

Actividad V.xx - Determinación de la masa molar y la densidad de un gas - Butano

Objetivo

Este trabajo nos proponemos determinar la masa molecular del butano, por medio de un experimento simple, de muy bajo costo y susceptible de implementarse en un modesto laboratorio. El método propuesto se basa en medir los volúmenes de masas conocidas de un gas (butano) a temperatura y presión constante.

Introducción

El butano a temperatura ambiente es un vapor, ya que puede ser licuado por simple compresión. Su punto de ebullición a presión atmosférica es de -1°C . Sin embargo cuando el butano está a presiones cercanas a la presión atmosférica y temperaturas no cercanas a su punto de ebullición su densidad es baja y sus propiedades están bien descritas por la ecuación de estado de los gases ideales:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \quad (1)$$

Aquí P es la presión absoluta del gas, V_{gas} su volumen, n el número de moles, R la constante universal de los gases y T la temperatura absoluta. El número de moles se calcula como el cociente entre la masa de gas m_{gas} y su masa molecular M , o sea:

$$n = m_{gas} / M \quad (2)$$

Otro modo de escribir la ecuación (1) es:

$$P \cdot V_{gas} = \frac{m_{gas}}{M_{gas}} \cdot R \cdot T \quad (3)$$

El objetivo de esta experiencia consiste en la determinación de la masa molecular M_{gas} y la densidad del gas butano $\rho_{gas} = m_{gas} / V_{gas}$. Para ellos se propone medir volúmenes de masas conocidas de gas a presiones y temperaturas conocidas. En otras palabras nos proponemos medir los volúmenes de cantidades de gas de masa conocidas. Si el butano obedece la

ecuación (3), graficando m_{gas} en función del volumen V_{gas} , a presión y temperatura constante, esperamos una relación lineal cuya pendiente $pend$, vendrá dada por:

$$pend = pendiente = \frac{P \cdot M_{gas}}{R \cdot T} \quad (4)$$

Procedimientos. y métodos.

Para la realización de este experimento se propone usar un encendedor de gas como fuente de butano, una probeta de graduada de 1 litro aproximadamente con una apreciación de 10 ml o mejor y una balanza digital con una apreciación de 0,1 g o mejor .

La presión atmosférica puede medirse con un barómetro u obtenerse del servicio meteorológico local (Instituto Meteorológico Nacional- Argentina www.meteonet.com.ar) y la temperatura ambiente T medida con un termómetro común pero expresada en grados Kelvin ($T[K]=T[°C]+273.15$).

Se sugiere llenar completamente la probeta con agua y colocar cuidadosamente la misma, invertida dentro de un recipiente mayor, con agua hasta la mitad de la misma, como se indica esquemáticamente en la Fig.1. Seguidamente, se introduce en encendedor, previamente pesado, en el interior del agua y se oprime la llave de paso para que salga butano. El mismo debe de burbujear dentro de la probeta invertida. Cuando se halla desplazado una volumen considerable y fácilmente medible, retirar el encendedor del agua. Con cuidado desplace verticalmente la probeta hasta que el agua en el interior de la probeta y alrededor de ella estén niveladas. Si el nivel de agua dentro de la probeta y fuera de ella es el mismo, podemos asegurar que la presión dentro de la probeta es igual a la presión exterior, o sea la presión atmosférica. En estas condiciones determine el volumen de gas V_{gas} en la probeta. Seguidamente, seque lo mejor posible en encendedor y vuelva a pesar el mismo, para secarlo puede usar un secador de pelo. Por diferencia de pesadas obtenga la masa de gas faltante, m_{gas} . Esta masa de gas es la que quedo dentro de la probeta. Para estimar la incerteza en la medición de la masa que introduce el agua que queda en el interior del encendedor al retirarlo del interior del agua y secarlo, es conveniente medir la masa del encendedor unas cuantas veces tanto antes de introducirlo al agua y luego de secarlo, sin liberar gas del mismo. El

promedio de estas variaciones de masa dan una estimación de la incerteza en la determinación de m_{gas} .

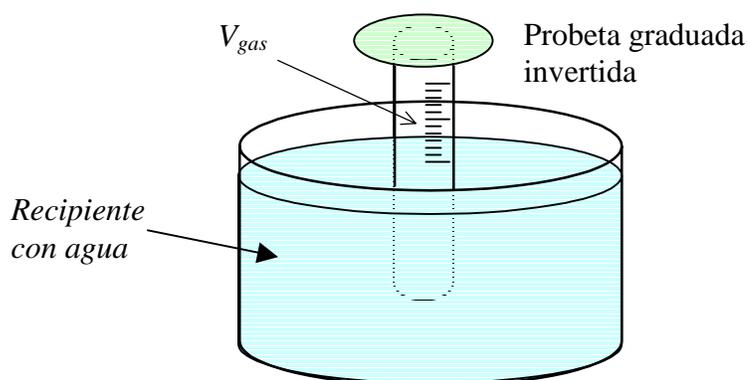


Figura 1. Dispositivo para medir el volumen de agua desplazado por el gas.

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \frac{P}{RT} \cdot V_{gas} \quad (4)$$

Donde m_{gas} correspondió a la disminución del peso del encendedor, V_{gas} designa al volumen de agua desplazada por el gas, T a la temperatura ambiente en grados Kelvin ($T[K]=T[°C]+273.15$) y P es la presión absoluta del gas corregida según:

$$P = P_0 - P_{vapor\ agua} \quad (5)$$

donde P_0 es presión atmosférica y $P_{vapor\ agua}$ es la presión de vapor de agua a la temperatura de trabajo. Este valor de la presión de vapor puede obtenerse de tablas.

Para que la presión dentro de la probeta sea la misma que la presión atmosférica, es importante que la altura de la columna de agua dentro de la probeta sea la misma que la altura de agua fuera de ella. De este modo aseguramos que la presión en el interior y exterior de la probeta es la misma.

- ✓ Una vez medido los volúmenes de gas, para varias masa del mismo. Realice un gráfico de la masa del gas m_{gas} en función del volumen V_{gas} . ¿Es la relación entre las variables m_{gas} y V_{gas} lineal? Si lo es, determine la pendiente de este grafico.

- ✓ A partir de sus mediciones y la expresión (4) determine la Masa molecular de butano.

$$pend = \frac{P \cdot M_{gas}}{R \cdot T} \quad (6)$$

De donde tenemos:

$$M_{gas} = \frac{pend \cdot R \cdot T}{P} \quad (7)$$

- ✓ A partir de las insertazas de sus mediciones y de la determinación de la pendiente, estime el error o incerteza en su determinación de M_{gas} .
- ✓ Comprare el valor obtenido para M_{gas} con el valor esperado a partir de la formula química del butano C_4H_{10} . ¿Qué puede concluir de este método de estimación de la masa molecular de un gas o vapor?
- ✓ Determina la densidad del butano y estime su correspondiente error. Compare su valor con los correspondientes de tabla para e butano en las mismas condiciones de medición. ¿Qué concluye?

Referencias

- [1] Raymond Chang, *Química*, Cap.5 (El estado gaseoso), 1ª edición en español, MacGraw-Hill, México, 1992.
- [2] Lee R. Summerlin, Christie L. Borgford and Julie B. Ealy, *Chemical demonstrations. A sourcebook for teachers*.
- [3] Salvador Gil y Eduardo Rodríguez, *Física re-Creativa*, Prentice Hall, Buenos Aires, 2001.