

1.4. Vâscozitatea

Vâscozitatea este proprietatea fluidelor de a se opune deformărilor **ce nu constituie reduceri ale volumului lor**, prin dezvoltarea unor eforturi unitare. Cele mai specifice sunt eforturile **tangențiale** și se dezvoltă între stratele de fluid aflate în mișcare relativă conform ipotezei lui Newton (**Fig.1.2**) :

$$F = A \cdot \mu \frac{v}{n} \quad \text{sau} \quad \tau = \mu \frac{dv}{dn}$$

- F - forța care deplasează placa de sus
- A - suprafața plăcii
- τ - efort unitar tangențial;
- μ - vâscozitatea dinamică;
- $\frac{dv}{dn}$ - variația vitezei perpendicular pe direcția de curgere.

Fluidele pentru care vâscozitatea dinamică nu depinde de variația vitezei (perpendicular pe direcția de curgere) se numesc **fluide newtoniene**.

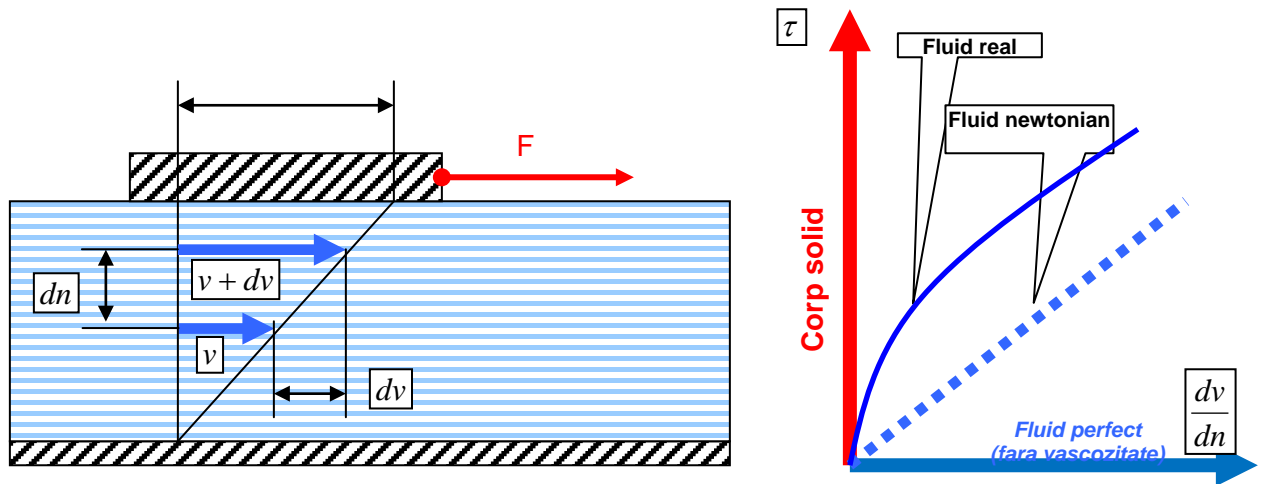


Fig.1.2. Experimentul lui Newton pentru vâscozitate, cu distribuția vitezei (a) și variația efortului unitar tangențial pentru un corp solid, fluid real, fluid newtonian și fluid perfect (b).

Ecuția dimensională a vâscozității dinamice este:

$$[\mu] = \frac{[\tau] \cdot [dn]}{[dv]} = \frac{F}{L^2} \cdot L \cdot \frac{T}{L} = F \cdot T \cdot L^{-2} = \frac{M}{L \cdot T}$$

iar unitățile de măsură uzuale sunt:

$$1 \text{ Pascal} \cdot \text{sec} = 1 \text{ Poiseuille} = 1 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \quad \text{sau în} \quad \frac{\text{dyne} \cdot \text{s}}{\text{cm}^2} \quad ; \quad 1 \frac{\text{dyne} \cdot \text{s}}{\text{cm}^2} = 1 \text{ poise} = 0,1 \text{ Pascal} \cdot \text{sec}$$

