Meeting_004

Monday, November 30, 2020 9:07 AM

Table 2-2 Dimensionless Groups in Fluid Mechanics

Name	Symbol	Formula	Notation	Significance	Application
Archimedes number	N_{Ar}	$N_{Ar} = \frac{\rho_f g \Delta\rho d^3}{\mu^2}$	ρ_f = fluid density $\Delta\rho$ = solid density − fluid density	(Buoyant × inertial)/(viscous) forces	Settling particles, fluidization
Bingham number	N_{Bi}	$N_{Bi} = \frac{\tau_o D}{\mu_\infty V}$	τ_o = yield stress μ_∞ = limiting viscosity	(Yield/viscous) stresses	Flow of Bingham plastics
Bond number number	N_{Bo}	$N_{Bo} = \frac{\Delta\rho d^2 g}{\sigma}$	σ = surface tension	(Gravity/surface tension) forces	Rise or fall of drops or bubbles
Cauchy number number	N_C	$N_C = \frac{\rho V^2}{K}$	K = bulk modulus	(Inertial/compressible) forces	Compressible flow
Euler number	N_{Eu}	$N_{Eu} = \frac{\Delta P}{\rho V^2}$	ΔP = pressure drop in pipe	(Pressure energy)/(kinetic energy)	Flow in closed conduits
Drag coefficient	C_D	$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V^2 A}$	F_D = drag force A = area normal to flow	(Drag stress)/($\frac{1}{2}$ momentum flux)	External flows
Fanning (Darcy) friction factor	f (f or f_D)	$f = \frac{e_f D}{2V^2 L}$ $f_D = 4f$ $f = \frac{\tau_w}{\frac{1}{2}\rho V^2}$	e_f = friction loss (energy/mass) τ_w = wall stress	(Energy dissipated)/(KE of flow × $4L/D$) or (Wall stress)/(momentum flux)	Flow in pipes, channels, fittings, etc.
Froude number	N_{Fr}	$N_{Fr} = V^2/gL$	L = characteristic length	(Inertial/gravity) forces	Free surface flows
Hedstrom number	N_{He}	$N_{He} = \frac{\tau_o D^2 \rho}{\mu_\infty^2}$	τ_o = yield stress μ_∞ = limiting viscosity	(Yield × inertia)/viscous stresses	Flow of Bingham plastics
Reynolds number flows	N_{Re}	$N_{Re} = \frac{DV\rho}{\mu}$ $= \frac{\rho V^2}{\mu V/D}$ $= \frac{4Q\rho}{\pi D\mu}$ $= \frac{\rho V^2}{\tau_w/8}$	Pipe flow: τ_w = wall stress	(inertial momentum flux)/(viscous momentum flux)	Pipe/internal flows (Equivalent forms for external flows)
Mach number	N_{Ma}	$N_{Ma} = \frac{V}{c}$	c = speed of sound	(Gas velocity)/(speed of sound)	High speed compressible flow

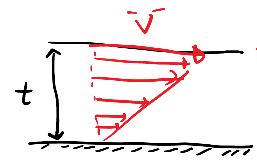
فصل دوم : خواص سیال :

تقسیم بندی سیالات

۱) سیال نیوتنی ← هوا - آب - روغن - بنزین

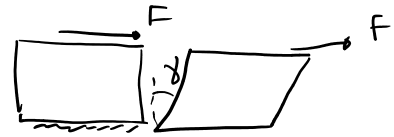
۲) سیال غیر نیوتنی

(۲) سیال غیر نیوتنی



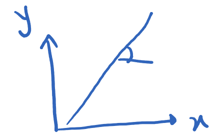
$F \longrightarrow V \longrightarrow \tau = \frac{F}{A} \; (\frac{N}{m^2})$

