


**OBJETIVO**

Medição da condução de calor em hastes de metal

**TAREFAS**

- Medição do decurso da temperatura ao longo de hastes metálicas aquecidas unilateralmente e esfriadas unilateralmente em estado não estacionário e estacionário.
- Medição do fluxo de calor no estado estacionário.
- Determinação da condutibilidade térmica do material da haste.

**RESUMO**

Na condução do calor, o calor é transmitido de uma região mais quente para uma mais fria através da interação entre átomos ou moléculas avizinados, sem que estes sejam, eles mesmos, transportados. Em uma haste metálica cilíndrica, cujas extremidades são mantidas em temperaturas diferentes, instala-se, depois de algum tempo, um gradiente de temperatura ao longo da haste, de forma que a temperatura diminui por igual na direção da extremidade mais fria e um fluxo constante de calor se constitui. A transição do estado não estacionário para o estacionário é observado por repetidas séries de medição, nas quais a temperatura é determinada nos locais de medição. As hastes de metal são aquecidas eletricamente, daí se pode determinar o fluxo térmico no estado estacionário a partir da potência elétrica.

**APARELHOS NECESSÁRIOS**

Número	Instrumentos	Artigo Nº
1	Conjunto de aparelhos condução de calor	U8498290
1	Haste de condução de calor de alumínio	U8498292
1	Haste de condução de calor de cobre	U8498291
1	Fonte de alimentação DC 0 – 20 V, 0 – 5 A (230 V, 50/60 Hz)	U33020-230 ou
	Fonte de alimentação DC 0 – 20 V, 0 – 5 A (115 V, 50/60 Hz)	U33020-115
1	Termômetro de bolso digital de segundos	U11853
1	Sensor de imersão NiCr-Ni tipo K, -65 – 550°C	U11854
1	Par de cabos de segurança para experiências, 75cm, vermelho/azul	U13816
1	Conjunto de 10 copos, forma baixa	U14210

1

**FUNDAMENTOS GERAIS**

O calor pode ser transmitido por condução térmica, irradiação térmica e convecção de uma área mais quente para uma mais fria. Na condução térmica, este transporte de energia ocorre pela interação entre átomos ou moléculas avizinados, sem que estes sejam, eles mesmos, transportados. No aquecimento, por exemplo, de uma haste metálica, os átomos oscilam mais fortemente na extremidade quente, ou seja, com uma energia maior que na extremidade fria. A energia é passada aos átomos avizinados por choques e, assim, conduzida pela haste. Os metais são condutores de calor especialmente bons, pois ainda são adicionados choques entre elétrons e átomos livres.

Em uma haste com área de perfil  $A$ , cujas extremidades são mantidas em temperaturas diferentes, instala-se, depois de algum tempo, um gradiente de temperatura ao longo da haste, de forma que a temperatura  $T$  diminui por igual na direção da extremidade mais fria. Nisto, em um tempo  $dt$ , uma quantidade de calor  $dQ$  flui pelo perfil da haste, e um fluxo constante de calor  $P_Q$  se constitui:

$$(1) \quad P_Q = \frac{dQ}{dt} = \lambda \cdot A \cdot \frac{dT}{dx}$$

 $P_Q$ : Fluxo de calor (medido em Watt)

 $A$ : Área do perfil da haste

 $\lambda$ : Condutibilidade térmica do material da haste

 $T$ : Temperatura,  $x$ : Coordenada local ao longo da haste

Antes que o gradiente constante de temperatura seja alcançado, a haste tem, no tempo  $t$ , uma distribuição de temperatura  $T(x,t)$ , que se aproxima gradativamente do estado estacionário. Vale a equação diferencial

$$(2) \quad \lambda \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}(x,t) - c \cdot \rho \cdot \frac{\partial T}{\partial t}(x,t) = 0$$

 $c$ : Calor específico e  $\rho$ : Densidade do material da haste

No caso estacionário, vale, em conformidade com a equação (1)

$$(3) \quad \frac{\partial T}{\partial t}(x,t) = 0 \quad \text{e} \quad \lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x}(x,t) = \text{const.} = \frac{P_Q}{A}$$

Na experiência, a haste é aquecida eletricamente em uma extremidade.

Uma fonte de calor regulada eletronicamente alimenta a haste de condução de calor com um fluxo de calor, que pode ser determinado como potência elétrica

$$(4) \quad P_{el} = U \cdot I$$

através da medição da tensão de aquecimento  $U$  e da corrente de aquecimento. A regulação eletrônica da corrente faz com que a extremidade da haste alcance muito rapidamente uma temperatura de cerca de 90°C, que, então, é mantida constante.

Através das lamelas de esfriamento, o calor é dissipado, na outra extremidade da haste, para água gelada ou simplesmente água em temperatura ambiente. A potência térmica dissipada pode, assim, ser determinada calorimetricamente.

Uma bucha de isolamento reduz a perda de calor da haste de condução de calor para o ambiente e melhora a linearidade do perfil de temperatura no estado estacionário. Com um termômetro eletrônico com velocidade de segundos, as temperaturas são medidas nos locais de medição previstos ao longo da haste. Uma haste de cobre e uma haste de alumínio estão à disposição.

**ANÁLISE**

O fluxo de calor  $P_Q$  corresponde à potência elétrica  $P_{el}$ , subtraído de uma dissipação reduzida  $P_1$ :  $P_Q = P_{el} - P_1$

$$\text{Então:} \quad \lambda = \frac{P_{el} - P_1}{A} \cdot \frac{L}{T(0) - T(L)}$$

( $L$ : Distância entre os pontos selecionados de medição de temperatura)

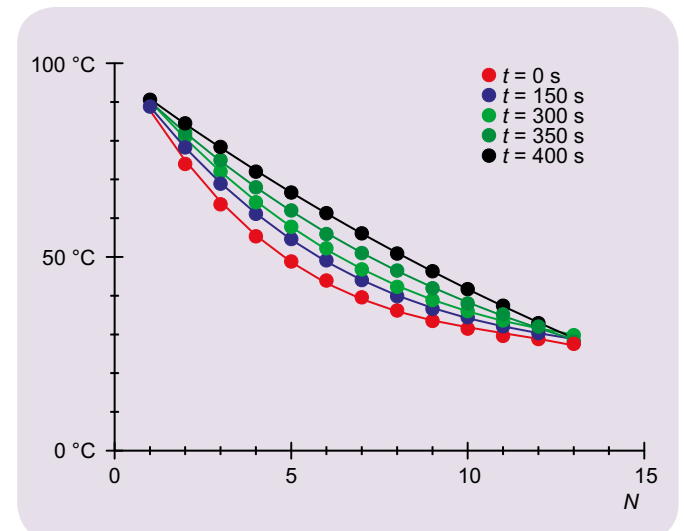


Fig. 1: Temperaturas ao longo da haste de alumínio em cinco seqüências de medição com intervalo de tempo de 150 s