

DETERMINAÇÃO DO CALOR ESPECÍFICO DO ALUMÍNIO

INTRODUÇÃO

Equação de resfriamento de Newton

Quando dois objetos, com temperaturas diferentes, são colocados em contato térmico, há transferência de calor do objeto mais quente para o mais frio, até ambos atingirem a mesma temperatura – diz-se então que ambos estão em equilíbrio térmico.

Se um sólido é colocado em contato térmico com um fluido a uma temperatura constante maior, ele terá uma taxa de resfriamento dada pela equação:

$$\frac{d \Delta T}{dt} = -k \Delta T ,$$

em que ΔT é a diferença entre a temperatura da superfície do sólido e a do fluido. A constante k depende de vários fatores como: geometria do sólido e sua orientação; se o fluido é um gás ou um líquido; da densidade, da viscosidade, do calor específico, da condutividade térmica do fluido, entre outros. Essa relação é conhecida como “Equação de Newton para o Resfriamento”.

✓ Sendo ΔT_0 a diferença de temperatura entre o objeto e a vizinhança no instante inicial $t = 0$, mostre que, após um tempo t , a diferença de temperatura ΔT entre eles é

$$\Delta T = \Delta T_0 e^{-kt} \quad \text{ou} \quad T = T_a + \Delta T_0 e^{-kt} , \quad (1)$$

em que T é a temperatura do objeto e T_a é a temperatura do ambiente(fluido) em torno dele.

Um procedimento para determinação do calor específico de um sólido

Considere uma vasilha de alumínio contendo água a uma temperatura acima da temperatura do ambiente em sua volta. Ao se medir a temperatura da água ao longo do tempo, será observado um decaimento exponencial conforme previsto pela equação 1 e ilustrado na PARTE I da Figura 1. Em um instante de tempo $t = t_i$, estando a água ainda acima da temperatura ambiente, joga-se um pedaço de alumínio à temperatura ambiente, dentro da vasilha. Como o alumínio absorve calor da água (mais quente) haverá um resfriamento brusco do conjunto como ilustra a PARTE II da Figura 1. A partir do tempo $t = t_f$, o pedaço de alumínio e a água, provavelmente à

mesma temperatura, irão resfriar conjuntamente, seguindo um decaimento exponencial de acordo com a equação 1, como ilustrado na PARTE III da Figura 1.

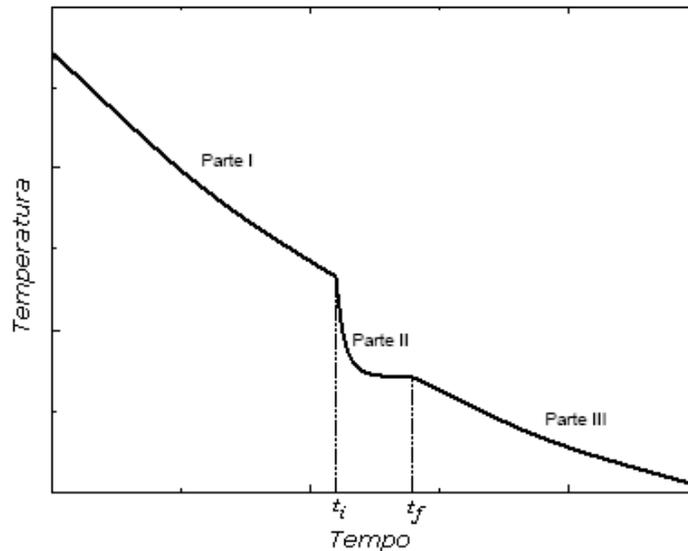


Figura 1 - Curva típica de resfriamento em um procedimento para determinação do calor específico de um sólido. O intervalo de tempo $t_f - t_i$ define o período em que houve troca de calor entre o líquido e o sólido até ambos atingirem a mesma temperatura.

Para uma análise do processo de troca de calor entre o sistema (água + recipiente) e o pedaço de alumínio, considere a Figura 2.

