

Pràctica 5

Propietats de fluids

1. Introducció.

En aquesta pràctica estudiarem algunes propietats dels fluids. En la primera part comprovarem l'efecte causat per la força d'empenyiment quan un cos sòlid, que inicialment es troba suspès en l'aire, es submergeix completament en aigua i mesurarem la densitat del material que constitueix el sòlid. En la segona part comprovarem el comportament dels fluids en moviment, amb l'ajuda d'una simulació.

2. Força d'empenyiment i càlcul de la densitat d'un material.

Per estudiar la força d'empenyiment sobre un cos sòlid de massa m completament submergit en aigua, el pengem amb un fil de massa negligible en un dinamòmetre. La seua lectura es correspon amb el pes del cos. És a dir, la força mesurada pel dinamòmetre ve donada per

$$F_1 = P = m g \quad (1)$$

on g representa l'acceleració de la gravetat. Si el volum del cos és V , i la seua densitat ρ , aleshores aquesta força es podrà expressar com

$$F_1 = \rho V g \quad (2)$$

Si ara, sense despenjar el cos del dinamòmetre, introduïm el cos a l'interior d'un recipient amb aigua, de manera que el submergim completament, la lectura del dinamòmetre canvia com a conseqüència que apareix una força d'empenyiment sobre el cos, igual al pes de volum d'aigua desallotjat per aquest. Aquesta força actua en sentit oposat a la força del pes. Així, la nova força mesura pel dinamòmetre serà

$$F_2 = P - E = \rho V g - \rho_o V g = V g (\rho - \rho_o) \quad (3)$$

on ρ_o representa la densitat de l'aigua. Combinant les equacions que ens donen les lectures del dinamòmetre abans i després de submergir el sòlid, obtenim

$$F_2 = \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho}\right) F_1 \quad (4)$$

Tenint en compte que $\rho_e = \rho / \rho_o$ és la densitat específica del sòlid que es submergeix (densitat relativa del sòlid respecte a la de l'aigua), podem escriure finalment

$$F_2 = \left(1 - \frac{1}{\rho_e}\right) F_1 \quad (5)$$

De manera que si posseïm diferents peces sòlides del mateix material i, per cada peça, anotem les corresponents lectures del dinamòmetre, abans (F_1) i després (F_2) de submergir-la en aigua, podrem obtenir la densitat específica ρ_e . Per a trobar el resultat realitzarem un ajust lineal,

$$F_2 = mF_1 \quad (6)$$

que ens donarà el valor del pendent m , a partir del qual podem calcular ρ_e ,

$$\rho_e = \left(\frac{1}{1-m}\right) \quad (7)$$

i per tant obtindrem la densitat del sòlid ρ .

3. Equació de Bernoulli

L'equació de Bernoulli expressa la conservació de l'energia en un fluid en moviment quan hi ha una variació d'altura respecte a un punt de referència i el fluid és incompressible, el flux estacionari i laminar, i la viscositat pot negligir-se. Aquesta equació estableix que per a un fluid de densitat ρ , la relació entre la pressió P , la velocitat v i l'altura h en dos punts diferents, 1 i 2, és la següent:

$$P_1 + \rho gh_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 = P_2 + \rho gh_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 \quad (8)$$

4. Procediment experimental

El material, per al primer apartat és:

- Dinamòmetre
- Vas de precipitats
- Termòmetre
- Suports mecànics i fil

- Peses metàl·liques del mateix material, però de diferent massa, del qual volem conèixer la densitat

Seguirem el següent procediment:

- Cal suspendre una peça del sòlid problema del dinamòmetre utilitzant un fil de massa negligible i anotar la força F_1 registrada pel dinamòmetre.
- A continuació, sense despenjar la peça del dinamòmetre i emprant d'un vas de precipitats ple d'aigua destil·lada, baixeu el suport que subjecta el dinamòmetre fins que la peça sòlida quede completament submergida en l'aigua. Anoteu la força F_2 resultant que registra el dinamòmetre. Amb un termòmetre mesureu la temperatura de l'aigua destil·lada.

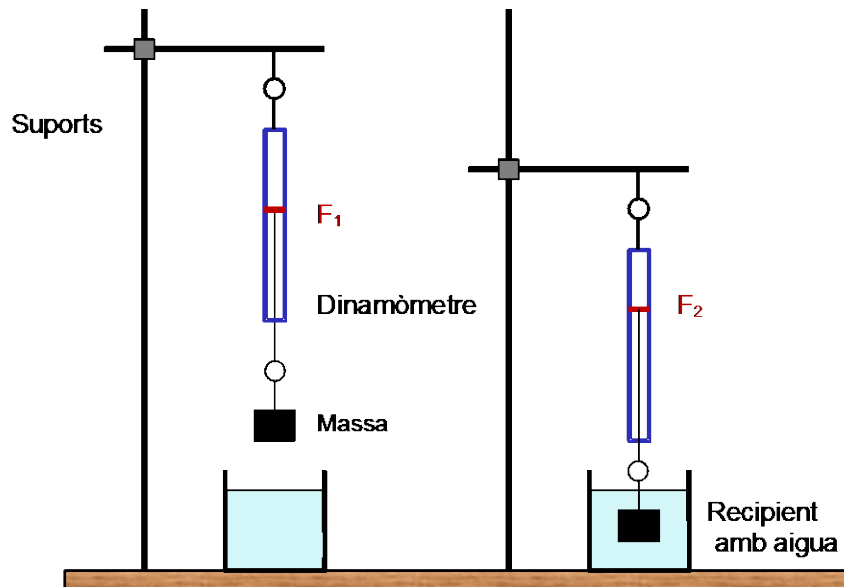


Fig. 1. Esquema del dispositiu experimental per estudiar la densitat d'un material sòlid.

