

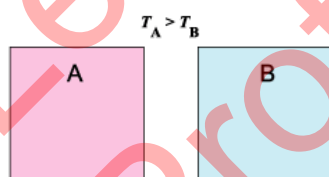
INTRODUÇÃO AS MEDIDAS EM FÍSICA

Aula X - Nov 2019

Exp. 6 – Resfriamento de um Líquido

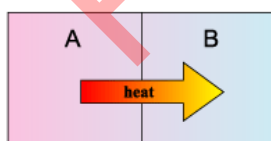
Prof. Cristiano L. P. Oliveira
Ed. Basilio Jafet, sala 202
crislp@if.usp.br

Transferencia de calor: Lei Zero da Termodinâmica



Calor: transferência de energia de um objeto para o outro devido a uma diferença de temperatura entre os dois.

A and B in contact



Equilíbrio térmico: situação em que dois objetos em contato termico um com o outro param de trocar energia pelo processo de calor.

Temperatura: propriedade que determina se um objeto está em equilíbrio térmico com outro objetos.

Lei Zero da Termodinâmica: se dois objetos A e B, estão separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro objeto C, então os objetos A e B estão em equilíbrio térmico um com o outro.

Lei de esfriamento de Newton

$$\Delta T = T - T_R = (T_0 - T_R)e^{-t/\tau} \quad \tau = C_{ef} / (G_{ef} K_{ef})$$

τ → Tempo característico de decaimento da temperatura.

G_{ef} → Fator geométrico efetivo da ligação entre os meios

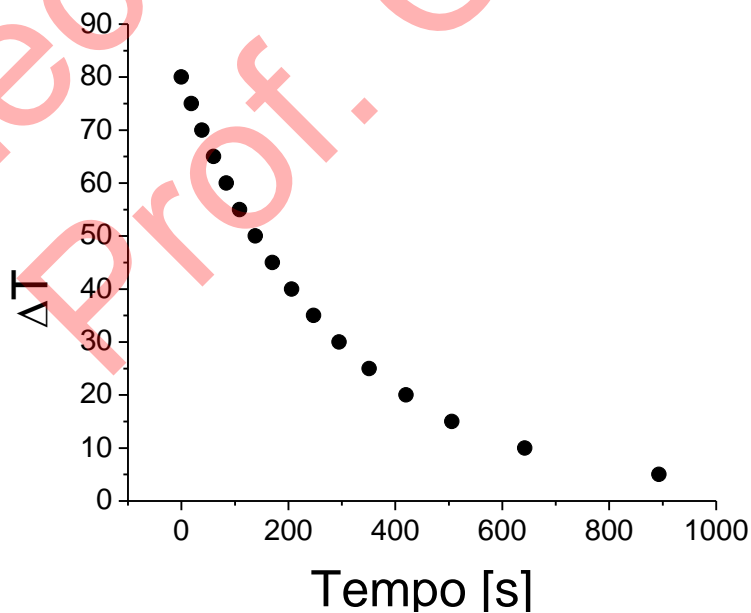
K_{ef} → Condutividade térmica do material de ligação entre os meios

Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 21, no. 1, Março, 1999

A Lei de Esfriamento de Newton Introdução às Medidas em Física - Parte II*

J. C. Sartorelli, Y. Hosoume e E. M. Yoshimura¹
*Instituto de Física, Universidade de São Paulo
Caixa Postal 66318, 05315-970 São Paulo, Brasil.*

Arquivo pdf disponível no
STOA. Ler este artigo
para elaborar a
discussão e conclusões.



Linearização da Lei de esfriamento de Newton

Aplicando o operador logaritmo na base 10 aos dois lados da equação anterior

$$\Delta T = T - T_R = (T_0 - T_R)e^{-t/\tau}$$

Temos,

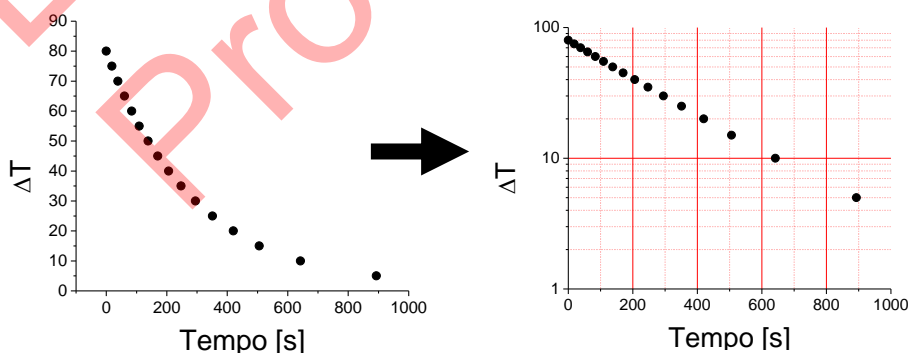
$$\log(\Delta T) = \log((T_0 - T_R)e^{-t/\tau}) = \log(T_0 - T_R) + \log(e^{-t/\tau})$$