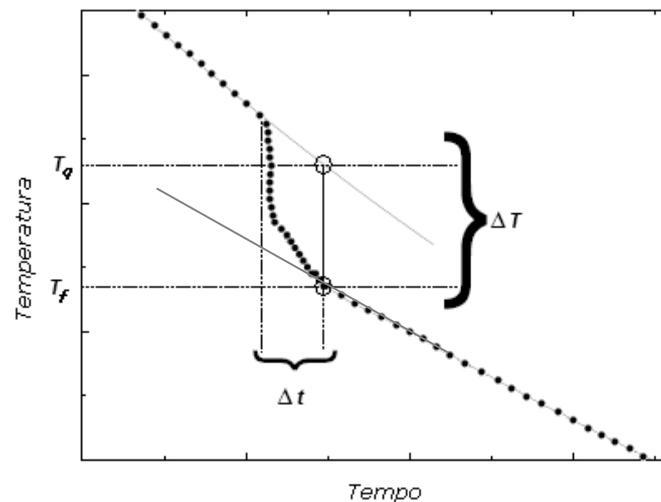


Figura 2 - Caso o pedaço de alumínio não fosse colocado na água, ela estaria a uma temperatura T_q no instante t_f . Entretanto, o calor absorvido pelo bloco de alumínio faz com que todo o conjunto fique na temperatura T_f .

Se o pedaço de alumínio não fosse colocado dentro da água, essa continuaria seu resfriamento exponencial, como ilustra o prolongamento da parte superior da curva, passando pelo

ponto de temperatura T_q no instante t_f . Entretanto, devido ao alumínio colocado, todo o conjunto (água + recipiente + alumínio) estará a uma temperatura T_f . Tomando a conservação de energia no intervalo de tempo $t_f - t_i$, pode-se afirmar que, excluindo o processo exponencial de resfriamento, a energia cedida pelo sistema (água + recipiente) será igual àquela absorvida pelo pedaço de alumínio, isto é

$$\Delta Q_{(\text{absorvido pelo alumínio})} = \Delta Q_{(\text{cedido pelo sistema})} \quad (2)$$

Sendo M_{al} a massa do pedaço de alumínio, M_{ag} a massa de água, M_R a massa do recipiente, c_{al} e c_{agua} os calores específicos do alumínio e da água respectivamente, e T_a a temperatura ambiente, então temos que:

$$\Delta Q_{(\text{alumínio})} = M_{al} \cdot c_{al} \cdot (T_f - T_a), \quad \Delta Q_{(\text{água})} = M_{ag} \cdot c_{água} \cdot (T_q - T_f) \quad \text{e} \quad \Delta Q_{(\text{recipiente})} = M_R \cdot c_{al} \cdot (T_q - T_f)$$

e pela conservação de energia, dada pela equação 2, tem-se:

$$M_{al} \cdot c_{al} \cdot (T_f - T_a) = M_{ag} \cdot c_{água} \cdot (T_q - T_f) + M_R \cdot c_{al} \cdot (T_q - T_f)$$

ou

$$c_{al} = \frac{M_{ag} (T_q - T_f)}{M_{al} (T_f - T_a) - M_R (T_q - T_f)} c_{água} \quad (3)$$

PARTE EXPERIMENTAL

Objetivo

- Determinar o calor específico do alumínio através da análise de uma curva de resfriamento.

Material utilizado

- Termômetro digital conectado a um computador para aquisição automática de dados;
- Recipiente de alumínio com água; Objeto de alumínio; Aquecedor elétrico.

Procedimentos

- Com uma balança meça as massas do recipiente e do pedaço de alumínio.
- Encha o recipiente com uma massa de água que seja suficiente para que o pedaço de alumínio fique completamente submerso - para uma boa observação do decaimento de temperatura do sistema devido à imersão do alumínio, a massa de água deve ser entre 3 e 4 vezes a massa do pedaço de alumínio. Ainda usando a balança, meça a massa de água utilizada.
- Faça a montagem como ilustrada na figura 3. Deixe o termômetro próximo à parede do recipiente (~1 cm) para evitar turbulências ao longo do experimento.

