

Estudio experimental de procesos termodinámicos

Julieta Romani, Paula Quiroga, María G. Larreguy y María Paz Frigerio

julietaromani@hotmail.com, comquir@ciudad.com.ar, merigl@yahoo.com.ar, mapaz@vlb.com.ar

*Laboratorio de Física III – 2002
Facultad de Ingeniería, Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Favaloro, Buenos Aires, Argentina*

Mediante la utilización de una máquina que consiste de un cilindro y un pistón, en la cual se puede comprimir y expandir gases midiendo en tiempo real el volumen, la temperatura y la presión, estudiamos las leyes que rigen a los procesos termodinámicos. Analizamos procesos adiabáticos, isotérmicos, politrópicos e isocóricos.

Introducción

Existen distintos tipos de procesos termodinámicos, es decir, procesos en los cuales se modifican las variables termodinámicas de un sistema. Si el proceso es tal que no se permite el intercambio de calor (energía) con el medio circundante, se denomina adiabático. La ecuación característica de dichos procesos es

$$PV^\gamma = \text{constante} \quad (1)$$

donde γ es la relación de capacidades caloríficas del gas: $\gamma = C_V/C_P$.

Para que ocurra un proceso adiabático es necesario que el sistema se encuentre perfectamente aislado térmicamente, o que el proceso ocurra rápidamente de manera que no haya tiempo para que ocurra un intercambio de calor con el medio.

Existe otro tipo de procesos en los cuales la temperatura permanece constante. Los mismos se denominan procesos isotérmicos y su ecuación característica es

$$PV = \text{constante} \quad (2)$$

Para que este tipo de procesos ocurra es necesario hacerlo muy lentamente, para que el sistema tenga tiempo de entrar en equilibrio térmico con el medio.

Cuando el proceso es uno intermedio entre un proceso adiabático y uno isotérmico, se denomina proceso politrópico. El mismo se caracteriza por la ecuación

$$PV^\kappa = \text{constante} \quad (3)$$

donde $1 < \kappa < \gamma$.

Además, también existen procesos isocóricos, es decir, aquellos procesos en donde no varía el volumen, e isobáricos, en los cuales permanece constante la presión.

A presiones menores que 3 atmósferas, casi todos los gases se comportan como gases ideales, es decir, que podemos aplicar a su comportamiento, la ecuación de estado

$$PV = nRT \quad (4)$$

donde P es la presión absoluta del gas, V su volumen (la del recipiente que lo contiene), T la temperatura absoluta, n el número de moles del gas y R la constante universal de los gases.

En este trabajo estudiamos estos distintos procesos termodinámicos utilizando una máquina comercial que permite comprimir y expandir un gas, midiendo en tiempo real con una computadora P, V y T.

Método experimental

Usamos un equipo de compresión con sensores de medición de presión, temperatura y volumen (Adiabatic Gas Law Apparatus) ⁽¹⁾. Lo conectamos a la PC a través de una interfaz de conversión analógica-digital (Multipurpose Lab Interface) y usamos un software adecuado para obtener las variaciones de presión, temperatura y volumen, con una calibración previa de estos sensores. La figura 1 ilustra la conexión de los componentes.

