

FLUIDODINAMICA

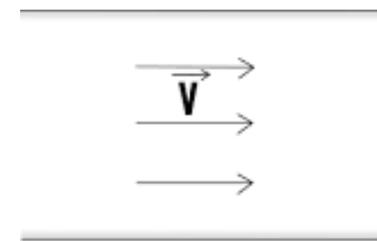
I FLUIDI REALI – LA VISCOSITA'

Prof. Nico Dinelli

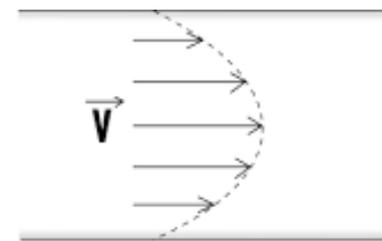
FLUIDO REALE

UN FLUIDO REALE PRESENTA AL PROPRIO INTERNO DELLE FORZE DI ATTRITO TRA GLI STRATI ADIACENTI IN SCORRIMENTO E CON LE PARETI FERME

AL CENTRO DEL CONDOTTO IL FLUIDO SCORRE PIU' VELOCEMENTE CHE AI BORDI



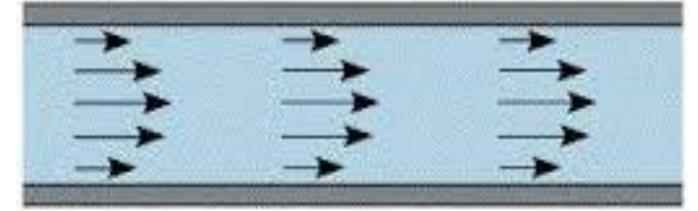
Fluido ideale



Fluido reale

QUESTO ATTRITO E' CHIAMATO **VISCOSITA' DINAMICA**
IL COEFFICIENTE CHE LO SCHEMATIZZA E' IL
COEFFICIENTE DI VISCOSITA' DINAMICA (η «ETA», μ «MI»)

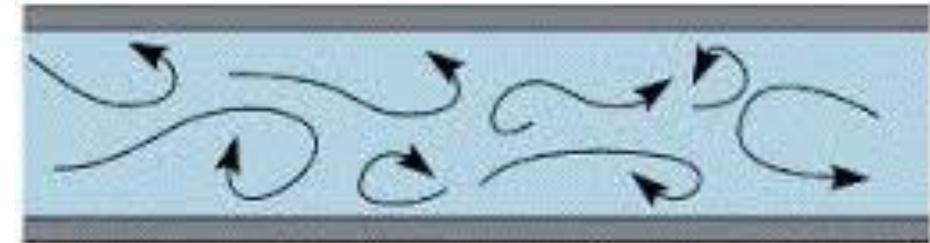
MOTO DEL FLUIDO REALE



Il moto di un fluido viscoso, caratterizzato da differenze nelle velocità di scorrimento degli strati adiacenti, si chiama **moto o regime laminare** a condizione che la velocità non sia troppo elevata (non devono formarsi vortici o turbolenze).

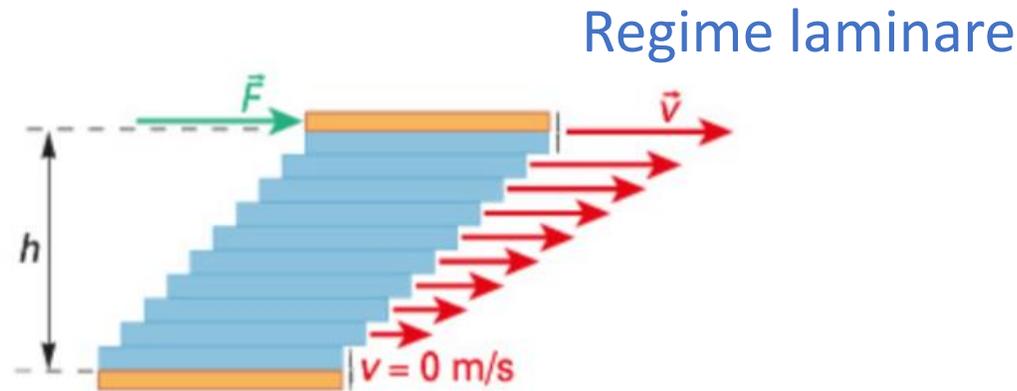
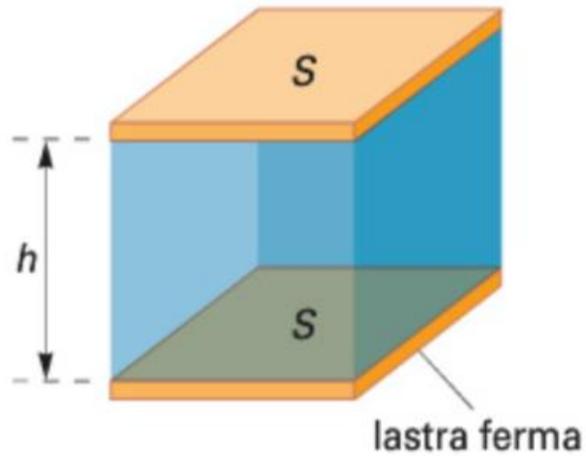
moto o regime laminare

