

Ecuación de estado de los gases ideales

1. Objetivo de la práctica y fundamento teórico

El objetivo de la práctica es verificar la ecuación de estado de los gases ideales y determinar el número de moles del gas considerado.

El estado de un gas viene determinado por su temperatura, su presión, el volumen del recipiente y la cantidad de sustancia. En el caso límite de un gas ideal (densidad baja) estas variables de estado están relacionadas mediante la ecuación de estado

$$pV = nRT, \quad (1)$$

donde

- p es la presión,
- V es el volumen,
- n es el número de moles del gas,
- $R = 0,082 \text{ atm l/mol K} = 8,314 \text{ J/mol K}$ es la constante de los gases y
- T es la temperatura absoluta.

Dada una cantidad de gas n si se realizan una serie de experimentos a temperatura constante T variando la presión p , el volumen V es en cada caso inversamente proporcional a p . Ésta es la ley de Boyle-Mariotte, que puede escribirse como

$$p = \frac{C}{V}, \quad C = nRT. \quad (2)$$

Si las experiencias se realizan a presión constante, la temperatura y el volumen son directamente proporcionales (ley de Gay-Lussac):

$$V = C'T, \quad C' = \frac{nR}{p}. \quad (3)$$

Por último, si las experiencias se realizan a volumen constante, la presión y la temperatura son directamente proporcionales (ley de Charles):

$$p = C''T, \quad C'' = \frac{nR}{V}. \quad (4)$$

2. Descripción e instalación

El montaje de la práctica está reflejado en la fig. 1. La cantidad fija de aire utilizado como objeto de medida se encuentra en un recipiente de vidrio (tubo de medida) que está conectado con un manómetro de mercurio en forma de U. Los brazos del manómetro están formados básicamente por un tubo de plástico flexible, cuyo extremo abierto desemboca en un tubo de vidrio de mayor diámetro (recipiente de depósito de mercurio). Todo el aparato está fijado a un soporte de unos 2 m de altura, de manera que el tubo de medida está fijo, mientras que el recipiente de depósito puede desplazarse a lo largo del soporte. Esta posibilidad de desplazamiento permite variar tanto la presión como el volumen de aire encerrado. La diferencia de nivel Δh entre el tubo de medida y el recipiente de reserva se puede leer en una regla graduada que lleva el soporte.

A fin de variar la temperatura del aire de manera definida, el tubo de medida está rodeado de otro, el cual se encuentra conectado a un termostato de circulación. La temperatura T del líquido de circulación (agua) se mide con un termómetro.

3. Ejecución y evaluación

En el desarrollo de la práctica el alumno realizará en primer lugar el problema 1 y a continuación

