

## LA VISCOSITÀ

A volte nel linguaggio comune si usa dire che il miele è più «denso» dell'acqua. In realtà quando si dice ciò ci si riferisce a una proprietà che non c'entra con la densità, definita dalla **formula 1.1** come rapporto tra massa e volume. Ci si riferisce piuttosto al fatto che all'interno del miele gli strati adiacenti di fluido scorrono l'uno rispetto all'altro con più difficoltà rispetto all'acqua. L'acqua fluisce rapidamente da un bicchiere inclinato, mentre il miele tende a essere frenato da una forma di attrito interno, che si oppone allo scorrimento reciproco delle porzioni di fluido adiacenti (**figura 1**). Tale proprietà è quantificata da una grandezza fisica detta **viscosità**.

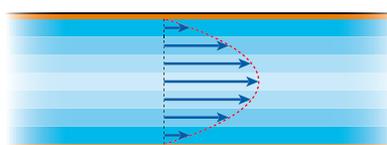


**Figura 1.** Il miele fluisce con maggiore difficoltà dell'acqua, in quanto gli strati adiacenti tendono a frenare il reciproco scorrimento in misura maggiore.

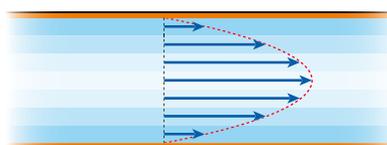


La viscosità di un fluido è una misura della resistenza che, all'interno del fluido stesso, gli strati adiacenti oppongono allo scorrimento reciproco.

Se consideriamo un fluido che scorre in un condotto, la viscosità rappresenta la difficoltà che esso incontra a scorrere liberamente al suo interno. Le pareti del condotto tendono a frenare gli strati di fluido immediatamente in contatto con esso, questi ultimi tendono a frenare gli strati di fluido adiacenti e così via, pertanto la velocità di scorrimento del fluido non è uniforme all'interno del condotto, ma aumenta mano a mano che ci si allontana dalle pareti ed è massima al centro. Maggiore è la viscosità del fluido e maggiore è tale effetto (**figura 2**).



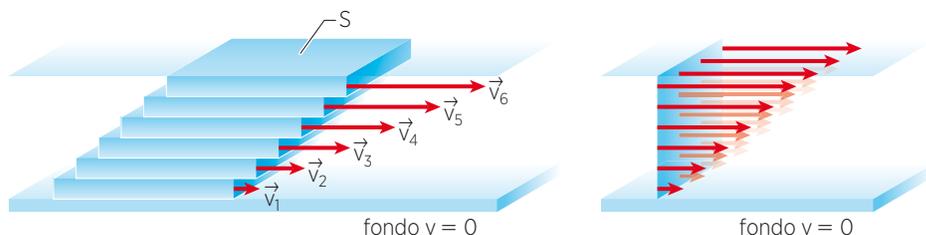
fluido con viscosità maggiore



fluido con viscosità minore

**Figura 2.** Se la viscosità è maggiore gli strati di fluido scorrono con più difficoltà e, a parità di condizioni, la velocità al centro del condotto risulta minore di quella del fluido a viscosità minore.

Per formalizzare quanto detto, dobbiamo operare alcune semplificazioni. Immaginiamo di avere un fluido che scorre su una superficie piana in direzione orizzontale e di suddividerlo in tante porzioni piane e parallele, in modo da poter considerare separatamente la velocità  $\vec{v}_i$  di ciascuno strato. Dato che la direzione di scorrimento del fluido è orizzontale per ciascuno strato, consideriamo i moduli  $v_i$  delle velocità e osserviamo che non hanno tutti lo stesso valore, ma sono tanto più veloci quanto più sono lontani dal fondo. Infatti gli strati a contatto con esso tendono a rallentare quelli sovrastanti e così via, riproducendo una situazione simile a quella illustrata nella **figura 3**.



**Figura 3.** Ciascuno strato è frenato dallo strato sottostante e trascinato dallo strato sovrastante, per cui le loro velocità aumentano allontanandosi dal fondo.

Si verifica sperimentalmente che la forza di attrito  $F_a$  che ostacola il moto relativo delle porzioni di fluido adiacenti è legata alla differenza  $\Delta v$  tra le velocità di due strati dalla relazione:

$$F_a = \eta S \frac{\Delta v}{\Delta y} \quad (1)$$

dove  $\Delta y$  è la distanza fra due strati,  $S$  l'area della loro superficie e  $\eta$  è un coefficiente che dipende dal fluido e varia con la temperatura, detto **viscosità dinamica**, misurato in Pa·s (**tabella 1**).

**Tabella 1.** Coefficiente di viscosità di alcuni liquidi.

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

Fonte: ishtar.df.unibo.it

Nei fluidi con viscosità maggiore gli strati scorrono l'uno rispetto all'altro con più difficoltà, cioè sono frenati da una forza di intensità maggiore, a parità di condizioni. All'interno di un condotto cilindrico, in cui le pareti hanno lo stesso ruolo della superficie di base della **figura 3**, la velocità del fluido cambia lungo il raggio ed è massima al centro, come già illustrato nella **figura 2**.

Invertendo la **formula (1)** si ottiene l'espressione per la viscosità dinamica:

$$\eta = \frac{F_a}{S} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta v}$$

La viscosità è dunque una misura della forza frenante per unità di superficie in scorrimento ed è inversamente proporzionale al rapporto  $\Delta v/\Delta y$ , che è una misura di quanto la velocità varia da uno strato all'altro: minore è tale variazione, maggiore è la viscosità. Intuitivamente è facile comprendere che in un fluido più viscoso gli strati, scorrendo l'uno rispetto all'altro con maggiore difficoltà, hanno velocità con valori più vicini.

La viscosità non è un parametro costante, ma può cambiare significativamente con la temperatura e la pressione: a parità di sostanza, a temperature maggiori corrispondono viscosità minori (confronta i dati in **tabella 1**) e a pressioni maggiori corrispondono viscosità maggiori (**figura 4**).



**Figura 4.** Negli oli lubrificanti per motori la viscosità è una caratteristica importante: essa deve avere valori sufficientemente bassi da consentire lo scorrimento tra le parti meccaniche, ma anche sufficientemente alti da costituire una sorta di patina tra le stesse, che altrimenti striscerebbero tra loro surriscaldandosi eccessivamente.