

Introducción a la Física Experimental

Guía de la experiencia

Balanza de Mohr-Westpal

Un método para determinar la densidad de un líquido

Departamento de Física Aplicada.
Universidad de Cantabria.

Febrero 28, 2005

Tenga en cuenta que la lectura previa de esta guía y la comprobación de las ecuaciones le llevará del orden de tres horas, incluyendo la consulta de las palabras clave, y que la lectura de la bibliografía específica en inglés le llevará entre una y dos horas.

Resumen

Se indica cómo se deben realizar medidas para determinar la densidad de algunos líquidos, más y menos densos que el agua, con una balanza de Mohr-Westphal. Se indica también cómo se construye un gráfico patrón para determinar la concentración de soluto en una disolución acuosa en función de su densidad y cómo medir la concentración de una solución problema.

Introducción

La densidad de las disoluciones de una sal –soluto– en agua –disolvente– varían suavemente con la concentración del soluto en el disolvente. Si se lleva a cabo un ajuste previo de la densidad de una disolución en función de la concentración de soluto, posteriormente se puede determinar la concentración de una disolución problema midiendo su densidad. Y si la densidad se consigue medir con gran precisión, también se podrá obtener la concentración con gran precisión.

En la Fig. 1, se muestra una balanza de Mohr-Westphal. Es un instrumento diseñado para la determinación de densidades de líquidos, que pueden ser más o menos densos que el agua. Este modelo permite obtener densidades cuyos valores estén comprendidos entre 0,6000 y 2,0100 g cm⁻³, con una precisión de 0,0003 g cm⁻³.

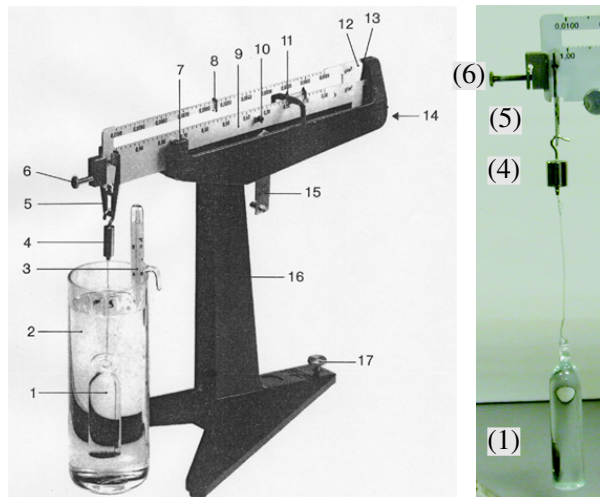


Figura 1: Balanza de Mohr-Westphal. 1. Plomada de vidrio; 2. Probeta; 3. Termómetro; 4. Suspensión del contrapeso; 5. Colgador de la plomada; 6. Tornillo compensador; 7. Cojinete de apoyo; 8. Jinetillo deslizante 0,0000-0,1000 g cm^{-3} ; 9. Regleta; 10. Posición de suspensión para el peso suspendido; 11. Jinetillo deslizante 0,00-1,00 g cm^{-3} ; 12. Puntero de la escala; 13. Puntero para mantener la medida a cero; 14. Imán de amortiguación; 15. Jinetillo de 1,00 g cm^{-3} ; 16. Pie soporte; 17. Tornillo para el ajuste a cero.

Su funcionamiento se basa en el *principio de Arquímedes*. Según este teorema, un cuerpo completamente sumergido en un fluido experimenta una fuerza ascensional que es igual al peso de su mismo volumen del líquido desalojado. Así, las densidades de los líquidos son proporcionales a los empujes que dichos líquidos ejercen sobre los cuerpos sumergidos en ellos.

Para montar la balanza (ver la Fig. 1), colocar la regleta (9) sobre el soporte (16) en su correspondiente alojamiento y apoyarla cuidadosamente sobre el cojinete (7).

Para ajustar el cero de la balanza, debe procederse de la siguiente manera: Limpiar y secar cuidadosamente la plomada (1).

Suspenderla del colgador (5) en el aire.

Deslizar el peso (11) hasta la posición 0,00 y el peso (8) hasta la posición 0.0000 y suspender el peso (15) del punto (10) de la regleta (9).

Girar el tornillo de la base del soporte hasta que los dos punteros (12) y (13) se encuentren enfrentados al mismo nivel. Si no se consigue completamente, completar el ajuste actuando convenientemente sobre el eje de compensación (6).

A continuación, para determinar la densidad de un líquido, debe procederse de la siguiente manera:

Descolgar cuidadosamente la plomada.

Llenar la probeta (2) con el líquido cuya densidad queremos medir, hasta unos 20 mm por debajo del borde.

Sumergir la plomada en el líquido, colocar la probeta debajo del colgador (5) y utilizar la pieza (4) para suspender de él la plomada.

