

## Compressão de um Gás

Tiago Frederico N°63422, Maria Vilelas N°63438, Lúcia Carreira N°63439

Pretende-se analisar o comportamento termodinâmico de um gás, neste caso o ar. Vão-se analisar as transformações adiabática e isotérmica do gás em questão.

COMPLETAR

### Introdução

Nesta actividade experimental estudar-se-á o comportamento de um gás, neste caso uma mistura de gases - ar -, face a duas transformações: adiabática e isotérmica.

No estudo de um gás assume-se que este é ideal ou perfeito cujas propriedades mensuráveis são expressas pela *Equação dos Gases Perfeitos* (??), uma equação de estado. Num gás perfeito apenas existem choques de curta duração entre as moléculas e, por outro lado, as partículas não exercem forças umas sobre as outras e o volume de cada uma é desprezável.

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

Na equação (??) que descreve o comportamento de  $n$  moles de um gás perfeito,  $p$  é pressão,  $V$  o volume e  $T$  a temperatura do gás. Duas dessas propriedades podem variar independentemente enquanto que a terceira está perfeitamente definida em função das anteriores. Por exemplo, ao garantir que  $T$  é constante, tem-se  $p \sim V^{-1}$ , a *Lei de Boyle-Mariotte*, e fixando  $p$  tem-se  $V \sim T$ , a *Lei de Charles e Gay Lussac*.

O *Calor Específico Molar* é definido como a quantidade de calor que tem de se fornecer a uma substância com  $n$  moles para que a sua temperatura se eleve 1 grau ( $^{\circ}\text{C}$  ou  $\text{K}$ ). O *Calor Específico Molar* encontra-se facilmente através do *Princípio da Equipartição da Energia* que relaciona cada grau de liberdade de uma molécula com a sua energia média. O ar é considerado um gás diatómico e tem, por isso, 5 graus de liberdade.  $\gamma$ , a *Constante das Adiabáticas*, é o quociente entre  $C_P$  e  $C_V$  (calor específico molar a pressão constante e a volume constante). Para o ar tem-se  $C_V = \frac{5}{2}R$  e  $C_P = \frac{7}{2}R$ . A relação entre estas duas grandezas é  $C_P = C_V + R$ . Observa-se que é mais difícil aquecer um gás a pressão constante do que a volume constante.

O *Primeiro Princípio da Termodinâmica*,

$$\delta Q = dU + \delta W \quad (2)$$

é um caso especial da *Lei de Conservação de Energia* uma vez que descreve os processos respeitantes unicamente à *energia interna* ( $U$ ) e à transferência de *calor* ( $Q$ ) e *trabalho* ( $W$ ).

#### I. TRANSFORMAÇÃO ADIABÁTICA

Numa transformação adiabática não há trocas de calor com o exterior, ou seja,  $\delta Q = 0$ . Logo, pela equação (??), obtém-se

$$0 = dU + \delta W, \quad (3)$$

ou seja, observa-se que o trabalho realizado sobre um gás resulta numa variação da sua energia interna. Desenvolvendo a expressão (??) através das igualdades (a) e (b) é possível encontrar uma relação entre as diferentes propriedades mensuráveis do gás.

$$(a) \quad dU = nC_V dT$$

$$(b) \quad \delta W = p dV$$

Substituindo (a) e (b) em (??) e primitivando a expressão obtida, encontra-se a equação que relaciona  $p$  e  $V$ :

$$pV^\gamma = Cte, \quad (4)$$

através da qual se pode encontrar experimentalmente a constante  $\gamma$ . Aplicando uma regressão linear à expressão (c) obter-se-á uma recta de declive  $\gamma$ .

$$(c) \quad pV^\gamma = p_i V_i^\gamma,$$

em que  $p_i$  e  $V_i$  são, respectivamente, a pressão e o volume iniciais do gás. Se se observar que o declive,  $\gamma$ , se afasta consideravelmente do valor teórico, 1.4, pelo facto de na maioria das situações o sistema em estudo não ter um isolamento térmico perfeito em relação à vizinhança, não se pode assumir  $\delta Q = 0$ . Considera-se, antes, que a transformação é *quase* adiabática e que

$$\delta Q = n\beta dT$$

, onde  $\beta$  é um factor que relaciona a energia transferida para o exterior com a variação de temperatura ocorrida no sistema. Aí, o novo valor de  $\gamma$  será

$$\gamma = \frac{C_V + \beta + R}{C_V + \beta}$$

que tenderá para 1 à medida que a quantidade de calor que passar para o exterior for maior ( $Q \rightarrow \infty$ ).

