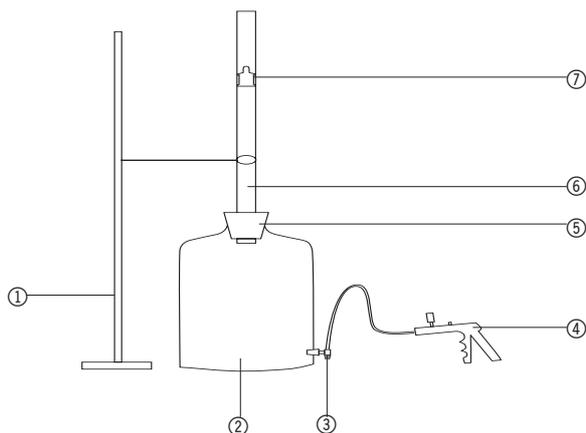


U14328 Tubo di precisione

Istruzioni per l'uso

9/03 ALF



- ① Stativo
- ② Bottiglia di Mariotte
- ③ Rubinetto a 3 vie
- ④ Pompa manuale
- ⑤ Tappo
- ⑥ Tubo di precisione
- ⑦ Cilindro di alluminio

Il tubo di precisione serve, unitamente alla bottiglia di Mariotte U14327, a determinare l'esponente adiabatico c_p/c_v secondo Rüchardt.

Dimensioni: 600 mm x 16 mm $\emptyset_{\text{interno}}$
 Cilindro di alluminio: 15,2 g

1. Norme di sicurezza

- Maneggiare con cautela il tubo di vetro. Non sottoporlo a sollecitazioni meccaniche. Pericolo di rottura!
- Fare attenzione alla massima pulizia sia del tubo di vetro che del cilindro di alluminio, poiché anche le più piccole impurità aumentano l'attrito.
- Non fare cadere il cilindro di alluminio. Anche la più piccola deformazione compromette l'esperimento.

2. Descrizione, caratteristiche tecniche

Tubo di vetro di precisione alla consegna chiuso sulle due estremità con tappi di gomma e dotato di cilindro di alluminio perfettamente calibrato.

Se si fa scorrere il cilindro nel tubo di vetro, chiuso nella parte inferiore e tenuto in posizione verticale, il cilindro scende lentamente verso il basso, poiché l'aria può penetrare solo molto lentamente attraverso la stretta fessura esistente tra cilindro e parete di vetro. Se si ruota il tubo di precisione di 180°, il cilindro si comporta in modo corrispondente, poiché nella parte superiore del tubo di vetro, in caso di abbassamento, si produce una depressione e l'aria può penetrare solo molto lentamente. Nel terzo caso, si lascia cadere il cilindro nel tubo aperto e lo si chiude subito. Il cilindro viene frenato e oscilla alcune volte in su e in giù.

2.1 Fornitura

- 1 tubo di vetro di precisione
- 2 tappi di gomma
- 1 cilindro di alluminio

3. Principi teorici

Simboli delle formule utilizzati:

- m : massa del cilindro di alluminio
- d : diametro interno del tubo di precisione
- A : area delle sezione trasversale del tubo di precisione
- V : volume del recipiente graduato
- p_L : pressione atmosferica
- p : pressione nella bottiglia
- g : accelerazione di gravità
- n : numero di mole
- R : costante universale dei gas (8,31451 kJ/kmol K)
- T : temperatura
- T_s : periodo di oscillazione
- t : tempo
- c_p : calore spec. a pressione costante
- c_v : calore spec. a volume costante
- χ : c_p/c_v
- ω : pulsazione propria

Lo stato di una quantità definita di un gas ideale può essere descritta in modo univoco mediante le grandezze

di stato: pressione p , volume V e temperatura T . Ossia:

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

Per i cambiamenti di stato senza scambio di calore con l'ambiente questa equazione può essere convertita nell'equazione adiabatica:

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

L'esponente adiabatico χ è il rapporto della capacità termica specifica a pressione costante c_p e della capacità termica specifica a volume costante c_v :

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

Se si colloca il tubo di vetro in verticale sul tappo di gomma perforato di una bottiglia di vetro con un volume pari a 10 l e si fa scorrere il cilindro di alluminio nel tubo di vetro, vengono prodotte oscillazioni armoniche sul cuscino d'aria creato dal volume d'aria definito.