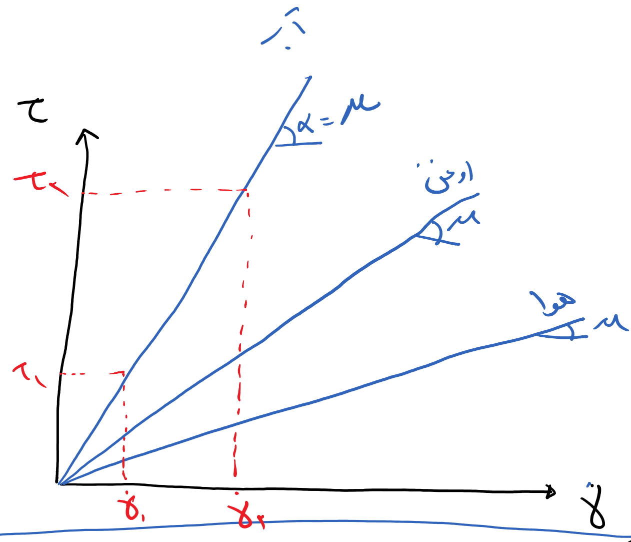
$\dot\gamma$ گرادیان سرعت $(1/s)$



جامد

$y = \underline{a}\,x$





$$\boxed{\tau = \mu \cdot \dot\gamma \longrightarrow \underline{\mu} = \frac{\tau}{\dot\gamma}}$$

ویسکوزیته: مقاومت سیال در مقابل حرکت گران — گرانروی سیالات.

نیوتنی

$$\mu = f(T)$$

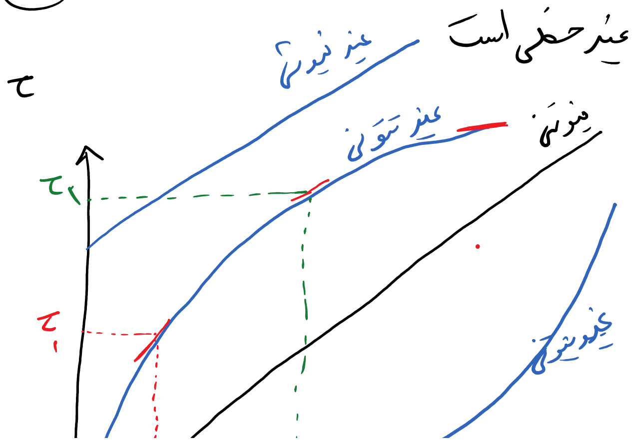
دینامیک ویسکوزیته

$$\mu = \frac{\tau}{\dot\gamma} = \frac{[\tau]}{[\dot\gamma]} = \frac{[\frac{N}{m^2}]}{[1/s]} = [Pa.s] \longrightarrow \underline{cp}$$

---

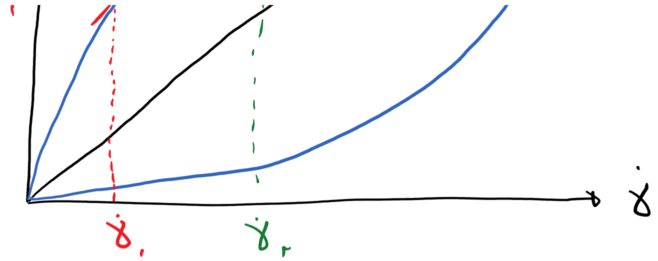
(۳)

سیالات غیر نیوتنی: رابطه بین τ و $\dot\gamma$ به صورت غیر خطی است



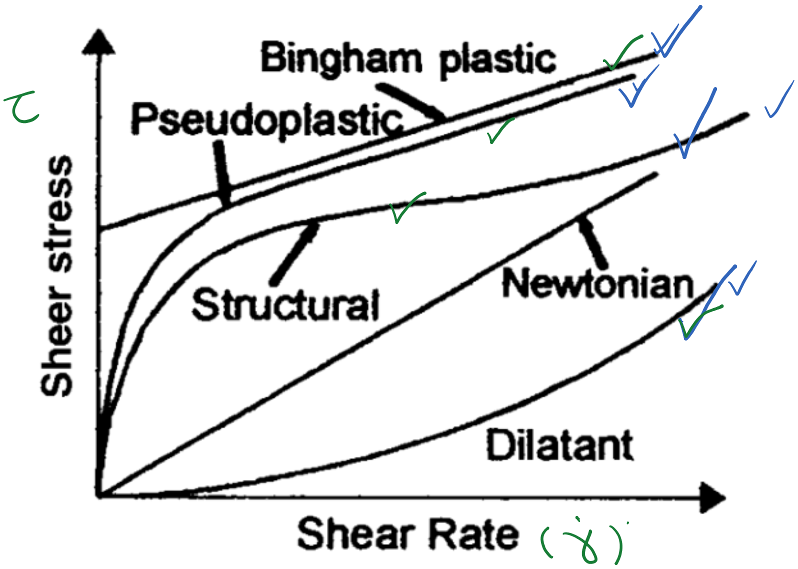
در سیالات غیر نیوتنی ویسکوزیته دارای مقدار ثابت نیست.

