

## Verificação experimental da lei dos gases usando um balão de borracha submerso

L.V. Bagnato\*, S.R. Muniz e V. S. Bagnato

Instituto de Física e Química de São Carlos - USP

Caixa Postal 369, 13560-970 - São Carlos - SP, Brasil

Trabalho recebido em 10 de dezembro de 1994

### I. Introdução

A lei dos gases ideais também, conhecida como equação de Clapeyron, é uma das importantes leis da física. Ela é aplicada na solução de problemas do dia-a-dia de uma variedade de campos da engenharia, física e química. Sua comprovação teórica foi um dos impulsos mais importantes para a concepção atomística da matéria e do conceito de que o comportamento macroscópico do mundo advém das propriedades de seus constituintes microscópicos.

A equação dos gases ideais tem a forma  $PV = nRT$ , onde  $P$  é a pressão,  $V$  o volume,  $n$  o número de moles,  $T$  a temperatura e  $R$  a constante Universal dos gases (8,31 Joules/K mol). É dada a sua grande importância que seu estudo é obrigatório tanto no segundo grau quanto no ciclo básico da maioria dos cursos universitários.

A nível teórico expositivo, em sala de aula, ela é vista de forma satisfatória, porém a sua demonstração experimental, apesar de simples, quase nunca é vista. Apesar disto seu resultado é aplicado em vários outros experimentos e demonstrações (como no termometro a gás).

A maneira convencionalmente usada para sua demonstração envolve um balão de vidro acoplado a uma seringa. O balão é mantido a certa temperatura e quando aquecido causa expansão do gás, deslocando o êmbolo da seringa. Desta forma pode-se medir a variação do volume. Um termômetro permite a leitura da temperatura. Pesos adicionados ao êmbolo permitem a variação da pressão e o conjunto de todas estas

variações comprovam a lei acima. (Detalhes podem ser encontrados na referência 1).

Neste trabalho estamos propondo uma maneira alternativa para a demonstração da lei dos gases, que usa um instrumental mais simples do que o convencional. Este método tem ainda a importância de envolver vários conceitos distintos usados na obtenção do resultado final, o que faz parte do cotidiano de um físico profissional e por esta razão é muito instrutivo.

O sistema consiste num balão de borracha preso por uma mola flexível, tudo submerso num recipiente contendo água, podendo ser aquecido. O sistema esta esquematizado na figura 1 e ilustrado na figura 2.

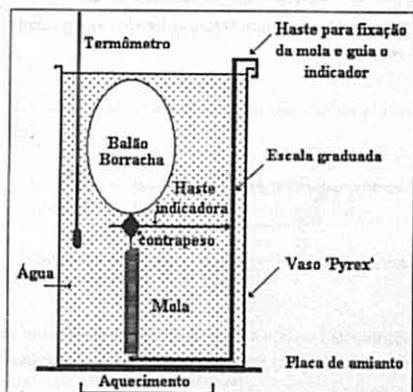


Figura 1. Esquema do sistema experimental utilizado. Cada uma das partes está indicada na figura. O balão deve estar inteiramente submerso.

\*Aluno do Colégio São Carlos, São Carlos, SP, Caixa Postal 87

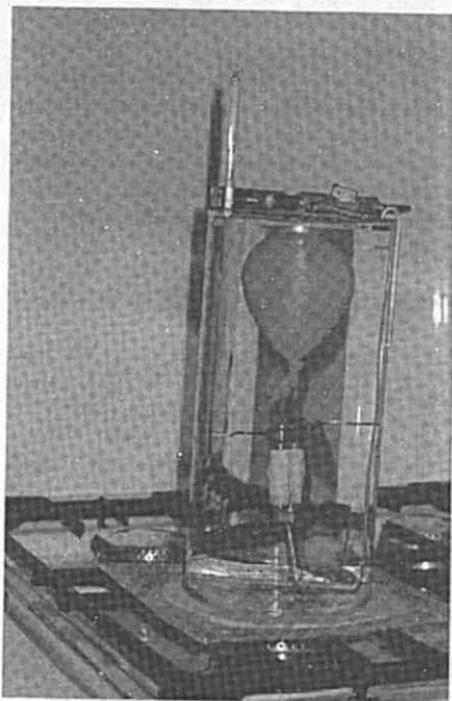


Figura 2. Fotografia mostrando o sistema experimental.

