

قانون لزجت نیوتن

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

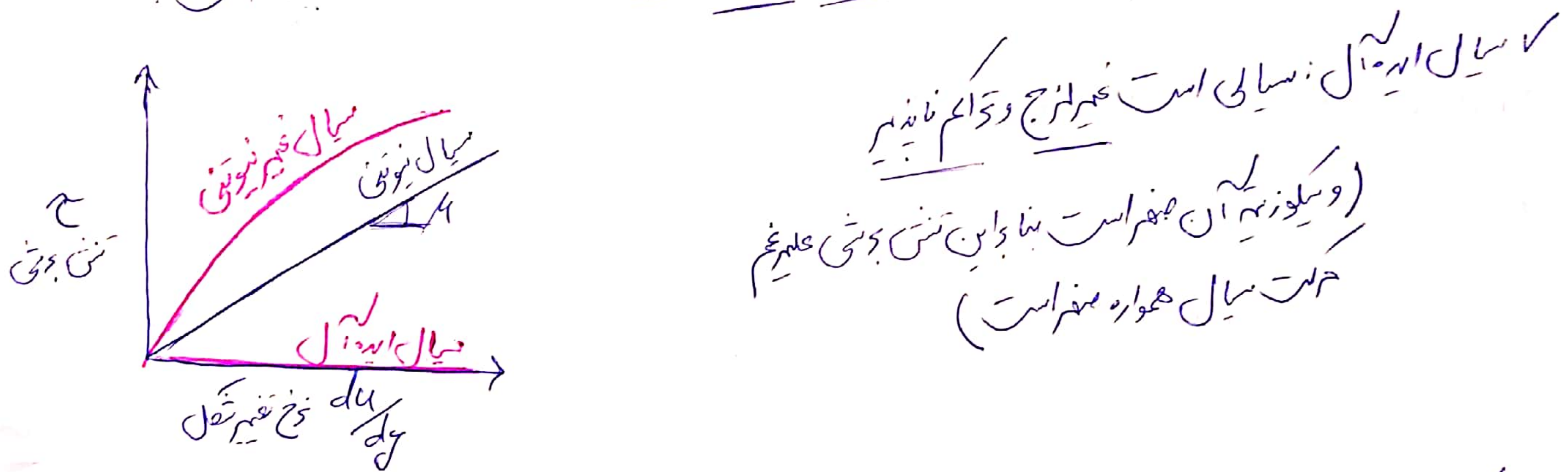
تنگ برشی ← تنش برشی
لایه ویسکوزیته
کدر بیان برش
(در حرکت یک لایه)

از سیال نسبت به لایه مجاور آن

کاملت: مواد پلاستیکی دارای تنش تسلیم هستند و اگر تنش برشی کمتر از تنش تسلیم دارد شود، به طور موقعتی و بدون وقفه تغییر شکل نمی دهند بلکه دچار تغییر شکل محدود و موقعتی می شوند.

الکترین دو صفت ماده وجود داشته باشد هر نیروی یا چیزی نمی تواند صفت بالایی را به طور دائم به حرکت در آورد، بلکه به علت اصطکاک ذرات ماده با یکدیگر، نیروی معینی باید به اصطلاح اعمال شود.

✓ سیالات { نیوتنی ← رابطه ای قانون ویسکوزیته نیوتن برقرار است، نرخ تغییر شکل خطی است $(\frac{du}{dy})$ ، ویسکوزیته
غیر نیوتنی ← رابطه تنش برشی و نرخ تغییر شکل غیر خطی است.
مقداری ثابت است.



✓ ویسکوزیته (لزجت) (Viscosity): مقاومت سیال در برابر حرکت

هر چه سیال ویسکوزتر باشد (ویسکوزیته بیشتری داشته باشد) نیروی بیشتری برای به حرکت درآوردن سیال لازم است.