$$\eta_1 = \frac{\tau_1}{\dot\gamma_1}$$



1 $\dot{\gamma}_1$

$$\eta_2 = \frac{\tau_2}{\dot{\gamma}_2}$$



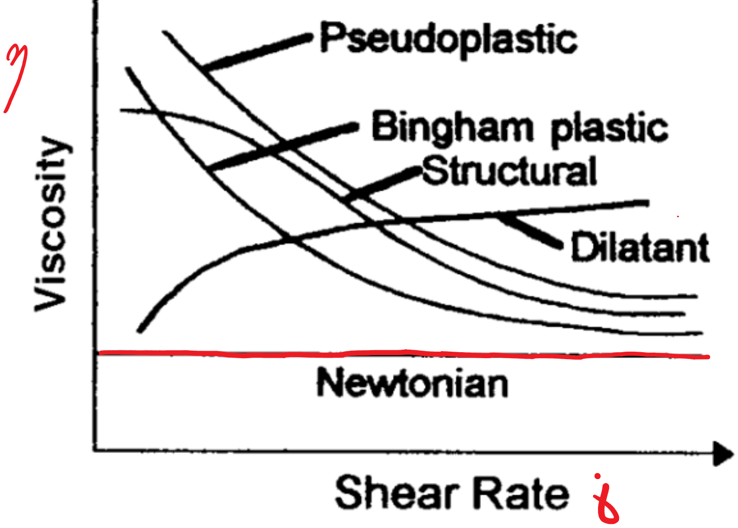
$\tau = f(\dot{\gamma})$

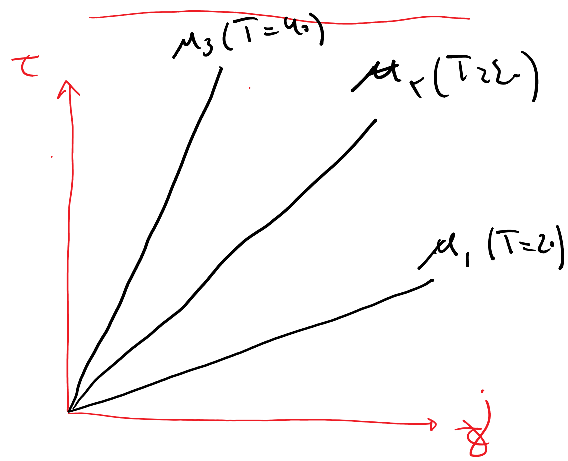
غیر نیوتنی

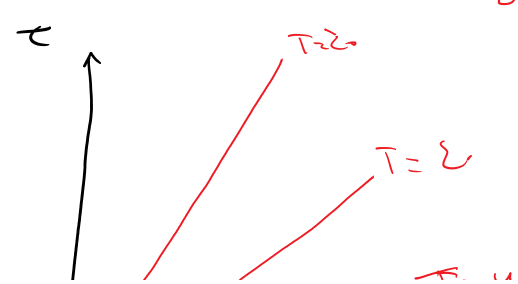
$\tau = \mu\dot{\gamma}$

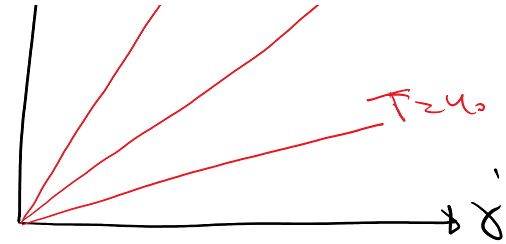
$\eta = f(\dot{\gamma}) \longrightarrow (\mu, \rho)$

