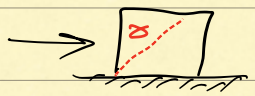
تعریف سیال: در مقابل تنش برشی هرچند ناچیز از خود تغییر شکل مداوم نشان می‌دهد.

★ مداوم یعنی بصورت موضعی نیست

★ برای جسم جامد پس از اعمال تنش برشی مقاومت می‌کند سپس



انواع سیالات: 1) مایع: جاذبهٔ مولکول‌ها بصورتیست که مولکول‌ها روی یکدیگر می‌لغزند و فاصلهٔ بین مولکول‌ثابت ⟵ مایعات تراکم ناپذیرند.

2) گاز: جاذبهٔ مولکولی خیلی کم است و بنابراین فاصلهٔ مولکول بین مولکول‌ها وجود دارد.

⟵ گازها تراکم پذیرند.

★ مایعات یک سطح آزاد یا free space تشکیل می‌دهند اما گازها خیر.

★ جریان سیال هم می‌تواند تراکم پذیر یا تراکم ناپذیر باشد ⟵ تعیین از روی عدد ماخ است.

★ عدد ماخ بصورت مقابل است ⟵ $M = \frac{\text{سرعت جریان}}{\text{سرعت صوت}}$ = عدد ماخ

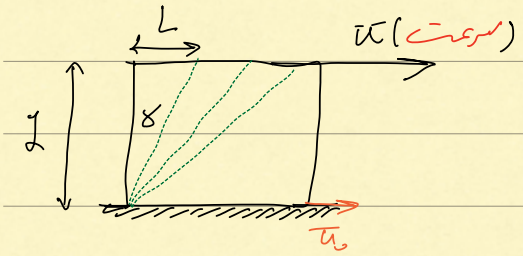
★ $M < 0.3$ ⟵ تراکم ناپذیر است.

★ $M > 0.3$ ⟵ تراکم پذیر است

؟ تراکم‌پذیری یا تراکم‌ناپذیری در کدام سیال در وضعیت‌های زیر است؟

تقسیم بندی سیال از نظر رفتار

1) نیوتنی: در آن تنش متناسب خطی دارد با نرخ کرنش.



در جامدات داریم: $\tau = G\gamma$

در سیالات داریم: $\tau = \mu\dot{\gamma}$; ($\dot{\gamma}$ = نرخ کرنش)

$$L = \bar{u}\,dt$$

$$d\gamma \simeq \frac{L}{y} \longrightarrow d\gamma = \frac{\bar{u}\,dt}{y} \Rightarrow \frac{d\gamma}{dt} = \frac{\bar{u}}{y} \Rightarrow \tau = \mu_d \frac{\bar{u}}{y}$$

در حالت کلی داریم: $\tau = \mu \frac{d\bar{u}}{dy}$ ← گرادیان سرعت دینامیک

* اگر سرعت پیک در بین هم وجود داشته باشد، برابر سرعت بالا ($\bar{u}$) باشد مثال یک جسم جامد

رفتار می‌کند.

2) غیر نیوتنی: در سیال غیر نیوتنی این رابطه خطی نیست

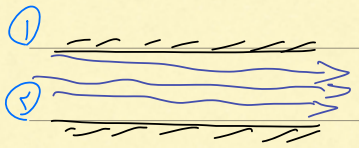
مثال: سیالاتی مثل آب، هوا، حیوه که دارای ساختار مولکولی ساده‌ای هستند سیال نیوتنی است

ولی سیالاتی مثل روغن ها، پلیمرها، خون (رفتار خون در رگ های کوچک) سیال غیرنیوتنی

هستند.

بررسی قوانین حاکم بر سیالات برای شناسایی کمیت‌ها

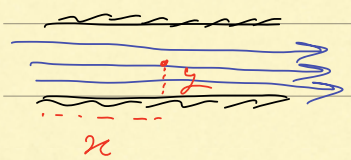
1) لاگرانژی: در این دیدگاه به ذرات سیال به صورت مستقیم می‌پردازیم و ردیابی می‌کنیم. بنابراین برای سیال که از بی‌نهایت ذره تشکیل شده است چنین مناسب نیست ← برای جامدات مناسب است



$$\vec{v}_1 = \vec{v}(t) \quad , \quad x_1 = x(t) \quad , \quad \rho_1 = \rho(t)$$