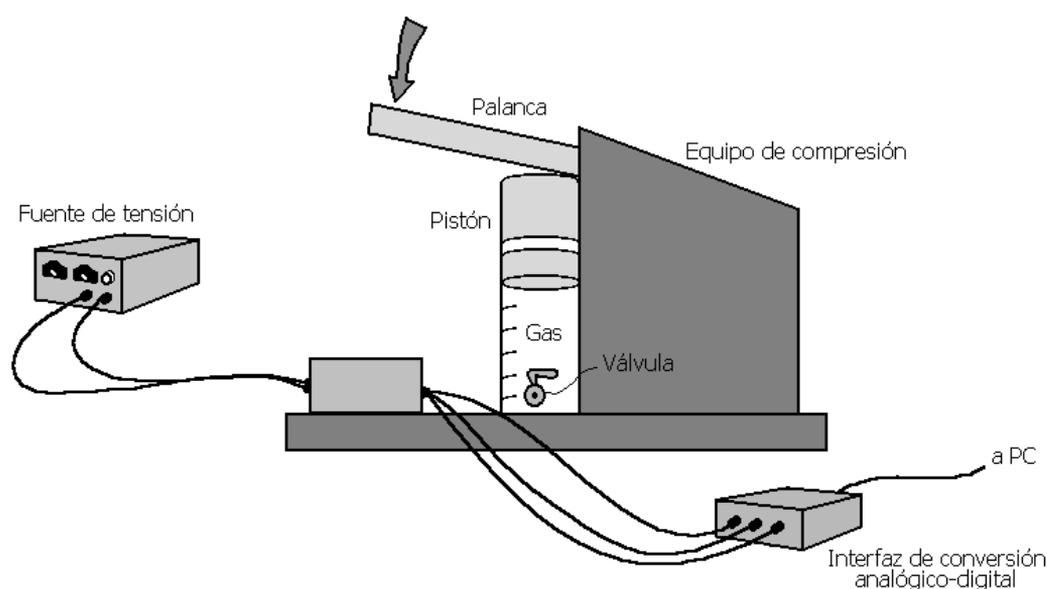


Figura 1. Dispositivo experimental. El equipo de compresión está conectado a una interfaz de conversión analógico-digital en una PC, proporcionando los valores de medición de temperatura, presión y volumen del gas contenido.

En primer lugar, realizamos la medición del proceso adiabático presionando rápidamente la palanca para comprimir el gas, evitando que se produzca un intercambio de calor, o mejor dicho casi sin darle tiempo para que éste sea relevante. Medimos un proceso isotérmico presionando la palanca muy lentamente, controlando que los datos de temperatura que íbamos midiendo se

mantuvieran lo más constantes posible. Luego repetimos el experimento pero presionando la palanca a una velocidad intermedia a la de los dos procesos anteriores, para así obtener el proceso politrópico. Para medir el proceso isocórico comprimimos rápidamente el gas y luego mantuvimos presionada la palanca, de manera que el volumen permaneciera constante hasta que se estabilizaran las variables.

Resultados

Los procesos politrópicos están caracterizados por la ecuación (3). Despejamos las variables y aplicamos logaritmo en ambos miembros de la ecuación y obtuvimos

$$\text{Log}P = c - \kappa \text{Log}V \quad (5)$$

donde c es el logaritmo de la constante de la ecuación (3) y $1 < \kappa < \gamma$.

Cuando el valor de κ se hace 1, se trata de un proceso isotérmico. Si en cambio, el valor se hace γ , se trata de un proceso adiabático.

En primer lugar realizamos el gráfico de los logaritmos de los datos experimentales tomados para la presión y el volumen en el caso del proceso adiabático (figura 2).

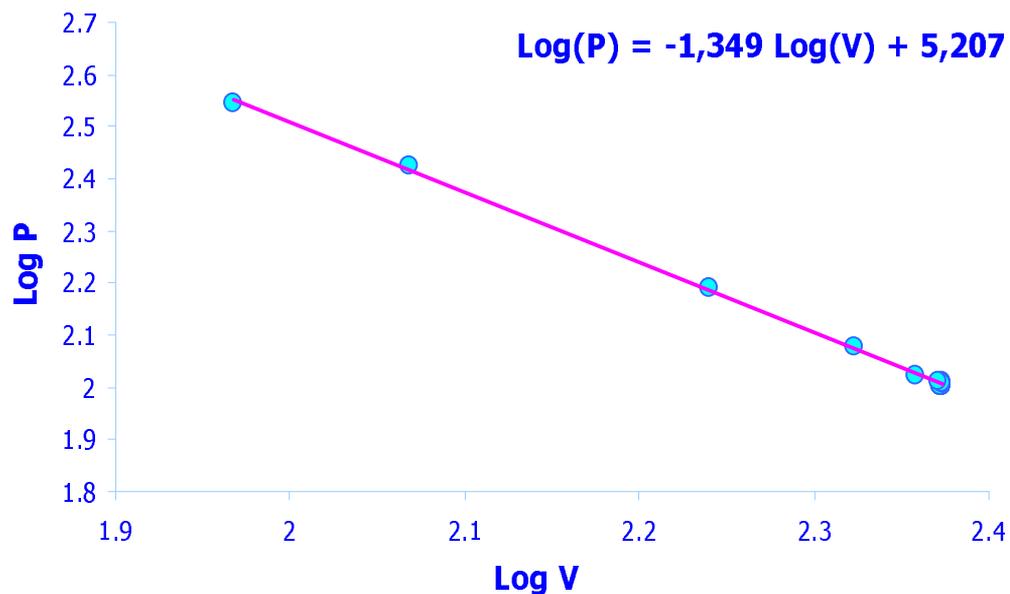


Figura 2. Gráfico del logaritmo de la presión en función del logaritmo del volumen del proceso adiabático. Obtenemos $\gamma = 1,349 \pm 0,004$