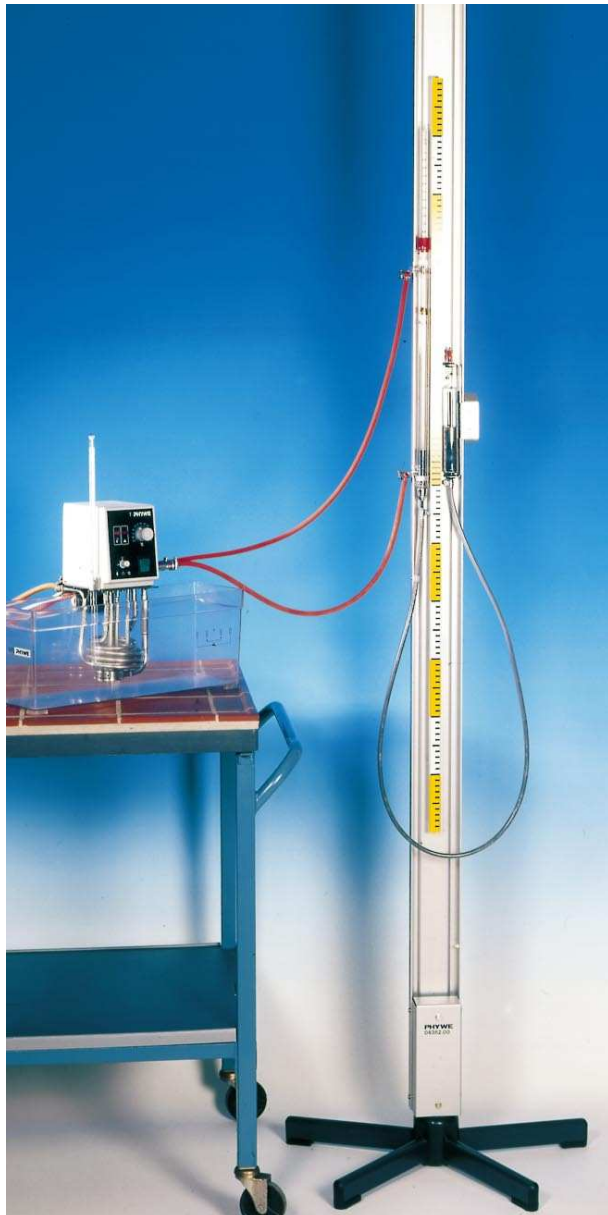


Figura 1: Montaje experimental.

o bien el problema 2 o bien el problema 3, según le indique el profesor.

1. *Problema 1. Ley de Boyle-Mariotte.*

Durante el experimento la temperatura T del tubo de medida ha de permanecer constante. Se recomienda tomar una temperatura ligeramente superior a la del ambiente. La bomba hace circular el agua alrededor del tubo de medida y debe esperarse hasta que la temperatura medida en el termómetro de mercurio próximo al tubo de medida alcance un valor estacionario. Cuando esto sucede el piloto de color ámbar empezará a parpadear.

La presión en el tubo de medida se varía desplazando hacia arriba o hacia abajo el recipiente de depósito de mercurio. Para cada desplazamiento se mide la diferencia de altura Δh entre el nivel del mercurio en el depósito y en el tubo de medida, así como la longitud ℓ de la columna de aire en el tubo de medida. Se recomienda tomar unas 10 medidas comprendidas entre $\Delta h \approx -80$ mm y $\Delta h \approx +340$ mm. Conocida la presión externa del aire p_a (medida en el barómetro del laboratorio), la presión p del aire en el tubo de medida es

$$p = p_a + \rho g \Delta h, \quad (5)$$

donde ρ es la densidad del mercurio, de modo que $\rho g = 0,1333$ kPa/mm. Por otro lado, el volumen del aire es

$$V = V_0 + \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 \ell, \quad (6)$$

donde $d = 11,4$ mm es el diámetro interior del tubo de medida y $V_0 = 1,01$ ml es el volumen de la parte superior del tubo de medida (marcado en marrón).

Las medidas de Δh y ℓ realizadas en el laboratorio para una temperatura T fija conocida deben pasarse a una tabla, en la que posteriormente se añadirán los datos correspondientes de p y V , según las Ecs. (5) y (6). De acuerdo con la ec. (2), una representación gráfica de p frente a $1/V$ debe mostrar que los puntos se encuentran aproximadamente alineados en una línea recta. Un

ejemplo de gráfica de este tipo corresponde a la fig. 2. La medida de la pendiente de la recta de mejor ajuste proporciona el valor de la constante C , de la que puede obtenerse el número de moles n .

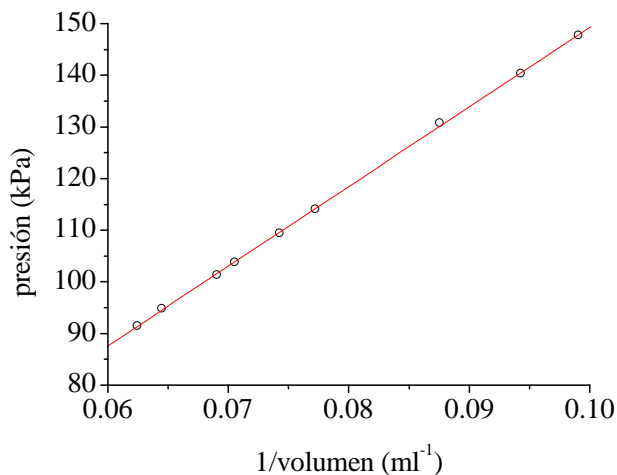


Figura 2: Dependencia de la presión con la inversa del volumen a una temperatura constante.

2. Problema 2. Ley de Gay-Lussac.

En este caso la presión debe permanecer constante, por lo que es necesario desplazar el recipiente del depósito de mercurio la distancia necesaria de modo que la diferencia de niveles Δh permanezca constante (por ejemplo, $\Delta h = 0$). En cada medida se aumenta la temperatura del líquido de circulación mediante el termostato y se espera hasta que la temperatura indicada por el termómetro se estabilice. Se recomienda partir de la temperatura del problema 1 y aumentar la temperatura en saltos de unos 10 °C hasta llegar a una temperatura de unos 90 °C. Para cada temperatura se mide la longitud ℓ para la cual Δh permanece constante.

