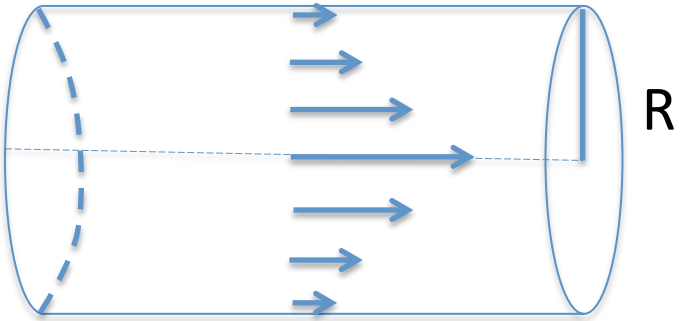
FLUIDI REALI

- ***Sforzi di taglio e viscosita`***:

Se una porzione di fluido e` in movimento rispetto a porzioni di fluido confinanti (o a pareti di confinamento) gli elementi di fluido risentono di forze di coesione (la cui natura microscopica e` di forze intermolecolari attrattive).
Questo produce una sorta di ***``attrito interno''*** nella forma ***di forze che sono dirette tangenzialmente alla superficie che racchiude la porzione di fluido*** considerato in movimento e che si oppone al moto (***sforzi di taglio***).
Tale attrito interno dipende dal fluido considerato e il parametro che lo quantifica e` la ***VISCOSITA` del fluido η.***

FLUIDI REALI

- ***Sforzi di taglio e viscosita`***:



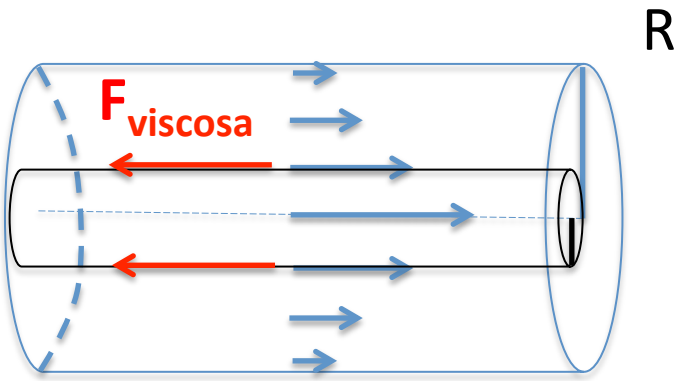
Si consideri l'esempio di un fluido che scorre all'interno di un condotto cilindrico di raggio R. Sperimentalmente si osserva che la velocita` con cui si muovono le varie parti del fluido varia nell'andare dal bordo del condotto all'asse centrale del cilindro. Si dice che c'e` un ***gradiente di velocita`: vicino alla pareti il fluido e` fermo, e presenta velocita` massima sull'asse del cilindro.***

Questa e` una diretta conseguenza della viscosita` del fluido: lo strato vicino alla parete del condotto risente dell' ``attrito'' con questo, a su volta frena lo strato sottostante, che a sua volta e` trascinato dallo strato ancora successivo.

N.B.: se il fludio fosse perfetto la velocita` sarebbe la stessa in tuttiil punti di una sezione

FLUIDI REALI

- ***Sforzi di taglio e viscosita`***:



S: superficie del mantello laterale del cilindretto nero
r: raggio del cilindretto nero

Sperimentalment si trova:

$$\frac{F_{viscosa}}{S} = \tau = \eta \frac{dv}{dr}$$

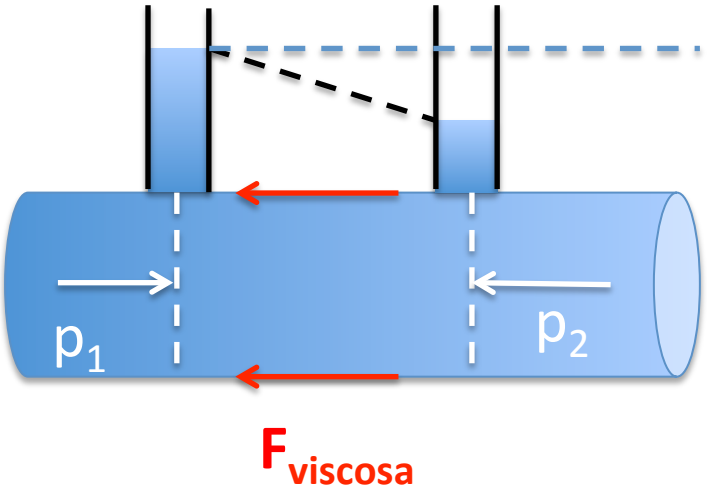
τ e` lo sforzo di taglio: quindi esso risulta proporzionale al gradiente della velocita` e il coefficiente di proporzionalita` e` η