Vâscozitatea cinematică este definită ca raport între **vâscozitatea dinamică** și **densitate fluidului** iar ecuația dimensională este:

$$[\nu] = \frac{[\mu]}{[\rho]} = \frac{M}{L \cdot T} \cdot \frac{L^3}{M} = L^2 \cdot T^{-1}$$

și se exprimă în m^2 / sec sau cm^2 / sec , utilizându-se în mod frecvent unitatea de măsură $1 \text{ Stokes} = 1 cm^2 / \text{sec}$

Vascozitatea variază în funcție de tipul lichidului și cu temperatura (**Tabelul 1.3**).

Tabelul 1.3. Vascozitatea dinamică pentru lichide (după C. Mateescu, 1963)

Lichidul	Vascozitatea dinamică $10^6 \mu$ în $[kgf \cdot s / m^2]$						
	Temperatură $[^{\circ}C]$						
	0	10	20	30	40	50	60
Apă	182	133	102	-	66,5	-	47,9
Acetonă	40	36	33	30	27	25	-
Alcool etilic	181	149	121	102	84	72	80
Benzol	93	78	66	57	50	45	40
Fenol	-	-	1183	714	483	350	261
Mercur	12,7	-	11,9	-	-	-	10,6
Sulfură de carbon	44	40	37	35	33	-	-
Tetraclorură de carbon	138	115	99	86	76	66	60
Toluol	78	68	60	53	48	43	39
Xylol	93	81	70	62	55	50	45

Creșterea temperaturii determină la **lichide**, creșterea forțelor care întrețin agitația moleculară, o scădere a forțelor de coeziune și o **reducere a vâscozității** :

$$\nu = \nu_0 \cdot (1 + 0,0337 \cdot t + 0,000222 \cdot t^2)^{-1}$$

în care $\nu_0 = 0,0178 cm^2 / \text{sec}$ este vâscozitatea cinematică a apei la temperatura de zero grade Celsius.

Creșterea temperaturii determină la **GAZE** activarea schimbul de molecule dintre stratele de gaz în mișcare relative și conduce la o creștere a vâscozității:

$$\mu = \mu_0 \cdot \sqrt{1 + 0,003665 \cdot t \cdot (1 + 0,0008 \cdot t)^2}$$

în care $\mu_0 = 1,679 \cdot 10^{-5} \frac{kg}{m \cdot \text{sec}}$ indiferent de gaz și presiune.

Rezistența datorată vâscozității face ca **lichidele** în mișcare să se **încălzească**.
La creșterea presiunii până la 1500 at creșterea vâscozității dinamice este proporțională cu presiunea.

Măsurarea vâscozității lichidelor se face de regulă cu **vâscozimetrul Engler** care se bazează pe faptul că un volum de lichid se scurge dintr-un vas printr-un ajutor cilindric, într-un timp cu atât mai lung cu cât vâscozitatea lui este mai mare.

Dacă timpul necesar curgerii a 200 cm^3 de apă distilată la $20 \text{ }^\circ\text{C}$ este t_0 , iar cel necesar aceleiași cantități de lichid este t , numărul de grade Engler al vâscozității este:

$$E = \frac{t}{t_0}$$

1 grad ENGLER corespunde unei vâscozități cinematice $\nu = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{sec}$

Transformarea din grade Engler se face cu formule empirice (Ubbelohde)

- $10^6 \cdot \nu = 7,32 \cdot E - \frac{6,31}{E} \quad [\text{m}^2 / \text{sec}];$
- $10^6 \cdot \mu = \gamma \cdot \left(0,746 - \frac{0,643}{E} \right) \quad [\text{kgf} \cdot \text{sec} / \text{m}^2]$

Vâscozimetrul Engler dă rezultate numai pentru lichide cu vâscozitatea mai mare de $10^6 \cdot \nu = 1 \text{ m}^2 / \text{sec}$.

