PHYSICS EXPERIMENT

El exponente adiabático del aire

DETERMINACIÓN DEL EXPONENTE ADIABÁTICO DEL AIRE C_P/C_V SEGÚN RÜCHARDT.

- Medición del período de oscilación del émbolo de aluminio.
- Determinación de la presión de equilibrio en el volumen de aire encerrado.
- Determinación del exponente adiabático del aire y comparación con el valor bibliográfico.

UE2040200

03/15 UD

FUNDAMENTOS GENERALES

En una disposición clásica según Rüchardt se puede determinar el exponente adiabático del aire a partir de las oscilaciones verticales de un émbolo cilíndrico que reposa en un volumen de aire en un tubo de sección constante, cerrandolo hacia arriba. Una desviación del émbolo de su posición de reposo genera un aumento o disminución de la presión en el volumen de aire, que retorna el émbolo a su posición de reposo. La fuerza de restitución es proporcionnal a la desviación con respecto a la posición de reposo; el émbolo, por lo tanto, oscila armónicamente.

Como no tiene lugar ningún intercambio de calor con el medio, las oscilaciones están acopladas a cambios de estado adiabáticos. Entre la presión p y el volumen V del aire encerrado se tiene la relación

(1) $p \cdot V^{\gamma} = \text{const.}$

El exponente adiabático γ en ella es la relación de la capacidades caloríficas específicas, a presión constante C_p a la de volumen constante C_V:

(2) $\gamma = \frac{C_p}{C_V}$.

A partir de (1) se obtiene para las variaciones de presión y volumen Δp y ΔV

(3) $\Delta p + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot \Delta V = 0$.

Introduciendo en la ecuación la sección interior A del tubo, se puede calcular la fuerza de restitución ΔF a partir de la variación de la presión y, de la variación del volumen la desviación del émbolo Δs respecto a la posición de reposo.

Por lo tanto, se obtiene

(4) $\Delta F = -\gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0$

y finalmente la ecuación de movimiento para el émbolo oscilante

(5) $m \cdot \frac{d^2 \Delta s}{dt^2} + \gamma \cdot \frac{p}{V} \cdot A^2 \cdot \Delta s = 0$.

m: Masa del émbolo

Las soluciones de esta ecuación de movimiento clásica de un oscilador armónico, son las oscilaciones con un período de oscilación igual a

(6) $T = 2\pi \sqrt{\frac{1}{\gamma} \cdot \frac{V}{p} \cdot \frac{m}{A^2}}$,

a partir del cual se puede calcular el coeficiente adiabático, cuando las otras magnitudes son conocidas.

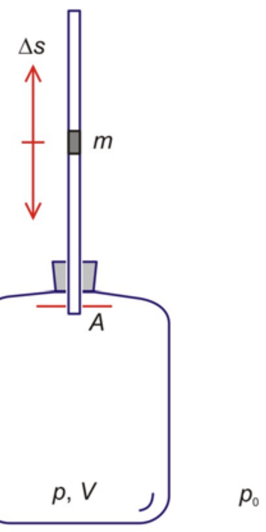

Fig. 1: Representación esquemática de la disposición de medición.

En el experimento, se inserta un tubo de vidrio de precisión de sección pequeña *A* perpendicularmente en un tapón de goma perforado de una botella de vidrio de volumen grande *V* y como émbolo se deja deslizar en el tubo de vidrio un cilindro pequeño de aluminio ajustado, de masa *m* conocida. El cilidro de aluminio realiza oscilaciones armónicas sobre el cojín de aire creado por el volumen de aire encerrado. Del período de oscilación del cilindro de aluminio en el tubo se puede calcular el exponente adiabático.

Fig. 2: Disposición de medición.

LISTA DE APARATOS

1	Botella de Mariotte	1002894
1	Tubo de oscilaciones	1002895
1	Cronómetro mecánico, 15 min	1003369
1	Bomba de vacío - manual	1012856

Adicionalmente se recomienda, para la medición de la presión atmosférica externa, del diámetro interno del tubo de oscilaciones y de la masa del cilindro de aluminio:

