পৃষ্ঠের উচ্চতা = l

সুস্তে বিদ্যমান তরলের ভর = m ; সুস্তে বিদ্যমান তরলের ঘনত্ব = ρ

তরলের সাথে স্পর্শরেখা CB বরাবর মোট উর্ধ্বমুখী

কার্যকরী বল = $T \cos \theta \times$ নলের ছিদ্রের পরিধির দৈর্ঘ্য = $T \cos \theta \times 2\pi r = 2\pi r T \cos \theta$

তরল সুস্তের ভর m ও অভিকর্ষীয় ত্বরণ g হলে, $2\pi r T \cos \theta = mg$ -----(1)

সুস্তের তরলের আয়তন = h উচ্চতায় তরলের আয়তন + বক্স অংশের তরলের আয়তন

$$= \pi r^2 h + (\text{ABCD চোঙের আয়তন} - \text{AOB অর্ধগোলকের আয়তন}) = \pi r^2 h + \pi r^2 r - \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$= \pi r^2 h + \frac{1}{3} \pi r^3 \therefore \text{সুস্তে বিদ্যমান তরলের ভর,}$$

$$m = \text{সুস্তের তরলের আয়তন} \times \text{ঘনত্ব} = \left(\pi r^2 h + \frac{1}{3} \pi r^3 \right) \rho = \left(h + \frac{1}{3} r \right) \pi r^2 \rho$$

$$m \text{ এর মান (1) নং সমীকরণে বসিয়ে পাই, } 2\pi r T \cos \theta = \left(h + \frac{1}{3} r \right) \pi r^2 \rho g$$

$$\therefore T = \frac{\left(h + \frac{1}{3} r \right) \pi r^2 \rho g}{2\pi r \cos \theta} = \frac{r \rho g \left(h + \frac{1}{3} r \right)}{2 \cos \theta} = \frac{h \rho g r}{2 \cos \theta} \quad [r \text{ এর মান ক্ষুদ্র বলে, } \frac{1}{3} r \text{ কে উপেক্ষা করা যায়}]$$

$$\text{কাঁচ ও পানির ক্ষেত্রে, } \theta = 0^\circ \therefore \cos \theta = 1 \therefore \text{পানির তলটান, } T = \frac{h \rho g r}{2}$$

EXAMPLE-01: $2 \times 10^{-4} \text{m}$ ব্যাসার্ধের একটি কাঁচের নলে কোনো তরলের স্পর্শ কোণ 135° এবং তরলের পৃষ্ঠটান 0.547Nm^{-1} হলে তলে তরলের অবনমন নির্ণয় করো। [তরলের ঘনত্ব $= 13.6 \times 10^3 \text{kgm}^{-3}$ ও অভিকর্ষজ ত্বরণ $= 9.81 \text{ms}^{-2}$]

সমাধান : $T = \frac{r\rho g}{2\cos\theta} \left(h + \frac{1}{3}r \right)$ বা, $h + \frac{1}{3}r = \frac{2T\cos\theta}{r\rho g}$

বা, $h + \frac{1}{3} \times 2 \times 10^{-4} \text{m} = \frac{2 \times 0.547 \text{Nm}^{-1} \times -0.7071}{2 \times 10^{-4} \text{m} \times 13.6 \times 10^3 \text{kgm}^{-3} \times 9.8 \text{ms}^{-2}}$

বা, $h + 0.666 \times 10^{-4} = 0.029 \text{m} \therefore h = 0.029 \text{m} (\text{Ans})$

$$\begin{aligned} T &= 0.547 \text{Nm}^{-1} \\ \rho &= 13 \times 10^3 \text{kgm}^{-3} \\ g &= 9.81 \text{ms}^{-2} \\ \theta &= 135^\circ \\ h &= ? \end{aligned}$$

EXAMPLE-02: তার্পিন তেলের পৃষ্ঠটান $27 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-1}$ এবং ঘনত্ব $0.87 \times 10^3 \text{kgm}^{-3}$ । যদি $0.6 \times 10^{-4} \text{m}$ ব্যাসের একটি কৈশিক নলের গাত্রের সাথে স্পর্শ কোণ 17° হয় তবে নলটিতে তার্পিন তেল কত উচ্চতায় উঠবে? নির্ণয় করো।

