

Lezione 10

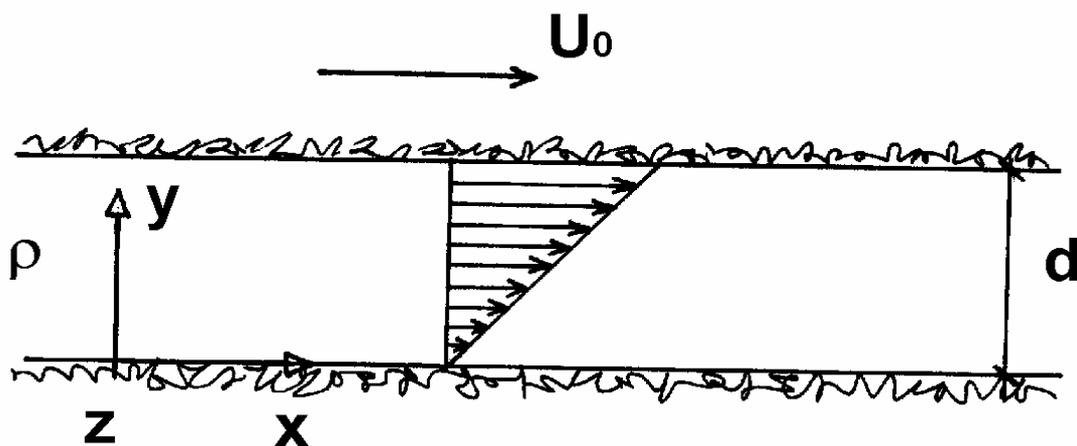
LA TENSIONE IN UN FLUIDO IN MOVIMENTO

- Abbiamo visto (LEZIONE 3) che in un fluido in quiete la tensione \underline{t} è sempre ortogonale alla superficie. In altre parole se un fluido è in quiete

$$\underline{t} = -p\underline{n}$$

Nei fluidi in movimento, tuttavia, la direzione di \underline{t} non coincide con quella di \underline{n} e in generale si manifestano delle componenti tangenti alla superficie.

Esaminiamo la situazione rappresentata in figura: due piastre parallele fra di loro sono poste ad una distanza d e costituiscono così un meato riempito di un fluido di densità ρ . La piastra inferiore è ferma mentre quella superiore viaggia con una velocità U_0 in una direzione parallela alla piastra stessa.



Introduciamo il sistema di riferimento in figura. Se misurassimo il campo di moto, ci accorgeremo che la velocità ha un'unica componente nella direzione x che si annulla in corrispondenza $y = 0$, assume il valore U_0 per $y = d$ e varia linearmente con y

$$u = \frac{U_0}{d} y$$

Per mantenere la piastra superiore in movimento con velocità U_0 è necessario applicare una forza nella direzione x che, rapportata alla superficie della piastra, porge un valore che indicheremo con τ . E' evidente che il valore di τ è uguale e contrario alla componente nella direzione x della tensione \underline{t} esercitata dal fluido sulla parete. Misure di τ mostrano che

- 1) τ è proporzionale a U_0
- 2) τ è inversamente proporzionale a d

Si ha cioè

$$\tau \sim \frac{U_0}{d}$$

La costante di proporzionalità dipende dal fluido contenuto all'interno del meato ed è denominata "viscosità dinamica" (μ)

$$\tau = \mu \frac{U_0}{d} \quad (\text{NOTA 1})$$

Le dimensioni di μ sono quelle di una massa divisa per una lunghezza e per un tempo

$$[\mu] = ML^{-1}T^{-1}$$

mentre l'unità di misura è il $Kg/(ms) = Pa \cdot s$, anche se talvolta viene utilizzato il centipoise (cP), essendo

$$cP = 10^{-3} Kg/(ms)^2$$

- La viscosità dinamica di un fluido, essendo una sua proprietà, dipende dallo stato del fluido e quindi dalla pressione e dalla temperatura. Per l'acqua in condizioni ordinarie (pressione atmosferica e temperatura pari a 20°C)

$$\mu = 1cP$$

¹ NOTA 1

Il legame $\tau = \mu U_0/d$ è valido per i fluidi cosiddetti newtoniani. L'aria, l'acqua e molti fluidi di interesse ingegneristico sono "newtoniani". Per altri fluidi il legame fra τ, U_0, d può essere più complicato.

- Spesso si utilizza la “viscosità cinematica” ν definita come il rapporto fra la viscosità dinamica e la densità del fluido

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

Le dimensioni di ν sono quelle di una lunghezza al quadrato su un tempo

$$[\nu] = L^2/T$$

mentre l’unità di misura è m^2/s .

Anche la viscosità cinematica dipende da pressione e temperatura. Per l’acqua in condizioni ordinarie

$$\nu \cong 10^{-6} m^2/s \quad (\text{NOTA 2})$$

- Il legame $\tau = \mu U_0/d$ è un caso particolare di una relazione più generale che nella geometria in considerazione può scriversi

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

La tensione tangenziale τ può infatti variare al variare di y . In geometrie più complesse la relazione fra τ e il campo di moto, detta “legame costitutivo”, diviene più complessa. Si rimanda lo studente interessato a corsi successivi.

² NOTA □

Per aria secca alla pressione atmosferica e alla temperatura di 20°C si ha

$$\begin{aligned}\mu &\cong 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ Kg}/(ms) \\ \nu &\cong 1.5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/s\end{aligned}$$