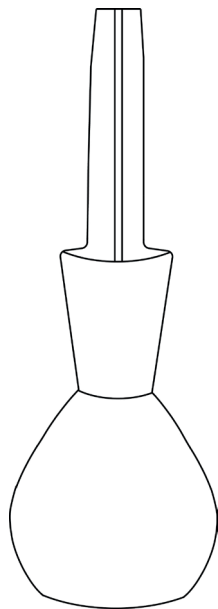


DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LÍQUIDOS

4



INTRODUCCIÓN

La densidad es la magnitud escalar que expresa la cantidad de materia de una sustancia contenida en un determinado volumen. Las letras o símbolos más comúnmente utilizados para su representación son la letra d minúscula, D mayúscula y la letra griega ρ (ρ).

La densidad depende de la presión y de la temperatura del sistema. Cuando la presión aumenta la densidad también lo hace. Respecto a la temperatura, dado que la mayor parte de los materiales se expanden al ser calentados, la densidad tenderá a descender ya que aumenta el volumen pero si desciende la temperatura aumenta su densidad. Una excepción notable la constituye el agua en el intervalo de 0 a 4 °C.

La determinación experimental de la densidad se realiza a partir de dos propiedades directamente observables que son la masa y el volumen, propiedades extensivas, y la relación de éstas genera una propiedad intensiva. Esto significa que la densidad de un sistema, sustancia o lote de un producto homogéneo, será la misma en cualquier parte del sistema. Es importante recordar la diferencia entre masa y peso. La masa es la cantidad de materia en un objeto. El peso es la fuerza sobre un objeto debida a la gravedad (g). El vector g se denomina campo gravitatorio terrestre y es la fuerza por unidad de masa, ejercida sobre cualquier objeto; cerca de la superficie terrestre tiene el valor de 9.81 m/s^2 (Hewitt, P. G., 2002).

La constante g varía con el lugar, por lo tanto, a diferencia de la masa, el peso no es una propiedad intrínseca del cuerpo. (Allen, P., et al, 2014).

La densidad se utiliza como un criterio para caracterizar compuestos y es una determinación física básica que se realiza en los controles de calidad en laboratorios farmacéuticos y empresas del área química.

DENSIDAD ABSOLUTA

La densidad absoluta es la que se expresa en dimensiones de unidades de masa entre el volumen de la sustancia, por lo tanto se calcula de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

- ρ Densidad absoluta de una sustancia
- m Masa de la sustancia
- V Volumen ocupado por la masa m

Las unidades en que se representa la densidad absoluta (Olmo, G., 2015, p.56.) son:

Sistema internacional (SI): kg/m^3

Sistema cegesimal (CGS): g/cm^3

Sistema inglés: lb/ft^3

Sistema técnico: g/mL

DENSIDAD RELATIVA

La densidad relativa es una magnitud adimensional que relaciona la densidad absoluta de un líquido con respecto a la densidad absoluta de una sustancia de referencia (agua destilada).

$$\rho_r = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

- ρ_r Densidad relativa de la sustancia, con respecto al agua
- ρ_1 Densidad absoluta del líquido
- ρ_2 Densidad absoluta del agua (sustancia de referencia)
- T_1 Temperatura del líquido
- T_2 Temperatura del agua

De la definición de densidad relativa, se puede desarrollar la Ecuación 7, siempre y cuando las determinaciones se hagan exactamente en el mismo picnómetro, lo que implica que el volumen sea exactamente el mismo.

En otras palabras, la densidad relativa puede expresarse como relación de las masas de dos sustancias (Shriner R.L., 2013).

$$\rho_r = \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{m_{\text{sus}}/V}{m_{\text{agua}}/V} = \frac{m_{\text{sus}}}{m_{\text{agua}}} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

- ρ_r Densidad relativa del líquido, con respecto al agua, a una temperatura T
- m_{sus} Masa de la sustancia medida
- m_{agua} Masa de la sustancia de referencia (agua destilada).
- V Volumen

A nivel laboratorio, la densidad puede determinarse usando diferentes instrumentos, uno de los más comunes es el picnómetro.

