

DEMO 92 Balanza hidrostática con dinamómetro- densidad de sólidos

Autor/a de la ficha	Juan Carlos Jiménez
Palabras clave	Densidad, empuje, principio de Arquímedes, peso aparente
Objetivo	Estimar la densidad de un objeto a partir de la diferencia entre su peso en aire (peso real) y su peso en un determinado fluido (peso aparente)
Material	Recipiente de plástico. Dinamómetro. Agua. Objeto problema (aluminio).
Tiempo de Montaje	Nulo

Descripción

La balanza hidrostática es una balanza con la que se mide el empuje que un fluido ejerce sobre un cuerpo inmerso en él, basándose en el principio de Arquímedes, permitiendo determinar la densidad de ese cuerpo. Esta balanza hidrostática es muy simple ya que utiliza un dinamómetro que mide el peso aparente del cuerpo que pende de él cuando se introduce en el agua.

En primer lugar se pesa el objeto con el dinamómetro (peso en aire). A continuación se introduce el objeto (debe quedar totalmente sumergido) colgado del dinamómetro en el recipiente lleno con agua. Se puede observar como el peso será menor (peso aparente) debido al empuje. Con estas dos medidas se puede determinar la densidad del objeto:

$$P_{\text{aire}} = m_c g = \rho_c V_c g \quad ; \quad E = m_f g = \rho_f V_f g$$

$$P_{\text{aparente}} = P_{\text{aire}} - E = \rho_c V_c g - \rho_f V_c g \quad (V_f = V_c)$$

$$\frac{P_{\text{aire}}}{E} = \frac{P_{\text{aire}}}{P_{\text{aire}} - P_{\text{aparente}}} = \frac{\rho_c}{\rho_f} \equiv \rho_{\text{especifica}} \Rightarrow \rho_c = \left(\frac{P_{\text{aire}}}{P_{\text{aire}} - P_{\text{aparente}}} \right) \rho_f \Rightarrow \rho_c = \frac{P_{\text{aire}}}{E} \rho_f$$

donde los subíndices 'c' y 'f' hacen referencia al cuerpo y al fluido respectivamente. Como se considera que $V_f = V_c$, el objeto debe estar totalmente sumergido. El cociente entre P_{aire} y $(P_{\text{aire}} - P_{\text{aparente}})$ proporciona directamente la densidad específica, que es la densidad del cuerpo con respecto a la densidad del fluido considerado (agua en este caso, que al ser su densidad próxima a la unidad en g/cm^3 , obtenemos que el cociente entre peso en aire y empuje es prácticamente la densidad del cuerpo en g/cm^3).

Para analizar con mayor detalle los resultados obtenidos, se puede realizar el cálculo de errores. Para el objeto problema incluido en la demo, se han realizado las siguientes medidas y se han obtenido los siguientes resultados:

$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{aire}} = (2.6 \pm 0.1) N \\ P_{\text{agua}} = (1.7 \pm 0.1) N \\ E = P_{\text{aire}} - P_{\text{agua}} = (0.90 \pm 0.14) N \\ \rho_{\text{agua}, 25^\circ\text{C}} = (0.99701 \pm 0.00001) N \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \varepsilon_r(\rho_{\text{objeto}}) = \sqrt{\varepsilon_r^2(P_{\text{aire}}) + \varepsilon_r^2(E) + \varepsilon_r^2(\rho_{\text{agua}})} \\ \rho_{\text{objeto}} = (2.9 \pm 0.2) \text{ g/cm}^3 \end{array} \right.$$

Como el error relativo de la densidad del agua (obtenida a partir de valores tabulados) es del 0.001%, su contribución es

prácticamente despreciable. El error relativo de Paire es del 3.8%, mientras que el del empuje es del 15.7%. Por tanto, cuanto mayor sea el empuje que experimenta el objeto, menor será el error final de su densidad. En este caso se ha obtenido un error relativo para la densidad del objeto del 7%. También se podría reducir el error de la densidad realizando medidas con un dinamómetro de mayor sensibilidad.

El recipiente de plástico utilizado para realizar la medida en agua viene graduado en volumen, si bien sólo incluye incrementos (sensibilidad) de 50 ml. Calculando la masa del objeto ($m = P_{\text{aire}}/g$) y a partir del volumen de agua desalojado por el objeto cuando se sumerge en agua, es posible calcular también la densidad. En este caso obtenemos:

$$\left. \begin{array}{l} P_{\text{aire}} = (2.6 \pm 0.1)N \\ g = (9.82 \pm 0.01) m/s^2 \\ m = P_{\text{aire}}/g = (265 \pm 10)g \\ V = (100 \pm 20)ml \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \varepsilon_r(\rho_{\text{objeto}}) = \sqrt{\varepsilon_r^2(m) + \varepsilon_r^2(V)} \\ \rho_{\text{objeto}} = (2.6 \pm 0.5) g/cm^3 \end{array}$$

Con estas medidas el error relativo de la densidad del objeto asciende al 20%, principalmente debido al gran error que tenemos en la medida del volumen (se ha considerado una sensibilidad de aproximadamente la mitad de la graduación que tiene el recipiente). En este caso, con una balanza de mayor precisión y, sobre todo, con una probeta graduada de mayor sensibilidad, sería posible disminuir considerablemente el error.

La **densidad del aluminio es de 2.7 g/cm³**, por lo que los valores anteriores son compatibles dentro del margen de error.

<p>Comentarios y sugerencias</p>	<p>-La idea básica es que a partir de dos medidas con un dinamómetro (peso en aire y peso con objeto sumergido en agua), se obtiene la densidad de un objeto sin necesidad de conocer su volumen. Dependiendo del tiempo disponible, se puede dedicar tiempo al cálculo de errores, o bien saltarse este paso.</p> <p>-Se puede utilizar otro líquido de distinta densidad para observar que el valor de la densidad del objeto es el mismo pero su peso aparente cambia en función del fluido utilizado. De hecho a partir del peso en aire y de los dos pesos aparentes (por ejemplo en agua y alcohol) es posible calcular tanto la densidad del cuerpo como la del otro fluido.</p> <p>-Esta demo está relacionada con la Demo 36 (Balanza hidrostática de Mohr), que se aconseja abordar a continuación.</p>
<p>Advertencias</p>	<p>El cuerpo debe quedar totalmente sumergido (sin tocar paredes laterales y ni el fondo del recipiente).</p>