সমাধান : $T = \frac{r\rho g \left(h + \frac{1}{3}r \right)}{2\cos\theta}$ বা, $h + \frac{1}{3}r = \frac{2\cos\theta \times T}{r\rho g}$

$\therefore h = \frac{2\cos\theta \times T}{r\rho g} - \frac{1}{3}r = \frac{2 \times \cos 17^\circ \times 27 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-1}}{0.3 \times 10^{-4} \text{m} \times 0.87 \times 10^3 \text{kgm}^{-3} \times 9.8 \text{ms}^{-2}} - \frac{1}{3} \times 0.3 \times 10^{-4} \text{m} = 0.20189 \text{m} (\text{Ans})$

$$\begin{aligned} T &= 27 \times 10^{-3} \text{Nm}^{-1}; \rho = 0.87 \times 10^3 \text{kgm}^{-3} \\ r &= \frac{0.6 \times 10^{-4}}{2} \text{m} = 0.3 \times 10^{-4} \text{m}; \theta = 17^\circ; h = ? \end{aligned}$$

EXAMPLE-03: একটি U নলের দুই বাহুর ব্যাস $10 \times 10^{-3} \text{m}$ ও $1 \times 10^{-3} \text{m}$ । নলটি আংশিক পানি দিয়ে পূর্ণ করে খাড়াভাবে রাখা হলো। পানির পৃষ্ঠটান $7.2 \times 10^{-2} \text{Nm}^{-1}$ হলে নলের দুই বাহুর পানির লেভেলের পার্থক্য কত হবে?

সমাধান : $T = \frac{r\rho g}{2} \therefore h = \frac{2T}{r\rho g} = \frac{4T}{d\rho g}$

\therefore ১ম বাহুর ক্ষেত্রে আমরা পাই, $h_1 = \frac{4T}{r_1\rho g} = \frac{4 \times 7.2 \times 10^{-2}}{10 \times 10^{-3} \times 10^3 \times 9.8} \text{m} = 2.94 \times 10^{-3} \text{m}$

আবার, ২য় বাহুর ক্ষেত্রে, $h_2 = \frac{4T}{r_2\rho g} = \frac{4 \times 7.2 \times 10^{-2}}{1 \times 10^{-3} \times 10^3 \times 9.8} \text{m} = 2.94 \times 10^{-2} \text{m}$

দুই বাহু পানির লেভেলের পার্থক্য, $h_2 - h_1 = 2.94 \times 10^{-2} \text{m} - 2.94 \times 10^{-3} \text{m} = 0.0264 \text{m} (\text{Ans})$

$$\begin{aligned} p_1 &= 10 \times 10^{-3} \text{m}; d_2 = 1 \times 10^{-3} \text{m} \\ T &= 7.2 \times 10^{-2} \text{Nm}^{-1}; \rho = 10^3 \text{kgm}^{-3} \\ g &= 9.8 \text{ms}^{-2}; h_2 - h_1 = ? \end{aligned}$$

Type-06: সান্দ্রতা

সান্দ্রতা, বল, সান্দ্রতাক্ষ এবং প্রান্তবেগ নির্ণয়ঃ

তরলের প্রবাহ শান্ত প্রবাহ হলে নিউটন দেখান যে, স্পর্শকীয়ভাবে দুইটি তরল স্তরের মধ্যে ক্রিয়াশীল সান্দ্রতা বল F,

(i) স্পর্শতলের ক্ষেত্রফলের সমানুপাতিক অর্থাৎ, $F \propto A$ এবং

(ii) বেগ অবক্রম $\frac{dv}{dx}$ এর সমানুপাতিক অর্থাৎ; $F \propto \frac{dv}{dx} \therefore F \propto A \frac{dv}{dx}$ বা, $F = \eta A \frac{dv}{dx}$

এখানে, η একটি সমানুপাতিক প্রবক। একে সান্দ্রতা গুণাঙ্ক বা সান্দ্রতাক্ষ বলা হয়।

স্টোকস্ এর সূত্র :

r ব্যাসার্ধের কোনো ক্ষুদ্রাকার গোলক η সান্দ্রতা গুণাঙ্কের কোনো তরল বা গ্যাসীয় পদার্থের মধ্যে V প্রান্তিক বেগে পড়তে থাকলে, স্টোকস্ এর সূত্রানুসারে, সান্দ্রতার জন্য উদ্ভূত বাধা দানকারী বল, বা মন্দন বল, $F \propto v r \eta \Rightarrow F = k \eta r v$