η e` la viscosita` del fluido; unita` di misura (N/m^2) s= Pa s

Esempi: $\eta_{olii} \sim 0.5\text{-}1\ (N/m^2)\ s$; $\eta_{acqua} \sim 10^{-3}\ (N/m^2)\ s$; $\eta_{aria} \sim 1.8 \times 10^{-5}\ (N/m^2)\ s$

FUIDI REALI

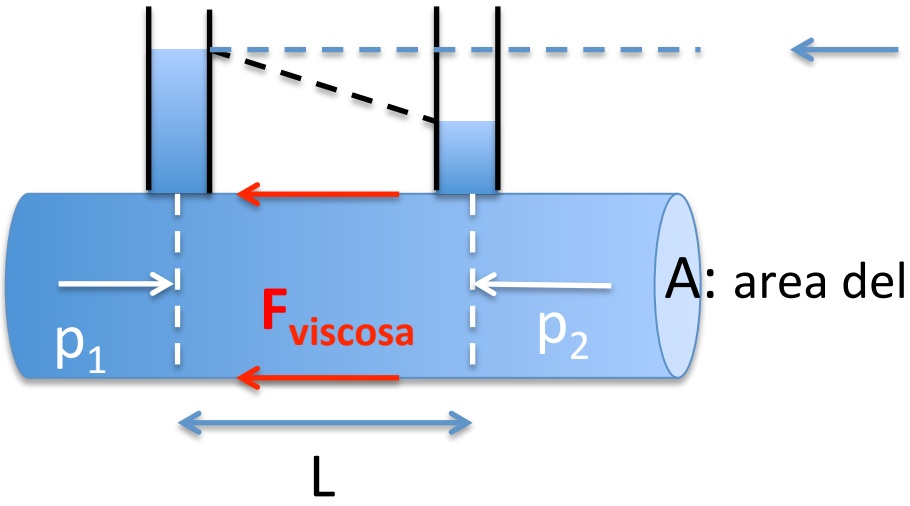
- Consideriamo un fluido reale in movimento, il cui moto sia *stazionario* (ovvero le velocita` punto per punto sono costanti nel tempo).
  Si osserva sperimentalmente anche una ***caduta di pressione: $p_1 > p_2$***



livello che ci sarebbe anche nel secondo tubo se il fluido fosee perfetto

- E` chiaro che , essendo il moto stazionario (v=costante), la forza netta generata dalla differenza di pressione, $\Delta p = p_1 - p_2$, e` bilanciata dalla forza viscosa (sforzi di taglio).

FUIDI REALI



livello che ci sarebbe anche nel secondo tubo se il fluido fosee perfetto

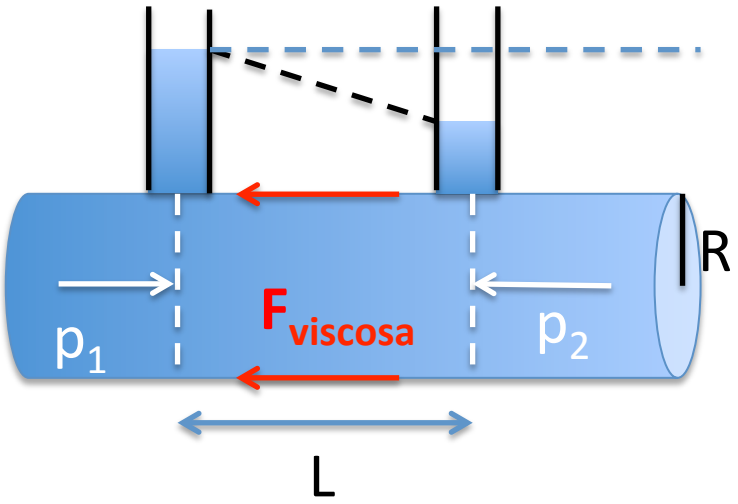
A: area della sezione di base

- Si trova sperimentalmente che la caduta di pressione e`:

$$\Delta p = 8\pi\eta \frac{\bar{v} L}{A}$$

dove A e` l' area della sezione di base del cilindro; L distanza tra le due sezini 1 e 2 in questione; $\bar{v}$ e` la velocita` media del fluido (data da $v_{max}/2$)

LEGGE DI POISEUILLE



livello anche nel secondo tubo se fluido perfetto

A: area della sezione di base= πR^2

- Calcoliamo la ***portata volumica del fluido reale***: $R_V = \bar{v}A$

Dal momento che $\bar{v} = \dfrac{\Delta p A}{8\pi\eta L}$

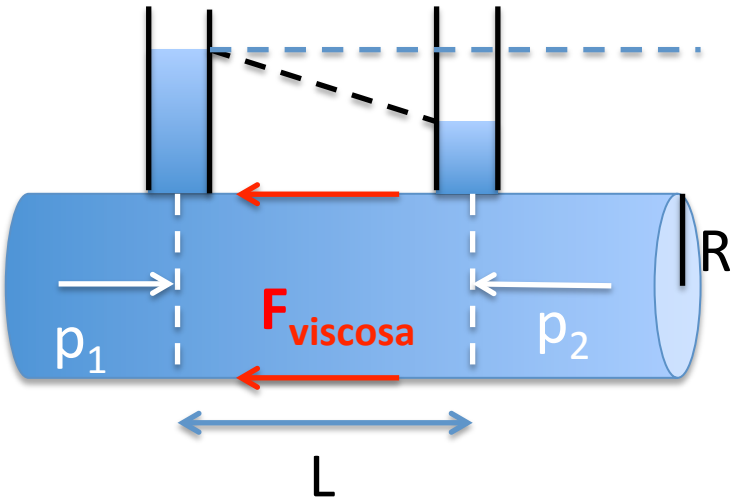
otteniamo:

$$R_V = \frac{\Delta p A^2}{8\pi\eta L} = \frac{\Delta p}{L}\frac{\pi R^4}{8\eta}$$

LEGGE DI POISEUILLE

(N.B.:Δp/L e` il gradiente di pressione).

LEGGE DI POISEUILLE



livello anche nel secondo tubo se fluido perfetto

A: area della sezione di base= πR^2

$$R_V = \frac{\Delta p A^2}{8\pi\eta L} = \frac{\Delta p}{L}\frac{\pi R^4}{8\eta}$$

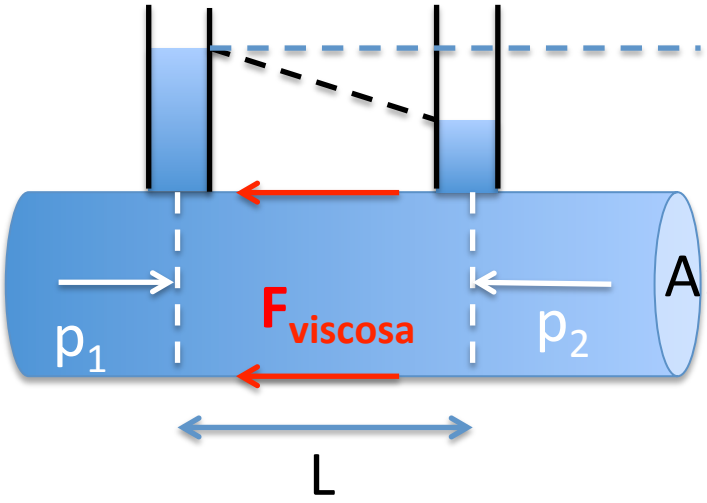
LEGGE DI POISEUILLE

N.B.1: la portata va come R^4 e non come R^2 come nel caso di un fluido perfetto

N.B.2: da misure di Δp, R, L, e R_V si puo` misurare la viscosita` del fluido.

