

Determinación del coeficiente de compresibilidad isotérmica del aire

Martín Alejandro Paredes Sosa

Resumen

Esta experiencia se utilizó el “Aparato de ley adiabática”, con el cual se midió presión, volumen y temperatura. La idea es mantener una temperatura constante en el aparato, para así poder realizar las mediciones con las que se espera obtener el coeficiente de compresibilidad isotérmica del aire.

1. Introducción

Para nuestra cuarta experiencia en el laboratorio, se nos presentó el “Aparato de ley adiabática”, con el objetivo de determinar el coeficiente de compresibilidad isotérmica del aire (κ).

Este dispositivo consiste en un cilindro de acrílico y un pistón, con válvulas para encerrar el gas que se desea estudiar. Este cuenta con 3 sensores, con los cuales utilizando DataStudio se midió el volumen, presión y temperatura.

Un proceso adiabático es aquel en que el sistema no pierde ni gana calor. Es decir, que en la primera ley de la termodinámica, $Q=0$. El sistema si puede cambiar su estado si se realiza trabajo termodinámico.

2. Desarrollo Experimental

Primeramente se instaló el aparato, es decir se conectó el dispositivo y se configuró el software para los sensores que se utilizarían.



Figura 1: Arreglo Experimental

Para calibrar este aparato se utilizan las siguientes expresiones:

■ **Presión Absoluta**

$$P(V_P) = 100V_m(kPa)$$

■ **Volumen**

$$P(V_V) = 3,22 \times 10^{-5}V_m + 8,28 \times 10^{-5}(m^3)$$

■ **Temperatura Absoluta**

$$T(V_T) = 68,86V_T + 238,0(K)$$

donde V_V , V_P y V_T son los voltajes obtenidos de los sensores.

Se establecieron en dos referencias para la presión y el volumen (el mínimo y máximo alcance del movimiento del pistón). Se tomó lectura de los datos para obtener la referencia.

Como el objetivo es obtener el coeficiente kappa, el cual esta dado por:

$$\kappa = \frac{-1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_\theta \quad (1)$$

Esto significa que se debe variar el volumen respecto a la presión manteniendo una temperatura constante. Para lograr un proceso isoterma se procedió realizar movimientos lentos de la palanca del pistón; esto mantiene el valor de la temperatura cerca del valor promedió. Se realizaron 3 mediciones de la presión y el volumen manteniendo la temperatura constante.

Para obtener κ es necesario realizar modificaciones a (1).

$$\kappa = \frac{-1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_\theta \quad (2)$$

$$\kappa = - \left(\frac{\partial \ln(V)}{\partial P} \right)_\theta \quad (3)$$

Para poder aplicar el logaritmo, se tiene que volver adimensional su argumento dividiendo entre el volumen inicial V_0 quedando:

$$\kappa = - \left(\frac{\partial \ln \left(\frac{V}{V_0} \right)}{\partial P} \right)_\theta \quad (4)$$

3. Resultados

Los valores de referencia que se obtuvieron se presentan en la siguiente tabla:

Medición	Referencia 1	Referencia 2
Presión	$117.19 \pm 15,51$ kPa	$209.63 \pm 5,09$ kPa
Volumen	$1.967 \pm 0,014 \times 10^{-4} \text{ m}^3$	$9.502 \pm 0,014 \times 10^{-5} \text{ m}^3$
Temperatura	$298.84 \pm 0,09$ K	

Cuadro 1: Medición de Referencias

Para obtener κ se debe ver el comportamiento del $\ln\left(\frac{V}{V_0}\right)$ con respecto a la presión como se muestra en la siguiente figura.

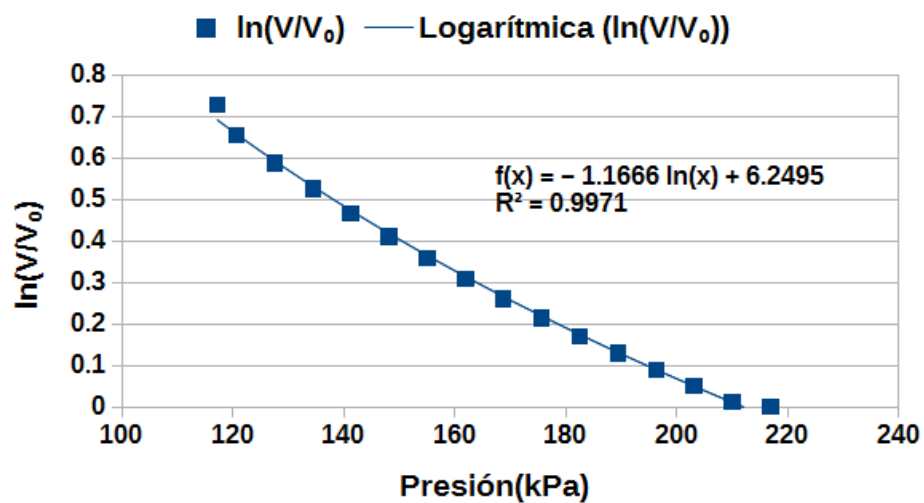


Figura 2: Relación $\ln\left(\frac{V}{V_0}\right)$ vs P

Como se puede observar del gráfico, el proceso fue una expansión ya que el logaritmo natural se hace 0 en la mayor presión. A partir de la forma de los datos, se realizó un ajuste logarítmico.

$$\left(\ln\left(\frac{V}{V_0}\right)\right)_\theta = -1,1666 \cdot \ln(kPa) + 6,2495; \quad R^2 = 0,9971 \quad (5)$$

Es decir, kappa sería:

$$\kappa = 1,1666 \cdot \ln(kPa)$$

4. Discusión

Si modelamos al aire como gas ideal, su ecuación de estado es $PV = nR\theta$.

$$\kappa = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial P} \right)_{\theta} = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial \frac{nR\theta}{P}}{\partial P} \right)_{\theta} = \frac{1}{P}$$

Por lo que kappa en el gas ideal tiene comportamiento de hipérbola, mientras que el que se obtuvo es una función logaritmo natural. Se puede decir que en las condiciones en la que se encontraba el aire, no es un gas ideal.

5. Conclusiones

Se puede concluir que para mejores resultados, se ocupa realizar el experimento en intervalos grandes de tiempo, así se puede lograr una mejor obtención de una temperatura constante y se tienen mas datos para realizar el análisis.

Referencias

- [1] Rodríguez Mellado, J.M. (s.f.) *Coeficientes de dilatación térmica y de compresibilidad isotérmico* Recuperado el 19 de Febrero 2017 de <http://www.uco.es/~qf1romej/termodinamica/docs/alfaykappa.pdf>
- [2] Acuña, H. (2015). *Manual de Guías de Experiencias en el Laboratorio de Termodinámica Clásica*.