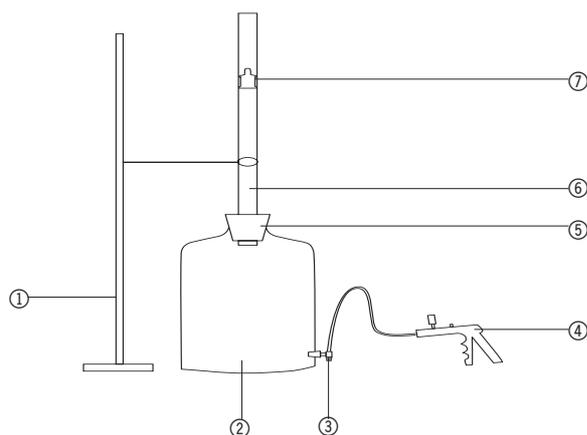


U14328 Tubo de precisión

Instrucciones de uso

9/03 ALF



- ① Soporte
- ② Botella de Mariotte
- ③ Grifo de tres pasos
- ④ Bomba de mano
- ⑤ Tapón
- ⑥ Tubo de precisión
- ⑦ Cilindro de aluminio

En conjunción con la botella de Mariotte, U14327, los tubos de precisión sirven para determinar el exponente adiabático c_p/c_v , según el método de Rüchardt.

dentro del tubo abierto y se lo cierra inmediatamente. El cilindro se frena y oscila varias veces hacia arriba y hacia abajo.

1. Aviso de seguridad

- Manipular con cuidado los tubos de vidrio. Éstos no deben someterse a ninguna carga mecánica. ¡Peligro de rompimiento!
- Se debe observar una extrema limpieza, tanto de los tubos de vidrio como del cilindro de aluminio, puesto que incluso una mínima presencia de impurezas conduce a una elevada fricción.
- No se debe dejar caer el cilindro de aluminio. Incluso las más pequeñas deformaciones influyen negativamente en el resultado del experimento.

Dimensiones: 600 mm x 16 mm $\varnothing_{\text{interior}}$
Cilindro de aluminio: 15,2 g

2. Descripción, datos técnicos

El tubo de precisión se suministra obturado en ambos extremos por tapones de caucho y con un cilindro de aluminio exactamente ajustado.

Si se deja resbalar el cilindro dentro del tubo cerrado en su extremo inferior y mantenido en posición vertical, éste se deslizará lentamente hacia abajo, debido a que el aire sólo puede penetrar muy lentamente a través de la estrecha grieta que separa el cilindro de la pared del tubo. Si se gira el tubo de precisión 180°, el cilindro se comporta correspondientemente, puesto que en el tramo superior del tubo de vidrio, durante el descenso, se origina una depresión y el aire sólo puede penetrar con mucha lentitud. En el tercer caso, se deja caer el cilindro

2.1 Volumen de suministro

- 1 tubo de vidrio de precisión
- 2 tapones de caucho
- 1 cilindro de aluminio

3. Fundamentos teóricos

Símbolos usados en las fórmulas:

- m : peso del cilindro de aluminio
- d : diámetro interior del tubo de precisión
- A : área de la sección transversal del tubo de precisión
- V : volumen del matraz graduado
- p_1 : presión atmosférica
- p : presión en la botella
- g : aceleración terrestre
- n : número de moles
- R : constante universal de los gases (8,31451 kJ/kmol K)
- T : temperatura
- T_s : duración de oscilación
- t : tiempo
- c_p : calor específico ante presión constante
- c_v : calor específico ante volumen constante
- χ : c_p/c_v
- ω : frecuencia angular propia

El estado de una determinada cantidad de gas ideal que se encuentre en un espacio cerrado, se puede describir claramente por medio de las magnitudes de estado de presión p , volumen V y temperatura T . Es válido lo siguiente:

$$pV = nRT \quad (1)$$

Para los cambios de estado, sin intercambio de calor con el medio ambiente, esta fórmula se puede transformar en la ecuación adiabática:

$$pV^\chi = \text{const.} \quad (2)$$

El exponente adiabático χ es la relación existente entre la capacidad de calor específica ante presión constante c_p y la capacidad de calor específica ante volumen constante c_v :

$$\chi = \frac{c_p}{c_v} \quad (3)$$

Si el tubo de vidrio se inserta verticalmente en el tapón perforado de una botella de gas, que tenga un volumen de 10 l, y se deja que el cilindro de aluminio se deslice dentro del tubo de vidrio, éste rebotará armoniosamente sobre el colchón neumático formado por el volumen de aire encerrado.

