

Introdução às Medidas em Física

4300152

10^a Aula

A SÉRIO QUE



SENTIRAM A MINHA FALTA?

meme-generator.net

Experiência VI:

Resfriamento de um Líquido

Objetivos

Medidas de temperatura

Estudar o resfriamento de um líquido aquecido colocado em temperatura ambiente

Utilização de um termopar

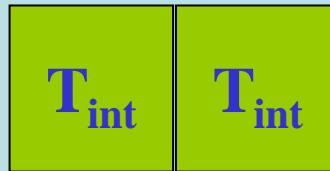
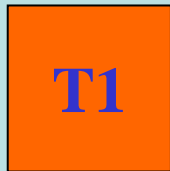
Análise de dados

Análise gráfica – escala logarítmica

Dedução empírica de uma lei física

Lei Zero da Termodinâmica

Dois corpos inicialmente a temperaturas diferentes, quando colocados em contato por um tempo suficiente chegam a um estado final em que a temperatura de ambos se iguala. Esse estado é chamado de equilíbrio térmico



$$\begin{aligned} \text{Se } T_1 > T_2 \\ T_1 > T_{\text{int}} > T_2 \end{aligned}$$

Portanto, um objeto mais quente que a temperatura ambiente, irá perder calor para o ambiente até igualar sua temperatura com o mesmo

Lei de Resfriamento

Objetivo do experimento:

Estudar o processo de resfriamento até a temperatura ambiente de um corpo aquecido a uma determinada temperatura T

Como deve ser a variação? Linear ou outra função matemática?

Na ausência de um modelo teórico iremos estabelecer uma função de maneira empírica

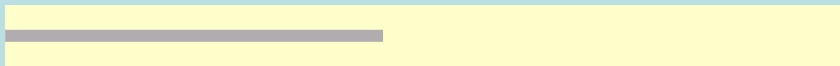
Ajuste dos dados experimentais

Variação da temperatura em função do tempo

Medida de temperatura

A temperatura de um sistema é medida através de fenômenos físicos cuja dependência com a temperatura é conhecida

O tipo de termômetro mais comum é o de coluna de mercúrio. O fenômeno físico usado neste caso é o da dilatação volumétrica de líquidos quando estes são aquecidos



T_1



$T_2 > T_1$

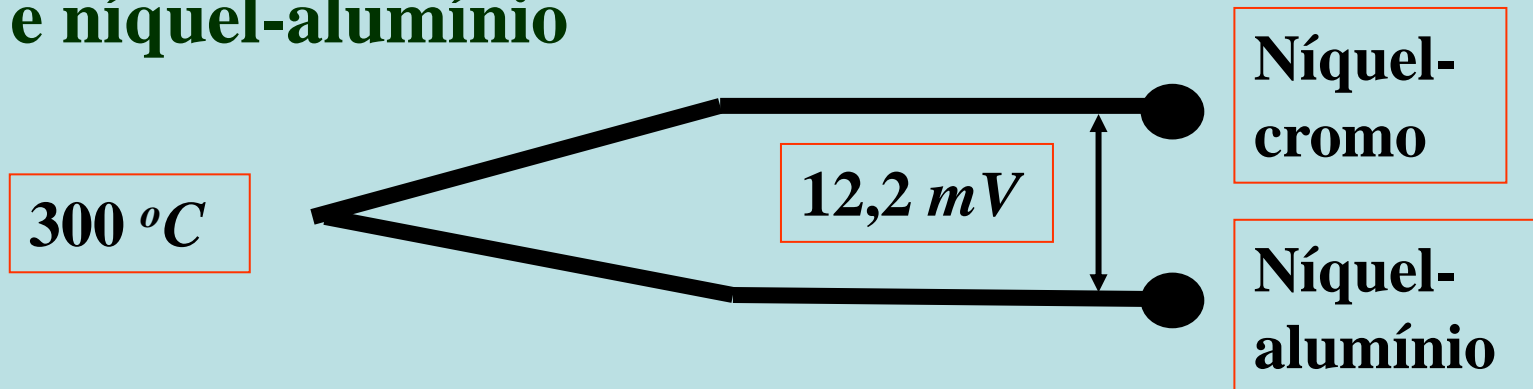
Termopar

Termopar é um tipo de termômetro bastante popular

Princípio de funcionamento baseia-se na produção de uma diferença de potencial (dependente da temperatura) na junção entre dois metais

