# Sri Ramakrishna Ashrama Institute

Subject : Physical Science

Class - IX

## সান্দ্রতা ($Viscosity$)

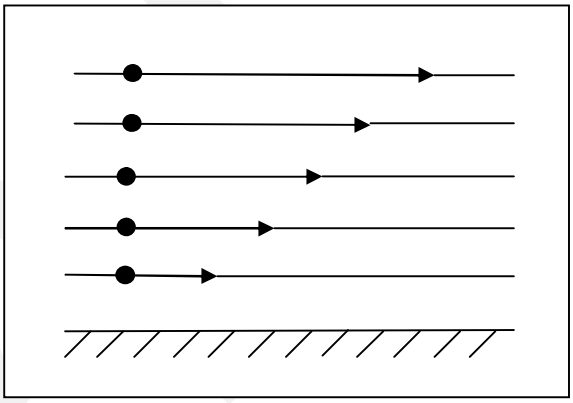
যে ধর্মের জন্য তরল তার বিভিন্ন স্তরের আপেক্ষিক গতির বিরুদ্ধে বাধা সৃষ্টি করে, তাকে তরলের সান্দ্রতা বলে।

➢ **বৈশিষ্ট্য :**

$(i)$ প্রবাহীর ঘর্ষণ

$(ii)$ তরলের আভ্যন্তরীণ ঘর্ষণ

$(iii)$ সান্দ্রতা তরলের ক্ষেত্রফলের উপর নির্ভর করে, ঘর্ষণ করে না।



➢ **সান্দ্রতা নির্ভর করে :**

$(i)$ তরলের প্রকৃতি

$(ii)$ স্পর্শতলের ক্ষেত্রফল

$(iii)$ প্রবাহীর লম্বদিকে দূরত্বের সঙ্গে বেগ পরিবর্তনের হার

**প্রবাহ**

**ধারারেখ**

প্রবাহপথের প্রত্যেক বিন্দুতে প্রবাহীর বেগের মান ও অভিমুখ অপরিবর্তিত থাকে।

**অশান্ত**

প্রবাহপথের যেকোনো বিন্দুতে প্রবাহীর বেগের মান ও অভিমুখ এলোমেলো ভাবে পরিবর্তিত হয়।

➢ **নিউটনের সূত্র (সান্দ্র তরলে ধারারেখ প্রবাহ সংক্রান্ত) :**

$$F = -\eta A \frac{dv}{dx}$$ $\eta$ - সান্দ্রতাঙ্ক

'—' চিহ্নের অর্থ হল সান্দ্রবল প্রবাহের বিরুদ্ধে ক্রিয়া করে।

একক : নিউটন সেকেন্ড / মি$^2$

- পাস্কাল সেকেন্ড
- ডেকা পয়েজ
- $kg\, m^{-1} s^{-1}$

মাত্রিক সংকেত : $[ML^{-1}T^{-1}]$

- **সান্দ্রতাঙ্ক :** কোনো তরলের একক দূরত্বে অবস্থিত দুটি স্তরের মধ্যে একক আপেক্ষিক বেগ বজায় রাখার জন্য প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে পরিমাণ স্পার্শকীয় বল প্রয়োজন হয়, তাকে ঐ তরলের সান্দ্রতাঙ্ক বলে।

- $\frac{dv}{dx}$ **(গতিবেগের নতিমাত্রা) :** কোনো তরল অনুভূমিক তলে ধারারেখ প্রবাহে প্রবাহিত হলে, প্রাবাহের অভিমুখের লম্ব দূরত্বের সাপেক্ষে বেগ পরিবর্তনের হারকে গতিবেগের নতিমাত্রা বলে।

- **সন্ধিবেগ :** $(\boldsymbol{Critical\ Velocity}):(v_c)$ : প্রবাহের বেগ একটি নির্দিষ্ট সীমা ছাড়িয়ে না যাওয়া পর্যন্ত প্রবাহ ধারারেখ থাকে, ওই সীমা অতিক্রান্ত হলে প্রবাহ অশান্ত হয়ে পড়ে। বেগের এই সর্বোচ্চ সীমাকে সন্ধিবেগ বা ক্রান্তিক বেগ বলে।

$v_c \propto \frac{\eta}{\rho l}$

বা, $v_c = \frac{Re\eta}{\rho l}$ $Re$ - রেনল্ড সংখ্যা (মাত্রাহীন)

