

-8-

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE UN SÓLIDO

OBJETIVO

Determinación de la densidad de sólidos por dos métodos:

- a) a partir de la medida del empuje que experimentan al ser sumergidos en líquidos de densidad conocida
- b) midiendo las dimensiones del sólido y calculando su volumen a partir de ellas.

MATERIAL

- Balanza hidrostática con caja de pesas y un cuerpo que será utilizado como tara
- Tres sólidos de diferente material
- Una probeta y agua destilada
- Un calibre

FUNDAMENTO FÍSICO

Según el principio de Arquímedes: *todo cuerpo sumergido en un fluido, experimenta un empuje vertical, E , de igual magnitud, pero de sentido opuesto al peso del fluido que desaloja dicho cuerpo.*

El volumen del sólido sumergido puede escribirse como $V_{sol}=m_{sol}/\rho_{sol}$, siendo ρ_{sol} la densidad del cuerpo y m_{sol} su masa. El empuje E que actúa sobre el cuerpo vendrá dado por:

$$E = V_{sol} \rho_{liq} g = \frac{\rho_{liq}}{\rho_{sol}} m_{sol} g$$

donde ρ_{liq} es la densidad del líquido y g la aceleración de la gravedad.

MÉTODO

1. Calibración de la balanza

El objetivo de la calibración es reducir los errores sistemáticos, y es por tanto una parte fundamental del proceso de medida.

Para calibrar la balanza se coloca sobre el platillo que no tiene gancho un cuerpo (denominado tara) que mantendremos sobre dicho platillo durante todo el experimento. La masa de esta tara ha de ser mayor que la de cualquiera de los sólidos que vamos a utilizar.

A continuación, colocamos pesas en el platillo que contiene el gancho y el alambre (sin suspender ningún cuerpo) hasta lograr el equilibrio de la balanza. Llamaremos *masa de calibración*, m_{cal} , a la masa con la que se consigue el equilibrio. Determinamos así que la balanza se equilibra aplicando una fuerza $m_{cal} g$ sobre el platillo con el gancho. Este será el punto de referencia para el resto de las medidas.

Detalle práctico: la rueda central sirve para subir la balanza y que quede en suspensión. (Truco: cuando está cerca del equilibrio la balanza oscila, para parar las oscilaciones es buena idea usar la rueda central para bajar la balanza y luego volverla a subir)

2. Determinación de la masa del cuerpo

Para determinar la masa de cada uno de los sólidos problema lo suspendemos del alambre. Para conseguir el equilibrio de la balanza será necesario colocar pesas, cuya masa m_1 sea tal que se cumpla la relación:

$$m_{cal} g = m_1 g + m_{sol} g \quad [2]$$

Por tanto la masa del sólido problema, m_{sol} , es:

$$m_{sol} = m_{cal} - m_1 \quad [3]$$

3. Determinación del empuje y de la densidad del sólido con la balanza

Para determinar el empuje E del fluido sobre el cuerpo, colocamos de nuevo el cuerpo suspendido del alambre y totalmente sumergido en el agua destilada que habremos colocado previamente en la probeta. El cuerpo no debe tocar ni las paredes ni el fondo. En estas circunstancias, el equilibrio se logra con una nueva pesada colocando pesas de masa m_2 . Como el empuje es una fuerza, ahora escribimos la ecuación de equilibrio utilizando los pesos del sólido, tara y masa de calibración:

$$m_{cal} g = m_2 g + m_{sol} g - E \quad [4]$$

Usando las ecuaciones [2] y [3] obtenemos el empuje:

$$E = m_2 g - m_1 g \quad [5]$$

La densidad del sólido se obtiene despejándola en la ecuación [1] y utilizando [3] y [5]:

$$\rho_{sol} = \frac{m_{sol} g}{E} \rho_{liq} \quad [6]$$

$$\rho_{sol} = \frac{m_{cal} - m_1}{m_2 - m_1} \rho_{liq} \quad [7]$$

La densidad del líquido utilizado en nuestro caso es la del agua, cuyo valor para la temperatura ambiente del laboratorio puede encontrarse en la tabla 1 del anexo.

4. Determinación de la densidad del sólido calculando su volumen

Otro método para calcular el volumen del sólido es medir sus dimensiones. Utilícese para ello el calibrador, *haciendo uso del nonius de dicho instrumento*. Obtener la densidad de cada uno de los sólidos problema como cociente entre sus respectivas masas (medidas en el punto 1) y los volúmenes calculados a partir de las dimensiones de los cuerpos.

RESULTADOS EXPERIMENTALES.

IMPORTANTE: Antes de abandonar el laboratorio el alumno debe mostrar al tutor el resultado del apartado (1)

- 1) Calcular la densidad del agua a la temperatura del laboratorio interpolando en la tabla 1. Determinar la incertidumbre en la densidad derivada de la incertidumbre en la temperatura. Para estimar esta última hay que tener en cuenta que la temperatura del laboratorio puede variar a lo largo de la realización de la práctica.
- 2) Obtener la masa de cada cuerpo con su incertidumbre. Si sólo se realizan las pesadas una vez, la incertidumbre se evalúa a partir de la precisión de la balanza, mínima pesa con la que se consigue una desviación apreciable del fiel en el limbo graduado.
- 3) Determinar las correspondientes densidades (medida indirecta), utilizando la expresión (7). Hallar las incertidumbres que dependen de las calculadas en el apartado anterior y de la incertidumbre en la densidad del agua a la temperatura del experimento.
- 4) Considerando los cuerpos como objeto cilíndrico perfectos, medir su radio y su altura con el calibre (precisión $\cong 1/20$ mm). Hallar su volumen con su incertidumbre. Determinar la densidad de cada sólido a partir del volumen y de la masa obtenida en el apartado (1). Calcular su incertidumbre.
- 5) A partir de los datos de los apartados anteriores comparar la precisión obtenida por los dos métodos comparando las incertidumbres relativas.
- 6) ¿Cuál de los dos métodos ha resultado más preciso en este caso? ¿Y más general? ¿Alguno de los cuerpos podría flotar en el agua?

TABLA I

Densidad del agua destilada en función de la temperatura.

T(° C)	ρ (g/cm ³)	T (° C)	ρ (g/cm ³)
0	0,9998	45	0,9902
5	1,0000	50	0,9881
10	0,9997	55	0,9857
15	0,9991	60	0,9832
20	0,9982	65	0,9806
25	0,9970	70	0,9778
30	0,9956	75	0,9749
35	0,9941	80	0,9718
40	0,9922		