

# Compressão de um Gás

André Ramos      Gonçalo Quintal      Pedro Silva      Rui Claro

2 de Abril de 2009

Neste trabalho estudaram-se as compressões adiabática e isotérmica do ar que consideramos comportar-se como um gás perfeito. Foram calculados os trabalhos efectuados sobre o ar nos dois casos, assim como a variação de energia interna no caso adiabático. Foi ainda calculado o valor do expoente da relação  $pV^\gamma = C^{te}$  tendo este sido alvo de uma correcção teórica devido à impossibilidade de uma compressão completamente adiabática.

## Trabalho realizado

Neste trabalho efectuamos compressões adiabáticas e isotérmicas de um volume de ar contido num cilindro. A montagem experimental permitia-nos obter, a cada momento, os valores de volume pressão e temperatura do ar que sofria a compressão. Estes dados eram visualizados em tempo real nos canais do osciloscópio virtual.

Consideramos o ar um gás perfeito regido como tal pela equação

$$pV = nRT$$

e diatómico pelo que

$$C_V \equiv \frac{1}{n} \left( \frac{dQ}{dt} \right)_V = \frac{5}{2}R$$

Para efectuar uma compressão isotérmica, ou seja em que a temperatura  $T$  do gás se mantem constante ao longo da experiência, comprimiu-se o ar lentamente de forma a que as trocas de calor entre o ar e o sistema sejam suficientes para manter a temperatura em equilíbrio. Na compressão isotérmica pretendemos mostrar que  $pV = C^{te}$ <sup>1</sup> e ainda calcular o trabalho fornecido ao ar durante a compressão

$$\delta W = - \int_{V_i}^{V_f} p dV = nRT \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right)$$

através do integral numérico calculado pelo programa.

No caso de uma compressão adiabática, onde se pretende que as trocas de calor não

existam i.e.  $\delta Q = 0$ , a compressão foi efectuada de uma forma brusca de modo a que não houvesse tempo para se darem trocas de calor entre o ar e o exterior. Nesta parte do trabalho os dados serão analisados com vista a obter o parâmetro  $\gamma$  de

$$pV^\gamma = C^{te}$$

onde

$$\gamma \equiv \frac{C_p}{C_V} = \frac{\frac{7}{2}R}{\frac{5}{2}R} = 1,4$$

assim como será determinado o trabalho fornecido ao ar e o seu aumento de energia interna dado por:

$$dU = nC_V dT$$

## Resultados

Recorrendo aos dados iniciais da compressão adiabática calculou-se o número médio de moles de ar contidos no cilindro como  $n = 0,9870 \times 10^{-2} \pm 8,49 \times 10^{-6}$

V (cm <sup>3</sup> )	p (kPa)	T (K)	n (mol)
230,9	105,7	296,7	$0,9899 \times 10^{-2}$
230,2	105,7	296,7	$0,9869 \times 10^{-2}$
230,4	105,3	296,7	$0,9840 \times 10^{-2}$

Para a compressão adiabática foram obtidos os gráficos<sup>2</sup> patentes nas figuras 1 e 2 de onde se retirara o valor:

$$\gamma = 1,36 \pm 2,38 \times 10^{-3}$$

que corresponde a um factor correctivo de

$$\beta = 2,31 \pm 0,02$$

No caso do cálculo da variação de energia interna temos:

$$dU = 16,86 \pm 0,14J$$

<sup>1</sup>Uma vez que  $T = C^{te}$

<sup>2</sup>Em anexo

um calor de

$$\delta Q = -1,87 \pm 0,01 J$$

e o trabalho calculado numericamente é

$$\delta W = 18,79 J$$

A compressão isotérmica gerou os gráficos das figuras 3 e 4 de onde retiramos o valor de trabalho

$$\delta W = 17,65 J$$

## Análise de resultados

No caso de uma compressão de um gás ser perfeitamente adiabática temos que  $dU = \delta W$ , pois  $\delta Q = 0$  daqui podemos chegar a que  $pV^\gamma = C^{te}$  com  $\gamma = 1,4$ . No caso de admitirmos que a compressão não foi totalmente adiabática mas que houve uma pequena troca de calor modelada por:

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

então o expoente passa a ser:

$$\gamma' \equiv \frac{C_p + \beta}{C_v + \beta}$$

de onde se tira que

$$\beta = \frac{C_p - \gamma' C_v}{\gamma' - 1}$$

Assim se para a compressão “quase adiabática” fizemos a contabilização da variação energia interna, calculando as parcelas  $\delta Q$  e  $\delta W$  de forma independente de  $dU$  temos:

$$-\beta n dT + \delta W \Leftrightarrow -1,87 + 18,79 = 16,92 J$$

$$dU = 16,86 \pm 0,14 J$$

sendo que o trabalho  $\delta W$  calculado teoricamente é de

$$\delta W = p_i V_i^\gamma \frac{V_f^\gamma - V_i^\gamma}{1 - \gamma} = 12,83$$

Para o caso da compressão isotérmica começamos por observar que o valor  $0,999 \pm 2,3 \times 10^{-3}$  para o expoente de  $pV$  confirma a equação dos gases perfeitos a temperatura constante:

$$pV^{\alpha=1} = nRT = C^{te}$$

Através da integração numérica do gráfico de pressão e temperatura obtivemos os valor de trabalho:

$$\delta W = ? \pm ?$$

sendo que o valor teórico previsto seria:

$$\delta W = nRT \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right) = 17,1$$

## Conclusão e críticas

Na primeira parte do trabalho experimental, procedeu-se ao estudo da compressão adiabática. Neste em primeira análise dos dados verificou-se que existe um aumento de  $5,4 \times 10^{-4}$  moles, fenómeno que poderá ser explicado pelo atraso dos sensores, especialmente no caso da temperatura, sendo necessário usar um valor corrigido calculado pela média do número de moles dos pontos iniciais. A análise do gráfico linearizado, permite observar um valor para  $\gamma = 1,36$  e na análise dos dados obteve-se um valor  $dU = 16,86 J$  o qual é diferente do trabalho ( $W = 18,79 J$ ), desta maneira pode-se confirmar-se a existência de trocas de calor. Estas podem ser calculadas em energia através do parâmetro  $\beta$ , sendo determinado com o valor  $\beta = 2,31$ . É com este parametro que se consegue verificar a conservação de energia, sendo a soma de  $dQ$  e  $\delta W$  igual a  $dU$ .

Deste modo pode concluir-se que embora a compressão tenha sido realizada como esperado (rapidamente), houve trocas de calor com o exterior, o que nos leva a dizer que esta compressão não foi perfeitamente adiabática.

Na segunda parte do trabalho, realizou-se uma compressão isotérmica, onde através de uma compressão lenta procurou-se fazer variações infinitesimais de temperatura.

Verifica-se que grafico linearizado desta compressão apresenta um valor bastante próximo de um, tendo em conta que o valor obtido mais o erro, englobam o valor 1.

Comparando o trabalho calculado teóricamente com o calculado pelo integral numérico, verifica-se que este último é englobado pelo erro do trabalho teórico conclui-se assim que a compressão foi aproximadamente isotérmica.

## Bibliografia

- Brogueira, P. e Noronha, A., (1994), *Exercícios de física*, MacGraw Hill.
- Dias de Deus, J., Pimenta, M., Noronha, A., Peña, T. e Brogueira, P., (2000), *Introdução à física*, McGraw Hill.
- Ribeiro, A. C., Sebastião, P. e Tomé, F., (1998), *Contribuição para o desenvolvimento do ensino da física experimental no IST*, Secção de folhas da AEIST.

