

## Objetivos

Determinar a condutividade térmica de metais como alumínio, cobre e latão, explorando o método científico através da comparação de vários modelos teóricos com os resultados experimentais.

## Introdução

Para o estudo da condutividade térmica de um metal utilizaremos neste experimento (esquematizado na Figura 1) um cilindro maciço de diâmetro  $D$  e comprimento  $L$ , que servirá para conectar duas canecas, **C1** e **C2**. A caneca **C1** é feita de alumínio, enquanto a **C2**, de teflon. Existe uma quantidade de água **M1** dentro da caneca **C1** a uma temperatura  $T_1$ . Por sua vez, a caneca **C2** possui uma quantidade de água **M2**, estando a uma temperatura  $T_2$ . Abaixo da caneca **C1** existe um bico de Bunsen para aquecimento da massa **M1**. Abaixo da caneca **C2** existe um agitador para homogeneizar a temperatura do sistema. Um termômetro é introduzido em cada caneca para o monitoramento da respectiva temperatura.

Para que exista condução de calor, os dois extremos do cilindro devem estar em temperaturas diferentes, neste caso  $T_1 > T_2$  (Qual será a direção do fluxo de calor?). Teoricamente a quantidade de calor  $\Delta Q$  atravessando o cilindro por intervalo de tempo  $\Delta t$ , considerando o sistema em estado estacionário, é proporcional à seção transversal  $A$  do cilindro, à diferença de temperatura  $\Delta T$  entre suas extremidades, e inversamente proporcional ao comprimento  $L$ , i.e:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -K \frac{A}{L} \Delta T \quad (1)$$

em que  $K$  é uma constante que depende do material, denominada de coeficiente de condutividade térmica. Note que quanto maior o valor de  $K$ , maior será a quantidade de calor transmitida por unidade de tempo (admitindo que as outras variáveis sejam realmente constantes).

## Lista de Material

Caneca de teflon conectada por cilindro metálico a outra caneca de alumínio (3 sistemas com conexões de alumínio, latão e cobre), termômetros, provetas, água, gelo, ebulidor, canecas, cronômetro, bico de Bunsen, agitador.

## Procedimento Experimental

a) colocar as canecas **C1** e **C2** a uma mesma altura da mesa, nas suas posições adequadas. Colocar uma massa de água **M1** ( $\approx 300$  ml) em **C1** e anotar todos os dados necessários: comprimento  $L$  ( $\approx 6$  cm) e diâmetro  $D$  ( $\approx 1,6$  cm)

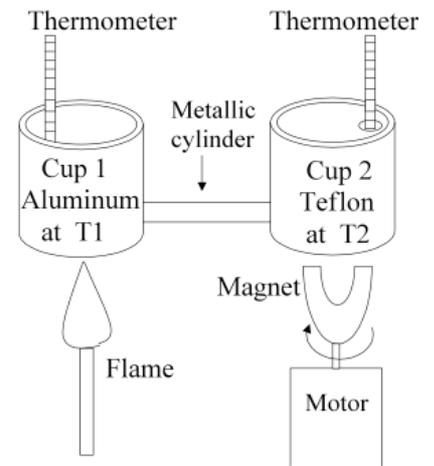


Figura 1. Esquema da montagem experimental

do cilindro metálico, seu material, massa da caneca **C2** e massa do cilindro de teflon que está encapando o cilindro metálico. Colocar a tampa em **C2** e colocar os termômetros em **C1** e **C2**.

*b)* iniciar a chama no bico de Bunsen e colocá-la sob **C1**, zerar o cronômetro e aguardar até que o sistema entre em ebulição.

*c)* colocar o agitador dentro da caneca **C2**, assim como uma quantidade de gelo de modo a quase completá-la. Insira ainda uma quantidade de água a temperatura ambiente para preencher os espaços vazios.

*d)* fechar a tampa de **C2**, disparar o cronômetro e ligar o agitador.

*e)* quando **T2** começar a variar, iniciar as leituras de **T1**, **T2** e do tempo  $t$  ( $t_0=0$ ) montando uma tabela.

*f)* repetir as leituras acima para cada variação de um grau em **T2**. Obter as medidas até **T2**  $\approx 45^\circ\text{C}$ . Note que, durante essa parte do experimento, **T1** irá crescer até aproximadamente  $96^\circ\text{C}$ . Para diferentes metais cilíndricos, diferentes quantidades de água de **C1** irão evaporar. Procure não deixar que o nível superior em **C1** descubra a face do cilindro. Para isso, meça a temperatura da água no ebulidor, certifique-se que esteja bem próxima a **T1** e introduza uma pequena quantidade para elevar seu nível. Provavelmente você precisará fazer esse procedimento uma vez para **T2** em torno de  $39^\circ\text{C}$ . Certifique-se também que está trabalhando com dois termômetros que façam a mesma leitura, *i.e.* não apresentem um desvio sistemático entre si.