Cuidar los siguientes detalles para realizar correctamente la medida:

- * La plomada no debe tocar las paredes de la probeta y debe estar completamente sumergida.
- * No debe haber burbujas de aire adheridas a la plomada.
- * La pieza (4) debe estar completamente seca.

En principio, la pieza (15) debe estar descolgada del punto (10), de manera que la inscripción $1,00 \text{ g cm}^{-3}$ sea visible. Sólo si el puntero (12) se desplaza hacia arriba, por encima del puntero (13), es cuando la pieza (15) debe colgarse de la posición (10). Si el puntero (12) se mantiene por debajo del puntero (13), la pieza (15) debe permanecer descolgada del punto (10). En cualquiera de los dos casos, se busca que los punteros (12) y (13) señalen el mismo nivel, colocando los pesos (11) y (8) en las posiciones adecuadas. Cuando se ha conseguido el nivelado, el resultado x de la medida se obtiene,

- a) cuando la inscripción $1,00 \text{ g cm}^{-3}$ es visible, sumando a la unidad las lecturas L_{11} y L_8 correspondientes a las posiciones de los pesos (11) y (8), respectivamente, en la regleta (9), es decir,

$$x(\text{g cm}^{-3}) = 1.00 + L_{11} + L_8,$$

- b) cuando la inscripción 1.00 g cm^{-3} no es visible, (la pieza (15) está colgada del punto (10)), sencillamente, sumando las lecturas L_{11} y L_8 , es decir,

$$x(\text{g cm}^{-3}) = L_{11} + L_8.$$

Las lecturas de la balanza deben ser corregidas, para tener en cuenta el empuje del aire y el menisco que se forma alrededor del hilo que sujeta la plomada, de acuerdo con la Tabla 1 del Apéndice I.

Reflexiones previas a la realización del experimento

Antes de llevar a cabo las experiencias, considere las siguientes cuestiones:

- 1.- Enuncie el Principio de Arquímedes. Muestre cómo se puede obtenerse este teorema utilizando las leyes de Newton y la presión ejercida sobre su base por una columna de líquido. Si la presión ejercida por un líquido depende de la profundidad, ¿cómo es que el empuje sobre un cuerpo sumergido en un líquido no depende de la profundidad a la que se encuentra?

- 2.- Comprenda la manera en que se pone a punto y se utiliza la balanza para medir la densidad y, luego, justifique ese procedimiento. Justifique también las precauciones que se recomiendan en la Introducción para realizar correctamente la medida, es decir, explique en qué forma se falsearían los resultados de no tomar dichas precauciones.
- 3.- ¿Cómo puede preparar 250 ml de una disolución acuosa de cloruro sódico con una concentración de x % en peso? Si de un volumen V de una disolución de concentración x elimina $2/3$ del volumen –se queda pues con $V/3$ –, y el peso P de la disolución que le queda lo lleva hasta 3 veces ese valor utilizando agua destilada –es decir, tiene al final un peso $3P$ –, ¿cuál será la concentración de la nueva disolución en función de la concentración inicial x ? A partir de aquí, ¿cómo preparará otra disolución de aproximadamente el mismo volumen pero ahora de concentración $x/2$ %? ¿Y $x/4$, $x/8$, $x/16$, etc.? Dispone de una balanza digital ordinaria.

Descripción del material

En la Fig. 1, se detallan todas las partes que componen la balanza de Mohr-Westphal:

1. Plomada de vidrio
2. Probeta
3. Termómetro
4. Gancho de la plomada
5. Colgador
6. Tornillo de compensación
7. Cojinete
8. Peso deslizante desde 0,0000 hasta 0,0100 g cm⁻³
9. Regleta
10. Posición de la regleta para suspender el peso (15)
11. Peso deslizante desde 0,00 hasta 1,00 g cm⁻³
12. Puntero de la regleta
13. Puntero del soporte
14. Amortiguamiento magnético de las oscilaciones
15. Peso de 1 g cm⁻³

16. Soporte

17. Tornillo de nivelado (ajuste del cero) de la balanza

Vasos de precipitados. Líquidos varios. Agua destilada. Solutos (cloruro sódico, etc.). Balanza digital.

Modo operativo

Utilizando la balanza según se ha explicado en la Introducción, debe determinar la densidad de una disolución problema.

Limpie y seque cuidadosamente la plomada (1) y la probeta cada vez que mida.

Previamente debe construir un gráfico patrón que represente la concentración de soluto de una disolución acuosa como una función de su densidad, con el fin de determinar, a partir de ese gráfico, una concentración problema de una disolución de la misma naturaleza a partir de la medida de su densidad.

Prepare 250 ml de una disolución cuya concentración sea del 20% en peso de acuerdo con el método que usted mismo ha diseñado y calcule el error que ha cometido. Determine su densidad con la balanza de Mohr.

