

## Práctica 2-b

# DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE ADIABÁTICO DE GASES (OSCILADOR DE FLAMMERSFELD)



### 1) OBJETIVO

- Obtener el índice adiabático del aire,  $\gamma$ , por el método de Rüchardt

### 2) PRINCIPIO:

Una masa oscila sobre un volumen de gas en un tubo de vidrio de precisión. La oscilación se mantiene porque parte del gas escapa por una ranura y la masa baja, pero vuelve a ser empujada hacia arriba al ganar presión de nuevo el gas, proporcionada por la bomba. Se puede determinar el coeficiente adiabático de diferentes gases midiendo la oscilación periódica.

**3) LISTA DE MATERIAL:**

- Pinza universal
- 2 doble nuez
- Varilla cuadrada L: 400 mm
- Trípode
- Cronómetro de bolsillo
- Barómetro de habitación
- Bomba, 230 V CA
- Balanza de precisión
- Tapón de goma 26/32 mm
- Tapón de goma 17/22 mm
- 4 trozos de Manguera de conexión (diámetro interno 6 mm)
- 2 Tubo de vidrio en ángulo recto
- Tornillo micrométrico
- Botella decantadora 1000 mL
- Regulador de aire
- Oscilador de gas según Flammersfeld
- Cilindro graduado 1000 mL

**4) FUNDAMENTO TEÓRICO:**

Con el fin de mantener una oscilación estable, no amortiguada, el gas tiene que escapar al exterior por medio de un agujero entre el tubo de vidrio y el oscilador. El oscilador inicialmente se puede situar por debajo de la apertura. El gas fluye ahora de nuevo en el sistema debido a que se acumula un ligero exceso de presión y esto obliga a que el oscilador suba. Tan pronto como el oscilador ha permitido el escape al exterior del aire por la abertura se pierde el exceso de presión y el oscilador baja y el proceso se repite una y otra vez.

Si el cuerpo sufre oscilaciones respecto a la posición de equilibrio para una pequeña distancia  $x$ , entonces  $p$  cambia en  $\Delta p$  y la expresión para las fuerzas que se producen es:

$$F_{\text{presión}} = \pi \cdot r^2 \Delta p = m \frac{d^2 x}{dt^2} = m \cdot a \rightarrow a = \frac{\pi \cdot r^2 \Delta p}{m} = \omega^2 x \quad (1)$$

$m$  = masa del oscilador

$r$  = radio del oscilador

$$p = p_o + \frac{m \cdot g}{\pi \cdot r^2} = \text{Presión interna del gas}$$

$g$  = aceleración de la gravedad

$p_o$  = presión atmosférica externa

Dado que el proceso oscilatorio se lleva a cabo con relativa rapidez, se puede considerar como adiabático y utilizar la ecuación de un proceso adiabático:

$$p \cdot V^\gamma = cte$$

$V$  = volumen del gas

Diferenciando obtenemos:

$$V^\gamma dp + \gamma \cdot V^{\gamma-1} p dV = 0$$

Dividiendo la expresión por  $V^{\gamma-1}$  obtenemos:

$$V dp + \gamma \cdot p dV = 0 \Rightarrow dp = \frac{\gamma \cdot p dV}{V} \Rightarrow \Delta p = \frac{\gamma \cdot p \cdot \Delta V}{V} \quad (2)$$

La sustitución de (2) en (1), con  $\Delta V = \pi \cdot r^2 x$  nos permite obtener la frecuencia angular  $\omega$ :

$$\omega = \sqrt{\frac{\gamma \cdot \pi^2 r^4 p}{mV}}$$

## 5) METODO EXPERIMENTAL:

1. Colocar el material según la figura de la primera página.

- Coloque una botella de aspiración entre el oscilador de gas y la bomba que actúa como un amortiguador.
- Insertar un tubo de vidrio en ángulo recto lleno de algodón en el tubo de alimentación del oscilador para atrapar la humedad.
- Limpie el tubo de cristal de precisión con el alcohol para eliminar el polvo y colóquelo.

NOTA: El movimiento del cuerpo de plástico en el tubo de vidrio puede producir cargas estáticas que distorsionan las lecturas. Este efecto puede evitarse mediante la aplicación de una fina capa de grafito para el oscilador. La forma más sencilla de hacerlo es frotar el oscilador con la punta de un lápiz de mina blanda.

**IMPORTANTE:** El oscilador es una pieza de precisión y en consecuencia debe tratarse con cuidado

- Inserte el oscilador en el tubo sólo después de haber encendido la bomba y haber abierto ligeramente la válvula, para que haya flujo de aire en el Oscilador de gas según Flammersfeld. Al introducir el oscilador coloque ligeramente la mano sobre la abertura del tubo hasta alcanzar una amplitud constante, con el fin de evitar que el oscilador sea expulsado.

2. Medir con el cronómetro el tiempo necesario para aproximadamente 50 oscilaciones (si se hiciera con una barrera fotoeléctrica, la propia barrera cuenta el número de oscilaciones).

$$T(s) = \frac{t(s)}{n}$$

Donde:

$T$ : periodo (s)

$t$ : tiempo medido (s)

$n$ : número de oscilaciones

3. Medir la masa  $m$  del oscilador con una balanza.
4. Medir cuidadosamente el diámetro ( $2r$ ) del oscilador.
5. El volumen de gas lo daremos como dato.
6. Medir la presión en el barómetro ( $p_0$ )
7. Calcular la presión interna del gas ( $p$ )

$$p = p_0 + \frac{m \cdot g}{\pi \cdot r^2}$$

Donde:

$p_0$ : presión externa (laboratorio)

$m$ : masa del oscilador

$g$ : gravedad

$r$ : radio del oscilador

8. Calcular el coeficiente adiabático utilizando las expresiones obtenidas anteriormente:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{\gamma \cdot \pi^2 r^4 p}{mV} \quad \text{entonces} \quad \gamma = \frac{4 \cdot m \cdot V}{T^2 \cdot p \cdot r^4} \leftarrow \text{o también} \rightarrow \gamma = \frac{64 \cdot m \cdot V}{T^2 \cdot p \cdot d^4}$$

### 5) TABLA DE DATOS

<b>Tiempo medido</b>	<b>t (s)</b>	
<b>Nº oscilaciones</b>	<b>n</b>	
<b>Periodo</b>	<b>T (s)</b>	
<b>Presión externa</b>	<b><math>p_0</math> (Pa)</b>	
<b>Masa del oscilador</b>	<b>m (g)</b>	
<b>Diámetro del oscilador</b>	<b>d (dm)</b>	
<b>Masa Flammersfeld vacío</b>	<b><math>m_{\text{vacío}}</math> (g)</b>	-----
<b>Masa Flammersfeld lleno</b>	<b><math>m_{\text{agua}}</math> (g)</b>	-----
<b>Densidad agua</b>	<b><math>\rho_{\text{agua}}</math> (g/dm<sup>3</sup>)</b>	-----
<b>Volumen del gas</b>	<b>V (dm<sup>3</sup>)</b>	
<b>Presión interna</b>	<b>p (Pa)</b>	
<b>Coeficiente adiabático</b>	<b>X</b>	

DATOS:

$$\text{masa del oscilador} = 4,59 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$$

$$V = 1,14 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$