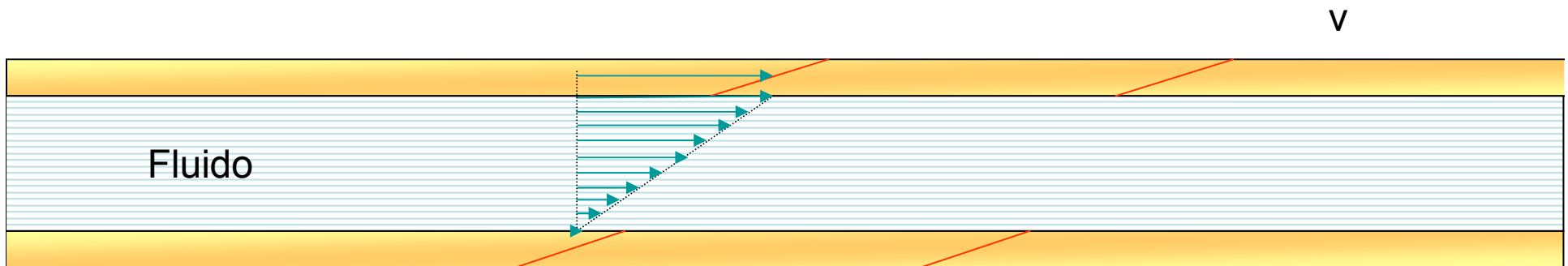


Fluidi viscosi

Viscosità

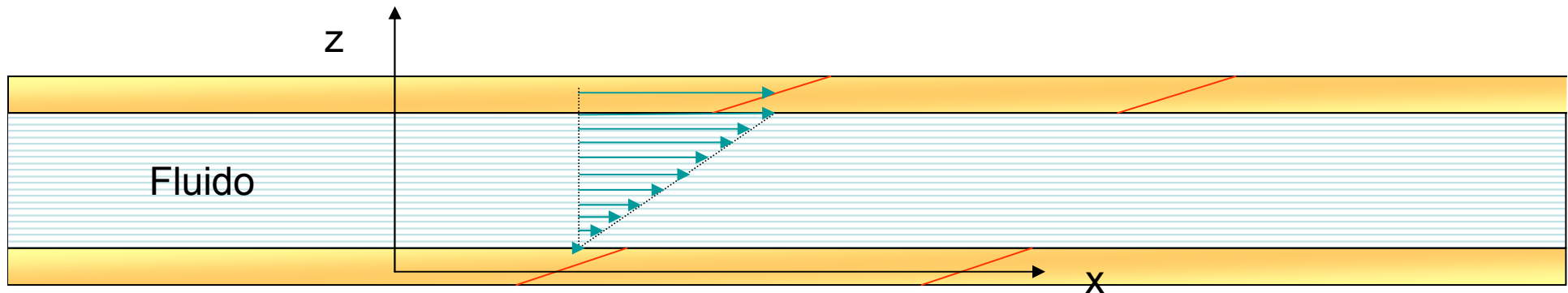


La lastra superiore scorre sullo strato di liquido con una velocità v



Lo strato di fluido a contatto con la lastra superiore scorre con velocità v (è fermo rispetto a questa lastra)

Lo strato a contatto con la lastra inferiore è fermo



Lo strato di fluido a contatto con la lastra superiore scorre con velocità v (è fermo rispetto a questa lastra)