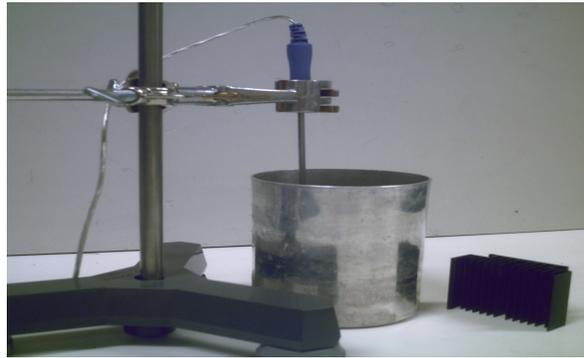


Figura 3 - Montagem.

- Utilizando o sensor de temperatura ligado ao computador registre a temperatura ambiente.
- Aqueça o sistema (água + recipiente) até uma temperatura de aproximadamente 60°C . Inicie a medição do resfriamento do sistema (curva *Temperatura x tempo*). Quando a temperatura estiver próxima a 50°C , mergulhe o pedaço de alumínio na água. Continue a registrar a curva de resfriamento de todo o conjunto até que a temperatura esteja próxima à 35°C .

Análise do gráfico obtido:

- Uma vez obtido o gráfico, selecione o trecho referente à parte I da Figura 1, conforme a Figura 4.

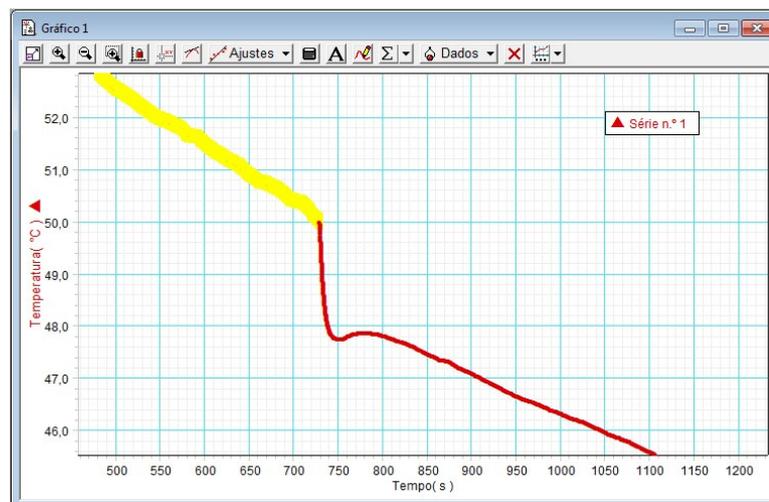


Figura 4 - Gráfico obtido com a parte I selecionada.

- Com o trecho selecionado, clique no menu **Ajustes** e escolha a opção **Ajuste ao expoente natural**, como mostrado na Figura 5. Uma curva exponencial será ajustada ao trecho de gráfico selecionado, como mostrado na Figura 6.

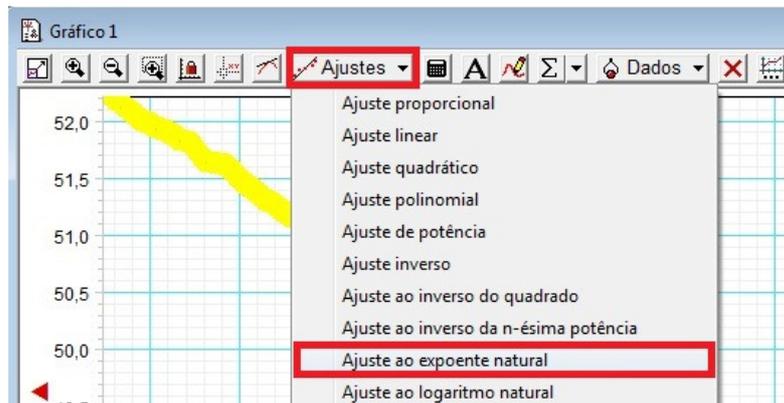


Figura 5 - Menu "Ajustes", com destaque para a opção "Ajuste ao expoente natural".

