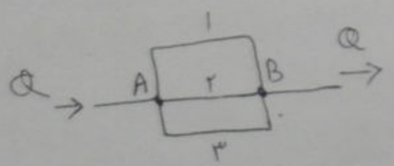
- در لوله‌های سری



$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

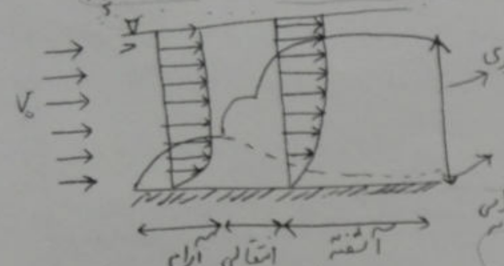
$$\Delta H_{AB} = \Delta H_1 = \Delta H_2 = \Delta H_3$$

- توان ناشی از تلفات : $P = \gamma Q \Delta H$

- هرگاه بخواهیم مجموعه‌ای لوله‌ی سری و موازی را با یک لوله‌ی مستقیم جایگزین کنیم به ازای دبی یکسان، تلفات هر دو سیستم باید برابر باشد

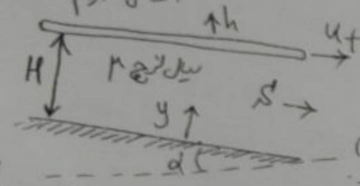
- جریان‌های داخلی در نواحی محصور شده مثل لوله هستند. - جریان‌های خارجی در نواحی نا محصور مثل اطراف بال هواپیما هستند

- در یک لوله هر چه عدد رینولدز بیشتر باشد، زیرلایه‌ی لزج نازک‌تر خواهد بود. در ناحیه‌ی لوله‌ی صاف ضخامت زیرلایه‌ی لزج به قدر کافی از زبری لوله بزرگتر است به نحوی که زبری در ناحیه‌ی آرام قرار می‌گیرد و f به عدد رینولدز بستگی دارد



ضخامت لایه مرزی

زیرلایه‌ی لزج (زیر لایه آرام)



- سرعت صفحه‌ی بالایی

$$u = u_t \left(\frac{y}{H}\right) - \frac{1}{2\mu} \frac{d(p + \gamma h)}{ds} (Hy - y^2)$$

(top)

اگر صفحه افقی باشد $\rightarrow \frac{d(\gamma h)}{ds} = 0$

اگر توزیع فشار هیدرواستاتیکی (خطی) باشد $\rightarrow \frac{dP}{ds} = 0$

$\rightarrow u = u_t \left(\frac{y}{H}\right)$

- نیروی drag و lift

$$Drag = \frac{1}{2} C_D \rho A V^2 \qquad Lift = \frac{1}{2} C_L \rho A V^2$$

قانون استوکس

$$Drag = 3\pi \mu V D$$

- نیرویی که به یک جسم کروی که در یک سیال ساکن سقوط می‌کند برابر است با :

سرعت حدی $\rightarrow \left(\frac{\pi D^3}{6}\right)\gamma_F + 3\pi\mu V D = \left(\frac{\pi D^3}{6}\right)\gamma_s \rightarrow V = \frac{D^2}{18\mu}(\gamma_s - \gamma_F)$ (سرعت حد)

$$F_B + Drag = W$$

- اگر عدد رینولدز کوچک نباشد (۱>) مجاز به استفاده از قانون استوکس نیستیم.

- اگر مجرای عبوری آب مقطع دایره نباشد ابتدا شعاع هیدرولیکی را بدست می‌آوریم $R_h = \frac{A}{P}$ سپس قطر معادل مقطع دایره‌ای برابر $D = 4R_h$ می‌گردد. (۴ برابر شعاع هیدرولیکی)

★ رابطه بین تنش برشی τ_0 و سرعت متوسط (V):

$$\begin{cases} \tau_0 = \dfrac{\Delta H \gamma D}{4L} \\ \Delta H = \dfrac{32\mu V L}{\gamma D^2} \end{cases} \longrightarrow \boxed{\tau_0 = 8\mu\left(\frac{V}{D}\right)}$$

★ جریان آرام در لوله‌های تحت فشار:

الف) پروفیل سرعت $\leftarrow u = \frac{\Delta H \gamma}{4\mu L}(r_0^2 - r^2)$

★ در جریان آرام توزیع سرعت لوله‌ها در سهمی‌گون است.

★ توان تلف شده‌ی جریان (تلفات در واحد زمان):

$$\text{توان تلف شده} = \int \tau \left(\frac{du}{dy}\right) d\forall = \gamma Q \Delta H$$

$$\xrightarrow[\Delta H \gamma = \Delta P]{\text{لوله افقی}} \text{توان اتلافی} = \Delta P Q$$

★ افت انرژی $\leftarrow \begin{cases} \Delta H = \Delta H_T + \Delta H_c \\ \Delta H = h_f + h_m \end{cases}$

برای جریان آرام (از جمله در لوله‌ها) می‌توان گفت:

$$\text{توان اتلافی} = \int \mu \left(\frac{du}{dy}\right)^2 d\forall = \int \frac{\tau^2}{\mu} d\forall$$

★ معادله‌ی دارسی - ویسباخ برای هر دو جریان آرام و آشفته است.

$$\star \quad \Delta H = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} \longrightarrow \Delta H = \frac{8}{g\pi^2}\left[\frac{fLQ^2}{D^5}\right] \longrightarrow \boxed{\Delta H \simeq \frac{fLQ^2}{12.1\, D^5}}$$

★ محاسبه‌ی f جریان آرام $\rightarrow f = \frac{64}{Re}$

★ 〃 〃 آشفته $\rightarrow f = \frac{0.316}{Re^{0.25}}$