$$\ln A = \frac{\log A}{\log e} \Rightarrow \log A = \log e \ln A \longrightarrow \log(e^{-t/\tau}) = \log e \ln(e^{-t/\tau}) = \log e \left(\frac{-t}{\tau}\right) = -\log(e) \frac{t}{\tau}$$

$$\log(\Delta T) = \log(T_0 - T_R) - \log(e) \frac{t}{\tau}$$

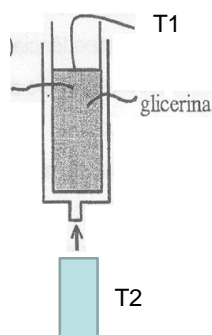
$$Y = A - BX \quad A = \log(T_0 - T_R) \quad B = \frac{\log(e)}{\tau}$$

Linearização da Lei de esfriamento de Newton – gráfico Mono-Log



Experimento

O sensor T1 que irá medir a temperatura da glicerina deverá estar bem no meio da coluna de glicerina (em altura e radialmente) e jamais encostar nas paredes do tubo de ensaio.



Fluxo de ar /
Ventuinha

o sensor T2 que irá medir a temperatura do reservatório poderá ser afixado com fita adesiva na borda externa superior do cilindro de ar.

•No início as medidas ocorrem a intervalos curtos, deixar a tabela com T1-T2 pronta, iniciando em 80°C e diminuindo de 5 em 5°C. O primeiro valor a se medir será o primeiro valor de T1-T2 múltiplo de 5, o qual depende do T2. Quando T1-T2 chegar em 20°C pode-se diminuir o tamanho do passo para 2°C e quando chegar em 10°C pode-se diminuir o passo para 1°C. Tempo máximo: 1200s.

•Deslocar o tubo de glicerina horizontalmente em relação ao cilindro de ar e deixá-lo relativamente longe do cilindro para não aquecer aquela região, e **lentamente** aquecer a glicerina. Não deixar muito tempo consecutivo com fogo pois ao retirar o fogo a temperatura continua a crescer, então frequentemente retirar o fogo, e esperar a temperatura parar de crescer antes de colocar o fogo novamente. Nesta etapa o **sensor T1** é que estará acionado no medidor. Aquecer **até T1=115°C**.

•Apagar o fogo e retornar o tubo de glicerina para imediatamente acima do cilindro de ar e mudar o medidor para ler T1-T2. Quando T1-T2 indicar o primeiro múltiplo de 5 iniciar o cronômetro e ler os instantes em que T1-T2 chega aos valores seguintes estabelecidos na tabela.

Folha de Dados

Anotar também:

T1 inicial

T2 inicial

Incerteza na temperatura:
0.2%leit +1D para medidas
individuais

Incerteza na temperatura:
0.5%leit +2D para T1-T2

$\Delta T = T1 - T2$	erro ΔT	tempo (seg)
80		
75		
70		
...		
20		
18		
16		
...		
10		
9		
8		
7		
6		
5		
...		

Gráfico linear ΔT vs. t

Dados Típicos

$\Delta T = T_o - T_r$	tempo (seg)
80,0	0
75,0	18,39
70,0	38,46
65,0	60,00
60,0	84,00
55,0	109,00
50,0	138,00
45,0	170,00
40,0	206,00
35,0	247,00
30,0	295,00
25,0	351,00
20,0	420,00
15,0	506,00
10,0	642,00
5,0	893,00