Repetimos el procedimiento para el proceso isotérmico y el proceso politrópico (figuras 3 y 4).

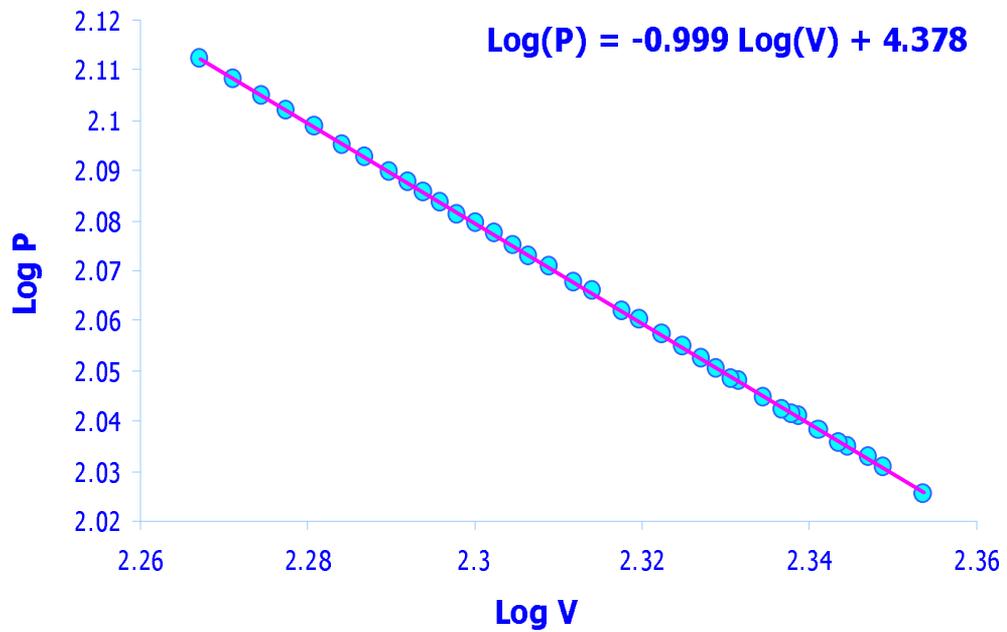


Figura 3. Gráfico del logaritmo de la presión en función del logaritmo del volumen del proceso isotérmico. Obtenemos $\kappa = 0,999 \pm 0,002$

