

Método de Arquímedes para determinar densidades. Análisis gráfico de resultados experimentales.

J Falco, I Franceschelli y M Maro
jfalco11@hotmail.com, ignabj@hotmail.com, elpombero@mixmail.com
Introducción a la Ecología - 1er Cuatrimestre 2001
Universidad de San Andrés

Resumen. A partir del principio de Arquímedes se calcularon densidades de diferentes cuerpos. Incorporando el concepto de densidad característica de las sustancias puras, pudimos predecir la composición de un objeto.

Palabras clave: principio de Arquímedes, densidad característica, fuerza de empuje.

Arquímedes buscando descubrir una forma de medir la densidad de los cuerpos descubrió el siguiente principio:

“Todo cuerpo sumergido en el seno de un fluido, sufre una fuerza ascendente (empuje) cuyo valor es igual al peso del fluido desalojado por el cuerpo.”

Precisamente al sumergir un cuerpo en un vaso de agua, el agua ejercerá un empuje sobre el cuerpo. Si recordamos la tercera ley de Newton (acción y reacción) podremos determinar que entonces el cuerpo reaccionará sobre el agua con idéntica fuerza y sentido contrario. Si colocamos el vaso de agua sobre una balanza, podremos medir el mE -exceso de masa que la balanza registra, cuando se introduce el cuerpo en el agua.

El método de Arquímedes esta vinculado al cálculo de la densidad de diversos objetos que se encuentran en la naturaleza. La densidad se define como la masa por unidad de volumen y es una propiedad intensiva de los cuerpos, a saber, que no depende de la cantidad de materia de los mismos. Cada elemento de la naturaleza tiene una densidad que le es característica y única.

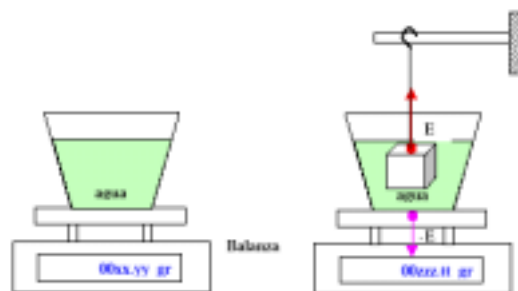


Fig.1. Describe el diseño experimental adoptado para llevar a cabo ambos experimentos.

Comprobación experimental del Principio de Arquímedes:

Para realizar las mediciones utilizamos una balanza electrónica de alta sensibilidad (0,01 g); sobre ella colocamos un vaso con agua y calculamos su masa. Luego, taramos la balanza y sumergimos gradualmente un cilindro metálico de 15 cm de largo por 1,4 cm de radio y medimos a ciertos niveles de inmersión del mismo la variación de mE que mostraba la balanza. Con los datos obtenidos realizamos un gráfico de la fuerza de empuje (mE que reflejaba la balanza) en función del volumen sumergido (Fig.1.).

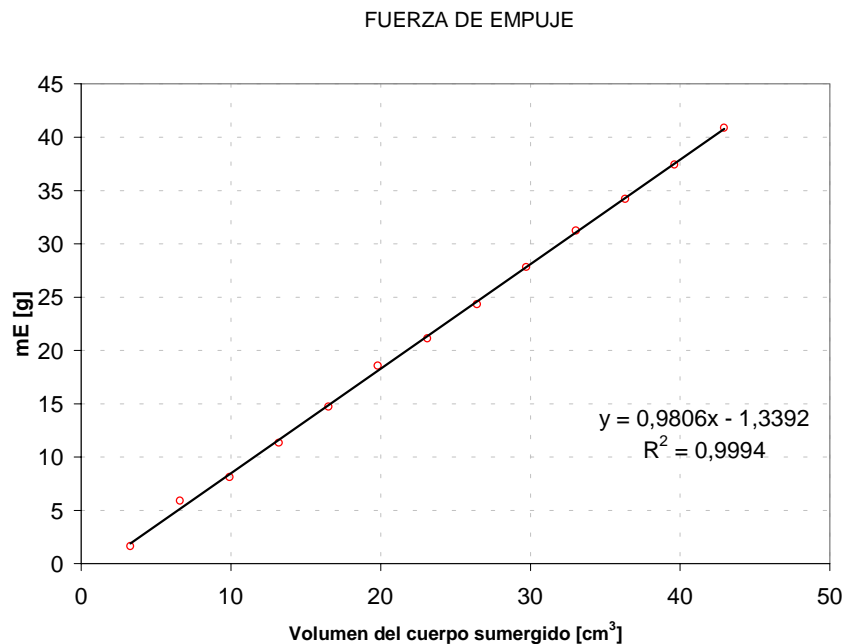


Figura 1. Representa mE (Empuje/gravedad) en función del volumen del cilindro sumergido en el vaso de agua.

