

Determinación de la densidad de líquidos con el picnómetro de Gay-Lussac

Objetivos del experimento

- Determinación del volumen del picnómetro
- Determinación de la densidad de soluciones de etanol y agua en función de la concentración en volumen del etanol.

Fundamentos

La densidad de un líquido se define como la relación

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (I)$$

m : masa, V : volumen

Esta relación puede medirse con gran precisión mediante el picnómetro de Gay-Lussac: una pequeña botella de vidrio con forma de pera y un tapón capilar esmerilado. Para ello se realizan dos mediciones:

A fin de determinar el volumen V del picnómetro se lo pesa, con la mayor precisión posible, primero vacío y luego lleno de agua a temperatura ϑ . Dado que en las tablas pueden encontrarse valores muy precisos de la densidad del agua, depen-

diente de la temperatura, es posible calcular con precisión el volumen del picnómetro aplicando (I). Para determinar la masa m del líquido a medir, a continuación se vuelve a pesar el picnómetro tras haberlo llenado cuidadosamente con dicho líquido.

En el experimento se analiza la mezcla de dos líquidos de densidades ρ_1 y ρ_2 distintas. Tomar en cuenta las siguientes consideraciones a la hora de calcular la densidad ρ de la mezcla (mejor: solución):

A partir de los volúmenes V_1 y V_2 , se calcula, para cada masa parcial

$$m_1 = \rho_1 \cdot V_1 \quad m_2 = \rho_2 \cdot V_2 \quad (II)$$

La masa total de la solución es la suma de las masas parciales, por lo tanto

$$m = \rho_1 \cdot V_1 + \rho_2 \cdot V_2 \quad (III)$$

En una solución ideal, la suma de los volúmenes parciales da como resultado el volumen total

$$V = V_1 + V_2 \quad (IV)$$

Luego

$$\rho = \rho_1 \cdot \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \cdot \left(1 - \frac{V_1}{V_1 + V_2}\right) \quad (V)$$

o sea, la densidad de la solución ideal es una función lineal de la concentración en volumen

$$c = \frac{V_1}{V_1 + V_2} \quad (VI)$$

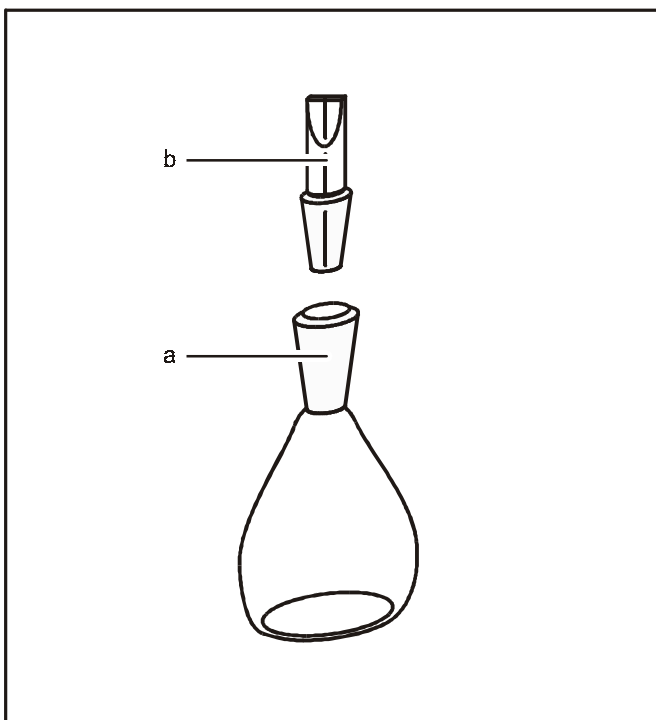


Fig. 1 Picnómetro de Gay-Lussac
a esmerilado
b tapón con orificio transversal

Materiales

1 picnómetro, 50 ml	666 145
1 balanza escolar de laboratorio	315 05
1 termómetro de contacto, -30°C hasta +110°C	382 21
2 probetas graduadas, 100 ml 1	665 754
1 etanol completamente diluido, 1 l	671 972

b) Determinación de la densidad de soluciones de etanol y agua:

- Repetir la medición con etanol puro y a continuación con soluciones de etanol.
- Limpiar con cuidado el picnómetro, llenarlo hasta el primer tercio del esmerilado con el líquido a medir, dejar escapar las burbujas de aire y, luego de poner el tapón, cuidar que el orificio esté lleno hasta arriba.
- Determinar la masa m_2 del picnómetro lleno y anotar junto con la concentración en volumen c del etanol.

Para preparar una solución de etanol y agua con una concentración en volumen deseada c de etanol se procede de la siguiente manera:

- Llenar con etanol la probeta 1 hasta un volumen $V_1 = c \cdot 100$ ml.
- Llenar con agua la probeta 2 hasta un volumen $V_2 = (1 - c) \cdot 100$ ml.
- Mezclar con cuidado ambos líquidos en una probeta graduada.

