

Calor específico del aire a volumen constante

1. Objetivo de la práctica

El propósito de esta práctica es el cálculo del calor específico del aire a volumen constante. La fuente de calor la proporcionará una resistencia (efecto Joule).

2. Descripción e instalación

El dispositivo experimental está compuesto por un circuito eléctrico, una botella con aire y un manómetro (ver figura 1).

El diseño del circuito eléctrico puede verse en la figura 2 y esencialmente está compuesto por un cronómetro que funciona también como fuente de alimentación, un conjunto de resistencias, dos multímetros y una resistencia instalada en el interior de la botella de aire. La misión de esta última resistencia es proporcionar calor al aire que se encuentra en el interior de la botella.

3. Fundamentos teóricos

Partimos de la ley de los gases ideales:

$$T = \frac{pV}{nR}, \quad (1)$$

donde p es la presión, V el volumen, T la temperatura, n es el número de moles y $R = 8,314 \text{ J}/(\text{K mol})$ es la constante de los gases ideales.

Tomando incrementos en la ec. (1), obtenemos

$$\Delta T = \frac{1}{nR} (p\Delta V + V\Delta p). \quad (2)$$

Si el volumen es constante, todo el calor Q proporcionado al sistema se convierte en un aumento de su energía interna ΔE , pues no se produce trabajo

de expansión $p\Delta V$. Sin embargo en este experimento, sí hay una *pequeña* variación de volumen en el manómetro, ΔV_{man} , por lo que

$$\Delta E = Q - p\Delta V_{\text{man}}, \quad (3)$$

y por lo tanto el calor específico a volumen constante por mol es

$$C_V = \frac{1}{n} \frac{\Delta E}{\Delta T} = \frac{1}{n} \frac{Q - p\Delta V_{\text{man}}}{\Delta T}. \quad (4)$$

El calor suministrado al sistema proviene del calor disipado en una resistencia por la que circula una corriente eléctrica de intensidad I con un voltaje U durante un tiempo Δt . De acuerdo con el efecto Joule, tenemos que

$$Q = UI\Delta t. \quad (5)$$

Finalmente, sustituyendo las expresiones precedentes,

$$C_V = R \frac{UI\Delta t - p\Delta V_{\text{man}}}{p\Delta V_{\text{man}} + V\Delta p}. \quad (6)$$

Calculemos a continuación el cambio en el volumen que se produce en el manómetro. El tubo del manómetro tiene un radio $r = 2 \text{ mm}$ y tiene una sección prácticamente circular. Se ha calibrado de tal manera que un exceso de presión $\Delta p = 14,7 \text{ Pa}$ produce un aumento de longitud de 1 cm . El cambio en el volumen se encuentra que es proporcional al exceso de presión:

$$\Delta V_{\text{man}} = a\Delta p, \quad (7)$$

donde la constante a viene dada por

$$a = \pi(0,2\text{cm})^2 \times 1\text{cm} \times \frac{1}{14,7\text{Pa}} = 0,855 \times 10^{-2} \frac{\text{cm}^3}{\text{Pa}}. \quad (8)$$

Sustituyendo en la ec. (6), obtenemos

$$C_V = R \frac{UI\Delta t - ap\Delta p}{\Delta p(ap + V)}. \quad (9)$$

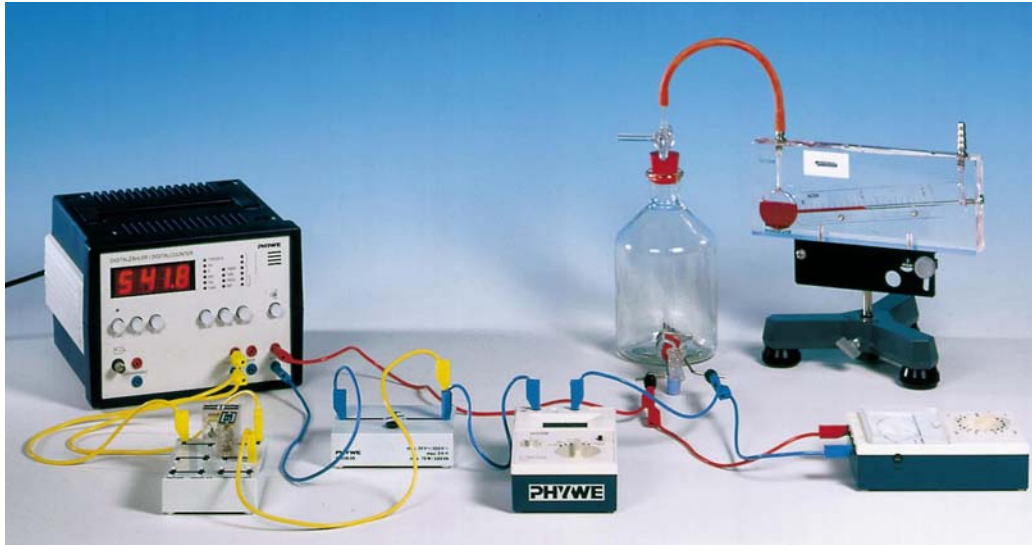


Figura 1: Montaje experimental.