واحدهای ویسکوزیته

$$\left\{ \begin{array}{l} SI: \frac{kg}{m.s}, \frac{N.s}{m^2}, Pa.s \\ CGS: \frac{gr}{cm.s}, Poise \end{array} \right.$$

$1 cP = 1 \text{ mPa.s} = 0.01 \text{ Poise}$

ویسکوزیته مایعات با افزایش دما کاهش می یابد. ویسکوزیته گازها با افزایش دما افزایش می یابد.

$$T \uparrow \left\{ \begin{array}{l} \downarrow \text{مایعات} \\ \uparrow \text{گازها} \end{array} \right.$$

ویسکوزیته سینماتیک (Kinematic viscosity)

نسبت ویسکوزیته دینامیک (مطلق) به دانسیته

ویسکوزیته دینامیک μ

دانسیته ρ

$\nu = \mu / \rho$ ویسکوزیته سینماتیک

SI: m^2/s واحد ویسکوزیته سینماتیک

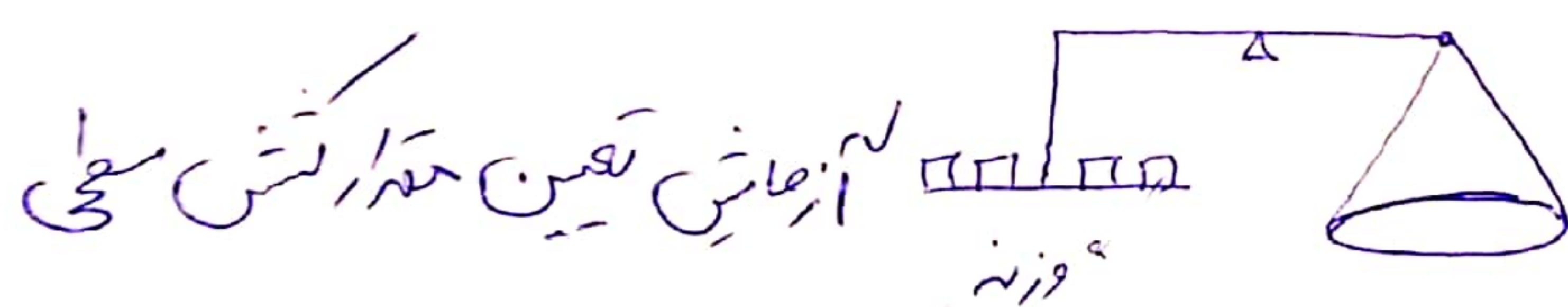
کاهش سطحی (surface tension): در سطح مشترک یک مایع دیگر گاز، یا دو مایع غیر قابل اختلاط، فیلم یا لایه محفوفه می تشکیل می شود که ناشی از نیروی جاذبه بین مولکولی روی سطح است. به نیروی کششی لازم برای تشکیل این فیلم، کاهش سطحی گویند.

این خاصیت با افزایش دما کاهش می یابد.

شکل قطره های آب به دلیل خاصیت کاهش سطحی است.

