নিউটনের সূত্র ও সান্দ্রতা সহগ

নিউটনের সূত্র :

প্রবাহীর দুটি স্তরের মধ্যে আপেক্ষিক বেগ থাকলে প্রবাহের বিপরীত দিকে যে স্পর্শকীয় সাম্য বল ক্রিয়া করে, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় তার মান F, প্রবাহীর স্তরদ্বয়ের ক্ষেত্রফল A এবং তাদের মধ্যকার বেগের নতি $\frac{dv}{dy}$-এর সমানুপাতিক।

$$F \propto A\frac{dv}{dy}$$

এখানে, η একটি সমানুপাতিক ধ্রুবক, যা প্রবাহীর প্রকৃতি ও তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে। একে নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রবাহীর সান্দ্রতা গুণাঙ্ক বা সান্দ্রতা সহগ বলা হয়।

$$F = \eta A\frac{dv}{dy} \tag{7.19}$$

যদি $A = 1$ একক ও $\frac{dv}{dy} = 1$ একক হয়, তাহলে:

$$F = \eta \Rightarrow \eta = F$$

সংজ্ঞা: নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় প্রবাহীর দুটি স্তরের মধ্যে বেগের নতি একক রাখতে (অর্থাৎ, একক দূরত্বে অবস্থিত দুটি স্তরের মধ্যে একক আপেক্ষিক বেগ বজায় রাখতে) প্রবাহী স্তরের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে যে স্পর্শকীয় বলের প্রয়োজন হয়, তাকে ঐ তাপমাত্রায় ঐ প্রবাহীর সান্দ্রতা সহগ বলে।

সান্দ্রতা সহগ প্রবাহীর সান্দ্রতার পরিমাপ বিশেষ। কোনো প্রবাহীর সান্দ্রতা সহগ বলতে বোঝায়, প্রবাহীটি যে সান্দ্র প্রভাব প্রদর্শন করে তার পরিমাপ। সান্দ্রতা সহগ যত বেশি, প্রবাহীটি তত সান্দ্র। কক্ষ তাপমাত্রায় গ্লিসারিনের সান্দ্রতা সহগ পানির চেয়ে 10^3 গুণ বেশি।

নিউটনের সূত্র তথা (7.19) সমীকরণ সকল গ্যাসের জন্য এবং অনেক তরলের জন্য প্রযোজ্য। যেসব তরলের জন্য এই সূত্র খাটে তাদের বলা হয় নিউটনীয় তরল। পানি একটি নিউটনীয় তরল।

অ-নিউটনীয় তরলের জন্য η-এর কোনো ধ্রুব মান নেই। প্রকৃতপক্ষে, এসব তরলের সান্দ্রতা সহগ নেই। এরকম একটি তরল হলো তেল রং (oil paint)।

η-এর মাত্রা ও একক:

(7.19) সমীকরণ থেকে,

$$\eta = \frac{F}{A} \cdot \frac{dy}{dv} = \frac{F}{A \cdot \frac{dv}{dy}}$$

অথবা,

$$\eta = \frac{\text{বল}}{\text{ক্ষেত্রফল}} \times \frac{\text{বেগ}}{\text{দূরত্ব}}$$

সুতরাং, মাত্রা হবে:

$$[\eta] = \frac{MLT^{-2}}{L^2} \cdot \frac{L}{LT^{-1}} = ML^{-1}T^{-1}$$

SI একক:

$$\eta = \frac{N}{m^2} \cdot \frac{m}{m/s} = N \cdot s \cdot m^{-2} = \text{Pa} \cdot s$$

পয়েস (Poise): বিজ্ঞানী Poiseuille-এর নাম অনুসারে CGS এককে সান্দ্রতা সহগের একক হলো poise।

$$1 \text{ N} \cdot s \cdot m^{-2} = 10 \text{ poise}$$

তাৎপর্য :

যদি পানির সান্দ্রতা সহগ হয় $10^{-3}\,\text{N} \cdot s \cdot m^{-2}$, তাহলে এর মানে:

$1\,m^2$ ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট পানির দুটি স্তর পরস্পর থেকে $1\,m$ দূরত্বে অবস্থিত হলে, তাদের মধ্যে $1\,m/s$ আপেক্ষিক বেগ বজায় রাখতে $10^{-3}\,N$ বলের প্রয়োজন হয়।

সান্দ্রতা ও ব্যবর্তনের CQ Problem

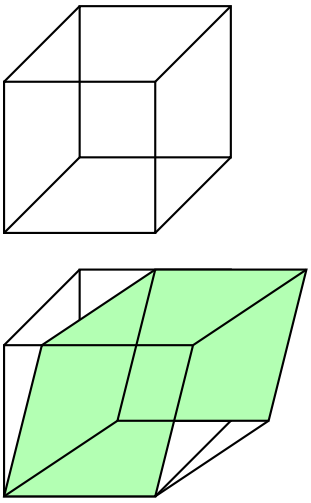
$1m^2$ ক্ষেত্রফলবিশিষ্ট এবং 8mm পুরুত্বের স্টীল প্লেটের নিচের পৃষ্ঠ দৃঢ় অবলম্বনে আটকিয়ে উপরের পৃষ্ঠে বল প্রয়োগ করে ব্যবর্তন তৈরি করা হলো|স্টীলের ব্যবর্তন গুনাঙ্ক $8\times10^{10}Nm^{-2}$

গ)উদ্দীপকে উল্লিখিত প্লেটের ব্যবর্তন বিকৃতি 0.3 হলে কত বল প্রয়োগ করতে হবে?

ঘ)প্লেটকে 8.5 Nsm^{-2} সান্দ্রতার সহগের তরলের 2mm পুরু স্তম্ভের উপর স্থাপন করে 500ms^{-1} বেগে গতিশীল করতে সমান বল প্রয়োগ করতে হবে কিনা-মতামত দাও

Solution:

গ)



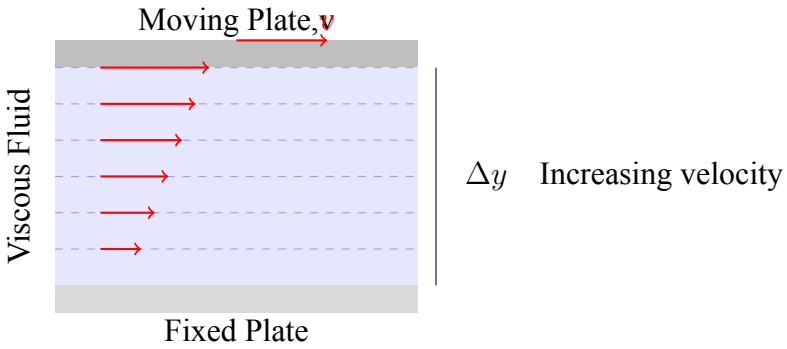
ব্যবর্তন গুণাঙ্ক,

$$n = \frac{F}{A\theta}$$

$$or, F = nA\theta = 8 \times 10^{10} \times 1 \times .3 = 2.4 \times 10^{10}Nm^{-2}(Answer)$$

ঘ) এখানে,

Viscosity: Fluid Layers Between Plates



dv=500ms^{-1} dy=2$\times 10^{-3}m$ $\eta = 8.5Nsm^{-2}$ $F = ??$

$$\eta = \frac{F}{A \cdot \frac{dv}{dy}}$$

$$or, F = \eta \cdot \ A\frac{dv}{dy}$$

$$or, F = 8.5 \times 1 \times \frac{500}{2 \times 10^{-2}}$$

$$or, F = 2.125 \times 10^{6} N(Answer)$$