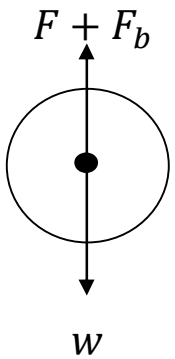
বা, $Re = \frac{\rho l v_c}{\eta}$

$\eta$ - সান্দ্রাতাঙ্ক
$\rho$ - প্রবাহীর ঘনত্ব
$l$ - প্রবাহীখাতের বৈশিষ্ট্যমূলক দৈর্ঘ্য (characteristic length)
উল্লেখ্য, নলের ক্ষেত্রে বৈশিষ্ট্যমূলক দৈর্ঘ্য হল সেটির ব্যাস (বা ব্যাসার্ধ)
$Re$ - রেনল্ড সংখ্যা (মাত্রাহীন)
$Re < 2300$ প্রবাহ ধারারেখ
$Re > 2300$ প্রবাহ অশান্ত

- **প্রান্তীয় বেগ** $(\boldsymbol{Terminal\ Velocity}):(V_0)$ : সান্দ্র মাধ্যমে উপস্থিত পতনশীল বস্তুর উপর কার্যকর লব্ধিবল যখন শূন্য হয়, তখন বস্তু স্থিরবেগে মাধ্যমের মধ্য দিয়ে পড়তে থাকে। বস্তুর এই স্থিরবেগকে সীমান্ত বা প্রান্তীয় বেগ বলে।

স্টোক্সের সূত্র অনুযায়ী আমরা জানি, $F = 6\pi\eta r v_0$

বস্তুর উপর নিম্নাভিমুখী ক্রিয়াশীল লব্ধিবল $= w - (F + F_b)$



যে মুহূর্তে লব্ধিবল শূন্য হয়, তখন বস্তুর ত্বরণ শূন্য হয়। ফলে বস্তু সমবেগে পড়তে থাকে।
যেহেতু লব্ধিবল শূন্য তাই

$$w - (F + F_b) = 0$$

এখন,

$w = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g$ ($\rho =$ বস্তুর ঘনত্ব )

$F_b = \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g$ ($\sigma =$ তরলের ঘনত্ব )

$F = 6\pi\eta\, r v_0$

$\because \; w - (F + F_b) = 0$

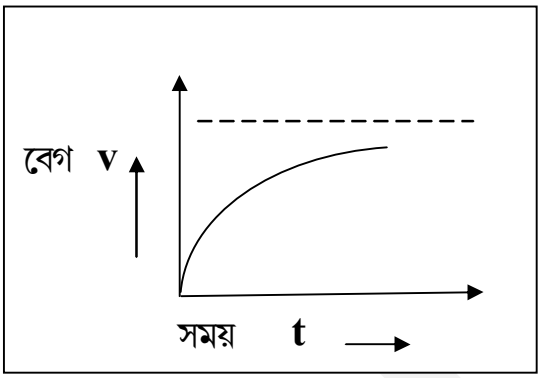
$\therefore \; F = w - F_b$

$= \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - \frac{4}{3}\pi r^3 \sigma g$

$6\pi\eta r v_0 = \frac{4}{3}\pi r^3 (\rho - \sigma) g$

$$v_0 = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 (\rho - \sigma) g}{6\eta r}$$

$$= \frac{2}{9}\frac{r^2 (\rho - \sigma) g}{\eta}$$




$\therefore v_0 \propto r^2$

$\propto (\rho - \sigma)$

$\propto g$

$\propto \frac{1}{\eta}$

- **তরল প্রবাহের হার :**

নলের কোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে আয়তনের তরল প্রবাহিত হয় তার পরিমাণকে তরল প্রবাহের হার বলে।

A নলের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল
V প্রবাহের বেগ

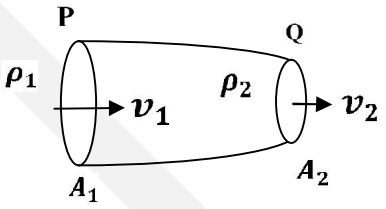
প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত তরলের আয়তন $= A \times v$
প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত তরলের ভর $= A \times v \times \rho$ ($\rho =$ তরলের ঘনত্ব)

- **ধারাবাহিকতার সমীকরণ :**

কোনো নলের মধ্যে কোনো প্রবাহীর ধারারেখ প্রবাহ বজায় থাকলে,
নলের যেকোনো প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত প্রবাহীর ভর একই থাকে। - ধারাবাহিকতার সমীকরণ

$P$ ছেদের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত প্রবাহীর ভর $= A_1 v_1 \rho_1$
$Q$ ছেদের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে প্রবাহিত প্রবাহীর ভর $= A_2 v_2 \rho_2$

যেহেতু, নলের কোনো স্থানে প্রবাহী জমে থাকে না তাই
$A_1 v_1 \rho_1 = A_2 v_2 \rho_2$
বা, $A_1 v_1 = A_2 v_2$ (প্রবাহী অসংনম্য, অর্থাৎ চাপের পরিবর্তনে ঘনত্ব পরিবর্তন হয় না $\rho_1 = \rho_2$)
$\therefore Av =$ ধ্রুবক
বা, $v \propto \frac{1}{A}$
অর্থাৎ তরল প্রবাহের বেগ নলের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফলের ব্যস্তানুপাতিক।




