



FUNZIONI

- Misurazione dei tempi di caduta di una sfera in una soluzione acquosa di glicerina in funzione della temperatura.
- Determinazione della viscosità dinamica e confronto con i dati di letteratura.
- Confronto della dipendenza dalla temperatura della viscosità dinamica con la relazione di Arrhenius-Andrade e determinazione dell'energia di attivazione.

SCOPO

Determinazione della viscosità dinamica di una soluzione acquosa di glicerina

RIASSUNTO

La viscosità dinamica è il fattore di proporzionalità che lega il gradiente di velocità allo sforzo di taglio applicato a un elemento fluido e rappresenta la resistenza allo scorrimento del fluido stesso. Per misurarla si può utilizzare un viscosimetro a sfera cadente, noto come viscosimetro di Höppler. Abbinato a un termostato a circolazione, esso consente anche di effettuare misurazioni in funzione della temperatura. Nell'esperimento, tali misurazioni avvengono in una soluzione acquosa di glicerina. La dipendenza dalla temperatura della viscosità viene descritta per mezzo della relazione di Arrhenius-Andrade.

APPARECCHI NECESSARI

Numero	Apparecchio	Cat. n°
1	Viscosimetro a sfera	1012827
1	Cronometro digitale	1002811
1	Termostato a circolazione/immersione (230 V; 50/60 Hz)	1008654 o
	Termostato a circolazione/immersione (115 V; 50/60 Hz)	1008653
2	Tubo di silicone 6 mm	1002622
1	Glicerina, 85 %, 250 ml	1007027
1	Imbuto	1003568
Ulteriormente consigliato:		
1	Set di 10 becher, forma bassa	1002872
2	Cilindro graduato, 100 ml	1002870
	Acqua distillata, 5 l	

2

BASI GENERALI

La viscosità di un fluido è riconducibile al legame reciproco fra le sue particelle. Più il legame è forte, più la mobilità delle particelle risulta ridotta. Affinché si manifesti un gradiente di velocità in un profilo di flusso, occorre pertanto la presenza di uno sforzo di taglio. Il fattore di proporzionalità fra il gradiente di velocità e lo sforzo di taglio rappresenta la resistenza allo scorrimento di un fluido ed è chiamato viscosità dinamica. I fluidi la cui viscosità dinamica non dipende dallo sforzo di taglio sono detti newtoniani.

La viscosità dinamica η della maggior parte dei fluidi diminuisce con l'aumentare della temperatura. Tale diminuzione è spesso spiegabile con la relazione di Arrhenius-Andrade.

$$(1) \quad \eta = \eta_0 \cdot \exp\left(\frac{E_A}{R \cdot T}\right)$$

E_A : energia di attivazione delle particelle del fluido
 T : temperatura assoluta

$$R = 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}: \text{costante universale dei gas}$$

Per misurare la viscosità dinamica si esamina di frequente il comportamento di una sfera che, sotto l'influsso della gravitazione, affonda nel fluido. La caduta della sfera è frenata dalla forza di attrito espressa dalla legge di Stokes

$$(2) \quad F_1 = \eta \cdot 6\pi \cdot r \cdot v$$

r : raggio della sfera.

La sfera affonda pertanto con una velocità costante v . L'influsso della forza di gravità è attenuato dalla spinta verso l'alto della sfera nel fluido:

$$(3) \quad F_2 = \frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot g$$

ρ_0 : densità della sfera
 ρ : densità del fluido esaminato
 g : accelerazione di caduta.

Dall'equilibrio tra le forze F_1 e F_2 risulta pertanto:

$$(4) \quad \eta = \frac{2}{9} \cdot r^2 \cdot g \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot \frac{t}{s}$$

s : tratto di misura,

t : tempo di caduta per il tratto di misura individuato.