El incremento del empuje mostrado por la balanza, es una consecuencia de la tercera ley de Newton. Justamente, el tener un vaso de agua sobre la balanza y al sumergir un objeto en él, el agua ejercía un empuje (E) sobre el cuerpo de manera tal que este último reaccionaba con una fuerza igual y opuesta sobre el agua, por lo que el valor que reflejaba la balanza era equivalente a mE.

$$E = m_E \cdot g$$

A partir de la figura 1 podemos decir que la relación entre el mE y el volumen del sólido sumergido es directamente proporcional; lo que quiere decir que cuanto mayor sea la longitud del cilindro dentro del agua, más grande será el valor de la fuerza de empuje que indicará la balanza.

$$E = V_{\text{cuerpo}} \cdot \rho_{\text{agua}} \cdot g$$

$$m_E = V_{\text{cuerpo}} \cdot \rho_{\text{agua}}$$

En la figura 1, hemos graficado precisamente la mE en función del volumen del cuerpo (Masa del cuerpo / densidad del cuerpo) quedando determinada una función lineal, con

una recta cuya pendiente es de $0,98 \text{ g/cm}^3$, valor que coincide con la densidad del agua (1 g/cm^3).

Determinación de densidades de distintos objetos

Para llevar a cabo las mediciones utilizamos una balanza electrónica de alta sensibilidad. Para realizar los experimentos usamos un cuerpo más pesado que el agua, medimos en primer lugar su masa en aire (M_{cuerpo}). Luego, colocamos en el plato de la balanza un vaso de agua, donde pudimos sumergir todo el cuerpo sin producir derramamiento de agua. Posteriormente, taramos la balanza (la pusimos en cero en el estado de carga dado). Introducimos el cuerpo en el agua y determinamos el valor del empuje del agua (M_e) según el principio de Arquímedes.

$$m_E = V_{\text{cuerpo}} \cdot \rho_{\text{agua}} = \frac{m_{\text{cuerpo}}}{\rho_{\text{cuerpo}}} \cdot \rho_{\text{agua}} \quad (2)$$

De esta ecuación se deduce que:

$$\rho_c = \frac{M_c}{M_e} \cdot \rho_a \quad (3)$$

Una vez comprendidas estas relaciones, nos dispusimos a determinar las densidades de distintos objetos. En primera instancia, analizamos la composición de un anillo de oro. En este caso particular resultó que la densidad era igual a $16,32 \text{ g/cm}^3$. La densidad del oro puro es de $19,32 \text{ g/cm}^3$ según las tablas, por lo tanto, podemos deducir que el anillo al cual le calculamos su densidad, no posee un 100 % de oro puro. Suponiendo que este cuerpo es una alineación binaria de estaño y oro, concluimos que este anillo está compuesto por un 71 % de oro y un 29 % de estaño.

De la misma manera se estudiaron las densidades de otros objetos tales como: madera, ladrillo, roca, cemento, aluminio, bronce y plomo. Con aquellos materiales que son menos densos que el agua, utilizamos una pedazo de alambre para mantenerlos sumergidos y así poder calcular el empuje de estos cuerpos. Los resultados se pueden ver en la siguiente tabla:

Material	Masa (g)	Me (g)	Densidad (g/cm^3)	Tablas (g/cm^3)
Madera	19,98	39,9	0,50	
Ladrillo	8,04	3,67	2,19	
Cemento	21,59	9,67	2,23	
Roca	14,07	5,2	2,71	
Aluminio	108,3	38,99	2,78	
Bronce	60,6	6,3	9,62	
Plomo	127	11,53	11,01	
Anillo	3,92	0,24	16,33	

Observamos que los resultados obtenidos coinciden bien con los valores de tabla.

Conclusión

A partir de la comprensión del principio de Arquímedes y de la aplicación de la tercera ley de Newton pudimos obtener las densidades de diversos objetos. Al haber comprendido las relaciones subyacentes a las variables en cuestión –fuerza de empuje, masa del cuerpo, densidad del cuerpo y densidad del agua- pudimos entender cual es el fenómeno que se encuentra tras la medición de densidades.

Finalmente, al tener en cuenta que la densidad es una magnitud intensiva, y al considerar que cada sustancia pura tiene una densidad característica, pudimos comprender el potencial del principio de Arquímedes para comprobar de que elementos o de qué sustancia esta hecho un cuerpo.

Bibliografía

1. *Física re-Creativa* - S. Gil y E. Rodríguez - Prentice Hall - Buenos Aires 2001