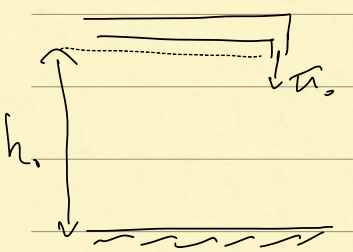
$$\vec{v}_2 = \vec{v}(t) \quad , \quad x_2 = x(t) \quad , \quad \rho_2 = \rho(t)$$

2) اویلری: تعداد متغیر مستقل افزایش یافته اما تعداد معادلات منطقی است



$$\vec{u} = \vec{u}(x, y, z, t) \quad , \quad \rho = \rho(x, y, z, t)$$

مثال: قطره‌ای با شعاع r_0 از ارتفاع h از سطح زمین به آن می‌ریزد. دیدگاه لاگرانژی



1) لاگرانژی:

$$F = ma \Rightarrow -mg = ma$$

$$-g = a \Rightarrow \frac{d^2y}{dt^2} = g \Rightarrow y = -\frac{1}{2}gt^2 - v_0 t + y_0$$

2) اویلری: t را حذف و معادلات مستقل زمان می‌نویسیم.

$$v = -gt - v_0 \Rightarrow t = \frac{v + v_0}{-g}$$

$$u^2 - u_0^2 = 2\tau_0 y$$

$$u^2 - u_0^2 = 2y(h-y)$$

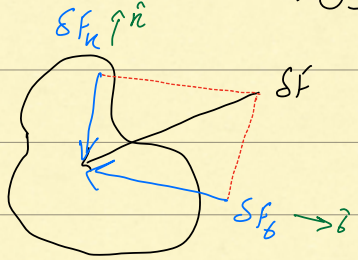
$$u = \sqrt{u_0^2 + 2y(h-y)}$$

«خواص سیال»

1) **پیوستگی سیال**: سیال مجموعه‌ای از اتم‌های کوچک فرض شده و خواص آن در آن اتم‌ها برابر با این بوده و بصورت پیوسته تغییر می‌کند. اتم‌های مورد نظر باید به‌قدری کوچک باشند که خواص آنرا بتوان بصورت نقطه‌ای فرض کرد و کاربرد اندازه حداقل بزرگ‌تر باشند که خواص را بتوان بصورت میانگین در نظر گرفت.

2) **حجم معیار**: کوچکترین حجم تعریف شده در سیال است که در آن فرض پیوستگی صادق است.

3) **فشار**: تنش ناشی از برآیند نیروهای مولکولی وارد بر ذرات سیال است.



$$\vec{\delta F} = \vec{\delta F_n} + \vec{\delta F_\delta}$$

(عمودی) + (مماسی)

تنش نرمال متوسط $\bar{\sigma} = \dfrac{\delta F_n}{\delta A}$

تنش برشی متوسط $\bar{\tau} = \dfrac{\delta F_\delta}{\delta A}$

$$p = \lim_{\delta A \to \delta A_{min}} \frac{\delta F_n}{\delta A} \quad : \delta A_{min} \equiv \text{سطح بحرانی حجم معیار}$$

★ چون این فشار برآیند نیروهای مولکولی و دمای آن است به آن فشار ترمودینامیکی گوییم.

★ از سیال، سیال ساکن مانند و هیچ فشار در حالت تعادل به آن وارد نشود به آن فشار استاتیک گوییم.

* سیال ایده‌آل حالت خاصی است که به آن **فشار طلایی** گوییم.

ما در محاسبه فشار مطلق از فشار اتمسفر کمک می‌گیریم ⟸

فشار مطلق (نسبت به خلأ کامل) = فشار نسبی + فشار اتمسفر یا $P_a = P_g + P_{atm}$

3-a) فشار بخار (P_v): فشار انتشار تعدادی از مولکول‌های یک ماده در حالت بخار که در بالای سطح مایع در تعادل با آن وجود دارند.

4) چگالی: مقدار جرم بر واحد حجم. فرمول آن این است: $\rho = \frac{m}{V}$

ولی باید چگالی نقطه‌ای یا بخشی از سیال را بررسی کنیم پس داریم ⟸ $\rho = \lim_{\delta V \to \delta V_{min}} \frac{\delta m}{\delta V}$: $(\frac{kg}{m^3})$

اهمیت در استاتیک سیالات، نیروهای ثقلی یا به‌طور کلی نیروهای حجمی اهمیت دارند.