In realtà, l'equazione (2) descrive la forza di attrito sulla sfera solo nei casi in cui il diametro del tubo di misura riempito con il fluido di prova sia sostanzialmente maggiore rispetto al diametro della sfera. Ciò richiederebbe tuttavia una grande quantità di fluido di prova. Nella pratica, per misurare la viscosità si usa quindi un viscosimetro a sfera cadente, noto come viscosimetro di Höppler, con un tubo di misura inclinato rispetto alla verticale in cui la sfera rotola e scivola lungo la parete del tubo. L'equazione per la determinazione della viscosità dinamica è in questo caso

$$(5) \quad \eta = t \cdot (\rho_0 - \rho) \cdot K$$

Il fattore di calibrazione K di ciascuna sfera fornita è indicato singolarmente dal produttore. Per evitare eventuali errori sistematici è possibile girare il tubo di misura e misurare il tempo di caduta anche nella fase di ritorno. Nell'esperimento è stata presa in esame glicerina comunemente reperibile in commercio, per l'esattezza si tratta di una soluzione acquosa con una percentuale di glicerina pari all'85% circa. L'utilizzo in forma diluita deriva

dal fatto che la glicerina pura presenta un grado di viscosità troppo elevato per molte applicazioni. La viscosità viene misurata in funzione della temperatura. A tale scopo, il viscosimetro a sfera cadente è collegato a un termostato a circolazione. Diluendo in maniera mirata la soluzione di glicerina con acqua distillata è altresì possibile esaminare la dipendenza dalla concentrazione della viscosità.

ANALISI

Un confronto della viscosità misurata con i dati di letteratura conferma i dati di calibrazione del produttore.

L'equazione (1) può essere riscritta nella forma

$$\ln \eta = \ln \eta_0 + E_A \cdot \frac{1}{R \cdot T}$$

Si rappresenta quindi graficamente $y = \ln \eta$ rapportato a $x = \frac{1}{R \cdot T}$ e si determina l'energia di attivazione E_A in base alla pendenza delle rette risultanti.

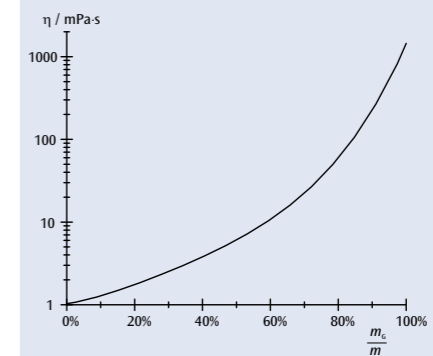


Fig. 1: Viscosità dinamica di una soluzione acquosa di glicerina a 20 °C in funzione della concentrazione in massa (dati di letteratura interpolati)

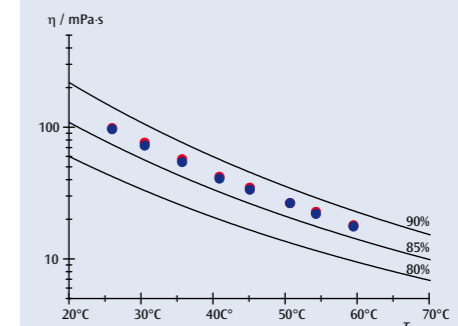


Fig. 2: Viscosità dinamica di una soluzione acquosa di glicerina in funzione della temperatura (confronto dei dati di misurazione e dei dati di letteratura interpolati)

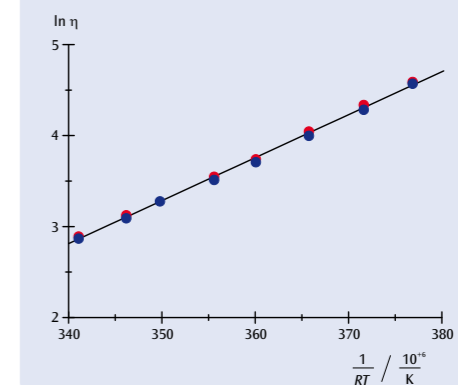


Fig. 3: Rappresentazione a conferma della relazione di Arrhenius-Andrade e per la definizione dell'energia di attivazione ($E_A = 47 \text{ kJ/mol}$)