Lo strato a contatto con la lastra inferiore è fermo

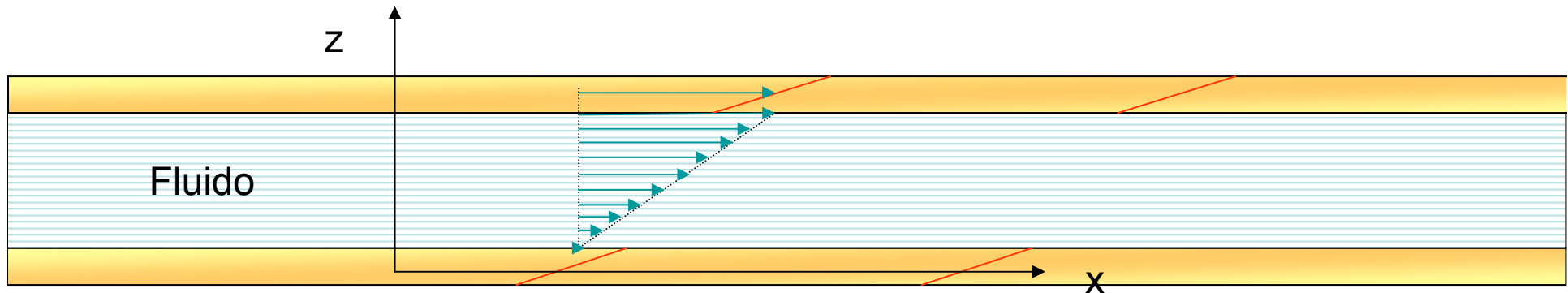
Ciascuno strato viene trascinato in avanti da quello superiore e frenato da quello inferiore.

La forza che si esercita tra uno strato e l'altro su area S è proporzionale a S e al gradiente della velocità ortogonalmente alla direzione della velocità:

$$f_s = \eta (\Delta v / \Delta z) S \quad \rightarrow \quad f_s = \eta (dv/dz) S$$

f_s agisce lungo x

Il gradiente è costante (le forze che agiscono tra uno strato e l'altro sono tutte uguali)



La forza che si esercita tra uno strato e l'altro su area S è proporzionale a S e al gradiente della velocità ortogonalmente alla direzione della velocità:

$$f_s = \eta (\Delta v / \Delta z) S \quad \rightarrow \quad f_s = \eta (dv/dz) S$$

f_s agisce lungo x

η : viscosità del fluido

Dipende fortemente da T .

u.m. : $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$ (decapoise)

$$\eta_{\text{acqua}}(0^\circ\text{C}) = 1,792 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$\eta_{\text{acqua}}(20^\circ\text{C}) = 1,005 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

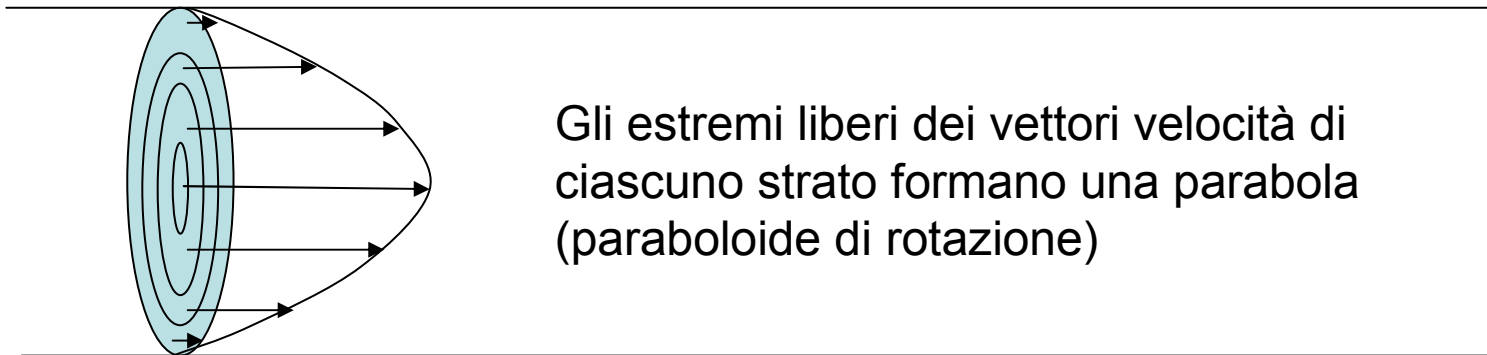
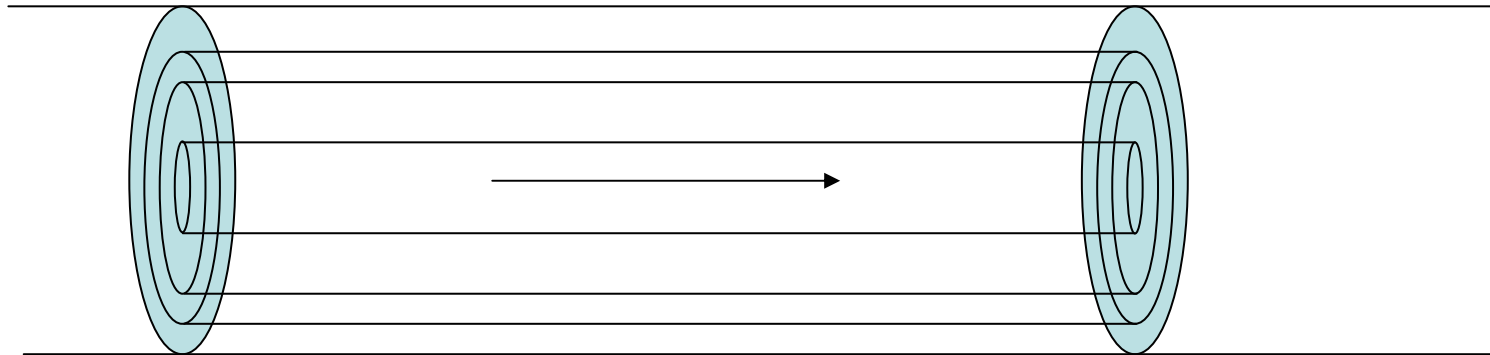
$$\eta_{\text{glicerina}}(0^\circ\text{C}) = 12,1 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$\eta_{\text{glicerina}}(20^\circ\text{C}) = 1,50 \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$\eta_{\text{aria}}(20^\circ\text{C}) = 1,82 \cdot 10^{-8} \text{ kg m}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