El picnómetro es un recipiente en donde se pesa el volumen de un líquido, empleando una balanza analítica con una precisión de $\pm 0.0001 \text{ g}$.

Los picnómetros se clasifican en calibrados y no calibrados. Los picnómetros calibrados usados comúnmente en el laboratorio son los Gay Lussac, los cuales tienen un certificado de calibración con un volumen específico que puede ser de

10, 25, 50 y 100 mL, la Figura 12a muestra un picnómetro calibrado de 10 mL vacío y la 12b el picnómetro lleno. La utilidad de los picnómetros calibrados radica en que contienen exactamente la medida que el fabricante especifica y que, a diferencia de las pipetas, buretas, matraces volumétricos, entre otros, no tienen un $\pm$ de precisión, y además cumplen los estándares internacionales de volumen.

Existen los picnómetros Gay Lussac con termómetro y capilar lateral que tienen como ventaja la medición de temperatura, tales picnómetros también cuentan con un certificado de calibración con volúmenes que puede ser de 5, 25 y 50 mL.

Dentro de los picnómetros no calibrados, se encuentran los comerciales y de fabricación en talleres de vidrio, se utilizan para realizar determinaciones a nivel semi y micro escala, por sus bajas capacidades de volumen.

En la Figura 13 se muestra un picnómetro comercial Pyrex de 2 mL y en la Figura 14 un picnómetro realizado en un taller de vidrio que requiere una mínima cantidad de muestra, el cual llamaremos picnómetro en W.



Fig. 12a. Picnómetro calibrado vacío.

Fotografía de Mayte Castro y Carla Miranda



Fig. 12b. Picnómetro calibrado lleno.

Fotografía de Mayte Castro y Carla Miranda



Fig. 13. Picnómetro Pyrex de 2 mL.

Fotografía de Mayte Castro y Carla Miranda

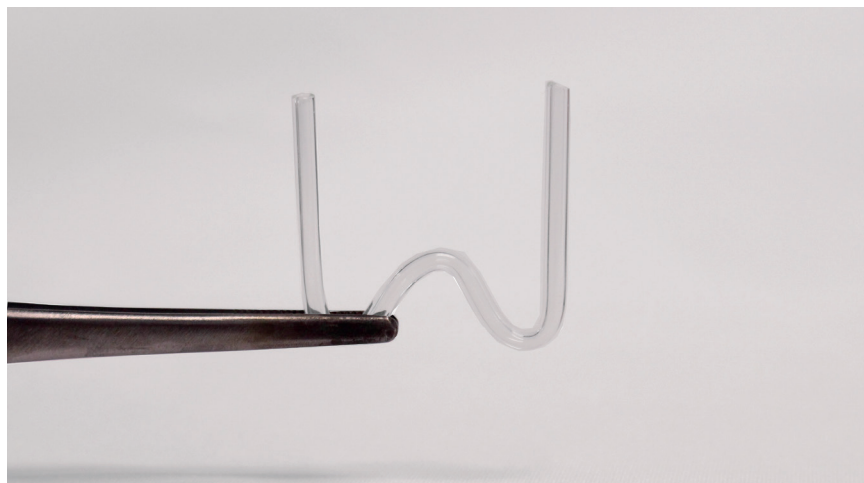


Fig. 14. Picnómetro en W.
Fotografía de Mayte Castro y Carla Miranda

MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA DE UNA SUSTANCIA

Por ser un método utilizado a escala micro en el laboratorio, se presenta a continuación un ejemplo del uso del picnómetro en W para la determinación de densidad.