Se la pressione p nella bottiglia è uguale alla somma della pressione determinata dalla massa del cilindro m e della pressione atmosferica esterna p_L , il cilindro è in equilibrio:

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

Se il cilindro viene deviato durante il percorso s dalla posizione di equilibrio, allora p diventa Δp e V passa a ΔV . Il cilindro di alluminio è sottoposto ad una forza di richiamo, che è proporzionale alla deviazione, e produce oscillazioni armoniche sul cuscino d'aria che si trova sotto. Poiché il processo di oscillazione è relativamente veloce, lo si può descrivere mediante il cambiamento di stato adiabatico. Mediante la creazione della derivazione dp/dV di (2) e il passaggio alle modifiche finali Δp e ΔV , si ottiene

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

Poiché il cilindro si muove durante il percorso s nel tubo di precisione, la modifica del volume è uguale a

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

La forza di richiamo

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

determina un'accelerazione periodica del cilindro con la massa m . In base al secondo assioma di Newton vale la

seguinte equazione differenziale per $s(t)$

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

Dalla (8) si ricava la pulsazione propria ω dell'oscillazione armonica

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

e da ciò il periodo di oscillazione T_s

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

Per la determinazione dell'esponente adiabatico χ segue:

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

4. Comandi

- Determinare la pressione atmosferica, il diametro interno del tubo di precisione, la massa del cilindro di alluminio e il volume del recipiente graduato.
- Collocare il tubo di vetro sulla bottiglia di Mariotte, allineare in verticale e fissare ad uno stativo.
- La bottiglia di Mariotte deve essere collocata su un tappetino di gomma o simile, per impedire un danneggiamento sia della bottiglia che del cilindro, quando il cilindro cade nella bottiglia.
- Per semplificare l'esperimento, si consiglia di collegare una pompa manuale mediante il rubinetto a 3 vie alla bottiglia di Mariotte. Il cilindro di alluminio può in questo modo essere pompato in alto nel tubo di vetro ed essere estratto, senza dover sempre riallineare il tubo di vetro.
- Pulire il cilindro di alluminio con un panno che non lascia filaccia e un po' di benzina solvente e, a rubinetto chiuso, non introdurlo e lasciarlo cadere in posizione inclinata nel tubo di vetro. Afferrare il cilindro solo sull'impugnatura, per evitare di imbrattarlo.
- Con un cronometro misurare 10 volte il tempo necessario ad eseguire cinque oscillazioni.
- La misurazione del tempo deve iniziare quando il cilindro viene frenato per la prima volta e si trova sul punto più profondo. La misurazione del tempo viene arrestata quando il cilindro è giunto per la sesta volta nel punto più profondo.
- Mediante la pompa manuale, a rubinetto aperto, pompare verso l'alto il cilindro, facendo attenzione a che il cilindro non cada e non venga così danneggiato.

- Estrarre completamente il cilindro dal tubo e ristabilire nel sistema la pressione atmosferica dominante. Chiudere nuovamente il rubinetto.
- Eseguire nove ulteriori misurazioni e determinare il valore medio del periodo di oscillazione.
- Eseguire il calcolo.

Indicazioni generali:

la qualità delle misurazioni dipende in larga misura dalle condizioni che seguono.

- Il tubo di precisione deve essere estremamente pulito. Se necessario, pulire il tubo di vetro con carta seta.
- Ugualmente il cilindro di alluminio deve essere estremamente pulito. Anche le più piccole impurità, come i residui di grasso cutaneo, determinano un attrito elevato. Pertanto prima di ogni misurazione, pulire il cilindro con un panno che non lascia filaccia e un po' di benzina solvente.
- Una piccolissima deformazione del cilindro (ad es. causata da una caduta) ne compromette il funzionamento.
- Il tubo di vetro deve essere allineato in verticale.
- Tutti i tappi devono essere a tenuta d'aria.
- Poiché il periodo d'oscillazione viene conteggiato al quadrato nel risultato, il tempo deve essere rilevato con precisione.

5. Esempio di misurazione

Volume V : 10.400 cm³
 Massa del cilindro m : 15,2 g
 $\varnothing_{\text{interno}}$ del tubo d : 16 mm
 Pressione atmosferica p_L : 1018 mbar

Tempo t in secondi per 5 oscillazioni:

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

Somma: 52,249

Media: 5,2249

Periodo di oscillazione T_s : 1,04498 s

Dopo l'inserimento nella formula (11), si ottiene:

$$\chi = 1,39$$

Valore di letteratura:

$$\chi = 1,40$$