এখানে, K একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক। স্টোকস্ গাণিতিক বিশ্লেষণ হতে প্রমাণ করেন যে, $K = 6\pi \therefore F = 6\pi \eta r v$

আবার, পতনশীল গোলকের উপাদানের ঘনত্ব ρ হলে ঐ গোলকের ওজন = গোলকের আয়তন \times ঘনত্ব $\times g = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g$

পুনরায়, প্রবাহী তরলের ঘনত্ব σ হলে ঐ গোলকের ওপর,

ক্রিয়াশীল প্লবতা অর্থাৎ উর্ধ্বমুখী বল = গোলকের দ্বারা অপসারিত তরলের ওজন = $\frac{4}{3} \pi r^3 \sigma g$

\therefore গোলকের ওপর নিম্নমুখী লব্ধিবল = $\frac{4}{3} \pi r^3 \rho g - \frac{4}{3} \pi r^3 \sigma g = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \sigma) g$

প্রান্তবেগে গতিশীল গোলকের ক্ষেত্রে, গোলকের ওপর সান্দ্রতাজনিত মন্দন বল = নিম্নমুখী লব্ধিবল

$\therefore F = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \sigma) g$ বা, $6\pi \eta r v = \frac{4}{3} \pi r^3 (\rho - \sigma) g \therefore v = \frac{2r^2}{9} \frac{2r^2(\rho - \sigma)g}{\eta}$

সান্দ্রতার উপর তাপমাত্রার প্রভাব :

(ক) তরলের সান্দ্রতা: বিভিন্ন পরীক্ষা থেকে তরলের সান্দ্রতার উপর তাপমাত্রার প্রভাব পাওয়া যায়। দেখা গেছে, 10°C তাপমাত্রায় পানির সান্দ্রতা সহগের যে মান পাওয়া যায়, 80°C তাপমাত্রায় সে মান হয় এক-তৃতীয়াংশ। কিন্তু তরলের সান্দ্রতা সহগের সাথে তাপমাত্রার সম্পর্কে কোনো সঠিক সূত্র পাওয়া যায়নি। বিভিন্ন বিজ্ঞানী বিভিন্ন সূত্র দেন:

তাপমাত্রার সাথে সান্দ্রতা সহগের সম্পর্কসূচক সমীকরণ হলঃ

$\log \eta = A + \frac{B}{T}$ -----(1) এখানে, η হল তরলের সান্দ্রতা সহগ, T তরলের কেলভিন তাপমাত্রা A ও B ধ্রুবক।

(খ) গ্যাসের সান্দ্রতা: তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে গ্যাসের সান্দ্রতা বৃদ্ধি পায়। গ্যাসের সান্দ্রতা সহগ তার কেলভিন তাপমাত্রার বর্গমূলের সমানুপাতিক। $\therefore \eta \propto T$ *তাপমাত্রার সাথে সাথে তরল ও গ্যাসের সান্দ্রতার হ্রাস বৃদ্ধি পরস্পর বিপরীত।

আমরা জানি যে, তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে তরলের সান্দ্রতা হ্রাস পায়। 10°C তাপমাত্রায় পানির যে সান্দ্রতা 80°C তাপমাত্রায় তা এক তৃতীয়াংশ হয়ে যায়। কেন এ বৈপরীত্য? আমরা জানি যে, তরল ও গ্যাস উভয়ই অনু দিয়ে গড়া। আনবিক তত্ত্ব থেকে আমরা তাই তরল ও গ্যাসের সান্দ্রতা ও হ্রাসের বৈপরীত্য ব্যাখ্যা দিতে পারি। তাপমাত্রা বৃদ্ধি পেলে তরলের অনুগুলো তাপ থেকে শক্তি গ্রহণ করে বেশি শক্তি পায় এবং এদের গতি বেড়ে যায়। এতে অনুগুলোর গড় মুক্ত পথ বৃদ্ধি পায় ফলে এদের মধ্যে ঘর্ষণ কম হয়। গড় মুক্ত পথ বৃদ্ধির ফলে তরলের স্তরের আপেক্ষিক বাধা কমে যায়। ফলে তরলের সান্দ্রতা হ্রাস পায়।