نیوتنی $\longrightarrow$ $\mu = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$ ثابت

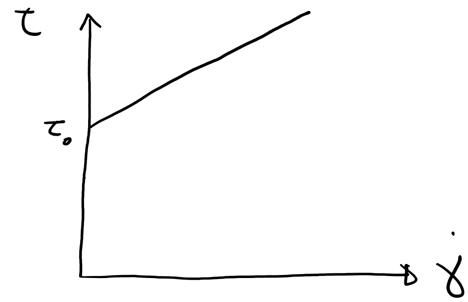








Bingham Plastic Model



Bingham plastic: For $|\tau| > \tau_o$, $\tau = \pm\tau_o + \mu_\infty \dot{\gamma}$

$$\tau = \pm \tau_0 + \mu_\infty \cdot \dot{\gamma}$$

τ_0 : تنش برشی اولیه ، $(Pa = \frac{N}{m^2})$ (تنش تسلیم اولیه)

μ_∞ : ویسکوزیته بی‌نهایت $(Pa.s)$

$(\tau_0 \,,\, \mu_\infty)$ برای سیال غیرنیوتنی پلاستیک بینگهام دو ویژگی رئولوژیکی داریم

$$\tau = \tau_0 + \mu_\infty \cdot \dot{\gamma} \Rightarrow \mu_\infty \dot{\gamma} = \tau - \tau_0 \longrightarrow \dot{\gamma} = \frac{\tau - \tau_0}{\mu_\infty}$$

C. Power Law Model

سیال مدل توانی

$$\tau = m \dot{\gamma}^n$$

m : شاخص پایداری سیال (μ)

n : شاخص سیال (بی‌بعد)

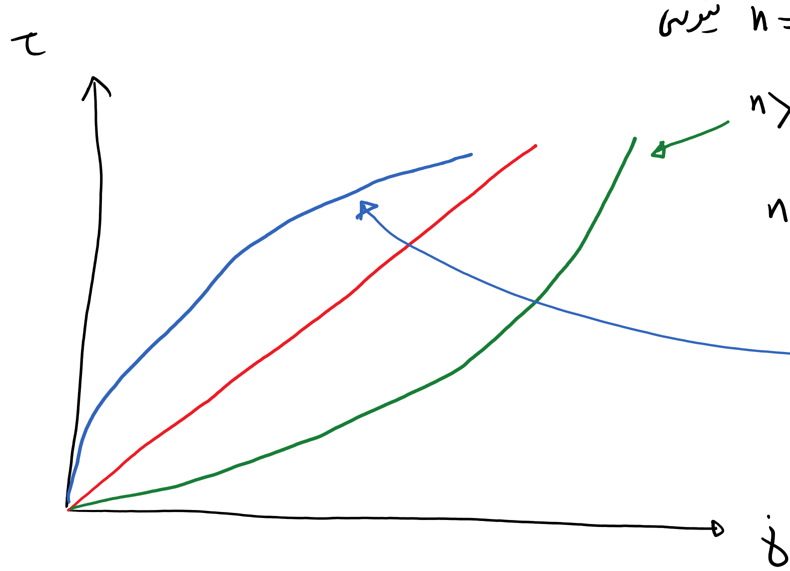
بعد m :

$$[\tau] = [m][\dot{\gamma}]^n \longrightarrow \frac{N}{m^2} = [m] \cdot \left[\frac{1}{s}\right]^n$$

$$\boxed{[m] = F L^{-2} t^n}$$

m^{-}

$$[m] = \frac{N}{m^2}\cdot s^n \Longrightarrow \boxed{[m] = F L^{-2} t^n}$$



نیوتنی $n=1 \longrightarrow \tau = m\dot{\gamma}^n = m\dot{\gamma} = \mu\cdot\dot{\gamma}$