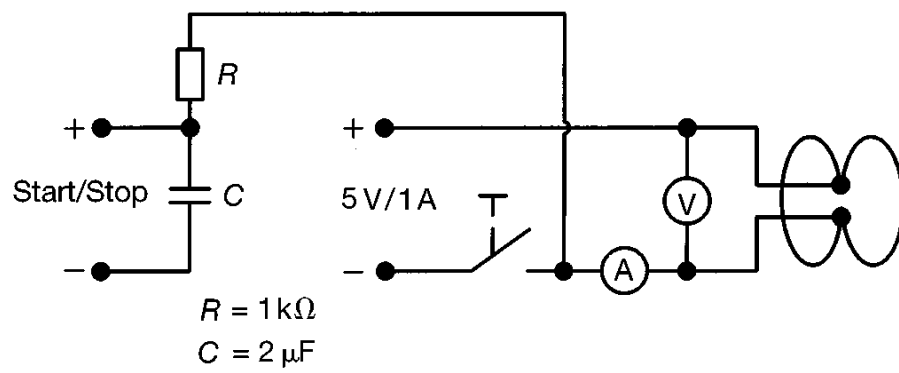


Figura 2: Circuito eléctrico del montaje experimental.

Finalmente, dividiendo numerador y denominador por Δt , tenemos

$$C_V = R \frac{UI - ap \frac{\Delta p}{\Delta t}}{(ap + V) \frac{\Delta p}{\Delta t}}, \quad (10)$$

que es la fórmula que utilizaremos para calcular C_V . Notemos que p es la presión ambiente y V es el volumen del recipiente donde está contenido el aire, que en nuestro caso vale $V = 1,14$ l.

4. Ejecución

Hay que realizar unas 10 medidas. El procedimiento de cada medida es el siguiente.

1. Igualar la presión. Para ello giraremos la válvula de la botella hasta que veamos en la parte superior de la válvula la letra A. Posteriormente giraremos la válvula hasta que se vea la letra C.
2. Pulsar el botón de “reset” en la fuente de alimentación (contador digital).
3. Pulsar el interruptor (que cierra el circuito eléctrico). Anotar el tiempo, (Δt) que dura la pulsación (se lee en el contador digital).
4. Medir el exceso de presión Δp en el manómetro, que viene dada en hPa (se lee en la escala de arriba del manómetro).

Finalmente, después de la serie de al menos 7 medidas, se medirá la intensidad que pasa por el circuito (I) y la diferencia de potencial (U). Para ello se usarán los dos multímetros colocados al efecto (uno en serie que mide I y otro en paralelo que mide U) y dejaremos la válvula de la botella con la letra A hacia arriba.

5. Evaluación

Tras la serie de medidas de tiempo, exceso de presión y de la medida final de la diferencia de potencial e intensidad, se realizarán los siguientes pasos:

1. Se representarán los datos del exceso de presión (Δp) frente al tiempo (Δt). La figura 3 muestra un ejemplo.
2. Mediante un ajuste de mínimos cuadrados a una línea recta, se estimará la pendiente de la recta ($\Delta p/\Delta t$). Ver figura 3.
3. Calcular C_V , sustituyendo los valores de U , I , $\Delta p/\Delta t$, a , $p \simeq 1 \text{ atm} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$ y $V = 1,14$ l en la ec. (10).

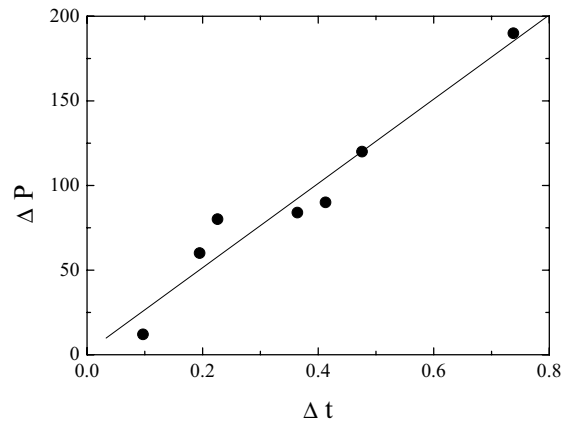


Figura 3: Exceso de presión (Δp) medido en pascas como función del tiempo de pulsación (Δt), medido en segundos. También se ha representado el ajuste lineal de los datos. Los valores de intensidad y voltaje en esta experiencia han sido: $I = 0,331$ A y $U = 5,02$ V.