অপরদিকে গ্যাসের অনুগুলো থাকে তরলের তুলনায় আলগাভাবে গাঁথা। এর সবসময় অক্রমগতিতে থাকে। তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে এদের ইতস্তত গতি অত্যন্ত বেড়ে যায়। ধীর গতির অনুগুলো কিছু অনুর দ্রুতগতি স্তরে যায়। ফলে দ্রুতগতি স্তরের অনুগুলোর গতি হ্রাস পায়। আবার, এই ইতস্তত গতির ফলে দ্রুতগতি স্তরের কিছু অনু ধীরগতির স্তরে চলে যায়। এতে ধীরগতির স্তরের অনুগুলোর গড় গতি বৃদ্ধি পায়। এর ফলে দুই স্তরের মধ্যকার আপেক্ষিক গতি বৃদ্ধি পায়।

সান্দ্রতার উপর চাপের প্রভাবঃ

(ক) তরলের সান্দ্রতা: চাপ বৃদ্ধির সাথে তরলের সান্দ্রতা বৃদ্ধি পায়। খনিজ তেলের ক্ষেত্রে সান্দ্রতার উপর চাপের প্রভাব লক্ষ্যনীয়।

(খ) গ্যাসের সান্দ্রতা: বিজ্ঞানী ম্যাক্সওয়েল গ্যাসের গতিতত্ত্বের উপর ভিত্তি করে বলেন যে, গ্যাসের সান্দ্রতার উপর চাপের কোনো প্রভাব নেই এবং একথা চাপের বিস্তৃত পাল্লার ক্ষেত্রে প্রযোজ্য। তবে নিম্নচাপের ক্ষেত্রে এর কিছুটা ব্যতিক্রম লক্ষ করা যায়।

EXAMPLE-01: $5 \times 10^{-4} \text{m}$ ব্যাসার্ধের একটি সীসার গোলক গ্লিসারিনের ভিতরে দিয়ে $6.48 \times 10^{-3} \text{ms}^{-1}$ প্রান্তিক বেগে পড়েছে। যদি সীসা ও গ্লিসারিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব যথাক্রমে 11.36 এবং 1.26 হয় তবে গ্লিসারিনে সান্দ্রতার গুণাঙ্ক বের করো।

সমাধান : এখানে, সীসার ঘনত্ব ρ = সীসার আপেক্ষিক গুরুত্ব \times পানির ঘনত্ব = $11.36 \times 10^3 \text{kgm}^{-3}$

আবার গ্লিসারিনের ঘনত্ব,

σ = গ্লিসারিনের আপেক্ষিক গুরুত্ব \times পানির ঘনত্ব = $1.26 \times 10^3 \text{kgm}^{-3}$

দেয়া আছে, ব্যাসার্ধ, $r = 5 \times 10^{-4} \text{m}$

প্রান্তিক বেগ, $v = 6.48 \times 10^{-3} \text{ms}^{-1}$; সান্দ্রতার গুণাঙ্ক; $\eta = ?$

$$\text{এখন, } \eta = \frac{2}{9} \times \frac{r^2 g (\rho - \sigma)}{v} = \frac{2 \times (5 \times 10^{-4})^2 \times 9.8 \times 10^3 \times 10.1}{9 \times 6.48 \times 10^{-3}} = \frac{2 \times 25 \times 10^{-8} \times 9.8 \times 10^3 \times 10.1}{9 \times 6.48 \times 10^{-3}} = 8.49 \times 10^{-1} \text{ Pas}$$

EXAMPLE-02: কোন তরলের ক্ষেত্রে 0°C তাপমাত্রায় পৃষ্ঠটান 65Nm^{-1} এবং 50°C তাপমাত্রায় পৃষ্ঠটান 63Nm^{-1} । ঐ তরলের ক্ষেত্রে পৃষ্ঠটানের তাপমাত্রা সহগের মান কত?