Si la presión p , al interior de la botella, es igual a la suma de la presión provocada por el peso m del cilindro y la presión atmosférica externa p_L , el cilindro se encuentra en equilibrio:

$$p = p_L + \frac{mg}{A} \quad (4)$$

Si el cilindro se desvía del estado de equilibrio en un tramo s , entonces p varía en Δp y V en ΔV . El cilindro de aluminio soporta una fuerza antagonista que es proporcional a la desviación. El cilindro oscila armoniosamente sobre el colchón neumático que se encuentra por debajo de él. Dado que el proceso de oscilación se detiene de una manera relativamente rápida, éste se puede describir por medio de las variaciones adiabáticas de estado. Al realizar la derivación dp/dV de (2) y el paso a las variaciones finales Δp y ΔV se obtiene:

$$\Delta p = -\chi \frac{p}{V} \Delta V \quad (5)$$

Dado que el cilindro se mueve dentro del tubo de precisión en un tramo s , la variación del volumen es igual a:

$$\Delta V = As \quad (6)$$

La fuerza antagonista

$$F = A\Delta p = -\chi \frac{pA^2}{V} s \quad (7)$$

conduce a aceleraciones periódicas del cilindro con el peso m . De acuerdo con el segundo axioma de Newton, para $s(t)$, es válida la siguiente ecuación diferencial:

$$\frac{d^2s}{dt^2} + \chi \frac{pA^2}{V} s = 0 \quad (8)$$

A partir de (8) se obtiene la frecuencia angular propia ω de la oscilación armónica:

$$\omega = \sqrt{\chi \frac{pA^2}{V}} \quad (9)$$

y con ello la duración de la oscilación T_s

$$T_s = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{mV}{\chi pA^2}} \quad (10)$$

Para la determinación del exponente adiabático χ se sigue lo siguiente:

$$\chi = \frac{4\pi^2 mV}{A^2 p T_s^2} = \frac{64mV}{T_s^2 d^4 p} \quad (11)$$

4. Servicio

- Determinar la presión atmosférica, el diámetro interno del tubo de precisión, el peso del cilindro de aluminio y el volumen del matraz graduado.
- Colocar el tubo de precisión sobre la botella de Mariotte, posicionarlo verticalmente y fijarlo a un soporte.
- La botella de Mariotte se debe guarnecer por dentro con una esterilla de goma o algún elemento similar, para prevenir un daño, tanto de la botella como del cilindro, en el caso de que el cilindro caiga y golpee el fondo de la botella.
- Para simplificar el experimento, es recomendable conectar una bomba de mano a la botella de Mariotte, por medio de un grifo de tres pasos. De esta manera, el cilindro de aluminio se puede bombear hacia arriba, dentro del tubo, y retirarlo sin necesidad de alinear nuevamente el tubo de vidrio.
- El cilindro de aluminio se debe limpiar con un paño libre de pelusas y un poco de gasolina de lavado, y se debe introducir y dejar caer dentro del tubo de vidrio, con el grifo cerrado y sin ladear. Para evitar que se ensucie, el cilindro sólo se debe tomar por la empuñadura.
- Medir diez veces con un cronómetro el tiempo necesario para que se produzcan cinco oscilaciones.
- La medición del tiempo se debe iniciar cuando el cilindro se frene por primera vez y se encuentre en la posición más profunda. La medición se debe detener cuando el cilindro haya arribado por sexta ocasión al punto más profundo.
- Provocar el ascenso del cilindro por medio de una bomba de mano, con el grifo abierto. Durante este

proceso se debe tener cuidado de que el cilindro no caiga hacia afuera y se dañe.

- Retirar completamente el cilindro del tubo para que así vuelva a actuar sobre el sistema la presión atmosférica reinante. Cerrar nuevamente el grifo.
- Realizar nuevas mediciones y determinar el valor promedio de la duración de la oscilación.
- Llevar a cabo el cálculo.

Notas generales:

La calidad de las mediciones depende, en gran medida, de las siguientes condiciones:

- El tubo de precisión debe encontrarse en un estado de extrema limpieza. Dado el caso, se debe limpiar el tubo de vidrio con papel de seda.
- De igual manera, el cilindro de aluminio debe encontrarse extremadamente limpio. Incluso las más pequeñas impurezas, tales como acumulación de grasa de la piel, producen una fuerte fricción. Por tanto, antes de cada medición, se lo debe limpiar con un paño libre de pelusas y un poco de bencina de lavado.
- Una mínima deformación del cilindro (provocada, por ejemplo, por una caída) menoscaba los resultados del experimento.
- El tubo de vidrio debe alinearse verticalmente.
- Todos los tapones deben ser herméticos.
- Dado que para obtener el resultado se toma el cuadrado del valor de duración de oscilación, el tiempo debe registrarse cuidadosamente.

5. Ejemplo de medición

Volumen V :	10400 cm ³
Peso m del cilindro:	15,2 g
$\emptyset_{\text{Interior}}$ d del tubo:	16 mm
Presión atmosférica p_L :	1018 mbar

Tiempo t en segundos para 5 oscilaciones:

5,172
5,276
5,259
5,224
5,305
5,175
5,231
5,241
5,191
5,175
Suma: 52,249

Promedio: 5,2249

Duración de oscilación T_s : 1,04498 s

Al aplicar la fórmula (11) se obtiene:

$$\chi = 1,39$$

Valor tomado de la literatura:

$$\chi = 1,40$$