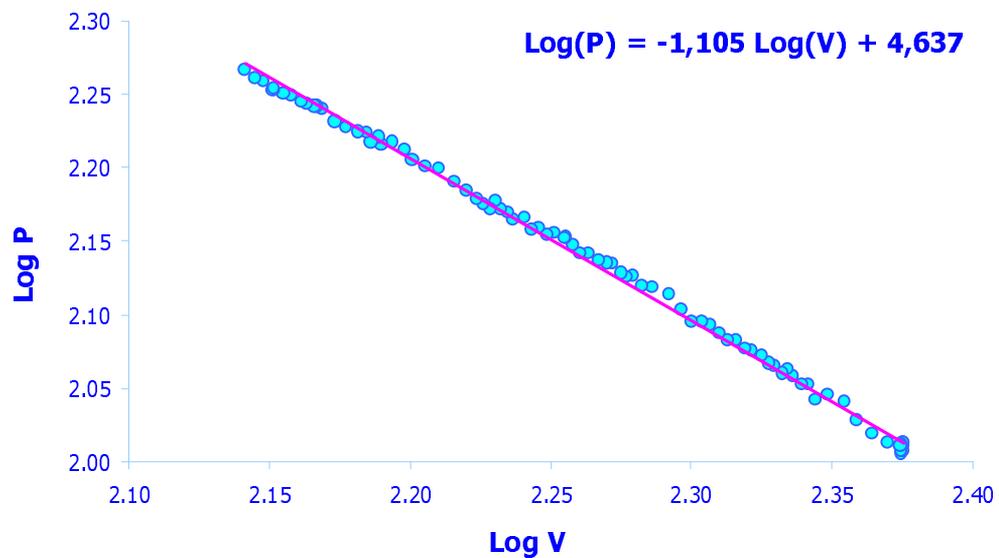


Figura 4. Gráfico del logaritmo de la presión en función del logaritmo del volumen del proceso politrópico. Obtenemos $\kappa = 1,105 \pm 0,006$

Realizamos el proceso isocórico y graficamos la presión en función de la temperatura para comprobar su dependencia lineal (figura 5).

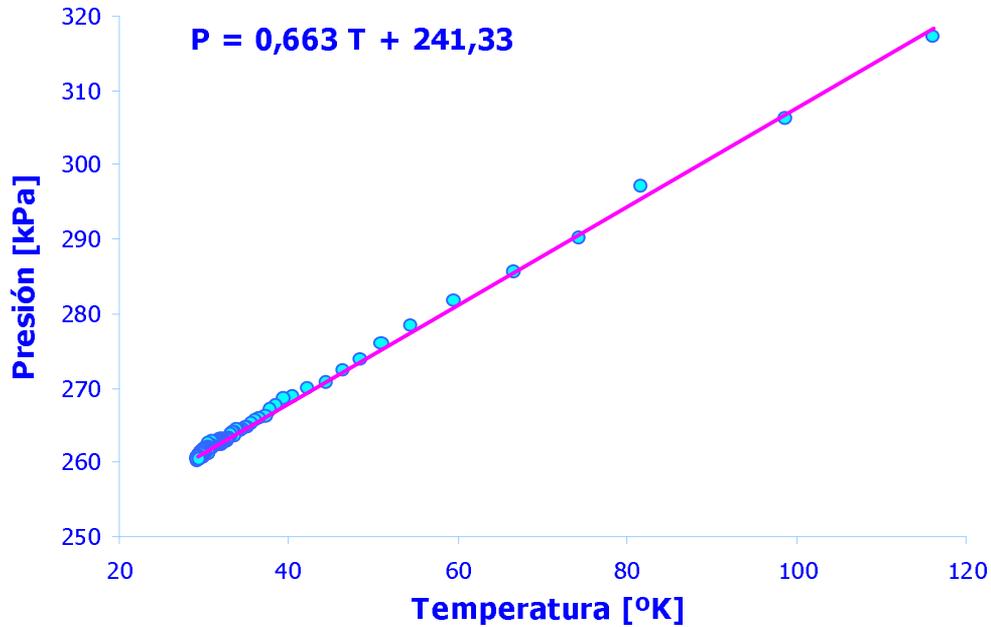


Figura 5. Gráfico de la presión en función de la temperatura del proceso isocórico. Obtenemos una dependencia lineal entre ambas variables.

Conclusiones

Mediante el proceso adiabático realizado y aplicando la ecuación (5) obtuvimos un valor para γ de $1,349 \pm 0,004$, que se acerca al valor conocido para el aire de 1,4 (gas diatómico) ⁽²⁾. Es de esperarse que el resultado sea menor al teórico, ya que el proceso adiabático es un proceso ideal en el cual no se produce transferencia de calor.

Para el proceso isotérmico, obtuvimos que la presión y el volumen son inversamente proporcionales, lo cual coincide con lo predicho en la ecuación (2).

En el caso del proceso politrópico, obtuvimos un valor de κ de $1,105 \pm 0,006$, es decir, un valor intermedio al que se obtiene en los procesos isotérmico y adiabático.

Por último, en el proceso isocórico pudimos comprobar la proporcionalidad de la presión y la temperatura (figura 5).

Referencias

- 1) S. Gil y E. Rodríguez *Física re-Creativa*, Prentice Hall, Buenos Aires, 2001.
- 2) M. Zemansky, F. Sears, R. Freedman y H. Young, *Física Universitaria*, vol. 1, Addison Wesley, México, 1999.