A partir de esa disolución, prepare 250 ml de una disolución cuya concentración sea del 10% en peso y repita la operación. Continúe así y prepare sucesivas disoluciones de concentraciones 5, 2.5 y 1,25% en peso. Determine en cada caso la densidad. Tabule los resultados.

Represente gráficamente la concentración (expresada en % en peso) en función de la correspondiente densidad (expresada en g cm^{-3}). Ajuste adecuadamente los puntos obtenidos y obtenga la ecuación correspondiente.

Ahora solicite del profesor, una disolución de concentración desconocida –en una hoja aparte, que sólo debe consultar al final de la experiencia, el profesor le proporcionará el dato de esa disolución desconocida, dato que usted deberá utilizar en la discusión del informe que posteriormente elabore– y determínela usted con ayuda de su gráfico patrón. Sin necesidad de hacer cálculos explícitos, y de acuerdo con sus medidas anteriores, *estime* la concentración de la disolución problema cuya densidad acaba de medir. Posteriormente, y utilizando el ajuste de la concentración frente a la densidad que habrá realizado, calcule la concentración de la disolución problema y compare el resultado de la estimación con el resultado del cálculo.

Elabore las tablas, los gráficos y el cálculo de errores según las normas.

Elabore el informe correspondiente a este experimento según las normas.

Preguntas adicionales relacionadas con la experiencia

- 1.- ¿Qué papel juega la temperatura en este experimento?
- 2.- ¿Cómo se comporta la concentración con la densidad?

3.- ¿Pasa la curva densidad frente a concentración de soluto por el punto (0,0)? Explíquelo.

4.- Explique las causas que justifican las correcciones indicadas en la Tabla 1.

Densidad	Corrección	Densidad	Corrección
0,6	+0,0003	1,4	-0.0006
0,7	+0,0002	1,5	-0.0008
0,8	+0,0001	1,6	-0.0010
0,9	+0,0000	1,7	-0.0011
1,0	+0,0000	1,8	-0.0013
1,1	-0,0002	1,9	-0.0015
1,2	-0,0003	2,0	-0.0017
1,3	-0,0005		

Tabla 1: Correcciones a la lectura de la balanza para tener en cuenta el empuje del aire y el menisco que se forma alrededor del hilo que sujeta la plomada. Todos los datos están expresados en g cm^{-3} .

Apéndice I. Correcciones de lectura

En la Tab. 1 se muestran las correcciones que deben introducirse en las medidas llevadas a cabo con la balanza de Mohr.

Apéndice II. Densidad del agua

En la Tab. 2 se proporcionan los valores experimentales de la densidad del agua en función de la temperatura.

$t/^{\circ}\text{C}$	$\rho/\text{g cm}^{-3}$	$t/^{\circ}\text{C}$	$\rho/\text{g cm}^{-3}$	$t/^{\circ}\text{C}$	$\rho/\text{g cm}^{-3}$	$t/^{\circ}\text{C}$	$\rho/\text{g cm}^{-3}$
0	0,99987	20	0,99823	40	0,99225	60	0,9832
2	0,99997	22	0,99780	42	0,99147	62	0,9822
4	1,00000	24	0,99733	44	0,9907	64	0,9811
5	1,00000	25	0,99700	45	0,9902	65	0,9806
6	0,99997	26	0,99686	46	0,9898	66	0,9801
8	0,99988	28	0,99626	48	0,9890	68	0,9789
10	0,99973	30	0,99568	50	0,9881	70	0,9778
12	0,99953	32	0,99506	52	0,9872	72	0,9767
14	0,99927	34	0,99440	54	0,9862	74	0,9755
15	0,99910	35	0,99410	55	0,9857	75	0,9749
16	0,99897	36	0,99372	56	0,9853	76	0,9743
18	0,99862	38	0,99300	58	0,9843	78	0,9731

Tabla 2: Densidad del agua destilada, ρ , en función de la temperatura, t .

Referencias

- [1] Burbano S., Burbano E., Gracia C., Física General, Ed. Mira, Zaragoza (1993) pg.278.
- [2] Tipler P. A., *Física*, Ed. Reverté S.A., Barcelona (1999), 4ª edición, tomo I, cap.21.
- [3] Balanza de Mohr-Westphal: diferentes diseños, fundamento y breve reseña biográfica en

www.ugr.es/~museojtg/instrumento17/ficha_fundamentos2.htm.
- [4] T. B. Greenslade, Jr., *The maximum density of water*, The Physics Teacher **23**, 474-477 (1985)
- [5] M de Paz, M Pilo and G Puppo, *Dynamic method to measure the density of water in the vicinity of its maximum*, Am. J. Phys. **52**, 168-171 (1984)