- Uma vez obtida a curva teórica mostrada em azul na Figura 6, deve-se compará-la à curva experimental, mostrada em vermelho. Clique na ferramenta **Zoom**  e aproxime a área desejada no gráfico. Para movê-lo, posicione o cursor sobre um dos eixos, até que ele se transforme em um ícone de "mão", e então arraste até a posição desejada. **Tome cuidado, pois ao clicar em qualquer área do gráfico, o seu ajuste será desfeito.**

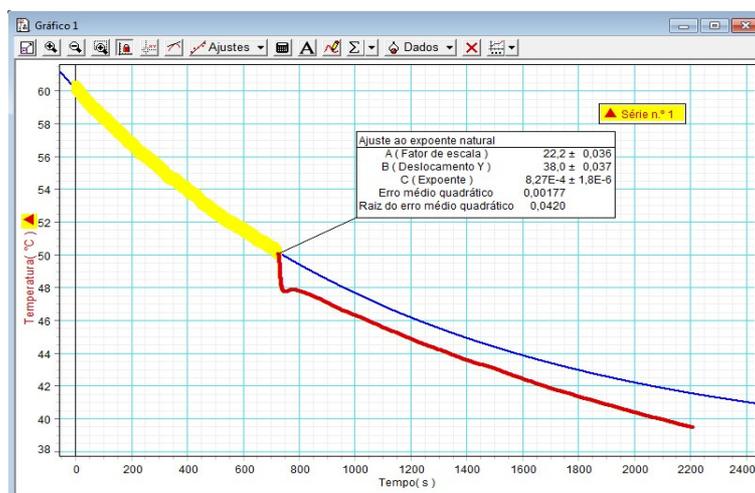


Figura 6 - Curva teórica (em vermelho) e ajuste ao expoente natural (em azul).

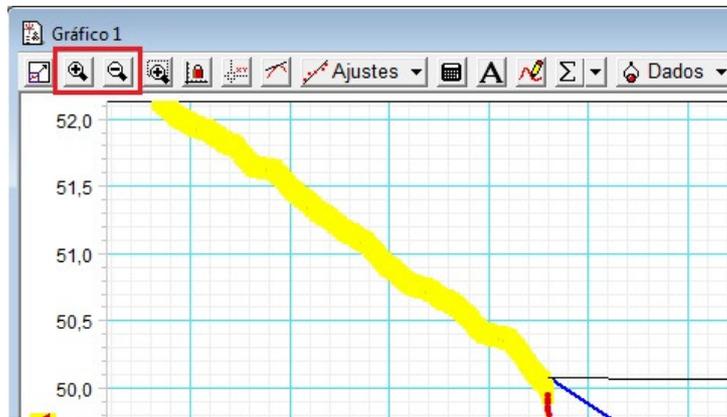


Figura 7 - Detalhe da Ferramenta Zoom.



Figura 8 - Área desejada em destaque, após utilização da ferramenta Zoom.