$\sigma = \frac{\text{نیروی سطحی}}{\text{واحد طول فیلم}}$

SI: N/m واحد کاهش سطحی

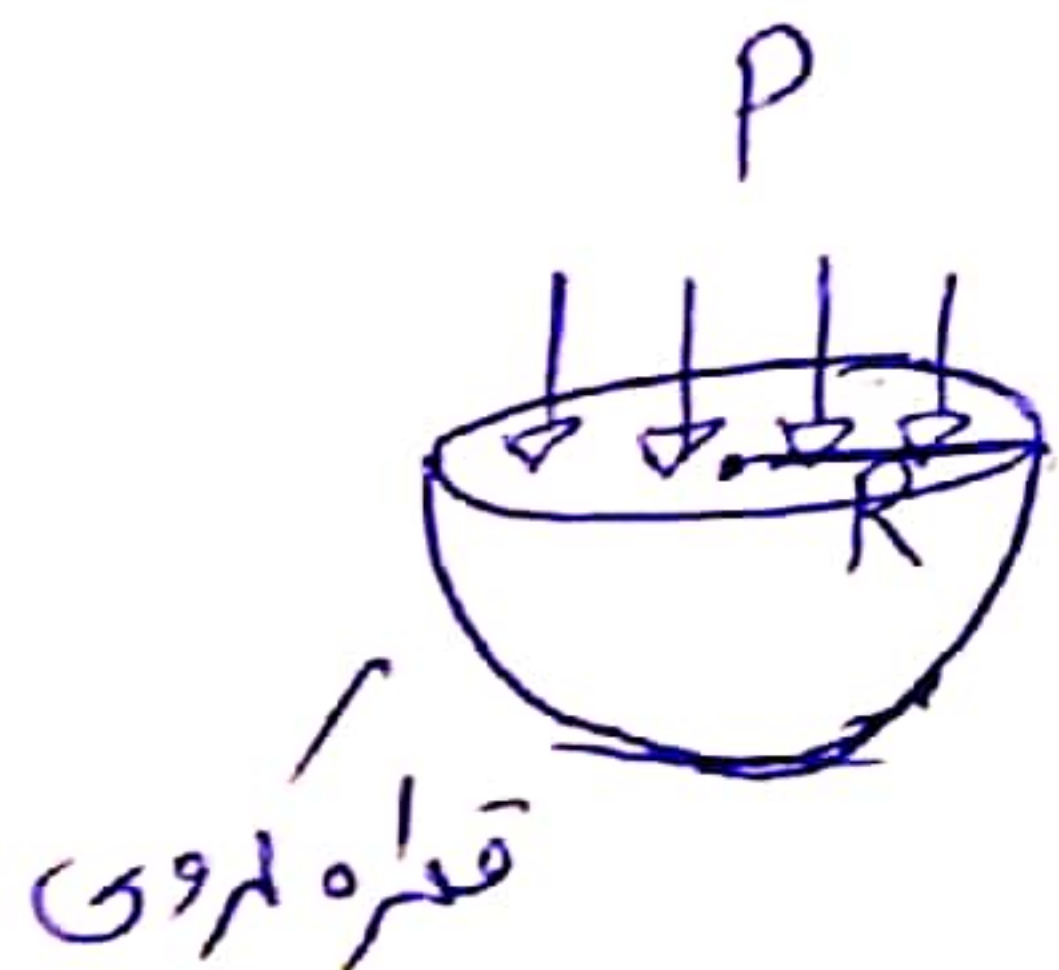


$\sigma = \frac{F}{P}$

نیرو (وزن وزنه ها) F

محیط دایره P

کاهش سطحی باعث می شود فشار داخل قطرات و حباب های مایع از فشار محیط بیشتر شود.