Descoberto em 1822 pelo médico Thomas Seebeck (Estônia)

Um dos tipos de termopar mais populares é do tipo K, composto pela junção das ligas de níquel-cromo e níquel-alumínio



Experimento

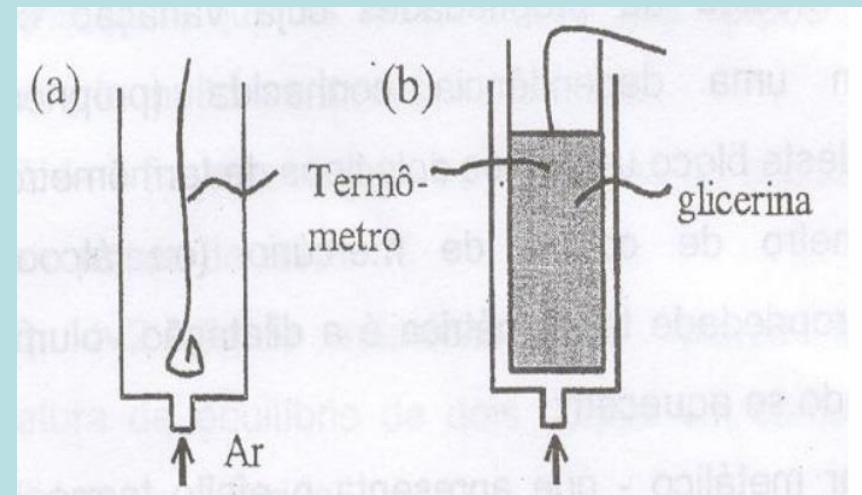
Vamos estudar o resfriamento da glicerina

Material: Tubo de ensaio com glicerina + termopar

Procedimento:

Tubo de ensaio quente é colocado para esfriar dentro de um cilindro no qual há um fluxo de ar constante

Medidas de temperatura vs tempo



Experimento (Medidas)

Posicionar os dois termopares: um ao lado do cilindro e outro dentro tubo (metade da glicerina)

Aqueça o tubo de ensaio até que $T_2 - T_1$ seja aprox. $95\text{ }^{\circ}\text{C}$

Antes de iniciar o aquecimento, meça a altura da glicerina no tubo de ensaio e coloque o termopar na metade desse valor

Insira o tubo de ensaio no cilindro

Evite encostar o tubo nas paredes e fundo do cilindro

Experimento (Medidas)

Medir temperatura da glicerina ($T_2 - T_1$) para vários instantes de tempo

Dispare o cronômetro quando tubo chegar a $90\text{ }^{\circ}\text{C}$

Anote o valor de tempo: de 5 em 5 $^{\circ}\text{C}$ até $40\text{ }^{\circ}\text{C}$

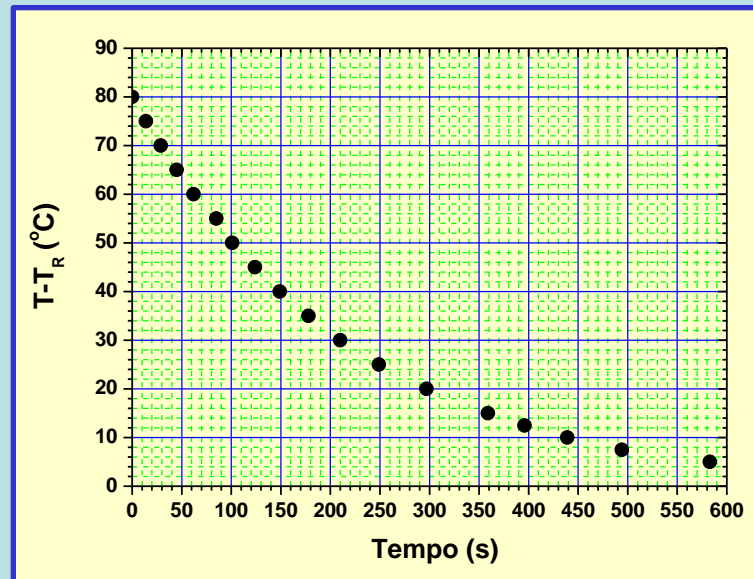
de 2 em 2 $^{\circ}\text{C}$ até $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