1	Barómetro aneroide F	1010232
1	Pie de rey, 150 mm	1002601
1	Balanza electrónica 200 g	1003433

REALIZACIÓN

- Se determinan, la presión atmosfética, el diámetro interior del tubo de oscilaciones, la masa del cilindro de aluminio y el volumen de la botella de Mariotte.
- Uno de los dos tapones de goma cónicos del tubo de oscilaciones, con el diámetro más ancho hacia adelante, se introduce en la apertura cónica de la botella de Mariotte y se aprieta levemente. En esta forma se evita que el cilindro de aluminio caiga en la botella.
- Además, una pequeña estera de goma o similar, podría exterderse en el fondo de la Botella de Mariotte, para evitar daños tanto del cilindro de aluminio como de la botella, en caso de que, no obstante, pueda caer en la botella.
- El tubo de oscilaciones se erige en la botella de Mariotte, se orienta verticalmente, si es necesario se fija con un soporte.
- Un extremo de la larga manguera (850 mm, diámetro interno de 6,5 mm) del volumen de suministro de la bomba de vacío manual, se conecta en la llave de 3 vías de la botella de Mariotte. Se cierra la llave de 3 vías.
- Se limpia el cilindro de aluminio con un trapo libre de pelusas y un con poco de benzina, con la llave de 3 vías cerrada, y sin ladearlo se introduce y se deja caer en el tubo de oscilaciones. El cilindro de aluminio se toca sólo en el manguito para evitar suciedades.
- Con el cronómetro mecánico se miden el tiempo para cinco oscilaciones. Se inicia la medición del tiempo cuando el cilindro de alumminio se haya frenado por primera vez y se encuentre en la posición más baja. Se detiene la medición del tiempo cuando el cilindro de aluminio haya llegado por sexta vez a la posición más baja.
- Se abre con cuidado la llave de 3 vías de tal forma que el cilindro de aluminio pueda deslizarse lentamente hacia el tapón de goma en la base del tubo de oscilaciones.
- La bomba de vacío manual se conecta en la botella de Mariotte a través de la llave 3 vías. Con la llave de 3 vías abierta se bombea hacia arriba el cilindro de aluminio en el tubo de oscilaciones y se saca, es necesario tener cuidado que el cilindro de aluminio no caiga al suelo y se dañe.
- El cilindro de aluminio se retira totalmente del tubo de oscilaciones de tal forma que en el sistema vuelva a reinar la presión atmosférica. Se vuelve a cerrar la llave de 3 vías y se separa la bomba de vacío de la manguera.
- Se realizan luego nueve mediciones adicionales.

Observación importante; La calidad de las mediciones depende fuertemente de las siguientes condiciones:

- El tubo de oscilaciones debe estar extremadamente limpio, si es necesario se limpia con papel de seda.
- El cilindro de aluminio debe estar a su vez extremadamente limpio. Ya contaminaciones mínimas como deposiciones de grasas cutáneas conducen a una fricción fuerte. Por lo tanto, el cilindro de aluminnio se debe limpiar con un trapo libre de pelusas y un poco de benzina antes de cada medición.

- Mínimas deformaciones del cilindro de aluminio (p.ej. generadas por dejarlo caer) conducen a detrimentos de la medición.
- El tubo de oscilaciones debe estar orientado perpendicularmente.
- Todos los tapones de goma deben estar herméticos.
- La medición del tiempo se debe realizar con mucho cuidado, porque el período de oscilación entra al cuadrado en la ecuación de la medición (8) (véase el ejemplo de medición y la evaluación).
- El diámetro interno del tubo de oscilaciones se debe medir con gran exactitud, porque el radio del tubo entra en la cuarta potencia en la ecuación de la medición por medio del área *A* de la sección interna (8).

EJEMPLO DE MEDICIÓN Y EVALUACIÓN

Presión atmosférica externa p_0: 1018 mbar

Diámetro interno d_i del tubo de oscilaciones: 16 mm

Masa *m* del cilindro de aluminio: 15,2 g

Volumen V_0 de la botella de Mariotte: 10400 cm^3

Duración T_5 para 5 períodos de oscilación (10 mediciones):

5,172 s	5,276 s	5,259 s	5,224 s	5,305 s
5,175 s	5,231 s	5,241 s	5,191 s	5,175 s

Valor medio de la duración T_5 de 10 mediciones: 5,225 s

Período de oscilación *T*: 1,045 s

La presión en la condición de reposo *p* se obtiene de la presión atmosférica p_0 y sumándole la presión que hace el cilindro de aluminio en reposo sobre el aire encerrado en la botella de Mariotte:

(7) $p = p_0 + \frac{m \cdot g}{A}$, *g*: Aceleración gravitacional.

El volumen en equilibrio *V* corresponde al volumen V_0 de la botella de Mariotte, porque el volumen del tubo de oscilaciones se puede despreciar.

Para la determinación del exponente adiabático se obtiene de (6):

(8) $\gamma = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot \frac{m}{A^2} \cdot \frac{V}{p} = 1{,}39$.

El valor medido concuerda muy bien con el valor teórico γ =7/5 = 1,4 para una molécula diatómica con 3 grados de libertad de translación y 2 grados de libertad de rotación.