



### OBJETIVO

Determinação do expoente adiabático  $C_p/C_v$  do ar segundo Rüchardt

### RESUMO

Na experiência, um êmbolo de alumínio em um tubo de vidro de precisão, colocado perpendicularmente sobre uma garrafa de vidro, realiza oscilações harmônicas sobre a almofada de ar formada pelo volume de ar aprisionado. A partir da duração da oscilação do êmbolo de alumínio, pode-se calcular o expoente adiabático.

### TAREFAS

- Medição da duração da oscilação do êmbolo de alumínio.
- Determinação da pressão de equilíbrio no volume de ar aprisionado
- Determinação de expoentes adiabáticos do ar em comparação com o valor da literatura.

# 2

### APARELHOS NECESSÁRIOS

Número	Instrumentos	Artigo N°
1	Garrafa de Mariotte	U14327
1	Tubo de oscilações	U14328
1	Cronômetro mecânico, 15 min	U40801
1	Bomba manual de vácuo	U205001
<b>Adicionalmente recomendado:</b>		
1	Barômetro aneróide F	U29948
1	Calibrador, 150 mm	U10071
1	Balança eletrônica 200 g	U42060

### FUNDAMENTOS GERAIS

Em um arranjo clássico segundo Rüchardt, o expoente adiabático do ar pode ser determinado a partir das oscilações verticais de um êmbolo, que repousa em um tubo com perfil constante sobre um volume de ar e o encerra na parte superior. Um desvio do êmbolo do repouso gera uma pressão positiva ou negativa no volume de ar, que leva o êmbolo de volta à posição de repouso. A força de retorno é proporcional ao desvio do repouso; portanto, o êmbolo oscila harmonicamente.

Por não haver troca de calor com o ambiente, as oscilações estão ligadas a alterações adiabáticas de estado. Entre a pressão  $p$  e o volume  $V$  do ar aprisionado, existe a relação

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

O expoente adiabático  $\gamma$ , portanto, é a relação das capacidades térmicas específicas com pressão  $C_p$  constante e com volume  $C_v$  constante:

$$(2) \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

De (1) resultam as alterações de pressão e de volume  $\Delta p$  e  $\Delta V$

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

Através da utilização da área do perfil interno  $A$  do tubo, pode-se calcular a força de retorno  $\Delta F$  a partir da alteração da pressão e, a partir da alteração do volume, pode-se calcular o deslocamento  $\Delta s$  do êmbolo a partir do repouso.

Assim, resulta

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

e, finalmente, como equação de movimento para o êmbolo oscilante

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

$m$ : massa do êmbolo

As soluções desta clássica equação de movimento de um oscilador harmônica são oscilações com a duração de oscilação

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

a partir da qual se pode calcular o coeficiente adiabático, se todas as outras grandezas forem conhecidas.

Na experiência, coloca-se um tubo de vidro de precisão com um pequeno perfil  $A$  perpendicularmente na rolha de borracha perfurada de uma garrafa de vidro com volume  $V$  grande e deixa-se deslizar um êmbolo de alumínio adequado de massa  $m$  conhecida para dentro do tubo de vidro. O êmbolo de alumínio realiza oscilações harmônicas sobre a almofada de ar criada pelo volume de ar aprisionado. A partir da duração da oscilação do êmbolo de alumínio, pode-se calcular o expoente adiabático.

### ANÁLISE

Para a determinação do expoente adiabático, conclui-se de (6):

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

O volume  $V$  de equilíbrio corresponde ao volume da garrafa de gás, pois o tubo de vidro de precisão pode ser desprezado.

A pressão  $p$  de equilíbrio resulta da pressão externa do ar  $p_0$  e da pressão que o êmbolo de alumínio em repouso causa sobre o ar aprisionado:

$$p = p_0 + \frac{m \cdot g}{A}, \quad g: \text{aceleração da gravidade}$$

Espera-se, como resultado, o valor  $\gamma = \frac{7}{5} = 1,4$ , pois o

ar se constitui, em essência, de moléculas de dois átomos com 5 graus de liberdade para a absorção da energia térmica.

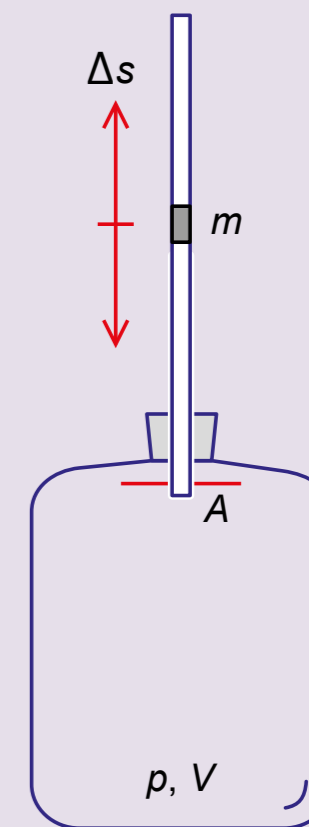


Fig. 1: Esquema da montagem da experiência