El valor de Δh considerado fija la presión del gas, de acuerdo con la ec. (5). Las medidas de T y ℓ realizadas deben pasarse a una tabla, en la que posteriormente se añadirán los datos correspondientes de V , de acuerdo con la ec. (6). A

la vista de la ec. (3), una representación gráfica de V frente a T debe mostrar que los puntos se encuentran aproximadamente alineados en una línea recta. Un ejemplo de gráfica de este tipo corresponde a la fig. 3. La medida de la pendiente de la recta de mejor ajuste proporciona el valor de la constante C' , de la que puede obtenerse el número de moles n .

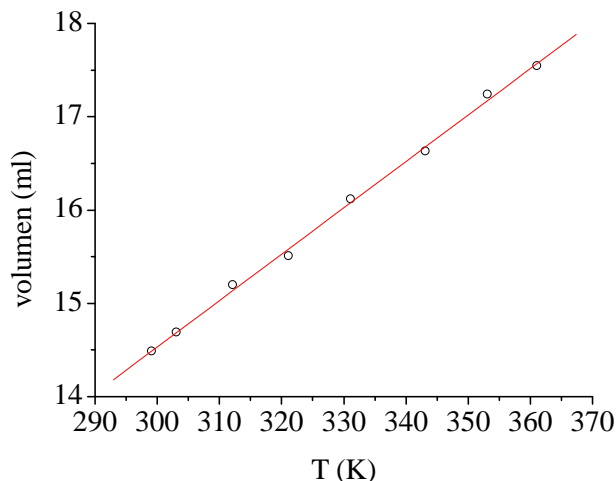


Figura 3: Dependencia del volumen con la temperatura a una presión constante.

3. Problema 3. Ley de Charles.

En este caso el volumen debe permanecer constante, por lo que es necesario desplazar el recipiente del depósito de mercurio la distancia necesaria de modo que la longitud ℓ de la columna de aire permanezca constante. En cada medida se aumenta la temperatura del líquido de circulación mediante el termostato y se espera hasta que la temperatura indicada por el termómetro se estabilice. Se recomienda partir de la temperatura del problema 1 y aumentar la temperatura en saltos de unos 10 °C hasta llegar a una temperatura de unos 90 °C. Para cada temperatura se mide la diferencia de nivel Δh para la cual la longitud ℓ permanece constante.

El valor de ℓ considerado fija el volumen del gas, de acuerdo con la ec. (6). Las medidas de T y Δh

realizadas deben pasarse a una tabla, en la que posteriormente se añadirán los datos correspondientes de p , de acuerdo con la ec. (5). A la vista de la ec. (4), una representación gráfica de p frente a T debe mostrar que los puntos se encuentran aproximadamente alineados en una línea recta. Un ejemplo de gráfica de este tipo corresponde a la fig. 4. La medida de la pendiente de la recta de mejor ajuste proporciona el valor de la constante C''' , de la que puede obtenerse el número de moles n .

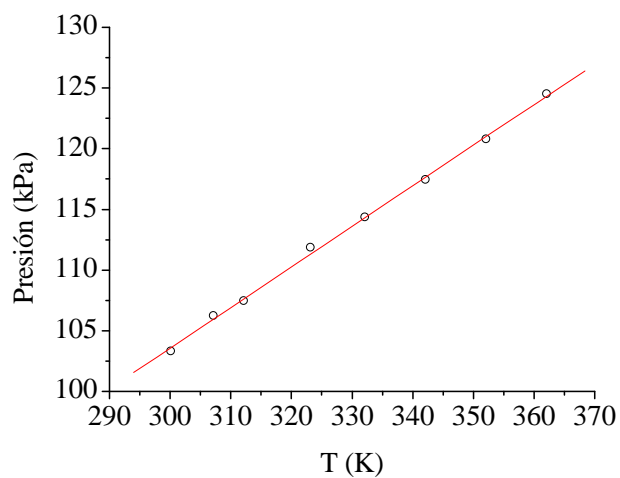


Figura 4: Dependencia de la presión con la temperatura a un volumen constante.