

PRÁCTICA 4a

COEFICIENTE ADIABÁTICO DE GASES

OBJETIVO

Determinación del coeficiente adiabático γ del aire, argón y del dióxido de carbono utilizando un oscilador de gas tipo Flammersfeld.

MATERIAL NECESARIO

- ✓ Oscilador de gas tipo Flammersfeld con cilindro de plástico
- ✓ Barrera fotoeléctrica con contador
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Bomba de acuario
- ✓ Botellas de gas
- ✓ Botella decantadora con llave de regulación fina
- ✓ Lápiz de grafito
- ✓ Barómetro digital de precisión
- ✓ Tornillo micrométrico

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

Consideremos un cuerpo de plástico (oscilador), que se encuentra en el interior de un tubo abierto a la atmósfera (presión p_{atm}) por su parte superior, y conectado a un recipiente de volumen V que contiene un gas a presión p_i por su parte inferior. Para que dicho oscilador estuviese en equilibrio, la presión p_i debería ser

$$(p_i)_{equilibrio} = p_{atm} + \frac{mg}{\pi r^2} \quad (1)$$

donde r es el radio y m la masa del oscilador. Una perturbación Δp en p_i de naturaleza oscilatoria, $p_i = (p_i)_{equilibrio} + \Delta p$ (término oscilatorio), provocará un movimiento también oscilatorio del cuerpo de plástico dentro del tubo, que obedece a la ecuación:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = \pi r^2 \Delta p \quad (2)$$

donde x es la coordenada de posición que describe el movimiento del oscilador respecto a su posición de equilibrio. Puesto que la oscilación es relativamente rápida, podemos considerar que el gas experimenta un proceso adiabático en el que

$$pV^\gamma = cte \quad (3)$$

siendo $\gamma = c_p/c_v$ el coeficiente adiabático del gas y V su volumen. Tomando logaritmos en la ecuación anterior, diferenciando, y aproximando los diferenciales por incrementos, obtenemos

$$-\Delta p = \frac{p\gamma \Delta V}{V} \quad (4)$$

Sustituyendo ahora la ec. (4) en (2), y teniendo en cuenta que el incremento de volumen $\Delta V = \pi r^2 x$, se obtiene la ecuación diferencial del movimiento:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\gamma \pi^2 r^4 p}{mV} x = \frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \quad (5)$$

válida para pequeños desplazamientos x respecto de la posición de equilibrio.

La frecuencia angular de este movimiento armónico simple es

$$\omega = \sqrt{\frac{\gamma \pi^2 r^4 p}{mV}} \quad (6)$$

Y, finalmente, el coeficiente adiabático se puede obtener como

$$\gamma = \frac{4mV}{T^2 p r^4} \cong \frac{4mV}{T^2 p_{atm} r^4} \quad (7)$$

donde $T = 2\pi/\omega$ es el período de las oscilaciones. En el último paso se ha realizado la aproximación $p \cong p_{atm}$, lo que implica despreciar el término debido al peso del oscilador en la ec. (1).

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Con el objeto de mantener una oscilación estable y no amortiguada, el gas que normalmente escapa a través del estrecho espacio entre el oscilador y el tubo de vidrio se repone en el sistema oscilante a través del tubo de entrada (fig. 1). El débil flujo de gas entrante obliga el ascenso del oscilador y, tan pronto como el oscilador destapa la ranura del tubo, desaparece el exceso de presión, el oscilador desciende rápidamente y el proceso se repite periódicamente. La oscilación viene así impuesta por una pequeña excitación producida por el flujo del gas entrante.

Si el experimento se realiza con aire como gas problema, la pequeña sobrepresión necesaria para mantener las oscilaciones se consigue con una bomba de acuario. Se coloca un frasco de vidrio entre la bomba y el oscilador, para amortiguar los impulsos de la bomba, y un tubo, en la conducción de acceso al oscilador, para atrapar cualquier impureza.

Cuando se utiliza CO_2 , se toma directamente de la botella a través de una válvula de reducción de presión conectada entre la botella y el recipiente que contiene el oscilador. Si se emplea argón se toma de la tubería pintada de amarillo, conectada a la botella de argón.

El flujo de gas deberá regularse de modo que la base del oscilador se desplace simétricamente por encima y por debajo del pequeño orificio existente en la pared del tubo. Los anillos azules pintados sobre el tubo pueden servir de referencia. Si el centro de oscilación está por encima del orificio y cuando se reduce ligeramente la presión del gas cesa la oscilación, es evidente que el tubo contiene polvo en su interior y debe procederse a su limpieza (puede emplearse alcohol para ello). Una vez el oscilador efectúe su movimiento, procederemos a ajustar la altura del haz de luz de la barrera fotoeléctrica (contador de impulsos).

El oscilador es una parte importante del equipo experimental y debe ser tratado con cuidado. Colocad el oscilador en el interior del tubo **solamente después** de conectado el flujo de gas. Es conveniente también situar la mano encima de la boca del tubo de oscilación hasta que se haya conseguido una amplitud constante, con el fin de proteger el oscilador de un eventual "disparo". Si el oscilador se atasca en la parte baja, extraedlo sujetándolo por el pequeño gancho.

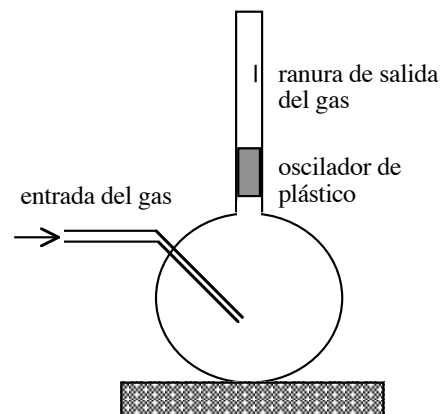


Figura 1. Oscilador tipo Flammersfeld.

El movimiento del oscilador de plástico puede producir cargas estáticas que distorsionan las medidas. Este efecto se elimina aplicando una fina capa de grafito al oscilador, rayando simplemente su superficie con un lápiz blando.

La masa del oscilador se obtiene por pesada en una balanza de precisión. El diámetro se mide cuidadosamente con el tornillo micrométrico y, si se considera conveniente, tomando el valor medio de las medidas realizadas en diferentes puntos, ya que el resultado depende mucho de la exactitud de esta medida. La presión p_{atm} se mide con el barómetro digital. El período T se determina a partir de la lectura del cronómetro para un número de oscilaciones fijado. De cinco a diez medidas, cada una de unas 300 oscilaciones, son suficientes. Por último, tómesese $V = (1.12 \pm 0.01)$ L como volumen del gas.

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

- (a) Valor de la presión del laboratorio con su error. Tabla de valores de los periodos en cada caso, con sus errores correspondientes.
- (b) Presentad los coeficientes adiabáticos calculados para el aire, el argón y el dióxido de carbono con sus errores correspondientes.
- (c) Comparad los resultados obtenidos con los valores de las tablas y los calculados teóricamente para los gases monoatómicos (argón), diatómicos (aire) y triatómicos (CO₂).