Experimento:
Medida de Condutividade Térmica de Materiais

Objetivo e Fundamentação Teórica

A condutividade térmica é uma medida da taxa de energia em forma de calor que uma substância deixa passar por condução quando um corpo feito desta substância está submetido a um gradiente de temperatura. A condução térmica ocorre devido a colisões aleatórias entre os átomos da substância. Estas colisões favorecem que a energia cinética de vibração dos átomos das regiões mais quentes (e, portanto, com mais energia cinética) seja gradualmente transferida para as regiões mais frias (e, portanto, com menos energia cinética). A condução térmica se diferencia do fenômeno de convecção pois somente a energia de cinética de vibração é transferida, os átomos permanecem no mesmo lugar. Na convecção massas de substância mudam de lugar devido ao gradiente térmico. Condução térmica ocorre em sólidos, ou em fluidos (líquidos e gases) submetidos a pequenos gradientes térmicos que não causem movimento de massa. Convecção ocorre apenas em fluidos.

Podemos dizer que a quantidade de energia na forma de calor que passa por unidade de tempo, por uma área A transversal a um gradiente térmico dado por dT/dx é dada pela fórmula.

$$H = \frac{dQ}{dt} = -\,k\,A\frac{dT}{dx}$$

onde k é a condutividade do material e o sinal negativo indica que o calor flui contra o gradiente térmico. No caso de uma placa de espessura x, de área A, cujas faces estão em contato com dois reservatórios térmicos com uma diferença de temperatura ΔT, em regime estacionário podemos dizer que

$$H = k\frac{A}{x}\,\Delta T$$

onde para simplificar consideramos todas as quantidades em módulo. A condutividade é dada por

$$k = \frac{x}{A\,\Delta T}\,H \qquad (1)$$

Neste experimento vamos colocar placas de espessura x entre um cilindro de gelo ($T_1 = 0^oC$) e uma câmara de vapor ($T_2 = 100^oC$), logo $\Delta T = 100^oC$. A espessura x da placa é determinada com o auxílio do paquímetro e a área A corresponde à área de contato entre o gelo e a placa, já que só esta área interessa pois é por ela que o calor penetra no gelo. A área $A = \pi\frac{D^2}{4}$ é então determinada usando o paquímetro para medir o diâmetro (D) do cilindro de gelo. Ao longo da experiência D vai mudando e deve ser medido várias vezes.

Mediremos a entrada de calor no gelo usando a massa de gelo derretida. Mas no nosso desenho experimental o gelo não derrete somente devido ao calor que atravessa a placa vindo da câmara de vapor. Ele também recebe calor pela área em contato com o ar do ambiente. Para estimar esta contribuição primeiro mediremos a sua taxa de derretimento com a câmara de vapor desligada (H_{Amb}) e depois com a câmara ligada (H_{Vap}). A taxa de passagem de calor que nos interessa é

$$H = H_{Vap} - H_{Amb}$$

onde $H_{Vap} = L_{fusão}\frac{M_5}{t_5}$ e $H_{Amb} = L_{fusão}\frac{m_{10}}{t_{10}}$, m_{10} é a massa da água resultante de 10 minutos de derretimento do gelo devido à temperatura ambiente e M_5 é a massa da água resultante de 5 minutos de derretimento do gelo com o ebulidor ligado (ver detalhes mais adiante).
Se usarmos $L_{fusão} = 333\frac{J}{g}$, M_5 e m_{10} em g, $t_5 = 300s$ e $t_{10} = 600s$ os resultados para H serão em Watts. Se usarmos x em m e A em m^2 os resultados para k serão em $\frac{Watt}{m*K}$.

Alguns valores de interesse estão na tabela abaixo.

Substância	k (Watt/(m*K))
Masonite	0.047
Madeira (pinho)	0.11-0.14
Lexan	0.19
Sheet rock	0.43
Vidro	0.72-0.86

Materiais e Equipamento

- Dispositivo para medição de condutividade que consiste num suporte para placas de diversos materiais sobre uma câmara de vapor.
- Placas de materiais pesquisados (vidro, madeira , lexan , masonita , camada de rocha).
- Gerador de vapor (ebulidor).
- Recipiente com tampa para congelar gelo.
- Recipiente para coletar água derretida (copo).
- Recipiente para coletar vapor condensado (copo).

- Balança.
- Cronômetro ou relógio do celular.
- Paquímetro

Figura 1- Equipamentos

Procedimento

1. Encher o ebulidor até a metade com água. Ele possui uma tampa com 2 mangueiras que podem ser conectadas a dois dispositivos de medição via suas **entradas de vapor**. Os dispositivos de medição também possuem um pequeno cano de escoamento na lateral direita para a **saída da água condensada** onde se deve colocar um copo para coletar água condensada.
2. Usando a balança determine a massa do recipiente (copo de medição) que você vai usar para medir a quantidade de água proveniente do derretimento do gelo. Isto deve ser feito com o recipiente bem seco. Após coloque ele sob a **calha que coleta água proveniente do derretimento do gelo**. Veja a Figura 1.
3. Inicialmente, com o ebulidor desligado, coloque a placa cujo material você quer medir a condutividade no dispositivo de medição. Use os parafusos para fixá-la e acerte as guias de borracha para que encaixem na calha que coleta água.
4. Ainda com o ebulidor desligado coloque o cilindro de gelo sobre a placa como mostra a Figura 1. Arrume o gelo e garanta que toda a água decorrente do seu derretimento escorra pela calha e caia somente no copo de medição.

5. Esvazie o copo de medição, seque-o e recoloque-o no lugar de coleta. Deixe o gelo derreter por 10 minutos controlando o tempo usando o relógio do seu celular.
6. Quando faltar 3 minutos para o final da medida **RETIRE** a tampa do ebulidor, para não levar o vapor de água para o dispositivo de medição, e ligue-o na potência 8.
7. Usando a balança determine a massa da água resultante de 10 minutos de derretimento do gelo devido à temperatura ambiente (m_{10}). Anote m_{10} na tabela.
8. Conecte o ebulidor (colocando a tampa) e espere a água ferver. O sistema vai estar funcionando corretamente quando água condensada estiver pingando a uma taxa aproximadamente constante no copo de escoamento de água condensada.
9. Novamente esvazie o copo de medição, seque-o e recoloque-o no lugar de coleta. Desta vez deixe o gelo derreter por 5 minutos.
10. Usando a balança determine a massa da água resultante de 5 minutos de derretimento do gelo com o ebulidor ligado (M_5). O gelo agora vai derreter mais rápido pois o ebulidor está ligado, logo espera-se que $M_5 > m_{10}$. Anote M_5 na tabela.
11. Meça com o paquímetro o diâmetro do cilindro de gelo para estimar a área de contato com a placa.
12. Repita o procedimento de 3 em diante para uma placa de material diferente.

Resultados

Preencha os dados abaixo usando o procedimento descrito acima. Com a fórmula (1) determine a condutividade térmica de cada substância. Meça as massas em gramas, as temperaturas em Celsius, tempos em segundos e as distâncias em m.

Substância	x	A	m_{10}	M_5	H	k

Compare os resultados obtidos na última coluna com os resultados tabelados para os materiais.