LEGGE DI POISEUILLE

Stima per dimostrare che $\Delta p = 8\pi\eta \dfrac{\bar{v}L}{A}$



livello anche nel secondo tubo se fluido perfetto

A: area della sezione di base

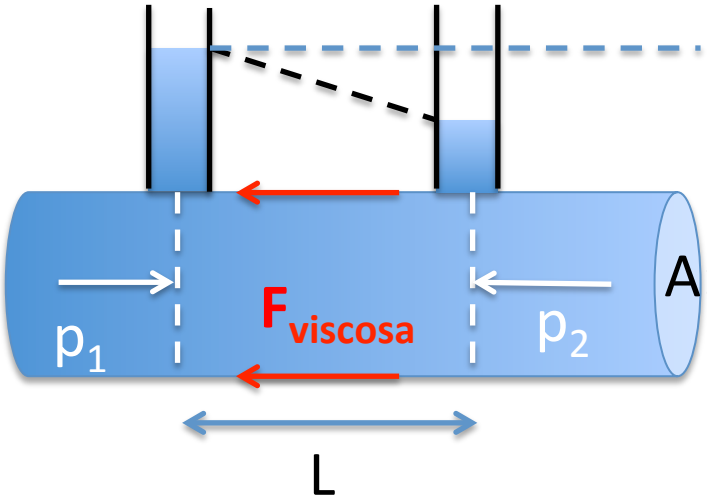
La forza di pressione sara` $F_{pressioni} = \Delta p A$

La forza viscosa $F_{viscosa} = \eta\, S \dfrac{dv}{dr} \sim \eta\, S \dfrac{v_{max}}{R}$

Poi sappiamo che $F_{pressioni} = F_{viscosa}$ visto che il moto e` stazionario

LEGGE DI POISEUILLE

Stima per dimostrare che $\Delta p = 8\pi\eta \dfrac{\bar{v} L}{A}$



livello anche nel secondo tubo se fluido perfetto

A: area della sezione di base

S e` la superficie del mantello laterale del cilindro: $S = 2\pi R\, L$

Otteniamo quindi: $\Delta p \sim 4\pi\eta \dfrac{\bar{v} L}{A}$

Un calcolo piu` rigoroso recupera anche il giusto coefficiente numerico 8π

Fluido	Temperatura, °C	Viscosità	
		Poise (dina · s/cm², o P)	Poiseuille (N · s/m², o PI)
Liquidi			
Acetone	25	0.00316	0.000316
Plasma sanguigno	37	0.015	0.0015
Sangue intero	37	0.04	0.004
Etanolo	20	0.0120	0.00120
Etere	20	0.00233	0.000233
Glicerina	20	14.9	1.49
Mercurio	20	0.0155	0.00155
Olio per macchina	16	1.13	0.113
	38	0.34	0.034
Acqua	0	0.0179	0.00179
	20	0.0100	0.00100
	37	0.00691	0.000691
	100	0.00282	0.000282
Gas			
Aria	0	0.000171	0.0000171
	18	0.000183	0.0000183
	40	0.000190	0.0000190
Elio	20	0.000194	0.0000194
Vapor d'acqua	100	0.000125	0.0000125

Numero di Reynold

Criterio empirico per stabilire se un moto e` laminare o turbolento:

si consideri il parametro adimensionale (detto numero di Reynolds)

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

Dove ρ e` la densita` del fluido, v la velocita` media del fludio (rispetto a un corpo immerso o alle pareti di un condotto), η la viscosita` del fluido e l e` una dimensione caratteristica del sistema (es.: diametro del condotto, o nel caso di una sfera che si muove in un fluido l e` il suo diametro).

Valori critici del numero di Reynolds R_e per il quale si passa da regime laminare a regime turbolento

- per R_e<1000: sempre laminare
- per R_e<2000: in condotti dritti di sezione circolare di raggio R il flusso e` laminare
- per R_e>2000: in condotti dritti di sezione circolare di raggio R il flusso e` laminare o turbolento a seconda di vari fattori (es: rugosita` del condotto)
- per R_e>10000: praticamente sempre turbolento