Fluido in un condotto cilindrico

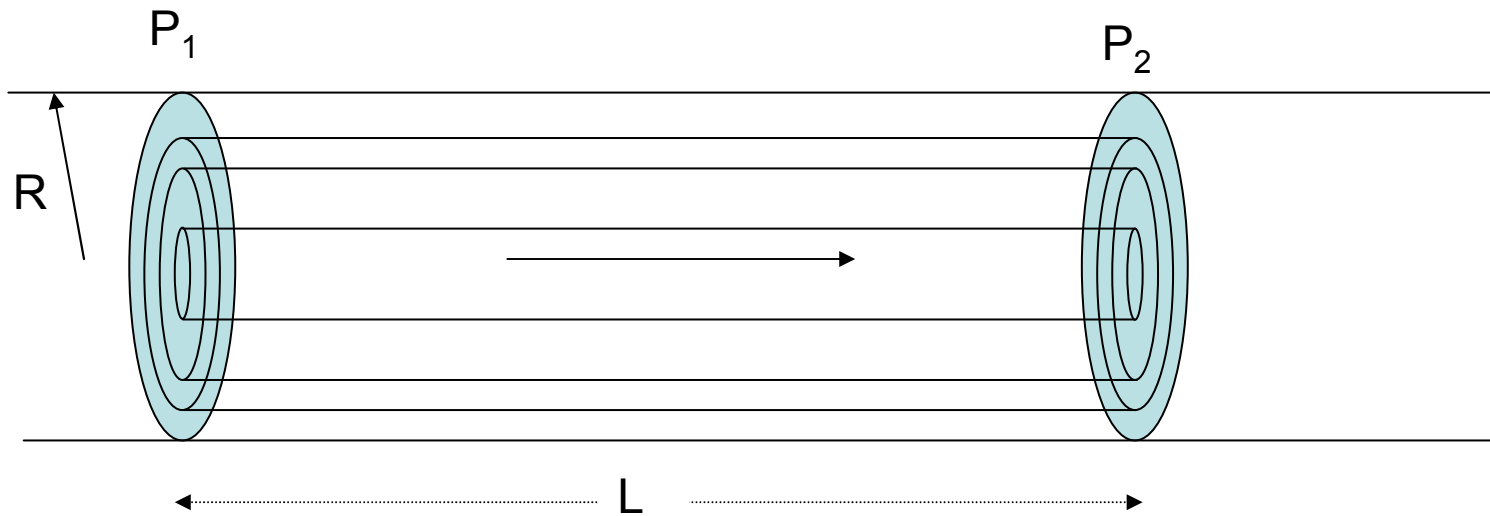
Lo scorrimento dei diversi strati di fluido si può ottenere sottoponendo un fluido in un condotto a una differenza di pressione.