*g)* desligar o bico de Bunsen, desligar o agitador, desmontar o sistema tomando o cuidado de despejar a água de **C2** em um Becker para ser medida. Ao mesmo tempo a água de **C1** pode ser rejeitada. Cuidado para evitar acidentes com queimaduras.

*h)* meça a quantidade de água **M2**.

*i)* colocar água à temperatura ambiente nas duas canecas, procurando resfriar as canecas e o cilindro.

*j)* repetir os itens anteriores para cada cilindro metálico fornecido (*i.e.*, cobre, alumínio e latão) independentemente da seqüência. Procurar repetir o experimento uma segunda vez para cada metal, ficando assim com seis tabelas disponíveis.

### **Análise dos dados**

*Obs.: Para um melhor aprendizado, **não** leia esta seção de uma única vez. Realize as instruções seqüencialmente e apenas passe à etapa seguinte quando já tiver terminado a anterior **totalmente**.*

Durante os vários experimentos realizados até agora nos cursos de Física Experimental I e II por diversas vezes você encontrou alguma discrepância entre os seus dados obtidos experimentalmente e aqueles calculados teoricamente. Na maioria das vezes você não se sentia capaz de explicar a origem dessas diferenças. Em alguns outros casos, você apenas conseguia levantar algumas hipóteses. Porém, sem ser capaz de fazer uma avaliação numérica das possíveis alterações no seu modelo teórico a fim de explicar a prática experimental. Na verdade, em sua vida profissional futura por inúmeras vezes você irá se deparar com um modelo teórico que não necessariamente explica totalmente as suas condições experimentais. Desse modo, será necessário que você saiba identificar essas diferenças entre o seu modelo e o que de fato você está realizando no laboratório a fim de

poder reescrever um novo modelo e aproximar-se da explicação mais adequada possível e com resultados mais confiáveis. Essa é uma experiência em que você irá exercitar essa filosofia de trabalho de investigação científica. Assim sendo, com base nos seus dados você irá trabalhar com diferentes modelos teóricos, evoluindo do mais simples ao mais completo, por assim dizer.

Da introdução você sabe que na equação 1 suas duas incógnitas são  $\Delta Q$  e  $K$ . A fim de poder calcular  $K$  você pode considerar que:

$$\Delta Q = M2 \cdot ca \cdot \Delta Ta \quad (2)$$

em que  $ca$  é o calor específico da água e  $\Delta Ta$  a variação de temperatura  $T2$ , que neste caso está sendo sempre monitorado como  $1^\circ\text{C}$ . Logo, com as operações adequadas chega-se a:

$$K1 = \frac{(M2 \cdot ca \cdot \Delta Ta \cdot L)}{(\Delta T \cdot A \cdot \Delta t)} \quad (3)$$

em que  $K1$  representa o valor da condutividade térmica segundo o primeiro modelo. Assim:

- calcule o valor de  $K1$  para cada variação de  $1^\circ\text{C}$  em  $T2$  e complete suas tabelas com os valores de  $K1$  para cada metal.
- faça um gráfico de  $K1$  em função da temperatura  $T2$ . Compare com os valores obtidos da literatura e discuta seu experimento. Quais as principais diferenças entre seu modelo teórico e seu experimento? Por que essas diferenças são tão grandes? O que pode ter ocorrido errado no seu experimento ou onde está o problema com seu modelo experimental?
- após pensar um pouco sobre o experimento, você deve ter se convencido de que na verdade a quantidade total de calor que é transmitida a  $C2$  não é apenas armazenada na massa de água  $M2$ . A caneca em si também está absorvendo uma parte desse calor tal qual em um experimento anterior com o calorímetro. [Obs: o calor específico do teflon é  $c_{\text{teflon}} \approx 0.28 \text{ cal}/(\text{g } ^\circ\text{C})$ ]. Você verá que a região do cilindro entre canecas, encaixado com um cilindro de teflon, aquece-se durante o experimento. Grande quantidade de calor poderia estar sendo perdida do cilindro para o ambiente ( $C_{\text{PC}}$ ), tal qual a ocorrência da condução de calor de uma extremidade à outra. No entanto, ao longo do cilindro há um gradiente de temperatura, que você não tem no presente momento como calcular. Que outras perdas de calor podem estar ocorrendo? Que outros fatos podem estar influenciando seu experimento? Com base em tudo que puder pensar, desenvolva um novo modelo teórico e tente verificar sua validade. Sugestão: você pode mudar completamente o enfoque do seu experimento e admitir que já possuísse antes do início do mesmo o conhecimento do valor de  $K$  do cobre. Assim, você poderia elaborar um modelo que incluísse as perdas de calor, e procurar quantificá-las.