5) وزن مخصوص: مقدار وزن بر واحد حجم. فرمول آن این است: $\gamma = \rho g$: $(\frac{N}{m^3})$

6) وزن یا چگالی نسبی: نسبت چگالی یا وزن مخصوص یک سیال به چگالی یا وزن مخصوص سیال مبنا.

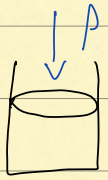
سیالات و جامدات ⟸ نسبت به آب در $4^\circ C$ است

گازها ⟸ نسبت به هوای اتمسفر ($15^\circ C$ و $101\ kPa$)

γ_{ref}

$SG = \frac{\gamma_{fluid}}{\gamma_{ref}}$:

7) ضریب الاستیسیته حجمی (β): یک سیال داریم درون پیستون و فشار وارد کرده و حجم آن کم می‌شود، برای این سیال تغییر حجم متناسب با تغییر فشار می‌شود به $\Delta V \propto \Delta P$



★ نماد آن β است و ضریب تراکم پذیری در ترمودینامیک است آنها را اینجا با عکس آن کار داریم:

$$E_v = -\frac{dP}{\frac{dV}{V}}$$ (مدول الاستیسیته حجمی) ← بر اساس حجم

$$dm = 0 \Rightarrow d(\rho V) = 0 \Rightarrow \rho dV + V d\rho = 0$$

$$E_v = \frac{d\rho}{\frac{d\rho}{\rho}} = \rho \frac{dP}{d\rho}$$ ← بر اساس چگالی

8) لزجت (Viscosity): تمایل خاصی از مقاومت داخلی سیال در برابر جاری شدن، این مقاومت در اثر جاذبه و کشش مولکولی سیال و برخورد بین ذرات ایجاد می‌شود.

★ در مایعات کشش بین مولکولی عامل این است.

★ در گازها برخورد بین مولکولی عامل لزجت است.

★ با افزایش دما لزجت در مایعات کاهش و در گازها افزایش می‌یابد.

لزجت نیوتنی: $\tau = \mu \frac{du}{dy}$ ⟹ $\tau = \mu \dot{\gamma}$

(نرخ کرنش با تغییر شکل زاویه‌ای)

(لزجت دینامیکی)

★ واحد لزجت پویز است به $1P = 0.1 \frac{kg}{ms}$

18_a | از جهت سینماتیک: بصورت مقابل تعریف می‌شود: $\nu = \frac{\mu}{\rho}$

★ از جهت ویسکوزیته برای گازها بصورت مقابل محاسبه می‌شود: $\mu = \frac{aT^{\frac{1}{2}}}{1+b/T}$

★ مقادیر a و b ثوابت است و به ترتیب واحدهای آن $kg/(m.s.k^{\frac{1}{2}})$ و k است.

★ از جهت ویسکوزیته برای مایعات بصورت مقابل محاسبه می‌شود: $\mu = a\,10^{b/(T-c)}$

★ واحد ثابت a و b همان مایعات است و c واحدش k است.

★ از جهت ویسکوزیته برای ۲ سیلندر بصورت مقابل است: $\mu = \frac{T\,l}{2\pi^2 R^4 n^2 L}$

تعداد چرخش در واحد زمان: n و شعاع سیلندر داخلی: R و فاصله بین ۲ سیلندر: l و گشتاور: T

طول سیلندر: L

★ ۲ پارامتر α و β بصورت روبرو تعریف می‌شوند: α: ضریب تراکم‌پذیری هم‌دما (عکس تراکم‌پذیری است)

β: ضریب گسترش حجم بصورت مقابل فرمول‌بندی می‌شود: $\beta = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_P$ (ثابت)

★ چون تغییر حجم ناشی از دما و فشار است می‌توان از تغییر $\beta \simeq \frac{\Delta V/V}{\Delta T} = -\frac{\Delta \rho/\rho}{\Delta T}$ (تغییر جزئی)

با کمک رابطه بصورت مقابل نوشت: $\frac{\Delta V}{V} = \beta \Delta T - \alpha \Delta P$ یا $-\frac{\Delta \rho}{\rho} = \beta \Delta T - \alpha \Delta P$

«تراکم‌پذیری»: تغییر حجم سیال در اثر تغییری فشاری وارد بر آن است.