جلسه دوم

فصل دوم: خواص سیال

مقدمه

مکانیک سیالات علمی است که در آن رفتار سیالات در حال سکون و در حال حرکت و همچنین اثرات سیال بر مرزهای جامد و مایع مورد بررسی قرار میگیرد شاخه ای از علم مکانیک سیالات را که رفتار سیالات در حال سکون در آن مطالعه میشود استاتیک سیالات مینامند و شاخه ای را که رفتار سیالات در حال حرکت در آن مطالعه میشود دینامیک سیالات مینامند.

روشهای مطالعاتی در مکانیک سیالات عبارتند از:

(الف) روشهای تجربی یا آزمایشگاهی این کار به کمک تحلیل ابعادی و تشابه صورت میگیرد.

ب) روشهای تحلیلی این روشها به دو دسته انتگرالی و دیفرانسیلی تقسیم بندی می شوند.

ج) روشهای عددی این روشها با استفاده از کامپیوتر و برنامه های CFD به کار می روند.

سیال

سیال را میتوان ماده ای تعریف کرد که بر اثر اعمال تنش برشی، هر چند ناچیز به طور پیوسته و دائمی تغییر شکل بدهد

خواص گازها

۱- در حالت کلی تراکم پذیرند

۲- نمی توانند یک سطح آزاد تشکیل دهند.

۳- حجم معینی را درون اتمسفر ساکن اشغال نمیکنند و به صورت آزاد در فضا جاری می شوند.

۴ اثر نیروهای جاذبه به جز نیروی شناوری بر آنها خیلی کم است.

خواص مایعات

۱- در حالت کلی تراکم ناپذیرند

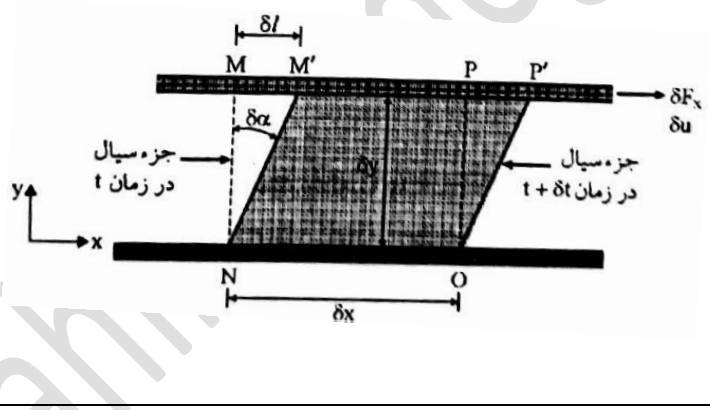
Ebrahim Sadeghi Rad

۲- سطح آزاد تشکیل میدهند.

۳- حجم معینی را اشغال میکنند.

قانون لزجت نیوتن

در بررسیهای صورت گرفته از حرکات سیال مشخص شده است که دو نوع جریان وجود دارد
الف) جریان آرام با لایه ای در این جریان حرکت آرام و منظم است و ذرات سیال به شکل لایه هایی روی هم می لغزند و بین لایه ها اختلاطی در مقیاس بالا وجود ندارد.
ب) جریان درهم یا آشفته در این جریان حرکت ذرات سیال به شکل منفرد و تصادفی است. اختلاط ماکروسکوپی سریعی بین ذرات وجود دارد و گردابهایی با اندازه های مختلف مشاهده می شود.
دو صفحه موازی نامحدود در نظر بگیرید که بین آنها یک جز سیال قرا ردارد و صفحه بالایی تحت نیروی δF با سرعت δu است



شکل ۲-۱

تنش برشی وارد بر این جز عبارت است از:

$$\tau_{yx} = \lim_{\delta A_{y\to 0}} \frac{\delta F_x}{\delta A_y} = \lim_{\delta A_{y\to 0}} \frac{dF_x}{dA_y}$$

$$MNOP \to M'NOP'$$

$$\delta l = \delta u \delta t$$

$$\alpha \to 0 \to \tan \delta\alpha \approx \delta\alpha = \frac{\delta l}{\delta y}$$

$$\frac{\delta\alpha}{\delta t}=\frac{\delta u}{\delta y}\rightarrow\frac{d\alpha}{dt}=\frac{du}{dy}$$

$\frac{du}{dy}$ آهنگ کرنش برشی یا تغییر شکل زاویه نام دارد که با γ نشان داده می شود.