MATERIALES	EQUIPO
1 Picnómetro W 1 Jeringa hipodérmica de 5mL 1 Un soporte para sostener el picnómetro) 1 Paño para secar 1 Par de guantes de látex o nitrilo	Balanza analítica de precisión $\pm 0.0001 \text{ g}$

Se trabaja con 5 compuestos orgánicos realizando 3 repeticiones de cada determinación, los resultados se presentan en la Tabla 10.

Recordar que para el cálculo se utiliza la Ecuación 7, por lo que solo se requiere determinar la masa del agua destilada y la masa de la muestra, **para cada compuesto se utiliza exactamente el mismo picnómetro, para garantizar que los volúmenes son los mismos y por lo tanto la Ecuación 7 es válida.**

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL:

- Lavar el picnómetro con agua y detergente líquido, utilizando una jeringa y enjuagar con agua destilada.
- Secar el picnómetro con aire o con algún disolvente como etanol, acetona o estufa, pesarlo.
- Llenar el picnómetro con agua destilada, apoyándose con una jeringa hipodérmica hasta el enrase del capilar (ver Figura 15). Cuidar que no haya exceso de agua destilada en los extremos del capilar. Limpiar el líquido remanente que reboza sobre el capilar.
- Pesar en la balanza analítica el picnómetro con el agua destilada, utilizando un soporte para sostener el picnómetro, Fig. 16. y registrar el valor de la masa: m_{agua}
- Vaciar el agua del picnómetro, lavarlo con acetona y secarlo antes de llenarlo con la sustancia.
- Llenar el picnómetro con la sustancia, apoyándose con una jeringa hipodérmica, hasta el enrase del capilar, Fig. 15. Llenar con cuidado y lo más rápido que se pueda para evitar la pérdida de muestra, en el caso de muestras volátiles, cuidar que no haya exceso de sustancia en los extremos del capilar. Limpiar el líquido remanente que reboza sobre el capilar.
- Pesar en la balanza analítica el picnómetro con la sustancia problema y registrar el valor de la masa: m_{sus} , Fig. 16.



Fig. 15. Llenado del Picnómetro en W.
Fotografía de Mayte Castro y Carla Miranda

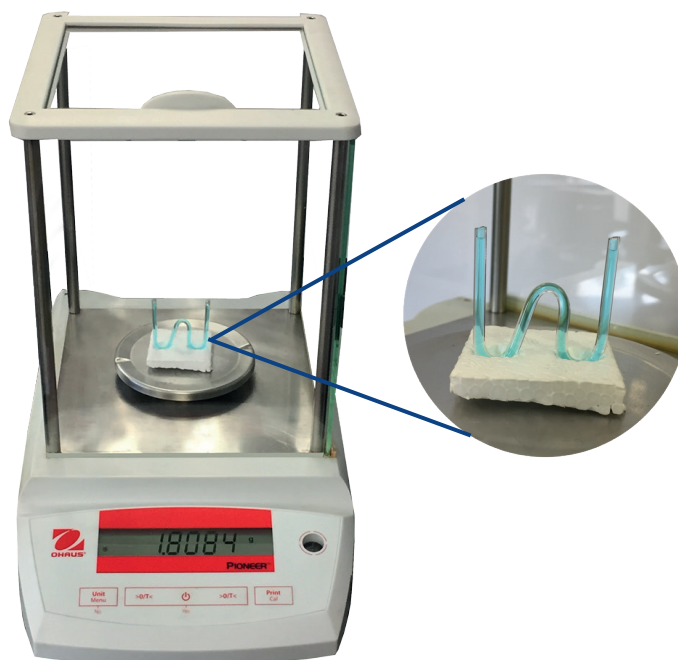


Fig. 16. Pesado de la sustancia problema con el picnómetro en W.
Fotografía de Mayte Castro y Carla Miranda

Utilizar guantes de látex o nitrilo durante todas las determinaciones, para impedir la contaminación del picnómetro y evitar que la muestra se dilate o se evapore y así garantizar un aforo correcto.

