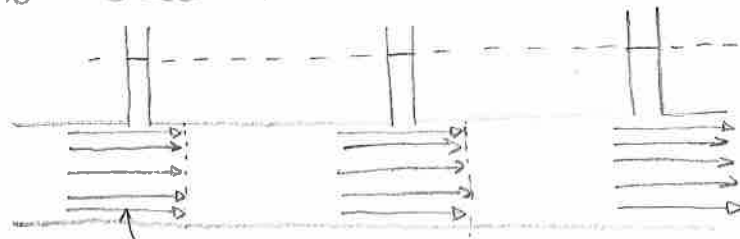


LEZIONE 4.4: FLUIDI "REALI"

(# 20)

4.4.1 VISCOSITÀ E LEGGE DI POISEUILLE

Preso un tubo orizzontale a sezione costante, per un fluido ideale in moto stazionario si ha:



$h_{priet} = \text{costante}$

$$\frac{p}{\rho g} + h + \frac{1}{2g} v^2 = \text{cost.}$$

\vec{v} costante in ogni punto di S e lungo tutto il condotto

In realtà, nei fluidi reali le cose non vanno proprio così... a basse velocità si ha piuttosto: (ad alte velocità si ha moto turbolento)



h_{priet} cala:

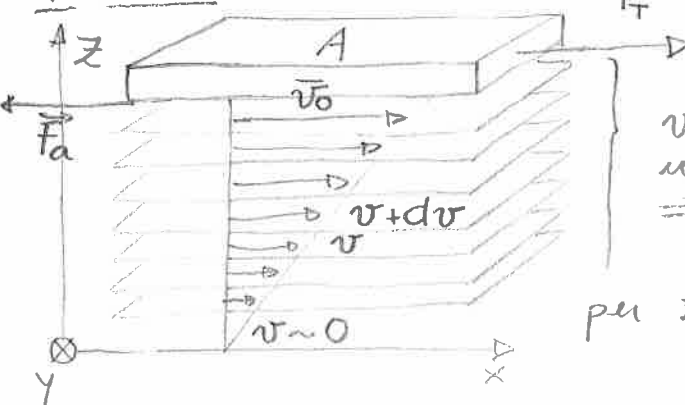
c'è un gradiente di pressione lungo il tubo

moto laminare (stazionario)

v è maggiore al centro
 $v \sim 0$ a contatto con il tubo
 profilo parabolico

Le differenze possono essere ricondotte alla viscosità η , ovvero al fatto che il fluido si muove a strati che scorrono l'uno sull'altro con attrito. (o lamine)

Viscosità \vec{v}_0 tavola trascinata da \vec{F}_T ; raggiunge $\vec{v}_0 \Rightarrow$ c'è attrito (\vec{F}_a) e $\vec{F}_a + \vec{F}_T = 0$



varie lamine di fluido che scorrono una sull'altra a v crescente con z ; \Rightarrow attrito tra le lamine

per $z \rightarrow 0$ anche $v \rightarrow 0$

Ogni lamina è trascinata in avanti da quella superiore ma subisce la resistenza di quella inferiore.

Sperimentalmente si trova che per molti fluidi (detti Newtoniani)

$$v(z+dz) - v(z) \propto \frac{|\vec{F}_T|}{A} dz$$

$$dv \propto |\vec{T}| dz$$

con $\vec{T} = \frac{d\vec{F}_T}{dA}$ sforzo di taglio. Si ha quindi:

$$|\vec{T}| \propto \frac{dv}{dz}$$

e si definisce viscosità η la costante di proporzionalità:

$$|\vec{T}| = \eta \frac{dv}{dz}$$

$$\vec{T} = \eta \frac{dv}{dz} \hat{u}$$

dove \hat{u} è il vettore della velocità. Si ha:

$$[\eta] = \frac{N}{m^2} \cdot \frac{m}{\frac{m}{s}} = \frac{Ns}{m^2} = Pa \cdot s$$

In SI $1 Pa \cdot s \equiv 1$ Poiseuille (simbolo Pl, poco usato).

In cgs l'unità di misura è il Poise (simbolo: P; $1 P = 0,1 Pl$)

Si usa comunemente il centipoise $1 cP = 1 mPl = 10^{-3} Pa \cdot s$

La viscosità dipende fortemente dalla temperatura del fluido.

Legge di Poiseuille

→ vedi approfondimenti 4.4.1

4.4.2 Numero di Reynolds

Abbiamo già detto che il flusso è laminare per v basse e turbolento per v alte. Per essere quantitativi, introduciamo:

$$Re = \frac{\rho v l}{\eta}$$

numero di Reynolds
(adimensionale)

lunghezza tipica del sistema considerato

si applica per

→ fluido viscoso in un condotto $\Rightarrow l =$ diametro condotto

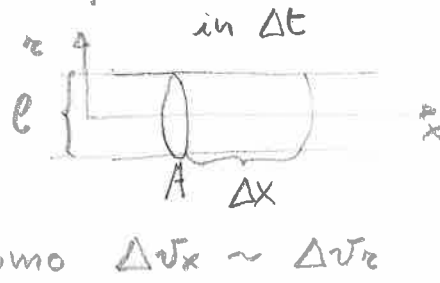
→ oggetto che si muove in fluido viscoso $\Rightarrow l =$ diametro oggetto

Re è di fatto un rapporto tra forze di inerzia e forze viscose:

$$Re = \frac{ma}{F_T}$$

$$\approx \frac{\rho A \Delta x \frac{\Delta v_x}{\Delta t}}{A \frac{\Delta v \eta}{l}}$$

$$\approx \frac{\rho \frac{\Delta x}{\Delta t} l}{\eta} = \frac{\rho v l}{\eta}$$



In generale, se $Re > 2000$ il moto è turbolento
 $Re < 1000$ è laminare (o quasi)
 $1000 < Re < 2000$ è instabile

Se infine $Re \ll 1$ si parla di dominio viscoso totale: non si formano vortici dietro agli oggetti e le linee di flusso sono ben definite e simmetriche \rightarrow niente turbolente o instabilità.

Il moto è così ordinato da essere temporaneamente reversibile.
 \rightarrow vedi video su moodle

4.4.3 Resistenza del mezzo

\rightarrow vedi approfondimenti 4.4.3