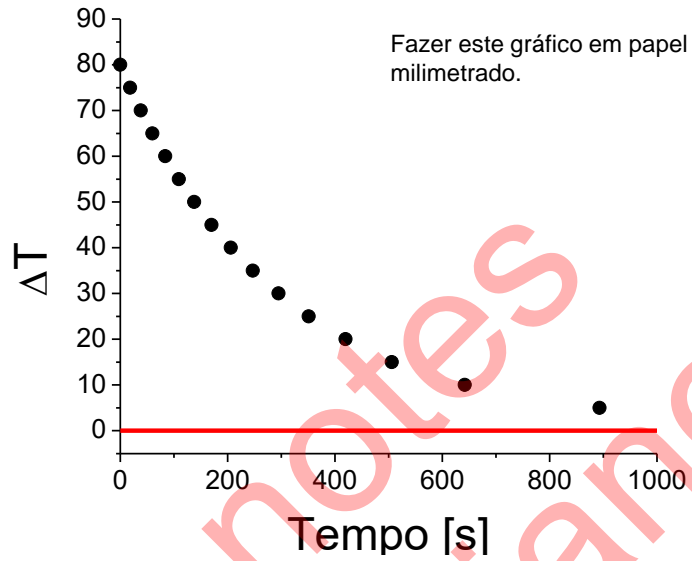
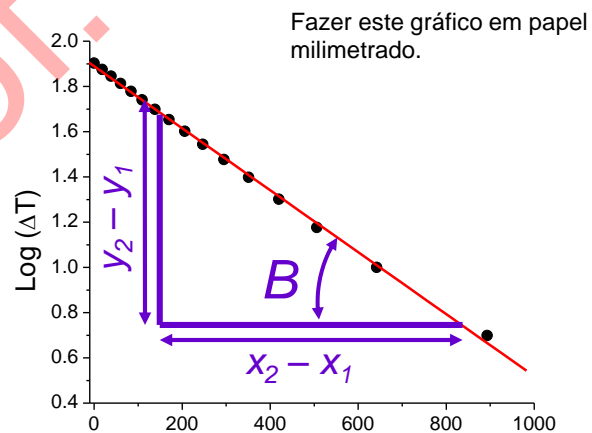


Gráfico $\log(\Delta T)$ vs. t

Dados Típicos

$\Delta T = T - T_r$	$\log(\Delta T)$	tempo (seg)
80,0	1,9	0
75,0	1,88	18,39
70,0	1,85	38,46
65,0	1,81	60,00
60,0	1,78	84,00
55,0	1,74	109,00
50,0	1,7	138,00
45,0	1,65	170,00
40,0	1,6	206,00
35,0	1,54	247,00
30,0	1,48	295,00
25,0	1,4	351,00
20,0	1,3	420,00
15,0	1,18	506,00
10,0	1	642,00
5,0	0,7	893,00

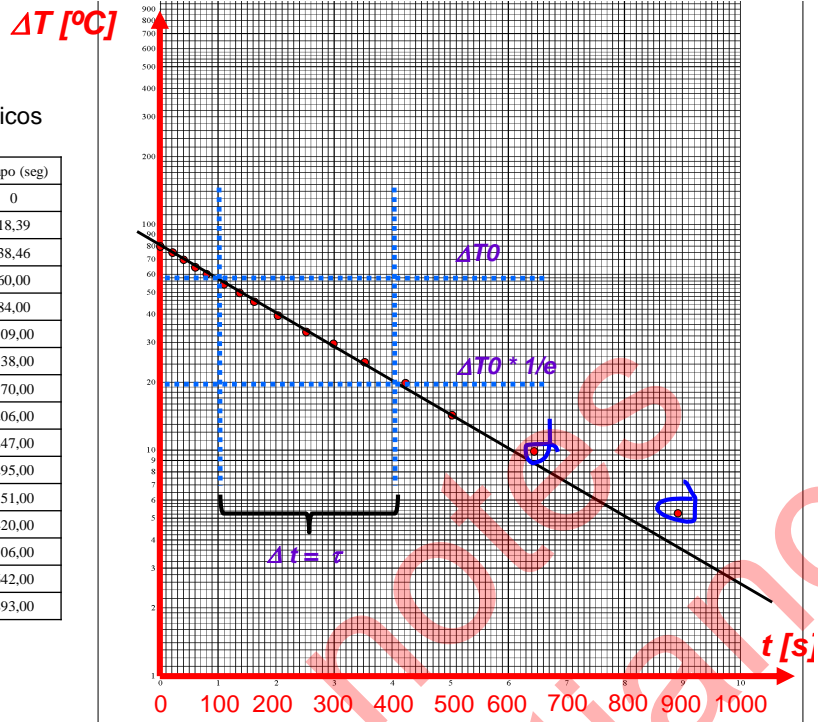


$$B = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

$$B = \frac{\log(e)}{\tau} \Rightarrow \tau = \frac{\log(e)}{B}$$

Dados Típicos

$\Delta T = T_o - T_r$	tempo (seg)
80,0	0
75,0	18,39
70,0	38,46
65,0	60,00
60,0	84,00
55,0	109,00
50,0	138,00
45,0	170,00
40,0	206,00
35,0	247,00
30,0	295,00
25,0	351,00
20,0	420,00
15,0	506,00
10,0	642,00
5,0	893,00