OLTRE UN CERTO VALORE DI VELOCITA' IL MOTO DIVIENE **TURBOLENTO**



LA DESCRIZIONE DEL MOTO TURBOLENTO VIENE DESCRITTO ATTRAVERSO IL NUMERO DI REYNOLDS (**Re**) E IL **DIAGRAMMA DI MOODY**

DEFINIZIONE DEL COEFFICIENTE DI VISCOSITA' DINAMICA DEL FLUIDO REALE



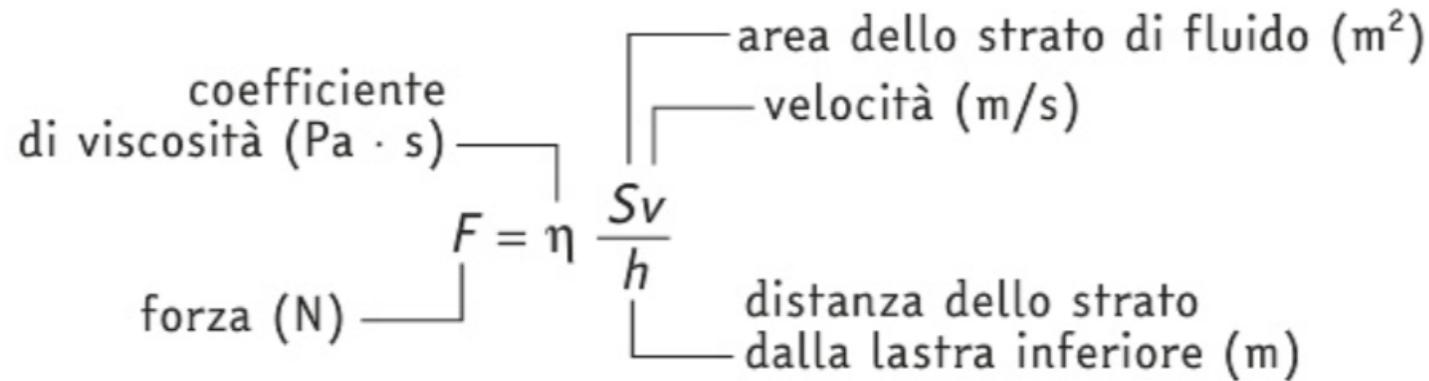
$$\frac{F}{S} \propto \frac{v}{h}$$

$$\frac{F}{S} = \eta \cdot \frac{v}{h}$$

η «ETA» o μ «MI»

$$F = \eta \cdot \frac{S \cdot v}{h}$$

UNITA' DI MISURA DEL COEFFICIENTE DI VISCOSITA' DINAMICA DEL FLUIDO REALE



coefficiente di viscosità (Pa · s)

forza (N)

$$F = \eta \frac{Sv}{h}$$

area dello strato di fluido (m²)

velocità (m/s)

distanza dello strato dalla lastra inferiore (m)

$$\eta = \frac{F}{S} \cdot \frac{h}{v} \quad (\eta) = \left(\frac{N}{m^2}\right) \cdot \left(\frac{m}{\frac{m}{s}}\right) = \left(\frac{N}{m^2} \cdot s\right) = (Pa \cdot s)$$

UNITA' DI MISURA DEL COEFFICIENTE DI VISCOSITA' DINAMICA DEL FLUIDO REALE

$$\eta = \frac{F}{S} \cdot \frac{h}{v} \quad (\eta) = \left(\frac{N}{m^2}\right) \cdot \left(\frac{m}{\frac{m}{s}}\right) = \left(\frac{N}{m^2} \cdot s\right) = (Pa \cdot s)$$