- Repetiu les mesures anteriors amb la resta de les peces i determineu per a cadascuna d'elles la densitat específica. Calculeu el pendent m amb l'ajust lineal i a continuació calculeu el valor experimental de la densitat específica de material de què estan fetes les peces.
- Ara cal calcular la densitat absoluta del material. En primer lloc, utilitzant la taula següent que proporciona els valors de la densitat de l'aigua destil·lada a diferents temperatures, obteniu el valor de la densitat de l'aigua destil·lada emprada, a la temperatura del laboratori (interpolant el valor si és necessari). A partir d'aquest valor i de la densitat específica obteniu la densitat del material de què estan fetes les peces metàl·liques.

T ($^{\circ}\text{C}$)	0	5	10	15	20	25	30
ρ (g/cm^3)		0,9999	0,9997	0,9989	0,9982	0,9969	0,9957
η (cp)	1,7865	1,5138	1,3037	1,1369	1,0019	0,8909	0,7982
σ (din/cm)	75,7	75,0	74,2	73,5	72,5	72,0	71,2

Per al segon apartat, empreu la simulació que es pot trobar a

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/fluid-pressure-and-flow> i seguïu les següents instruccions:

- a) **Moviment parabòlic:** En la pestanya “Water tower”, ompliu el dipòsit d’aigua, connecteu la mànega (*hose*, en la versió en anglès) i posada a nivell de terra orienteu-la amb un angle donat. Podeu ajustar l’entrada d’aigua a la quantitat que es perd (*Match leakage*). Mesureu el vector velocitat de l’aigua a l’eixida de la mànega (el mòdul de la velocitat es determina amb un dels sensors de velocitat disponibles i l’orientació amb la cinta mètrica que pot mesurar l’angle a partir de mesures de longitud).

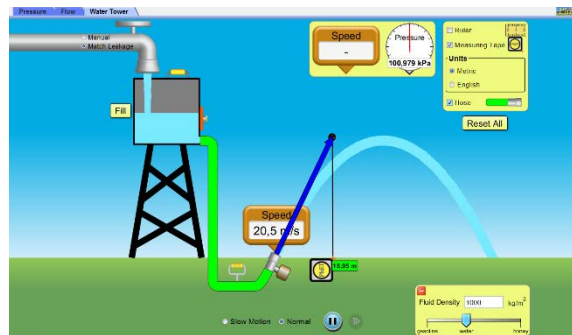


Fig. 2. Càlcul de l’altura màxima i de l’abast horitzontal.

Apliqueu les equacions cinemàtiques com si es tractara d’un tir parabòlic per calcular l’altura màxima i l’abast horitzontal i comproveu que els valor calculats es corresponen amb els mesurats en la simulació.

- b) **Pressió:** Per comprovar la relació $\Delta P = \rho g \Delta h$, tanqueu l’eixida d’aigua del dipòsit, i col·loqueu un sensor de pressió a la base del volum d’aigua i un altre en la part superior (aquest mesurarà la pressió atmosfèrica). Tingueu compte de la densitat del fluid simulat, i a mesura que s’ompli el dipòsit (podeu parar la simulació o retardar-la) prengueu la diferència d’altura entre el punt superior i inferior del volum d’aigua en cinc ocasions, per comprovar que en cadascuna d’elles es compleix la relació $\Delta P = \rho g \Delta h$.



Fig. 3. Mesura i comprovació de la diferència de pressions.

- c) **Velocitat d'eixida i abast horitzontal d'un dipòsit:** Ara, mentre es buida el dipòsit (tanqueu l'entrada i obriu l'aixeta d'eixida), en sis moments diferents, mesureu la velocitat a l'eixida amb un sensor, i mesureu també l'abast horitzontal. Per comprovar les dades, haureu de conèixer l'altura del volum d'aigua emmagatzemat en cada moment i l'altura de la torre, H . En aquest cas, la velocitat a l'eixida del dipòsit a partir de l'equació de Bernoulli s'expressa com a $v = \sqrt{2g(h_2 - h_1)}$, si considerem que la pressió en els punts inferior i superior és l'atmosfèrica, i que com l'eixida té un diàmetre menut, la velocitat de baixada del dipòsit és negligible. Respecte l'abast horitzontal del doll d'eixida, si considerem que les posicions horitzontals i verticals venen donades per $x = vt$, $y = H - gt^2 / 2$, i que per a la posició $y = 0$, $t = \sqrt{2H / g}$, concloem que $x = v\sqrt{2H / g}$.

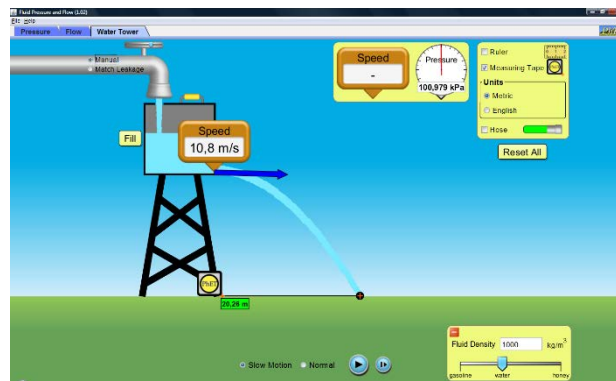


Fig. 4. Mesura i comprovació de la velocitat i de l'abast horitzontal a l'eixida d'un dipòsit.

En el vostre informe sobre la pràctica, d'aquest segon apartat, proporcioneu les mesures realitzades sobre la simulació i la comparació amb els càlculs teòrics explicats en els paràgrafs anteriors.

Podeu explorar també les altres pestanyes de la simulació: “Flux” i “Pressió”.