- Clique na **Ferramenta Inteligente** , mostrada na Figura 9, e utilize-a para encontrar os pontos correspondentes a temperatura T_q na curva teórica (Figura 10), e a temperatura T_f , na curva experimental (Figura 11);

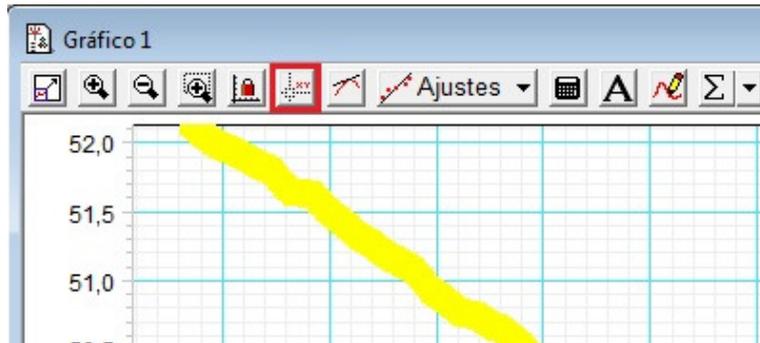


Figura 9 - Detalhe da Ferramenta Inteligente.

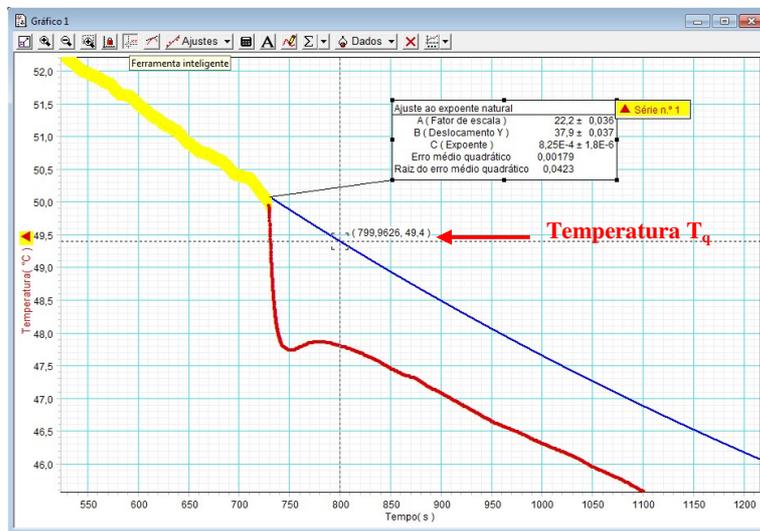


Figura 10 - Utilização da Ferramenta Inteligente para encontrar a temperatura T_q .

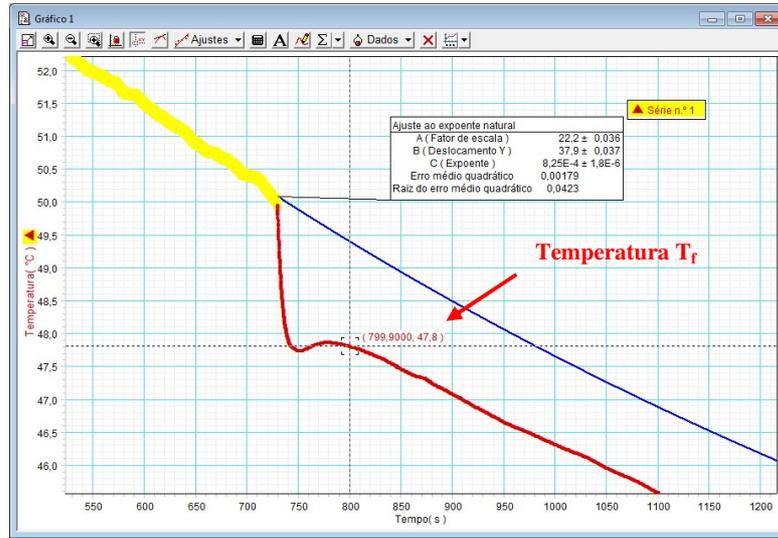


Figura 11 - Utilização da Ferramenta Inteligente para encontrar a temperatura T_f.

- Utilizando a equação 3 calcule o calor específico do alumínio. Apresente o resultado com o número de algarismos significativos que corresponda às medições envolvidas no procedimento;
- Calcule o erro percentual entre o valor encontrado e o valor tabelado para o calor específico do alumínio $cal = 0,217cal/g^{\circ}$.