O volume do balão submerso resulta numa força de empuxo que distende a mola. A pressão no interior do balão é praticamente a pressão atmosférica e se o balão é bastante flácido esta pressão permanece constante para um intervalo razoável de volumes. A medida que a água é aquecida o gás no interior do balão também o é, e como a pressão é praticamente constante há uma expansão no volume resultando num empuxo maior provocando maior distensão na mola.

Como o empuxo ( $F_e = \rho_L g V$ , onde  $\rho_L \equiv$  densidade do líquido e  $g \equiv$  aceleração da gravidade) é proporcional ao volume, a medida da distensão da mola é uma medida direta da variação do volume. À pressão constante,  $V \propto T$ , de modo que para variações de volume e temperatura ( $\delta V \propto \delta T$ ), (comumente chamada de lei de Gay-Lussac). Assim a linearidade entre a distensão da mola com a variação de temperatura permite a comprovação da lei dos gases quando a pressão é mantida constante.

A demonstração foi realizada usando-se um vaso do tipo 'pyrex' aquecido num fogão residencial comum. O balão de borracha ('bexiga' de aniversário) utilizado foi inflado até sua capacidade máxima e mantida assim por dois dias para garantir que a borracha fique flácida (com baixa resistência a deformação), de modo a manter a pressão a medida que o volume varia. A experiência foi feita com o balão inflado a uma pequena fração de sua capacidade total. A mola feita com arame de aço (não recozido) possuía uma baixa constante de mola. Um contrapeso (chumbada de pescaria) foi adicionado ao sistema de modo a diminuir o efeito do empuxo, mantendo o balão sempre submerso (Esta é uma maneira de deslocar o ponto de equilíbrio). Na extremidade da mola ligada ao balão, um fio horizontal foi amarrado funcionando como uma agulha indicadora da distensão da mola. Um termômetro doméstico permite verificar a temperatura do banho deste a temperatura ambiente até cerca de 44 °C.

Os resultados  $\delta V \propto \delta T$  para vários experimentos realizados estão mostrados na figura 3. A linearidade de  $\delta V$  com  $\delta T$  comprova um importante resultado da lei dos gases ideais, como discutido anteriormente.

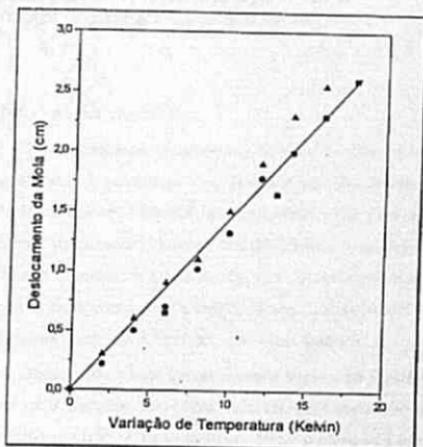


Figura 3. Resultado das medidas para três experimentos realizados. A linearidade do deslocamento com a variação de temperatura comprova a lei dos gases discutida no texto.

Se forem preparados dois balões um com volume maior que o outro observa-se que a inclinação da reta

$\delta V \times \delta T$  é maior para o balão de maior volume. Isto é consequência do fato que  $V = \frac{nR}{P}T$  ou seja  $\delta V = \frac{nR}{P}\delta T$ . O Balão maior possui a mesma pressão porém maior  $n$ , resultando numa inclinação maior. Se forem preparados vários balões de diferentes volumes (estes volumes podem ser determinados através da distensão da mola) a variação da inclinação com  $n$  (que é proporcional ao volume inicial) permite obter experimentalmente a constante  $R$  dos gases ideais. Apesar de termos feito estudos preliminares neste sentido, deixaremos a determinação de  $R$  para o leitor interessado.

Um ponto importante a salientar é com respeito a preparação do balão. É necessário que a borracha esteja bem flácida (baixa resistência a deformação), não oferecendo nenhuma resistência ao aumento de volume.

Se isto não acontecer o experimento pode não ser bem sucedido.

Este tipo de demonstração, realizada para alunos do primeiro e segundo graus, mostrou de maneira clara que gases aquecidos ocupam um volume maior e que o aumento de volume é diretamente proporcional a variação de temperatura (Lei de Gay-Lussac), várias observações do dia-a-dia podem então ser explicadas a partir do entendimento destes conceitos básicos.

### Referências

1. Problemas Experimentais em Física - Vol. 1; por C. E. Hennies, W. O. Guimarães e J. A. Raversi. - Editora da Unicamp - 4a. Edição (1993).