de 1 em 1 $^{\circ}\text{C}$ até 10°C

T($^{\circ}\text{C}$)	t(s)
90	0
...	...

Análise de Dados

Gráfico da temperatura acima da temperatura ambiente \times tempo: $(T(t) - T_{ambiente} \times t)$



A dependência é linear? A curva traçada pelos pontos experimentais é uma reta?

Qual é essa função?

Análise de Dados

Tentativa: função exponencial (muito comum em fenômenos parecidos a este) :

$$T(t) - T_{\text{ambiente}} = C_0 \cdot e^{-\mu \cdot t}$$

onde C_0 e μ são parâmetros da função

Como checar?

Linearizando a função

$$\log(T(t) - T_{\text{ambiente}}) = \log(C_0 \cdot e^{-\mu \cdot t})$$

$$\log(T(t) - T_{\text{ambiente}}) = \log(C_0) + \log(e^{-\mu \cdot t})$$

$$\log(T(t) - T_{\text{ambiente}}) = \log(C_0) - \mu \cdot \log(e) \cdot t$$

$$\log(T(t) - T_{\text{ambiente}}) = a' + b' \cdot t$$

sendo, $a' = \log(C_0)$ e $b' = -\mu \cdot \log(e)$

Análise de Dados

Caso seja verdade que $T(t) - T_{ambiente} = C_0 \cdot e^{-\mu t}$

Gráfico $\log(T(t) - T_{ambiente}) \times t$ deve ser uma reta

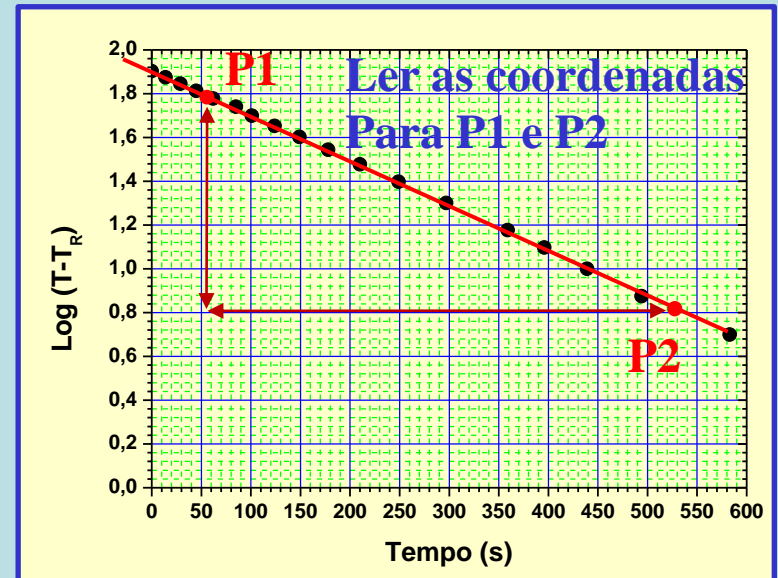
$$\log(T(t) - T_{ambiente}) = a' + b' \cdot t$$

$$y = a' + b' \cdot x$$

coeficiente linear – valor que cruza
o eixo y ($\log(T)$) para $x(t) = 0$

$$a' = \log(C_0) \quad C_0 = 10^{a'}$$

coeficiente angular – inclinação reta



$$b' = \frac{\log(T - T_{amb}(P_2)) - \log(T - T_{amb}(P_1))}{t_2 - t_1} = -\mu \log(e) \Rightarrow \mu = -\frac{b'}{\log(e)}$$

