

MEDIDA DE LA DENSIDAD DE LÍQUIDOS

OBJETIVO

- Medida de la densidad de líquidos utilizando la balanza de Möhr. Aplicación a la determinación de la densidad de disoluciones con distinta concentración.

MATERIAL

- Balanza de Möhr, con jinetillos de tres pesos
- Inmensor sólido
- Agua destilada y disolución problema.
- Probetas

FUNDAMENTO Y MÉTODO

Según el Principio de Arquímedes, al sumergir un cuerpo de volumen V en un líquido de densidad conocida, ρ_1 , el cuerpo *experimenta un empuje vertical, E_1 , de igual magnitud pero de sentido opuesto al peso del fluido desalojado*, el cual puede calcularse mediante la expresión:

$$E_1 = \rho_1 g V \quad [1]$$

Si el mismo cuerpo se introduce en un líquido de densidad distinta, ρ_2 , el nuevo empuje será:

$$E_2 = \rho_2 g V \quad [2]$$

Por lo tanto, la densidad de un líquido ρ_2 , puede obtenerse a partir de la determinación del empuje relativo E_2/E_1 , utilizando la relación:

$$\boxed{\rho_2 = \rho_1 \frac{E_2}{E_1}} \quad [3]$$

1.- Descripción de la balanza de Möhr

La balanza de Möhr es una palanca de primer género con brazos desiguales, cuyo equilibrio se alcanza cuando los momentos debidos a los pesos suspendidos de ambos brazos se igualan. El brazo más corto está formado por un contrapeso montado sobre un tornillo de forma que se puede ajustar su distancia al eje de giro de la balanza, y con ello, el momento que genera. El brazo más largo está dividido en 10 partes iguales. Para conseguir el equilibrio, se utilizan unos jinetillos, cuyos pesos están en la proporción 1:10:100, y que al colocarlos en distintas posiciones sobre el brazo largo de la balanza dan lugar a diferentes momentos.

2.- Determinación del empuje relativo

Para determinar el empuje relativo que el inmersor experimenta al ser sumergido en el líquido problema, respecto del agua, procederemos del modo siguiente:

- a) Se equilibra la balanza con el inmersor seco en aire suspendido del extremo el brazo largo de la balanza, utilizando el tornillo del contrapeso, sin poner ningún jinetillo. Se tiene entonces que los momentos generados por el contrapeso, $\tau(w_{contrapeso})$, y el inmersor, $\tau(w_{inmersor})$, son iguales:

$$\tau(w_{contrapeso}) = \tau(w_{inmersor}) \quad [4]$$

- b) Se ponen unos 150 cm³ de agua en la probeta más ancha, y se introduce el inmersor, y *sin tocar el contrapeso*, se colocan jinetillos sobre el brazo largo de la balanza hasta equilibrarla. Debe ponerse especial cuidado en que *el inmersor esté totalmente sumergido y que no toque paredes ni fondo*. En esta situación, los momentos generados por: contrapeso, inmersor, empuje y jinetillos han de tener resultante nula:

$$\tau(w_{contrapeso}) = \tau(w_{inmersor}) + \tau(w_{jinetillos,1}) - \tau(E_{agua}) \quad [5]$$

De las ecuaciones [4] y [5] se deduce que:

$$\tau(w_{jinetillos,1}) = \tau(E_{agua}) \quad [6]$$

- c) Se repite una operación idéntica a la anterior, pero con el inmersor sumergido en el líquido problema. Por un razonamiento análogo se llega a que:

$$\tau(w_{jinetillos,2}) = \tau(E_{líquido}) \quad [7]$$

Dividendo las ecuaciones [6] y [7] y teniendo en cuenta la ecuación [3] se llega a:

$$\frac{\tau(w_{jinetillos,1})}{\tau(w_{jinetillos,2})} = \frac{\tau(E_{agua})}{\tau(E_{líquido})} = \frac{l \times E_{agua}}{l \times E_{líquido}} = \frac{E_{agua}}{E_{líquido}} = \frac{\rho_{agua}}{\rho_{líquido}} \quad [8]$$

Donde l es el la longitud del brazo largo de la balanza. El momento que cada jinetillo genera, puede calcularse a partir de la tabla 1. En esta tabla, n es el número de división del brazo largo sobre el que se apoya cada jinetillo.

Tabla 1	Jinetillo	Mayor	Mediano	Pequeño
	$\tau(w_{jinetillo})$	0.1n	0.01 n	0.001 n

Puesto que en la ecuación [8] comparamos los momentos generados por los jinetillos en las dos pesadas, no importa las unidades en que se miden dichos momentos. El valor de la densidad del agua, para una *temperatura igual a la temperatura ambiente del laboratorio*, puede encontrarse en la Tabla 1 del Anexo.

3.- Determinación de la densidad en función de la concentración.

Vaciése un volumen $V' \cong 20 \text{ cm}^3$ de la disolución inicial problema, y sustitúyase por uno igual de agua destilada. Operando como se indica en el apartado 2, determínese la densidad de esta nueva disolución. Repítase esta operación (vaciado y sustitución por agua destilada así como determinación del empuje relativo) hasta 6 veces.

Calcúlense las concentraciones de cada disolución mediante la relación:

$$C_m = \frac{C_{m-1}(V - V')}{V} \quad [9]$$

siendo m un índice de orden que nos va indicando el número de veces que hemos realizado la operación de dilución. Calcúlense todas las concentraciones en términos de la concentración de la disolución original C_o .

RESULTADOS EXPERIMENTALES.

1. Calcular la densidad del agua y su incertidumbre a partir de la temperatura del laboratorio, interpolando en la tabla de la práctica 8. Realizar una tabla con los valores de las densidades y las concentraciones.
2. Calcular las incertidumbres de las densidades, es una medida indirecta cuya incertidumbre viene dada por la que se tenga en los empujes y en la densidad del agua.
3. Calcular las incertidumbres en las concentraciones, teniendo en cuenta la fórmula de recurrencia, que nos permite conocer la incertidumbre de una concentración en función de la que tenga la anterior.
4. Representar gráficamente la densidad en función de la concentración. Ajustar a una recta por mínimos cuadrados. Hallar la incertidumbre en la pendiente y en la ordenada en el origen.
5. Interpretar el valor de la ordenada en el origen.
6. Demostrar la expresión (9).

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		