نیروی کشش سطحی = نیروی فشاری

$\sigma \cdot P_{\text{محیط}} = P_{\text{فشار}} \cdot A$

تقابل نیروها

$P \times (\pi \times R^2) = \sigma \times (2 \pi R)$

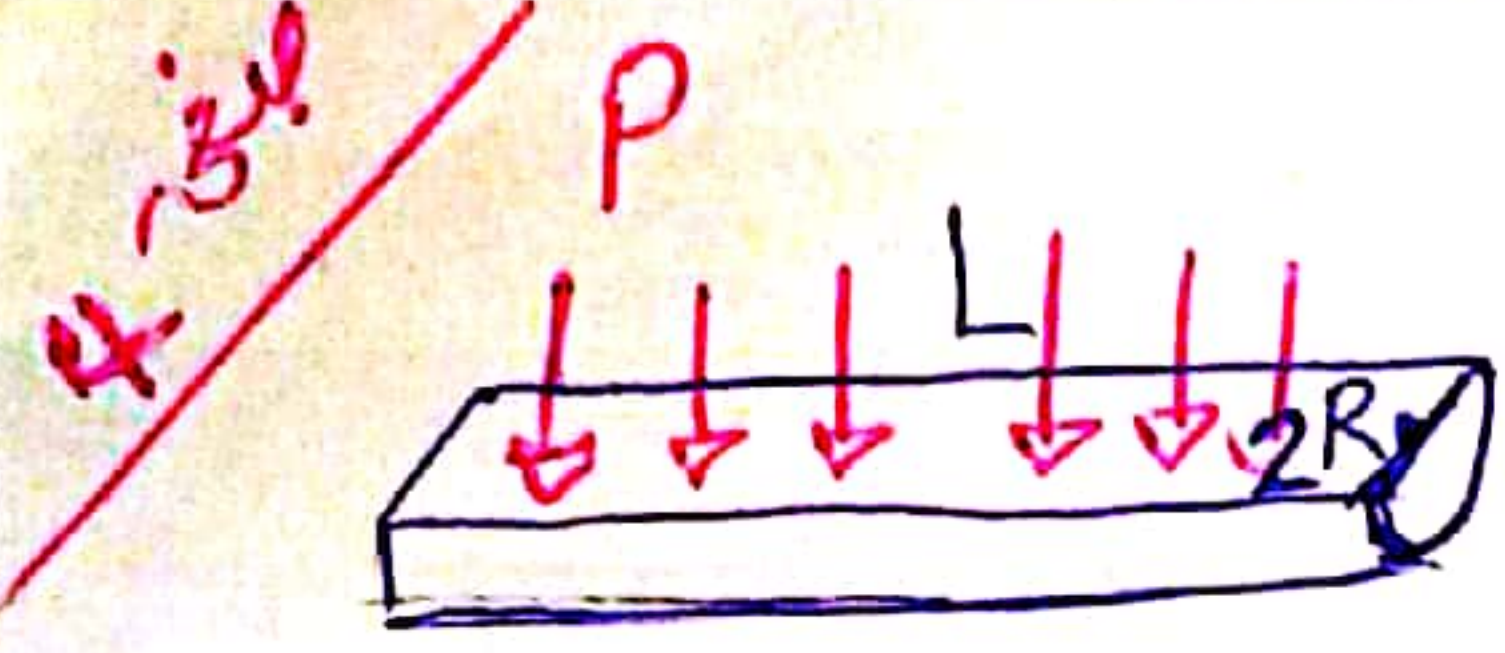
شعاع قطره

$\Rightarrow P = \frac{2\sigma}{R}$

فشار درون کرده

$\sigma = \frac{P \cdot R}{2}$

کاهش سطحی



صت سیال
استوانه‌ای

تعداد نیروها :

نیروی کشش سطحی = نیروی فشاری

$$P \cdot A = \sigma \cdot P_{\text{محیط}}$$

$$P \times (2 \cdot R \cdot L) = \sigma \times (2L + 4R)$$

از شغاع صت در دای طول صت
همرف فشاری نسیم

$$\Rightarrow P \times (2RL) = \sigma (2L) \Rightarrow P = \frac{2\sigma}{R}$$

نیروی فشاری
درون صت استوانه‌ای

$$\sigma = P \cdot R$$

کشش سطحی

✓ نکته: با توجه به روابط بین کشش سطحی، کشش سطحی کره نصف کشش سطحی استوانه‌ای است.

$$\sigma_{\text{jet}} = 2 \sigma_{\text{spherical drop}}$$

(جنس سیال و شغاع قطره نیروی و صت استوانه‌ای یکسان است)



$$P_{\text{jet}} = \frac{1}{2} P_{\text{spherical drop}}$$

✓ فشار بخار (Vapor Pressure): مایعات در اثر فرار مولکول‌ها از سطح مایع تبخیر می‌شوند. مولکول‌های بخار یک فشار جزئی در فضای اعمال می‌کنند که فشار بخار نامیده می‌شود. فشار بخار تابعیت دما دارد و با افزایش دما، فشار بخار افزایش می‌یابد. اگر فشار حاکم بر مایع را کاهش دهیم تا به فشار بخار مایع برسد، مایع شروع به جوشیدن می‌کند و حتی در دمای معمولی مایع شروع به جوشیدن می‌کند.

✓ مدول الاستیسیته حجمی (Bulk modulus of elasticity): بیان‌کننده توانمندی سیالات در اثر تغییرات فشار.

$$K = - \frac{dP}{\frac{dV}{V}}$$

تغییرات فشار →
تغییرات حجم →
حجم

* واحد مدول الاستیسیته حجمی همان واحد فشار است.

* هرچه سیال تراکم‌پذیرتر باشد مقدار K کوچکتر است.

* برای سیال‌های غیر قابل تراکم: $dV \rightarrow 0 \Rightarrow K \rightarrow \infty$

✓ مثال: رابطه‌ی مدول الاستیسیته حجمی یک گاز ایده‌آل را در دمای ثابت T بیابید.

5 رید

$$K = - \frac{dP}{\frac{dV}{V}}$$

$$\text{از طرفین مساوی} \quad PV = nRT$$

در دما ثابت $PV = \underbrace{nRT_0}_{\text{ثابت}} \Rightarrow P = \frac{nRT_0}{V}$

از طرفین مشتق می‌گیریم $dP \cdot (nRT_0) \left(-\frac{dV}{V^2} \right) = nRT_0 \left(-\frac{dV}{V} \right) \times \frac{1}{V}$

$$\Rightarrow \frac{-dP}{\frac{dV}{V}} = \frac{nRT_0}{V} \Rightarrow K = \frac{nRT_0}{V} = \frac{\frac{m}{M} RT_0}{V} = \left(\frac{m}{V} \right) \frac{R}{M} T_0 = f \bar{R} T_0 \Rightarrow K = f \bar{R} T_0$$

$$\boxed{\text{از طرفین مشتق می‌گیریم: } d\left(\frac{1}{n}\right) = \frac{-dn}{n^2}}$$