$n>1 \longrightarrow \tau = m\dot{\gamma}^n = m\dot{\gamma}^2$

$n<1 \longrightarrow \tau = m\dot{\gamma}^n = m\dot{\gamma}^{0.5}$

$$\tau = m\cdot\dot{\gamma}^n = m\cdot\dot{\gamma}\cdot\dot{\gamma}^{n-1} \Longrightarrow \frac{\tau}{\dot{\gamma}} = m\dot{\gamma}^{n-1}$$

$$\eta(\dot{\gamma}) = m\cdot\dot{\gamma}^{n-1} \longrightarrow$$ **ویسکوزیته با $\dot{\gamma}$**

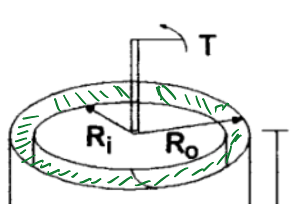
برای سیال توانی

ابزارهای اندازه‌گیری ویسکوزیته سیال (تعیین جنس سیال)

① ویسکومتر کاپ-باب

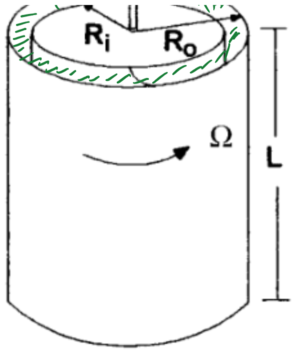
- فاصله بین دو استوانه $t = R_o - R_i$

- استوانه داخلی به یک گشتاورسنج وصل است و می‌تواند میزان



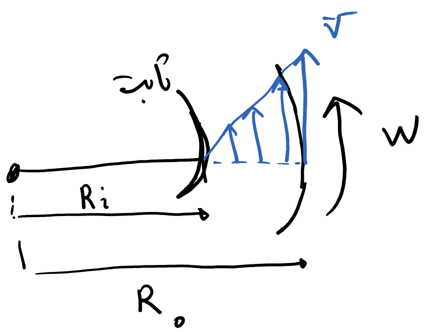
- استوانه داخلی به یک گشتاورسنج وصل است و می‌تواند میزان گشتاور انتقال یافته به آن را اندازه‌گیری کند.

- یکی از استوانه‌ها همیشه ثابت و استوانه دیگر تحت یک گشتاور خارجی با یک سرعت ثابت شروع به حرکت می‌کند.



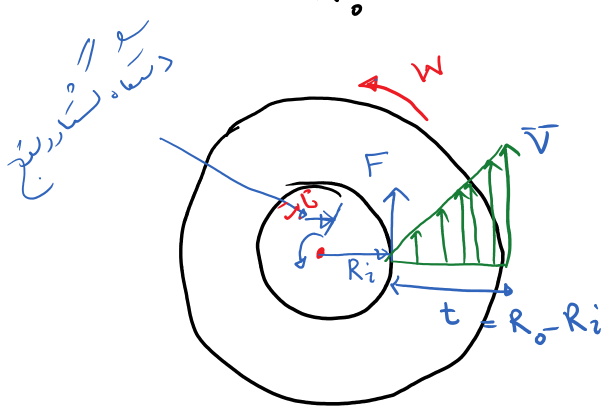
سرعت خطی — سرعت زاویه‌ای

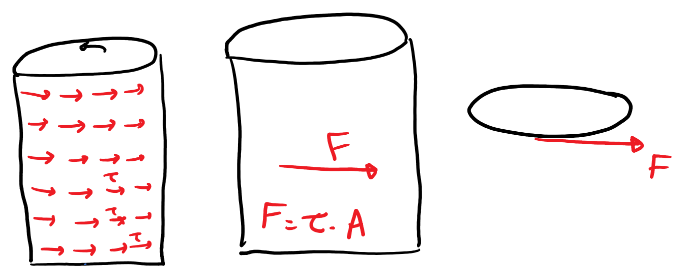
$$\underline{V = r.\underline{\omega}} = R_o.\omega$$



$$M = T = \underline{F} \times R_i = \tau.A \times R_i$$

مساحت جانبی استوانه داخلی





①

$$T = \tau.A \times R_i = \tau.(2\pi R_i \times L).R_i \Rightarrow \underline{\tau} = \frac{T}{\underline{2\pi}\,\underline{L}\,\underline{R_i^2}}$$

$$\dot{\gamma} = \frac{\Delta V}{t} = \frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{ضخامت لایه روغن}} = \frac{V - 0}{R_o - R_i} = \frac{V}{R_o - R_i} = \frac{R_o.\omega}{R_o - R_i}$$