Ejemplo de medición y análisis

a) Determinación del volumen V de llenado:

picnómetro vacío: $m_0 = 31,81$ g
 lleno con agua: $m_1 = 82,07$ g
 temperatura del agua : $\vartheta = 22^\circ\text{C}$
 $\rho_{\text{Agua}} = 0,997777$ g cm^{-3}

$$V = \frac{m_1 - m_0}{\rho_{\text{Agua}}} = 50,37 \text{ cm}^3$$

b) Determinación de la densidad de soluciones de etanol y agua:

Tabla 2 : Resultados de la determinación de la densidad $\rho = \frac{m_2 - m_0}{V}$ en función de la concentración en volumen c del etanol

c	$\frac{m_2}{\text{g}}$	$\frac{m_2 - m_0}{\text{g}}$	$\frac{\rho}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}}$
1,0	71,48	39,67	0,7876
0,9	73,26	41,45	0,8229
0,8	74,65	42,84	0,8505
0,7	76,01	44,20	0,8775
0,6	77,14	45,33	0,8999
0,5	78,24	46,43	0,9218
0,4	79,20	47,39	0,9408
0,3	80,01	48,20	0,9569
0,2	80,70	48,89	0,9706
0,1	81,33	49,52	0,9831
0	82,07	50,26	0,9978

Montaje y desarrollo

Importante: tanto al formarse burbujas de aire en el picnómetro como si varía la temperatura, pueden ocasionarse errores de medición.

a) Determinación del volumen V del picnómetro:

- Determinar mediante la balanza la masa m_0 del picnómetro vacío y seco.
- Llenar el picnómetro con agua hasta un tercio del esmerilado, dejar escapar las burbujas de aire, poner el tapón con cuidado y secar el agua que salga por el orificio.
 A continuación, llenar el orificio hasta arriba.
- Determinar la masa m_1 del picnómetro lleno de agua.
- Leer en el termómetro la temperatura ϑ del agua y extraer la densidad del agua de la tabla 1.

Tabla 1: Valores de la densidad ρ para el agua pura en función de la temperatura. ϑ :

ϑ	$\frac{\rho}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}}$	ϑ	$\frac{\rho}{\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}}$
15°C	0,999099	23°C	0,997540
16°C	0,998943	24°C	0,997299
17°C	0,998775	25°C	0,997047
18°C	0,998596	26°C	0,996785
19°C	0,998406	27°C	0,996515
20°C	0,998205	28°C	0,996235
21°C	0,997994	29°C	0,995946
22°C	0,997772	30°C	0,995649

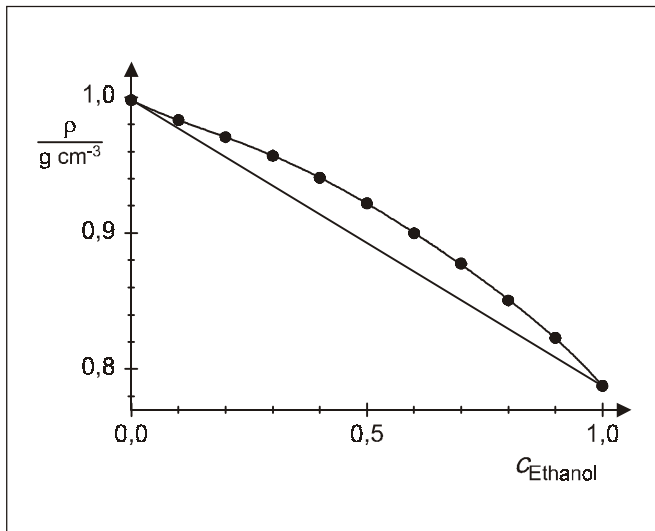


Fig. 2 Densidad ρ de una solución de agua y etanol en función de la concentración en volumen del etanol

En la figura 2 se representan los resultados de la medición de la densidad ρ como puntos redondos. Éstos se encuentran claramente por encima de la línea de trazos que reproduce, según (V), la relación lineal esperada.

El alcohol y el agua forman una solución real con una concentración en volumen y un volumen V menor al calculado en (IV).

Información adicional

El consumo total de etanol se reduce sensiblemente si, a lo largo de una serie de experimentos, se reducen a la mitad las concentraciones mezclando 50 ml de solución con 50 ml de agua.

Concentraciones posibles:

$$c = 1 \rightarrow c = 0,5;$$

$$c = 0,8 \rightarrow c = 0,4 \rightarrow c = 0,2 \rightarrow c = 0,1$$

$$c = 0,6 \rightarrow c = 0,3$$

A la hora del cálculo de la concentración se desprecia la concentración en volumen en la solución.