Análise de Dados

Faça o gráfico de temperatura \times tempo utilizando o papel monolog

$$\log(\Delta T(t)) = \log(C_0) - \mu \cdot \log(e) \cdot t$$

$$\log(\Delta T(t)) / \log(e) = (\log(C_0) / \log(e)) - \mu \cdot t$$

➡ Propriedade log

$$\log_x y = \frac{\log_z y}{\log_z x}$$

➡ $\ln(\Delta T) = \ln(C_0) - \mu \cdot t$; $\ln Y = \ln K : Y = K$

Ou seja : em $t=0$ encontramos $\Delta T(0) = C_0$

$$\mu = \ln(\Delta T(P2)) - \ln(\Delta T(P1)) / t_2 - t_1$$

Usando : $L_n = D \cdot \ln y_n$ onde $D =$ módulo da escala na base e

Análise de Dados

Faça o gráfico de temperatura \times tempo utilizando o papel monolog

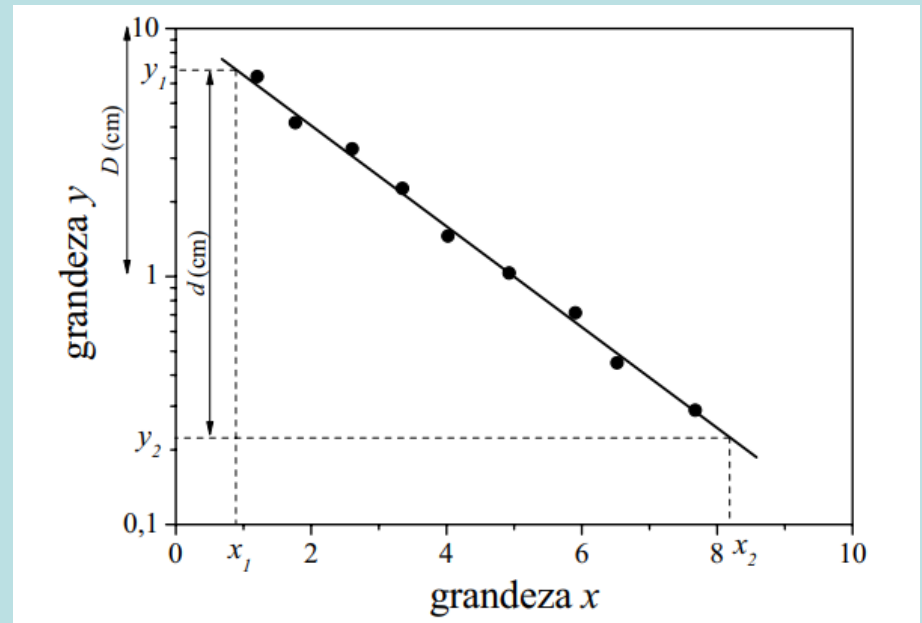
$$\mu = \ln(\Delta T (P2)) - \ln(\Delta T (P1)) / t_2 - t_1$$

Usando : $L_n = D \cdot \ln y_n$ onde $D =$ módulo da escala na base e

Ou seja:

Medindo-se a distância, em centímetros, uma régua, entre os pontos y_1 e y_2 (**d**) bem como o tamanho da década no gráfico (**D**)

$$\mu = (d/D)/(x_2 - x_1)$$



Década

10	ou	100	ou	1000
1	ou	10	ou	100
0,2	ou	2	ou	20
0,1	ou	1	ou	10

ESCALA
(sempre múltipla de 10)



Análise de Dados

Gráfico de temperatura × tempo utilizando o papel monolog

Extrair os parâmetros C_0 e μ de um ajuste de reta

Gráfico de temperatura × tempo utilizando o papel milimetrado

Apresentar valores esperados usando os parâmetros obtidos acima

Relatório

Resumo

Introdução

Descrição experimental + Medidas Exp

Procedimento + dados + incertezas

Análise de dados

Gráficos e ajustes de reta – derivação de C_0 e μ

Discussão e conclusões

Qualidade dos ajustes + incertezas