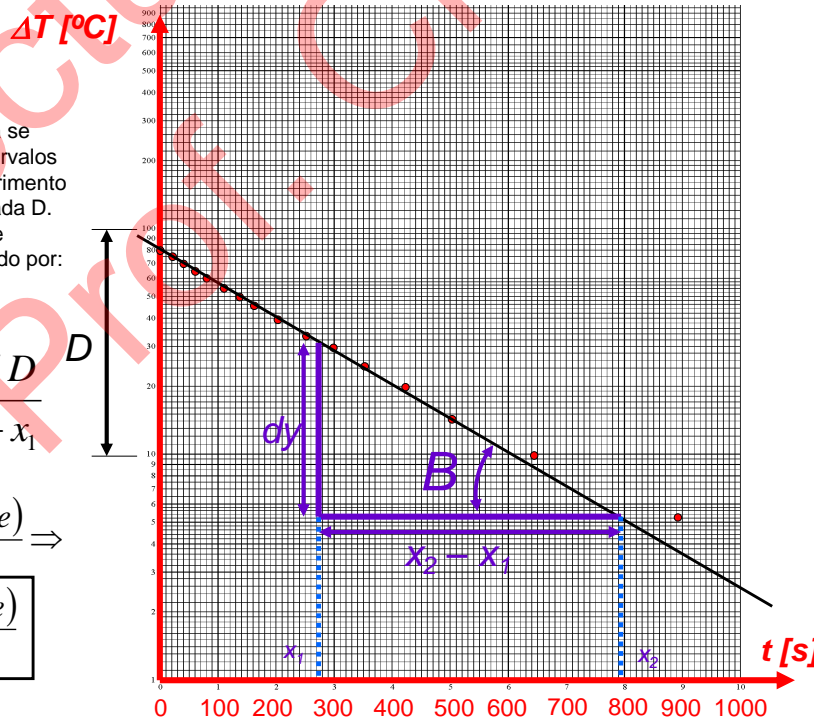


Com a régua se mede os intervalos dy e o comprimento de uma década D . O coeficiente angular é dado por:

$$B = \frac{d_y / D}{x_2 - x_1}$$

$$B = \frac{\log(e)}{\tau} \Rightarrow$$

$$\tau = \frac{\log(e)}{B}$$



Cuidados na tomada de dados

- Não deixar a chama muito próxima ao tubo de ensaio, pode queimar o plástico de sustentação
- Quando inserir o tubo no fluxo de ar, inserir o tubo de ensaio até que o nível da glicerina fique na altura da entrada do caminho de ar.
- Na determinação do coeficiente angular do gráfico mono-log lembrar que ao usar a régua para medida do intervalo y em mm deve-se dividir pelo valor da década também em mm.
- O cronômetro deve medir o tempo total de resfriamento, utilizar a função do cronômetro que mostra o tempo sem parar a contagem de tempo.

Tarefas de Hoje

- Coletar os dados experimentais
- Fazer um gráfico em papel linear de $\text{Log}(DT)$ vs Tempo. Para este gráfico não é necessário inserir barras de erro. Usar o método gráfico para obter a diferença de temperatura inicial bem como a constante de tempo τ . **Este gráfico bem como uma tabela dos dados coletados deverá ser entregue ao final da aula.**
- Fazer o gráfico em papel Log-Lin vs Tempo. Para este gráfico inserir corretamente as barras de erro. Usar o método gráfico para obter a diferença de temperatura inicial bem como a constante de tempo τ .

Entregar na próxima aula

- Resumo do Trabalho
- Introdução ao assunto.
- Descrição do modelo teórico aplicado ao problema
- Descrição detalhada do aparato experimental e procedimento de medida. Descrever as formas de análise dos dados.
- Tabelas dos dados obtidos e as diferenças de temperatura. Propague corretamente os erros experimentais.
- Faça o gráfico de ΔT vs. t no papel mono-log.
 - Obtenha uma estimativa para o tempo característico pelo tempo que a temperatura leva para cair a $1/e$ de um valor inicial.
 - Obtenha a melhor reta utilizando o método gráfico. Do coeficiente angular obtido, calcule o tempo característico do resfriamento,
- Faça o gráfico de ΔT vs. t no papel milimetrado. Discuta a forma da curva obtida. Com os valores de ΔT_0 e da constante de tempo. Plote sobre este gráfico a curva teórica.
- Discuta sobre os resultados obtidos
- Conclua sobre os resultados experimentais, aplicação do modelo teórico utilizado e limitações deste modelo.
- Acrescente referências ao relatório.

OBS: Relatórios, tabelas, etc podem ser feitos em editores de texto (Word, Latex, etc).

Mãos a obra!!!



<http://bit.ly/2JoYQvB>