➢ **জেনে রাখো**

- স্থির প্রবাহীতে সান্দ্রতা বল শূন্য।
- যে তরলে আন্তঃঘর্ষণ বল যত বেশি সেই তরল তত বেশি সান্দ্র।
- প্রান্তীয় বেগ মেপে সান্দ্রতা পরিমাপ করা যায়।
- তরল প্রবাহের হার মেপে সান্দ্রতা পরিমাপ করা যায়।

➢ **সান্দ্রতার উৎপত্তির ব্যাখ্যা :**

কোনো তরল সমতল পৃষ্ঠের উপর দিয়ে প্রবাহিত হলে, কঠিনের ঠিক স্পর্শে থাকা যে তরলের স্তর আসঞ্জন বলের ক্রিয়ায় স্থির থাকে। আবার সংসক্তি বলের জন্য তরলের পরপর অবস্থিত স্তরগুলি একে অন্যের গতিকে মন্থর করে এবং ওদের আপেক্ষিক বেগ কমে যায়। এই বল দুটি তলের উপর স্পর্শকীয় ভাবে কাজ করে। সুতরাং এই বল স্পর্শ করে থাকা তরল স্তরদ্বয়ের আপেক্ষিক বেগকে কমানো চেষ্টা করে। এটিই সান্দ্রতা বল।

❖ **সান্দ্রতার উপর উষ্ণতার প্রভাব :**

- উষ্ণতা বৃদ্ধিতে সান্দ্রতা হ্রাস পায় (তরলের ক্ষেত্রে)
- উষ্ণতা বৃদ্ধিতে সান্দ্রতা বৃদ্ধি পায় (গ্যাসের ক্ষেত্রে)

❖ **সান্দ্রতার উপর চাপের প্রভাব :**

- চাপ বৃদ্ধিতে সান্দ্রতা বৃদ্ধি পায় (জল ছাড়া অন্যান্য তরল)
  কয়েকশ বায়ুমন্ডলীয় চাপ বৃদ্ধিতে জলের ক্ষেত্রে সান্দ্রতা হ্রাস পায়।
- গ্যাসের সান্দ্রতা চাপের উপর নির্ভর করে না, তবে খুব নিম্নচাপে সান্দ্রতা হ্রাস পায়।

## *HOME WORK*

১. সান্দ্রতা কাকে বলে ?
২. সান্দ্রতা কোন্ কোন্ বিষয়ের উপর নির্ভর করে ?
৩. সান্দ্রতাঙ্কের একক ও মাত্রিক সংকেত উল্লেখ করো।
৪. সান্দ্রতার উপর উষ্ণতার প্রভাব কী ?
৫. সান্দ্রতার উৎপত্তির কারণ উল্লেখ করো।
৬. ধারারেখ ও অশান্ত প্রবাহ কাকে বলে ?
৭. দুটি ধারা রেখ কখনই পরস্পর ছেদ করে না কেন ?
৮. সান্দ্রতাকে তরলের আভ্যন্তরীণ ঘর্ষণ বলে কেন ?
৯. 'সান্দ্রতাঙ্ক ও ঘনত্ব পৃথক ভৌতরাশি' - ব্যাখ্যা করো
১০. পার্থক্য লেখো - (ক) ঘর্ষণ ও সান্দ্রতা
(খ) সন্ধিবেগ ও প্রান্তীয় বেগ
১১. রেনল্ড সংখ্যা কী ?
১২. সান্দ্রতরলে ধারা রেখ প্রবাহ সংক্রান্ত নিউটনের সূত্রটি কী ?
১৩. সন্ধিবেগ কাকে বলে ?
১৪. প্রান্তীয় বেগ কাকে বলে ?
১৫. 'তরল প্রবাহের হার' বলতে কী বোঝ ?
১৬. ধারাবাহিকতার সমীকরণটি উল্লেখ করো।
১৭. গাছে জল দেওয়ার সময় নলের মুখ চেপে ধরলে জল বেশি বেগে নির্গত হয় কেন ?
১৮. সান্দ্রতা ও ঘর্ষণের সাদৃশ্য কী ?
১৯. আদর্শ তরলের সান্দ্রতাঙ্কের মান কত ?
২০. কোনো ব্যক্তি প্যারাসুট নিয়ে অবতরণের সময় কম বেগ নিয়ে নিচে নামার কারণ কী ?

*** [অধ্যায়টি বুঝতে কোনো অসুবিধা হলে comment box করে নিজের নাম, শ্রেণি, বিভাগ, ক্রমিক সংখ্যা ও ফোন নম্বরসহ লিখে পাঠাও। বিদ্যালয়ের পক্ষ থেকে ফোনের মাধ্যমে সরাসরি তোমাদের সাথে যোগাযোগ করা হবে।]

SRAJ