# Anexo

## Gráficos obtidos

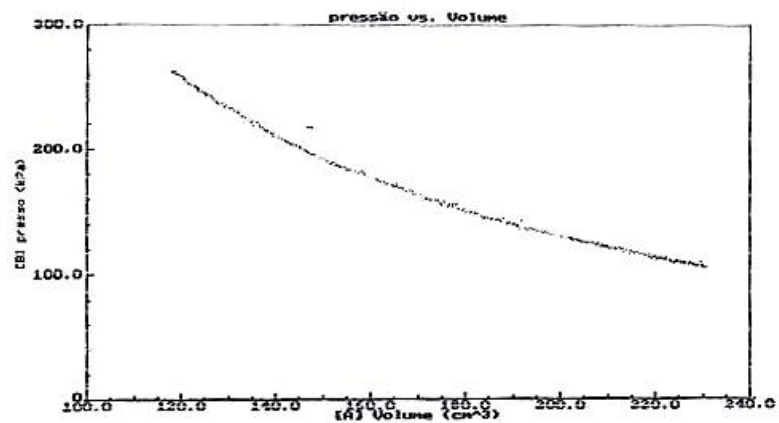


Figura 1: Compressão adiabática

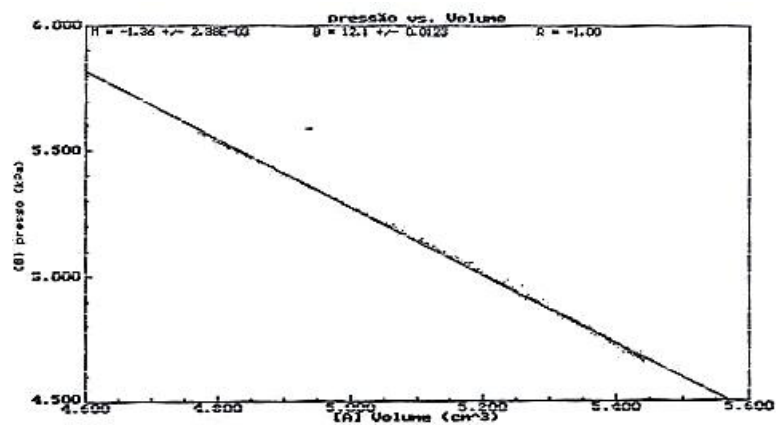


Figura 2: Compressão adiabática (gráfico linearizado)

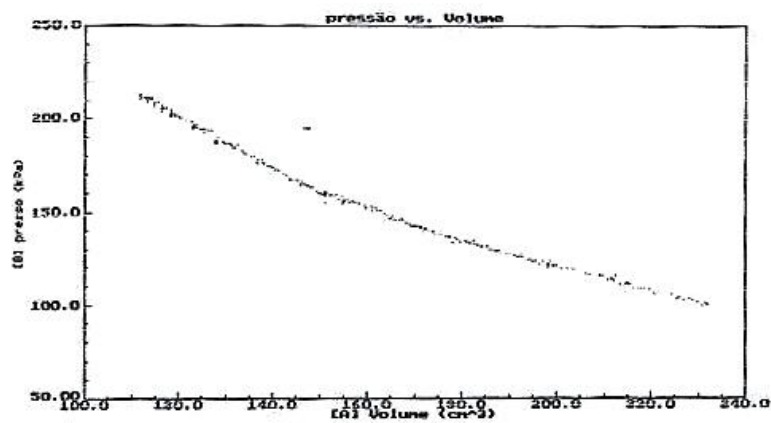


Figura 3: Compressão isotérmica

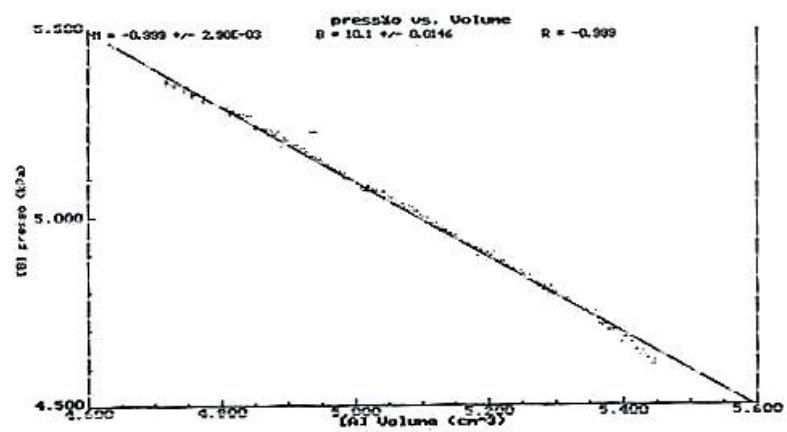


Figura 4: Compressão isotérmica (gráfico linearizado)