



SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA

## **Olimpíadas de Física 2012**

Seleção para as provas internacionais

Prova Experimental A

12/Maio/2012

## Kwality Ice-Kream

Duração da prova: 2 h

### 1 Material

- garrafa termos com azoto líquido
- balança
- copo de gelado *Kwality*
- bloco de alumínio furado preso por um fio
- termómetro digital com precisão de 0,1° C
- cronómetro
- óculos de proteção

### 2 Descrição

Na mítica cidade de Katmandu, no Nepal, os vendedores ambulantes do tradicional e delicioso gelado *Kwality* costumam preservá-lo em “arcas” arrefecidas com azoto líquido (Fig. 1). Nesta prova experimental, vamos determinar o calor latente de evaporação do azoto líquido (ou variação da entalpia no processo de evaporação) que é a energia necessária para evaporar um grama de azoto líquido à pressão atmosférica ambiente.



Figura 1: Vendedor de *Kwality* “Ice-Kream” em Katmandu.

A temperatura de ebulição do azoto, à pressão ambiente, é  $T_N = 77 \text{ K} = -196^\circ \text{ C}$ . Para medir o calor latente de evaporação do azoto, vamos colocar um pouco de azoto num copo de gelado *Kwality*, feito de esferovite, que é um razoável isolador térmico. Devido às trocas de calor com o ambiente, o azoto vai evaporando a uma taxa aproximadamente constante. Colocando um corpo de alumínio, inicialmente à temperatura ambiente, dentro do azoto, o líquido entrará em ebulição violenta até que o corpo de alumínio fique em equilíbrio térmico com o líquido. Durante este processo, é evaporada uma certa massa de azoto, adicionalmente à que ocorreria devido às trocas com o ambiente. Determinando esta massa, e conhecendo a capacidade térmica mássica do alumínio, é possível determinar o calor latente de evaporação do azoto. Há, contudo, que ter em conta que a capacidade térmica do alumínio varia apreciavelmente com a temperatura, como mostra a Fig. 2.

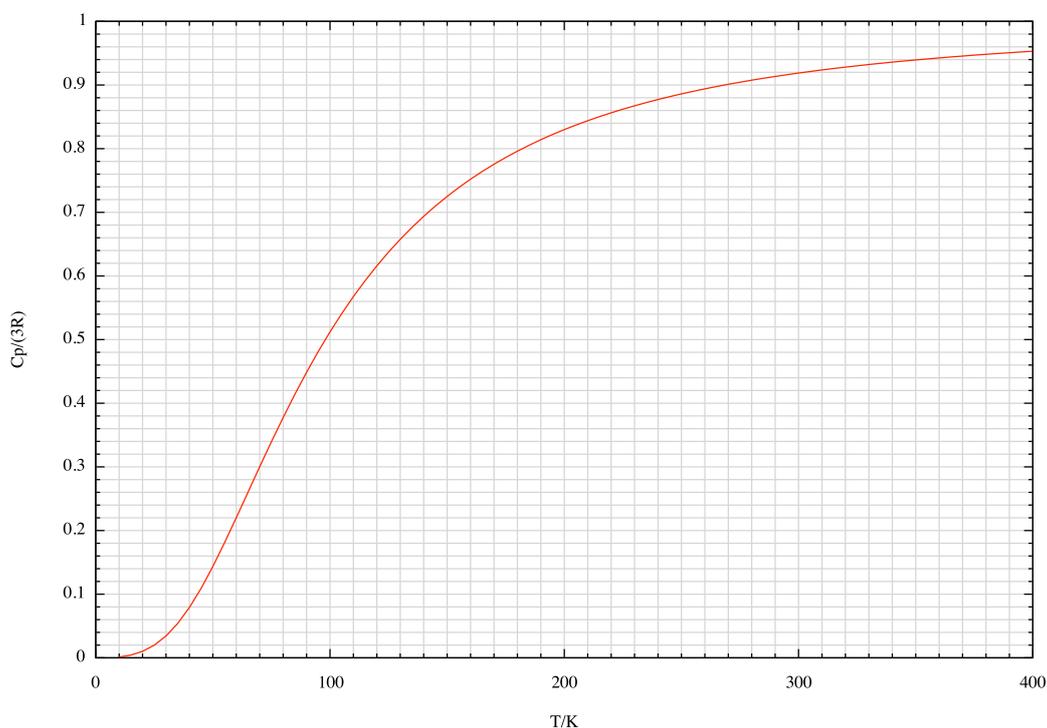


Figura 2: Capacidade térmica molar do alumínio, a pressão constante, em unidades de  $3R = 24,943 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$ . A massa molar do alumínio é  $26.98 \text{ g/mol}$ .

### ⚠ Advertências ⚠

1. O contato com o azoto líquido pode provocar danos graves na pele.
2. Não coloque no interior do azoto nenhum outro objeto que não faça parte do protocolo experimental.
3. Ao introduzir o corpo de alumínio no azoto, faça-o devagar de modo a evitar salpicos.
4. Use os óculos de proteção durante a realização da experiência.
5. Não meça a temperatura do azoto com o termómetro; este deve ser apenas usado para medir a temperatura ambiente!

### 3 Execução

1. Meça com o termómetro a temperatura do ar na sala,  $T_a$ . Registe o valor na folha de prova.
2. Tare a balança.
3. Pese o bloco de alumínio e registe o seu valor na folha de prova.
4. Coloque o copo de gelado na balança.
5. Verta, com cuidado para evitar salpicos, cerca de 200 gr de azoto líquido no copo de gelado.
6. Registe numa tabela a massa do copo com azoto líquido em função do tempo, durante cerca de 10 minutos, de 30 em 30 segundos.
7. Coloque o bloco de alumínio no interior do copo, com o maior cuidado, segurando-o através da linha. Anote o instante em que introduziu o alumínio no copo. Continue sempre a registar os valores da balança de 15 em 15 segundos.
8. Continue a registar os valores da balança por mais 5 minutos, após terminar a ebulição, a intervalos de 30 segundos.

### 4 Análise dos dados

1. A partir dos dados  $M(t)$ , onde  $M$  é a massa registada na balança, faça um gráfico da massa de azoto evaporada em função do tempo,  $m_N(t)$ . Indique nesse gráfico o início e o fim da ebulição violenta do azoto devido à imersão do alumínio.
2. A partir do gráfico anterior, determine a massa de azoto evaporada devido às trocas de calor do líquido com o bloco de alumínio (tenha em atenção que durante a ebulição também há evaporação devido às trocas de calor entre o líquido e o ambiente). Escreva na sua folha de respostas o valor de  $m_N^{Al}$  e uma estimativa da sua incerteza  $\Delta m_N^{Al}$ .
3. Determine o calor latente de evaporação do azoto,  $L_N$  a partir dos dados da alínea anterior e da capacidade térmica mássica do alumínio representada na Fig. 2 . Estime ainda a incerteza no valor que obteve.