از آنجایی که نیروی اصطکام با نیروی برشی بین لایه ها تعریف می شود در جریان آرام داریم:

$$\tau_{yx}\propto\frac{du}{dy}$$

این تناسب را با ضریبی با نام μ نشان می دهند که سیالاتی تابع قاون زیر سیالات نیوتونی نام دارند

$$\tau_{yx}=\mu\frac{du}{dy}$$

μ لزجت مطلق یا دینامیک نامیده می شود.

لزجت

لرجت، خاصیت مقاومت سیال در مقابل نیروهای وارد بر آن و ایجاد تنش برشی است.

لزجت، عامل اصلی انتقال مومنتم در لایه های سیال است و هنگامی ظاهر می شود که بین لایه های سیال حرکت نسبی وجود داشته باشد. واضح است که لزجت مایعات بیشتر از لزجت گازهاست.

سیال ایده آل : سیال ایده آل سیالی است که لزجت آن صفر بوده و تراکم ناپذیر باشد

Ebrahim Sadeghi Rad

لزجت سینماتیک

نسبت لزجت دینامیک به چگالی را لزجت سینماتیک مینامند :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

با توجه به تعریف فوق لزجت سینماتیک برخلاف لزجت دینامیک تابع فشار است.

با افزایش فشار لزجت سینماتیک گازها کاهش مییابد ولی لزجت سینماتیکی مایعات تابع فشار نیست

با توجه به کاهش قابل ملاحظه چگالی گازها با دما تغییرات لزجت سینماتیکی گازها با دما زیادتر از تغییرات لزجت دینامیکی است.

واحد لزجت

واحد لزجت دینامیک μ در سیستم SI ، $Pa.s, Kg/m.s$ است.

در سیستم واحدهای $\mathbf{CGS}(Centimetre-Gram-Second)$ پویز $(Poise)$ استفاده میشود که واحد آن $g/cm.s$ است :

$$1poise = 0.1pa.s$$
$$1cp = 10^{-3}\, pa.s$$

واحد لزجت سینماتیک ν در سیستم SI، m^2/s و در سیستم واحدهای CGS واحد آن cm^2/s (استوک) است

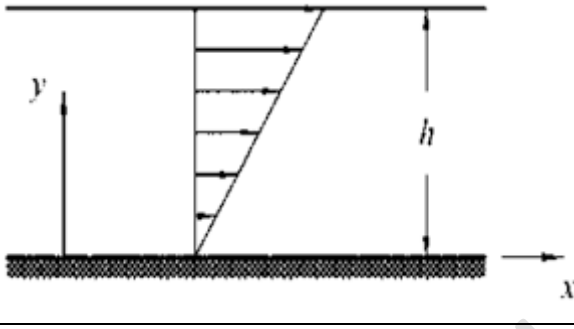
$$1St = 10^{-4}\, m^2/s$$

سیال بین دو صفحه موازی

دو صفحه موازی را مطابق شکل زیر در نظر میگیریم که پایینی ثابت و بالایی متحرک است.

Ebrahim Sadeghi Rad

فاصله بین دو صفحه h بوده و بین آن دو یک سیال نیوتنی وجود دارد.
فرض میکنیم صفحه بالایی تحت اثر نیروی F با سرعت ثابت vحرکت میکند.



شکل ۲-۲

با فرض اینکه توزیع سرعت خطی باشد $u = a = by$

$$\begin{cases} @\ y = 0 \rightarrow u = 0 \\ @\ y = h \rightarrow u = V \end{cases} \rightarrow u = \frac{V}{h} y$$

با قانون لزجت داریم:

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

$$F = \tau A = \mu A \frac{V}{h}$$

مثال: یک صفحه شیشیه ای به فاصله $1mm$از صفحه دیگر قرار دارد، بین این دو صفحه از سیالی با جرم مخصوص $1000kg / m^3$ پر شده است. اگر نیروی لازم در واحد سطح برای حرکت صفحه متحرک با سرعت ثابت $0.10m / s$معادل $4Pa(N / m^2)$باشد، ضریب لزجت سینماتیکی سیال برابر چند m^2 / sاست؟

Ebrahim Sadeghi Rad

$$\tau = \frac{F}{A} = \mu \frac{du}{dy} = \mu \frac{V}{h}$$

$$\mu = \frac{\tau y}{V} = \frac{4 * 0.001}{0.1} = 0.04 Kg / m.s$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{0.04}{1000} = 0.04 * 10^{-3} m^2 / s$$

Ebrahim Sadeghi Rad