IN ONORE DEL FISICO E MEDICO FRANCESE POISEUILLE
LA VISCOSITA' VIENE ESPRESSA:

- NEL SISTEMA INTERNAZIONALE IN poiseuille (PI)

$$1 PI = 1 Pa \cdot s$$

- NEL SISTEMA PRATICO IN poise (P)

$$1 P = 0,1 Pa \cdot s$$



Jean Léonard Marie Poiseuille (Parigi, 22 aprile 1799 – Parigi, 26 dicembre 1869) medico, fisiologo e fisico francese.

UNITA' DI MISURA DEL COEFFICIENTE DI VISCOSITA' DINAMICA DEL FLUIDO REALE

$$\eta = \frac{F}{S} \cdot \frac{h}{v} \quad (\eta) = \left(\frac{N}{m^2}\right) \cdot \left(\frac{m}{\frac{m}{s}}\right) = \left(\frac{N}{m^2} \cdot s\right) = (Pa \cdot s)$$

$$1 \text{ PI} = 1 \text{ Pa} \cdot s$$

$$1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa} \cdot s$$

$$1 \text{ cP} = 0,001 \text{ Pa} \cdot s = 1 \text{ mPa} \cdot s \\ = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot s$$

QUESTO VALORE
CORRISPONDE CON BUONA
APPROSSIMAZIONE ALLA
VISCOSITA' DELL' ACQUA
ALLA TEMPERATURA DI
20°C ($\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 1,001 \text{ mPa} \cdot s$ a
20°C)



Jean Léonard Marie Poiseuille (Parigi, 22 aprile 1799 – Parigi, 26 dicembre 1869) medico, fisiologo e fisico francese.

ESEMPI DI COEFFICIENTI DI VISCOSITA' DINAMICA

$$1 \text{ PI} = 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$1 \text{ cP} = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 1,001 \text{ mPa}\cdot\text{s} \text{ a } 20^\circ\text{C}$$

Materiale	Temp. °C	Viscosità in $\text{N} \times \text{s} / \text{m}^2$
Aria	0	1.71×10^{-5}
	18	1.83×10^{-5}
	40	1.90×10^{-5}
Sangue intero	37	4.0×10^{-3}
Plasma sanguigno	37	1.5×10^{-3}
Glicerolo	20	1.49
Mercurio	20	1.5×10^{-3}
Acqua	0	1.79×10^{-3}
	20	1.0×10^{-3}
	37	6.91×10^{-4}
	100	2.82×10^{-4}
Olio lubrificante	16	1.13×10^{-1}
	38	3.4×10^{-2}
Etanolo	20	1.2×10^{-3}
Etere etilico	20	2.33×10^{-4}

COEFFICIENTI DI VISCOSITA' DINAMICA DI LIQUIDI

$$1 \text{ PI} = 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$1 \text{ cP} = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 1,001 \text{ mPa}\cdot\text{s} \text{ a } 20^\circ\text{C}$$

Liquido	Coefficiente di viscosità (mPa·s)	Temperatura (°C)
acqua	1.79	0
	1.00	20
	0.28	100
alcool etilico	1.20	20
glicerina	1490	20
mercurio	1.685	0
	1.554	20
	1.240	100
olio d'oliva	84.0	20
olio per motori	200	30
sangue	4.0	37

COEFFICIENTI DI VISCOSITA' DINAMICA DI GAS

$$1 \text{ PI} = 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$1 \text{ cP} = 0,001 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1 \text{ mPa}\cdot\text{s} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$\eta_{\text{H}_2\text{O}} = 1,001 \text{ mPa}\cdot\text{s} \text{ a } 20^\circ\text{C}$$

Fine

Prof. Nico Dinelli

Gas	Viscosità (μP)	Temperatura ($^\circ\text{C}$)
aria	170.8	0
	182.7	18
argon	209.6	0
	221.7	20
	269.5	100
elio	186.0	0
	194.1	20
	228.1	100
idrogeno	83.5	0
	87.6	20.7
metano	102.6	0
	108.7	20
	133.1	100
neon	297.3	0
	311.1	20
	364.6	100
ossigeno	189	0
	201.8	19.1
	256.8	127.7