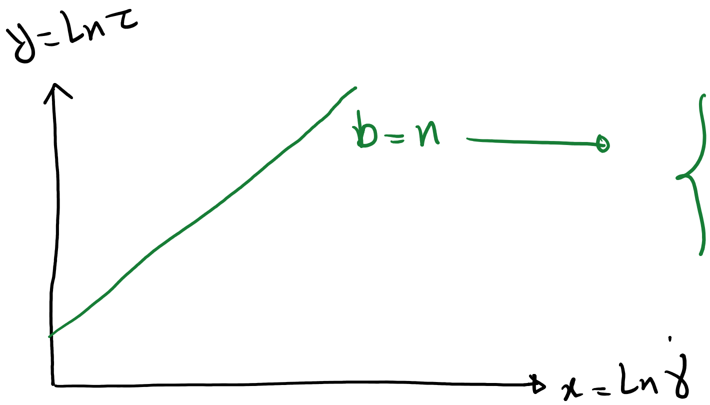
$$\left\{ \begin{aligned} \dot{\gamma} &= \frac{R_o\,\omega}{R_o - R_i} \\ \tau &= \frac{T}{2\pi L\, R_i^2} \end{aligned} \right\}$$

ω	$\dot{\gamma}$	T	τ	
۵۰				
۱۰۰				
۲۰۰				
۴۰۰				

$$\tau = m\dot{\gamma}^{n} \Longrightarrow \ln\tau = \ln(m\dot{\gamma}^{n}) = \ln m + \ln\dot{\gamma}^{n}$$

$$\Rightarrow \ln\tau = \ln m + n\ln\dot{\gamma} \Longrightarrow \underbrace{\ln\tau}_{y} = \underbrace{\ln m}_{a} + \underbrace{n}_{b}\,\underbrace{\ln\dot{\gamma}}_{x}$$

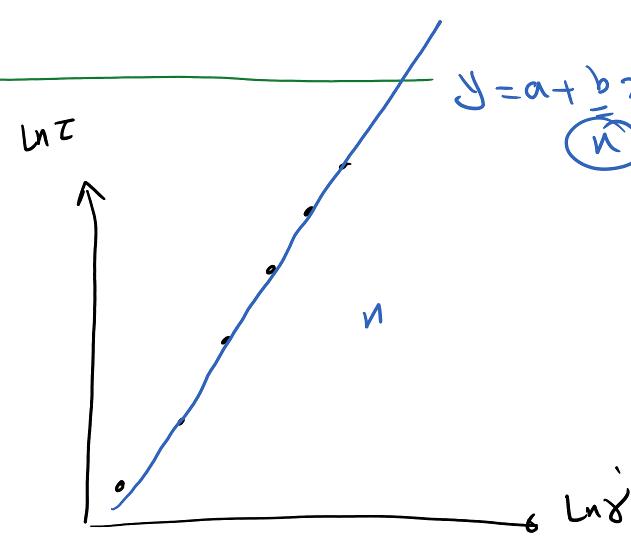
$$y = a + bx$$



$b = n \longrightarrow$

- $n<1 \longrightarrow$ سیال غیرنیوتنی
- $n=1 \longrightarrow$ سیال نیوتنی
- $n>1$ سیال غیرنیوتنی

ω	$\dot{\gamma}$	$\ln\dot{\gamma}$	T	τ	$\ln\tau$
۵۰	؟	؟		؟	
۱۰۰	؟	؟		؟	
۲۰۰	؟	؟			
۵۰۰	؟	؟			
۱۰۰۰	؟	؟		؟	
۱۵۰۰	؟	؟			



$y = a + \underline{b}x$

n