

Calor específico de um gás: medida de γ pelo método de *Rüchhardt*

INTRODUÇÃO

Processos termodinâmicos em que não há troca de calor são denominados adiabáticos. Esses processos podem ocorrer em sistemas termicamente isolados ou em transformações rápidas, nas quais não há tempo para o sistema trocar calor com a vizinhança – por exemplo, durante uma compressão ou uma expansão rápida de um gás.

A relação entre pressão p e volume V de um gás durante um processo adiabático é dada por:

$$pV^\gamma = \text{constante} \quad (1)$$

em que $\gamma = c_p/c_v$ = razão entre os calores específicos molares, a pressão constante c_p e a volume constante c_v do gás. A Teoria Cinética dos Gases, considerando os graus de liberdade de cada molécula, prevê que, para gases monoatômicos tem-se $\gamma = 1,67$, para gases diatômicos γ é igual 1,4 e, para gases poliatômicos $\gamma = 1,33$.

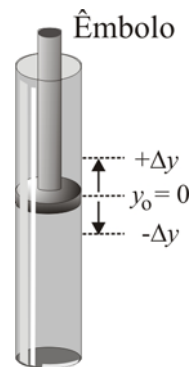
Rüchhardt propôs um método simples para se determinar γ , como descrito a seguir.

A figura 1 mostra um cilindro de volume V e seção transversal A , preenchido com um gás; na parte superior do cilindro há um êmbolo de massa m . A pressão do gás dentro do cilindro é dada por

$$p = p_0 + \frac{mg}{A} \quad (2)$$

em que p_0 é a pressão atmosférica.

Figura 1: Um êmbolo de massa m e seção reta de área A confina um volume V de gás em um cilindro. Dentro do cilindro a pressão de equilíbrio p é igual à pressão atmosférica p_0 mais a pressão devida ao peso do êmbolo, mg/A . Ao se liberar o êmbolo, após fazer um deslocamento Δy , este oscila em torno da posição de equilíbrio executando um movimento harmônico amortecido.



Considere $y_0 = 0$ como sendo a posição de equilíbrio do êmbolo. Ao pressioná-lo ligeiramente e liberá-lo, o êmbolo oscilará com um período T . Devido ao atrito, após algumas oscilações o êmbolo retorna à sua posição y_0 . Deslocando-se o êmbolo Δy para cima, o volume do gás irá aumentar de ΔV dado por:

$$\Delta V = A\Delta y \quad (3)$$

Este deslocamento provoca uma pequena diminuição Δp na pressão. A força ΔF resultante sobre o êmbolo é, desprezando-se o atrito, igual a $A\Delta p$, ou seja

$$\Delta p = \frac{\Delta F}{A} \quad (4)$$

Observe que para Δy positivo, Δp é negativo. Consequentemente F é uma força restauradora, linearmente proporcional a Δy , o que implica em uma oscilação harmônica do êmbolo.

Considerando que este processo seja adiabático, pode-se usar a equação (1) que, fazendo-se a diferencial, leva à relação

$$\gamma p V^{\gamma-1} \Delta V + V^\gamma \Delta p = 0 \quad (5)$$

Substituindo (3) e (4) em (5), e usando $y_0 = 0$ e $F_0 = 0$ na situação de equilíbrio, chega-se à relação:

$$F = -\left(\frac{\gamma p A^2}{V}\right)y \quad (6)$$

que é a equação de um oscilador harmônico, com constante elástica igual a $(\gamma p A^2/V)$

Mostre que

$$\gamma = \left(\frac{4\pi^2 m V}{A^2 p T^2}\right) \quad (7)$$

PARTE EXPERIMENTAL

Objetivos

Determinar o coeficiente γ de um gás ideal.

Determinar se o gás é monoatômico, diatômico ou poliatômico.

Material utilizado

Cilindro com êmbolo de diâmetro d e massa m , sensor de baixa pressão.

Procedimentos

Para se utilizar o método de *Rüchhardt* para determinação do γ de um gás utiliza-se uma montagem como a ilustrada na figura 2.

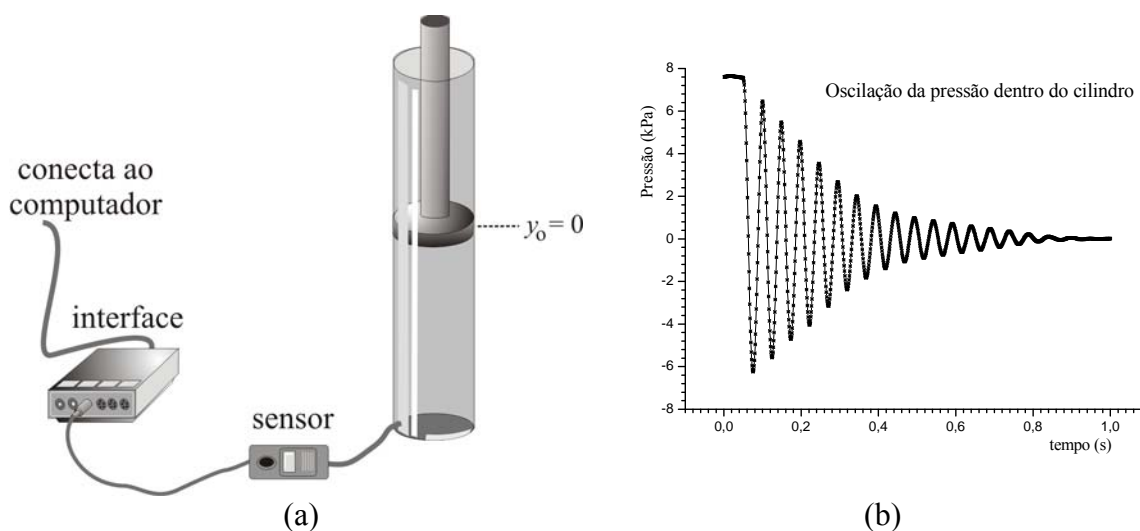


Figura 2 – (a) Dispositivo que permite registrar a oscilação da pressão, quando se faz uma pequena perturbação no êmbolo dentro do cilindro. (b) Registro gráfico da pressão em função do tempo; constata-se o movimento harmônico amortecido.

A pressão no interior do cilindro é medida por um sensor que, por meio de uma interface, transmite os valores para um computador. É importante que a aquisição dos dados seja feita em frequência alta (~ 1000 Hz) pois o período de oscilação é bem pequeno.

- Procure familiarizar-se com os instrumentos e com o programa de aquisição de dados. (Instruções adicionais devem estar disponíveis juntamente com a montagem.)
- Escolha um volume inicial. Desloque o êmbolo de sua posição de equilíbrio fazendo uma pressão sobre ele. Solte-o e registre sua oscilação em um gráfico usando o programa de aquisição de dados.
- Determine o período de oscilação do sistema a partir de uma média dos valores do período no gráfico.
- Repita o procedimento com pelo menos 8 diferentes volumes iniciais. Para cada valor de volume, faça algumas medições do período.
- A partir de uma análise gráfica, obtenha o valor de γ com sua respectiva incerteza, tendo como base a equação (7).
- Compare o valor encontrado com os valores determinados pela Teoria Cinética dos Gases e, considerando a composição do ar, avalie se o resultado corresponde ao esperado.