El procedimiento anteriormente descrito es el que se utiliza para cualquier tipo de picnómetro, considerando que para picnómetros de volúmenes mayores éstos se pueden secar en estufa y posteriormente colocar en un desecador hasta que alcancen la temperatura ambiente.

A continuación se presentan ejemplos de la determinación de la densidad relativa de 5 compuestos orgánicos. Los resultados experimentales a la temperatura de trabajo de 20 °C, se presentan en la Tabla 10.

TABLA 10		DATOS EXPERIMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA			
COMPUESTO	MUESTRA	MASA DEL PICNÓMETRO VACÍO g	MASA DEL PICNÓMETRO + AGUA g	MASA DEL PICNÓMETRO + COMPUESTO g	DENSIDAD RELATIVA EXPERIMENTAL
TOLUENO	1	1.0640	1.2523	1.2262	0.8614
	2		1.2526	1.2263	0.8606
	3		1.2510	1.2264	0.8684
METANOL	1	1.0847	1.2816	1.2394	0.7857
	2		1.2808	1.2390	0.7868
	3		1.2827	1.2388	0.7783
HEXANO	1	1.3963	1.6486	1.5603	0.6500
	2		1.6469	1.5600	0.6532
	3		1.6490	1.5608	0.6510
ACETATO DE ETILO	1	1.3319	1.5550	1.5370	0.9033
	2		1.5555	1.5300	0.9032
	3		1.5553	1.5370	0.9037
ACETONA	1	1.0636	1.2516	1.2114	0.7862
	2		1.2526	1.2118	0.7841
	3		1.2525	1.2123	0.7872

Ejemplo de cálculo, de acuerdo a la Ecuación 7, utilizando metanol, ensayo 1.

$$m_{\text{sus}} = 1.2394 - 1.0847 = 0.1547$$

$$\rho = 0.1547 / 0.1969 = 0.7857$$

$$m_{\text{agua}} = 1.2816 - 1.0847 = 0.1969$$

La densidad relativa del metanol con respecto al agua a 20 °C se expresa como:

$$\rho_{20}^{20} = 0.7857$$

La Tabla 11 presenta los resultados promedio para los cinco compuestos, y el valor reportado, así como la desviación estándar.

TABLA 11		COMPARACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA EXPERIMENTAL, CON LA REPORTADA	
COMPUESTO	DENSIDAD RELATIVA EXPERIMENTAL (PROMEDIO)	DENSIDAD RELATIVA REPORTADA*	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
TOLUENO	0.8635	0.8660	0.0043
METANOL	0.7836	0.7915	0.0046
HEXANO	0.6514	0.6591	0.0017
ACETATO DE ETILO	0.9034	0.9020	0.0189
ACETONA	0.7858	0.7910	0.0016

*O' Neil, J.M., 2006.

Como puede observarse, se obtienen valores muy cercanos a los reportados con desviaciones estándar pequeñas. Este método se ha validado en el laboratorio y ha demostrado que es confiable y que

puede utilizarse para la determinación de las densidades relativas de compuestos líquidos orgánicos, sin embargo, puede presentar problemas con disolventes muy volátiles, como el éter etílico.

REFERENCIAS

- Allen, P., Mosca G. (2005). *Física para la ciencia y la tecnología: Mecánica, oscilaciones y ondas, termodinámica*. (5ª ed.). Barcelona: Reverté.
- Hewitt, P., G. (2002). *Física conceptual*. (9ª ed.). México: Pearson Educación.
- O' Neil, J.M. (2006). *The Merck Index: An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals*. (14ª ed.). United States of America: Merck Research Laboratories.
- Olmo, G. (2015). *Ensayos físicoquímicos*. Madrid: Síntesis.
- Shriner, R.L. (2013). *Identificación sistemática de compuestos orgánicos*. (2ª ed.). México: Limusa Wiley.

Fotografía: Castro, M. y Miranda, C. (2017). UNAM, FES Cuautitlán.



Atribución-NoComercial-CompartirIgual
CC BY-NC-SA