সমাধান : দেয়া আছে, 0°C তাপমাত্রায় $T_0 = 65 \text{Nm}^{-1}$; 50°C তাপমাত্রায় পৃষ্ঠটান, $T_{50} = 63 \text{Nm}^{-1}$; $T_{50} = T_0(1 - \alpha\theta)$

$$\text{বা, } \frac{T_{50}}{T_0} = (1 - \alpha\theta) \text{ বা, } \alpha\theta = 1 - \frac{T_{50}}{T_0} \therefore \alpha = \frac{1}{\theta} \left(1 - \frac{T_{50}}{T_0} \right) = \frac{1}{50} \left(1 - \frac{63}{65} \right) = 6.154 \times 10^{-4} \text{K}^{-1} \text{ (Ans)}$$

EXERCISES

০১. একটি গোলাকৃতির বস্তুর ব্যাস 0.1 m । এর উপর ৩০ বায়ুমণ্ডলীয় চাপের সমান চাপ প্রয়োগ করা হলে বস্তুর আয়তন 10^{-9} ঘন মিটার হ্রাস পায়। বস্তুর আয়তন গুণাঙ্ক কত? (1 বায়ুমণ্ডলীয় চাপ $= 1.01 \times 10^5 \text{Nm}^{-2}$)

[উত্তর : $1.58 \times 10^{10} \text{Nm}^{-2}$]

০২. পারদের আয়তন গুণাঙ্ক $2.5 \times 10^{10} \text{Nm}^{-2}$ । এক লিটার পারদের উপর কী পরিমাণ চাপ প্রয়োগ করলে আয়তন $2 \times 10^{-6} \text{m}^3$ হ্রাস পাবে। [উত্তর $5 \times 10^7 \text{Nm}^{-2}$]

০৩. ১ মিটার দীর্ঘ ও ১ মি.মি. ব্যাসের একটি ইস্পাতের তারকে টেনে 0.3 mm বৃদ্ধি করা হল। (ক) এর জন্য কী পরিমাণ কাজ করতে হয়েছে। (খ) তারটিতে কী পরিমাণ স্থিতিশক্তি সঞ্চিত হয়েছে? ইস্পাতের ইয়াং এর গুণাঙ্ক $2 \times 10^{11} \text{Nm}^{-2}$ । [উত্তর $7 \times 10^{-3} \text{J}$]

০৪. ১ m দীর্ঘ কোন তারের ব্যাস 5 mm । তারের দৈর্ঘ্য বরাবর একটি বল প্রয়োগ করার এবং ব্যাস 0.1 mm হ্রাস পায় এবং দৈর্ঘ্য ২ পস বৃদ্ধি পায়। পয়সনের অনুপাত নির্ণয় কর। [উত্তর 0.1]

০৫. 1 mm^2 প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য ৫% বাড়াতে হলে কত বল প্রয়োগ করতে হবে? [$Y = 2 \times 10^{11} \text{Nm}^{-2}$]

০৬. যদি বিকৃতি ০.০২% হয় তবে ৫ m লম্ব তারের দৈর্ঘ্য কতটুকু বাড়বে? প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল $2 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ এবং তারটিকে $2 \text{ kg} - \text{wt}$ বলে টানা হলে পীড়ন কত? [উত্তর $0001 \text{ m ও } 9.81 \times 10^6 \text{ Nm}^2$]

০৭. 1 m দীর্ঘ কোন তারের ব্যাস 5 mm তারের দৈর্ঘ্য বরাবর একটি বল প্রয়োগ করায় এর ব্যাস 0.01 mm হ্রাস পায় এবং দৈর্ঘ্য ২ cm বৃদ্ধি পায়। পয়সনের অনুপাত নির্ণয় কর। [উত্তর 2 cc]

০৮. একটি তারের এক প্রান্তে 10 kg ভরের একটি বস্তুকে বেঁধে বৃত্তাকার পথে ঘুরানো হচ্ছে তারটি 0.3 m লম্বা সর্বোচ্চ কত কৌণিক বেগে ঘুরানো যেতে পারে নির্ণয় কর।

০৯. একটি ধাতব ঘনকের প্রতিটি তলের ক্ষেত্রফল 5 m^2 । এর নিচতল দৃঢ়ভাবে আটকানো। উপরতলে $5 \times 10^6 \text{ N}$ স্পর্শক বল প্রয়োগ করলে কৃন্তন বিকৃতি 10° হয়। ধাতুর কার্ণিয়ার পুনাক নির্ণয় কর। [$5.73 \times 10^7 \text{Nm}^2$]

