

## Determinarea coeficientului de vâscozitate al lichidelor

### 1. Considerații teoretice

**Vâscozitatea** este generată de forța de adeziune dintre moleculele lichidului, e o forță de frecare internă din fluid. În mișcarea fluidului, tangent la straturile ce au viteze diferite, apar forțe de rezistență care au tendința să egaleze valorile vitezelor. Newton a dat expresia rezistenței dintre două straturi de fluid:

$$F = \eta \cdot S \cdot \frac{dv}{dx} \quad [\eta]_{SI} = N \cdot s / m^2 = kg / (m \cdot s) \quad (1)$$

unde:  $S$  – suprafața lor de contact,  
 $dv/dx$  – gradientul vitezei pe o direcție normală celei de curgere,  
 $\eta$  – **coeficientul de vâscozitate dinamică**,  $[\eta]_{SI} = N \cdot s / m^2$ .

Vâscozitatea se manifestă și la gaze, dar este mult mai evidentă la lichide. La creșterea temperaturii, valoarea coeficientului de vâscozitate,  $\eta$ , crește la gaze și scade puternic la lichide. În unele aplicații este util **coeficientul de vâscozitate cinematică**  $\nu$ , definit ca:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad [\nu]_{SI} = m^2 / s \quad (2)$$

$\rho$  fiind densitatea fluidului.

Pentru a măsura vâscozitatea unui lichid putem folosi **metoda lui Stokes**, adică măsurăm viteza limită de cădere a unei sfere în lichid. Asupra bilei de rază " $r$ " și densitate " $\rho_0$ " ce cade într-un vas cu lichid de densitate " $\rho$ " și coeficient de vâscozitate dinamică " $\eta$ " acționează forța de greutate  $G$ , forța arhimedică  $F_A$ , forța de rezistență (frecare) datorată vâscozității  $F_v$  și forța de rezistență dinamică  $F_d$  (neglijată de obicei).

Forța de rezistență asupra sferei din cauza vâscozității fluidului este dată de **legea lui Stokes**:

$$F_v = 6\pi\eta r v \quad (3)$$

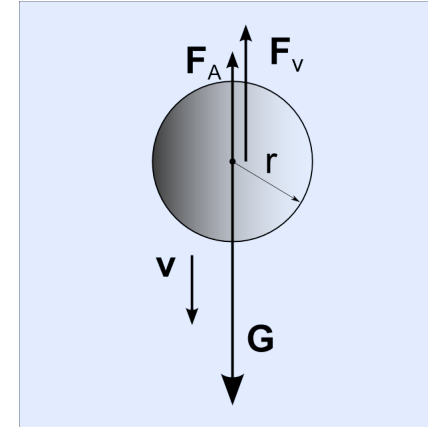
Forța de greutate o putem afla cunoscând masa sferei (sau raza sferei și deci volumul ei ( $4\pi r^3/3$ ) și densitatea materialului  $\rho_0$ ):

$$G = mg = \rho_0 V g = \rho_0 \frac{4\pi r^3}{3} g \quad (4)$$

Forța arhimedică este dată de relația:

$$F_A = \rho V g = 4\pi r^3 \rho g / 3 = \rho \frac{4\pi r^3}{3} g \quad (5)$$

obținută prin înmulțirea volumului de lichid dezlocuit (volumul sferei) cu densitatea lichidului,  $\rho$ , și cu accelerația gravitațională,  $g$ .



Forțele care acționează asupra bilei ce cade într-un lichid.

La atingerea vitezei limită greutatea este egalată de forța de rezistență și cea arhimedică, iar bila cade cu viteză constantă " $v_0$ ":

$$G = F_v + F_A \quad \Rightarrow \quad 4\pi r^3 \rho_0 g / 3 = 6\pi \eta r v_0 + 4\pi r^3 \rho g / 3 \quad (6)$$

Din această relație aflăm coeficientul de vâscozitate dinamică a fluidului:

$$\eta = 2g(\rho_0 - \rho)r^2 / (9v_0) = \frac{2g(\rho_0 - \rho)r^2}{9v_0} \quad (7)$$

Dacă luăm în considerare forța de rezistență dinamică (coeficientul aerodinamic al sferei este  $c_x = 0,5 = 1/2$ ):

$$F_d = 0,5 \pi r^2 \rho v_0^2 / 2$$

atunci relația pentru coeficientul de vâscozitate dinamică devine:

$$\eta = \frac{2g(\rho_0 - \rho)r^2}{9v_0} - \frac{\rho r v_0}{24}$$

$$\eta = 2g(\rho_0 - \rho)r^2 / (9v_0) - \rho r v_0 / 24 \quad (8)$$