Gli estremi liberi dei vettori velocità di ciascuno strato formano una parabola (paraboloide di rotazione)

Moto laminare in tubi cilindrici: LEGGE DI POISELLE

$$Q = (\pi R^4 / 8\eta) (P_1 - P_2) / L$$



$$Q = \pi R^2 v_m \longrightarrow v_m = (R^2 / 8\eta) (P_1 - P_2) / L = - (R^2 / 8\eta) dp/dx$$

Passaggio dal regime laminare al regime turbolento → v: velocità critica

Numero di Reynolds

$$\mathfrak{R} = \rho v r / \eta = \rho' v' r' / \eta'$$

v e v' velocità critiche

ρ e ρ' densità di due fluidi

η e η' viscosità dei due fluidi

r e r' raggi dei condotti

$$\mathfrak{R}_{\text{critico}} = 1200 \text{ circa} \rightarrow v_c = 1200 \eta / \rho r$$

Per mantenere una corrente di data velocità in un condotto cilindrico è necessario applicare una differenza di pressione agli estremi proporzionale alla velocità stessa ed alla lunghezza del condotto:

$$(P_1 - P_2)/L = (8\eta/r^2) v_m \quad \text{Pressione motrice}$$

La pressione motrice non produce aumento di velocità. Serve solo a mantenere in moto il fluido (vince la resistenza del fluido). Se essa viene meno, il fluido si arresta a causa delle forze d'attrito.

Per aumentare v_m è necessario aumentare $P_1 - P_2$

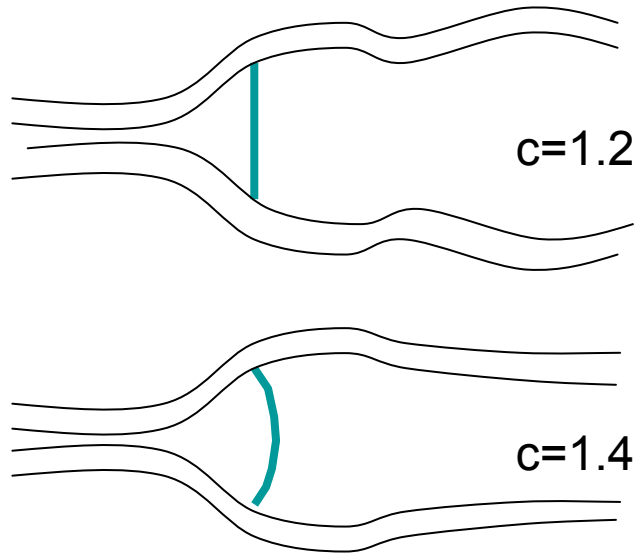
Se v supera il valore critico \rightarrow regime turbolento \rightarrow aumenta la resistenza del fluido \rightarrow si ha una diminuzione di portata!!

$$(P_1 - P_2)/L = (k/r) (\rho v_m^2/2) \quad \text{Legge empirica}$$

Resistenza d'attrito:

Resistenza di scia

$$R = c S (\rho v_o^2 / 2)$$

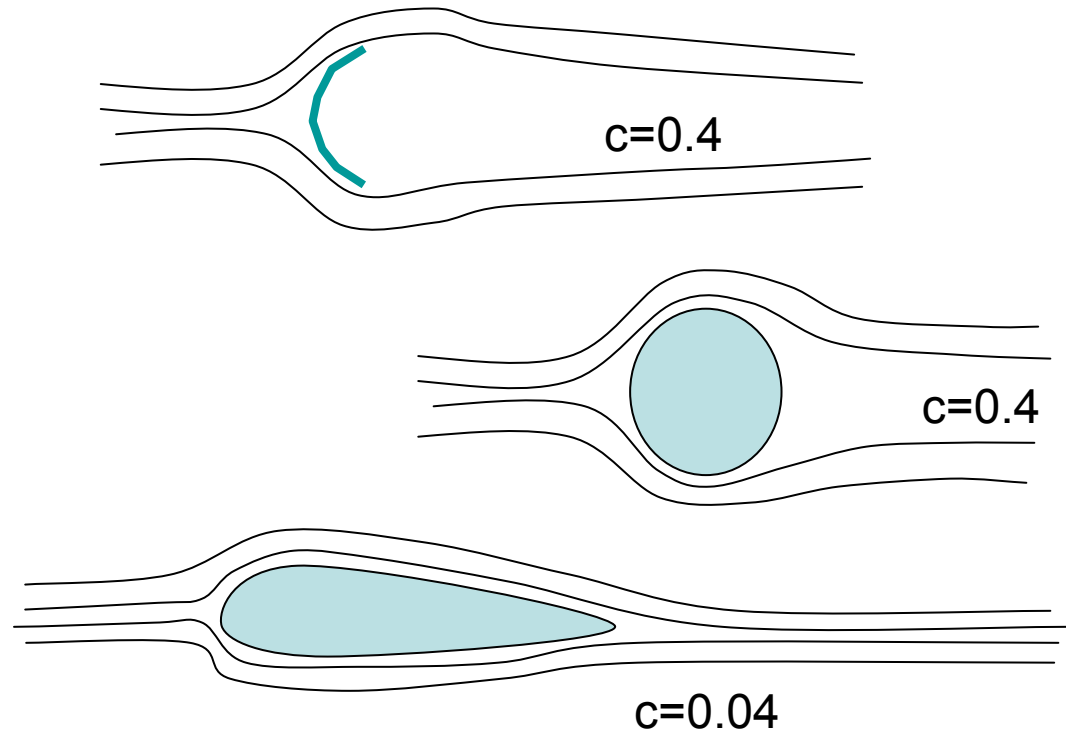


S sezione trasversale del corpo in moto

ρ densità del fluido

v_o velocità relativa oggetto fluido

$\rho v_o^2 / 2 = P_a$ pressione d'arresto
(pressione del punto in cui il fluido è
fermo sull'oggetto)



Resistenza d'attrito: legge di Stokes

La scia si forma solo se v supera un valore limite.

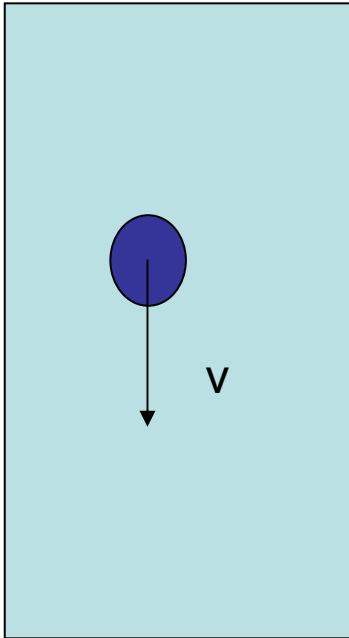
In assenza di scia si ha comunque resistenza del fluido.

$$R = k\eta l v$$

Per un corpo di forma sferica di raggio r :

$$R = 6\pi\eta r v \quad (\text{legge di Stokes})$$

Caduta di una sfera in un fluido



$$P - S_A = F_a$$

Peso, spinta Archimede,
forza attrito viscoso

$$\rho_s (4\pi/3) r^3 - \rho_L (4\pi/3) r^3 = 6\pi\eta r v$$

Resistenza del
fluido

$$v = (\rho_s - \rho_L) (4\pi/3) r^3 / (6\pi\eta r)$$
$$= (\rho_s - \rho_L) (2/9\eta) r^2$$

Velocità limite di caduta