১০. সুষম ব্যাসের একটি তারের দৈর্ঘ্য 2 m ঘনত্ব $7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ এবং ভর 15 gm। 8 kg – wt টনের তারের দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি $1.2 \times 10^{-3} \text{ m}$ হলে তারের উপাদানের ইয়ং গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

[উত্তর $13.6 \times 10^{10} \text{ Nm}^{-2}$]

১১. 1 বর্গ মি.মি. প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট একটি ইস্পাতের তারের দৈর্ঘ্য 2% বাড়াতে হলে কত বলের প্রয়োজন হবে ? Clue: $Y = \frac{FL}{AL}$

১২. 1cm পুরু একটি বর্গাকার তামার পাতকে 1000kg কৃন্তন বল দ্বারা রম্বস আকারে পরিনত করা হলো। পাতটির প্রতি বাহু 10cm. 4cm ব্যবধানের দুইটি সমান্তরাল স্তরের মধ্যে কৃন্তনের দিকে আপেক্ষিক সরণ $98 \times 10^{-5} \text{ cm}$ হলে তামার কৃন্তন গুণাঙ্ক নির্ণয় কর।

$$\eta = \frac{F/A}{\delta/h} = \frac{Fh}{A\delta}$$

১৩. 2mm^2 প্রস্থচ্ছেদের একটি তারের সাথে 15kg ভর ঝুলানো আছে। ভর ঝুলানো তারটির দৈর্ঘ্য 4m। তারের উপাদানের ইয়ং-এর গুণাঙ্ক $1.3 \times 10^{10} \text{ Nm}^2$ । ভর সরিয়ে নিলে দৈর্ঘ্য কি পরিমাণ সংকুচিত হবে? Clue: $Y = \frac{FL}{AL} = \frac{mg(4-l)}{AL}$

$$Y = \frac{FL}{AL} = \frac{mg(4-l)}{AL}$$

১৪. 2mm ব্যাসার্ধের একটি বৃষ্টির ফোঁটা 250m উচ্চতা থেকে মাটির উপর পড়েছে। বৃষ্টির ফোঁটার উপর অভিকর্ষীয় বল কতটা কাজ করবে ? clue : $W = mgh = \frac{4}{3} \times \pi \times r^3 \times \rho \times g \times h$

১৫. ভিন্ন উপাদানের তৈরী দুটি তারের প্রতিটির দৈর্ঘ্য 5m। এদের ব্যাসার্ধ যথাক্রমে 1mm ও 3.5mm। প্রতিটি তারে 10kg করে

ভর ঝোলানো হলে যদি প্রথমটি দ্বিতীয়টির দ্বিগুন প্রসারিত হয় তবে উভয়ের ইয়ং এর গুণাঙ্ক তুলনা করো। Clue: $Y = \frac{mgL}{\pi r^2 l}$

১৬. একটি তারের এক প্রান্তে 10kg ভরে বস্তু বেঁধে বৃত্তাকারে ঘোরানো হচ্ছে। তারটির দৈর্ঘ্য 0.3m। এবং প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 10^{-6} m^2 । তারটির উপাদানের অসহ পীড়ন $4.8 \times 10^7 \text{ Nm}^{-2}$ । সর্বোচ্চ কত কৌণিক দ্রুতিতে বস্তুটিকে ঘোরানো যাবে ? Clue: অসহ পীড়ন = F/A ; $F = \text{অসহ পীড়ন} \times A$; আবার, $F = mw^2r$

১৭. পানির একটি ফোঁটা বায়ুর মধ্যে দিয়ে পতিত হচ্ছে। ফোঁটাটির প্রান্তিক বেগ $1.2 \times 10^{-2} \text{ ms}^{-1}$ এবং বায়ুর জন্য $\eta = 1.8 \times 10^{-5} \text{ Nm}^{-2}$ ।

পানির ফোঁটার ঘনত্ব কত ? [বায়ুর ঘনত্ব = 1.2 kgm^{-3}] Clue: $V = \frac{2r^2(\rho - \sigma)g}{9\eta}$