Para calcular o trabalho exercido sobre o gás utilizam-se (b) e (c) das quais se obtém

$$W = p_i V_i^\gamma \frac{V_f^{1-\gamma} - V_i^{1-\gamma}}{1-\gamma}, \quad (5)$$

onde  $V_i$  e  $V_f$  são o volume inicial e final ocupado pelo gás.

#### II. TRANSFORMAÇÃO ISOTÉRMICA

Uma transformação isotérmica é uma transformação em que a temperatura se mantém constante, ou seja,  $dT = 0$ .

$$U = \frac{3}{2} n N_a k T \quad (6)$$

( $n$  é o número de moles,  $N_a$  o Número de Avogadro,  $k$  a constante de Boltzmann e  $T$  a temperatura.)

Como a *energia interna* é apenas função da temperatura (equação (??)) tem-se  $dU = 0$ , que relacionado com (??), dá

$$\delta Q = \delta W, \quad (7)$$

ou seja, o calor cedido pelo sistema é igual ao trabalho realizado sobre o gás.

Uma forma de garantir que o gás sofre uma transformação isotérmica ao ser comprimido é fazê-lo muito lentamente de forma a que o equilíbrio se restabeleça e a temperatura se mantenha constante.

Sabendo que que  $T$  é constante nesta transformação, pode relacionar-se  $p$  e  $V$  a partir da equação (4), linearizando-a. Conclui-se que a transformação que ocorre no gás é isotérmica se o seu declive for  $-1$ . Considerando a equação (??) e a Equação dos Gases Perfeitos e assumindo que a transformação é reversível, pode calcular-se o trabalho realizado sobre o gás:

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p dV = nRT \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right). \quad (8)$$

### Experiência Realizada

O esquema 1 descreve a montagem utilizada na realização da experiência. O cilindro onde se realiza a compressão tem dois transdutores incorporados, um para medir a temperatura e outro a pressão. Os dados são transmitidos a uma interface que recolhe os dados de volume, temperatura e pressão do gás dentro do cilindro. A interface transmite ao computador os dados recolhidos e já amplificados pelo pré-amplificador que são analisados com o auxílio do programa "Data Monitor". O pré-amplificador e a interface são alimentados por uma tensão entre 10 e 12V fornecida por uma fonte de tensão.

Na fase inicial da experiência calibra-se o volume nos canais de aquisição de dados. Procede-se, de seguida, ao estudo da compressão isotérmica do ar pressionando o êmbolo muito lentamente, de modo a que se processem trocas de calor com o exterior e a temperatura se mantenha constante. Com base nos dados recolhidos calcula-se o número de moles de gás dentro do recipiente, a Constante das Adiabáticas, a energia das trocas de calor e trabalho com o exterior e a variação da energia interna do gás com o programa de análise de dados.

Na segunda parte da experiência estuda-se a compressão adiabática do ar evitando quaisquer trocas de calor com o exterior. Pressionando o êmbolo o mais rapidamente possível diminui-se o intervalo de tempo em que possam ocorrer as trocas. Calculam-se as mesmas grandezas que no caso anterior.

## Resultados Experimentais

### Análise de Resultados

## Conclusões

## Bibliografia

## Referências

- [1] autor, *nome do livro*. editora, edicao, data.
- [2] Ribeiro, A. C., Sebastião, P., Tomé, F., *Contribuição para o desenvolvimento do ensino da Física Experimental no IST*, AEIST, 1998.
- [3] Deus, J. D., Pimenta, M., Noronha, A., Peña, T., Brogueira, P., *Introdução à Física*, McGrawHill, 2000.
- [4]