

Introdução às Medidas em Física

4300152

10^a Aula

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

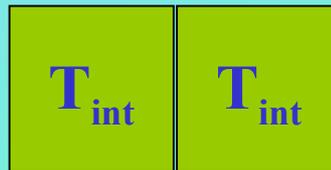
Análise de dados

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?

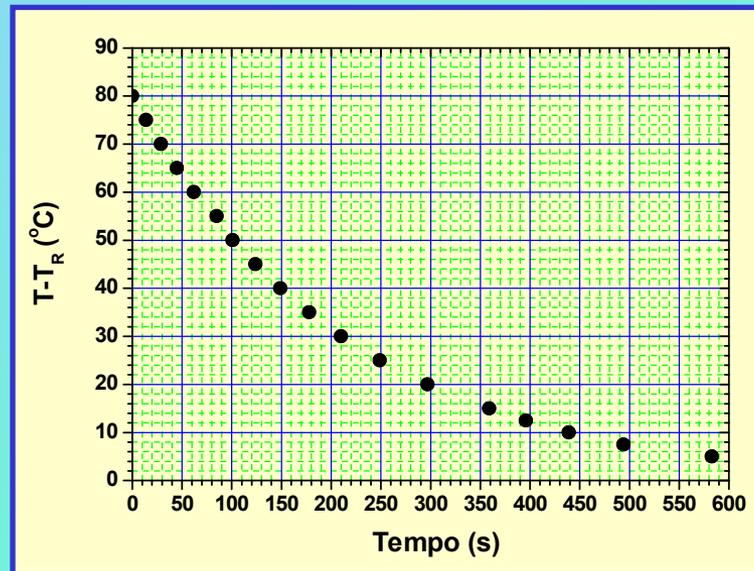
Na ausência de um modelo teórico iremos estabelecer uma função de maneira empírica

Ajuste dos dados experimentais

Variação da temperatura em função do tempo

Análise de Dados

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



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

Qual é essa função?

Lei de Resfriamento Newton

Hipóteses:

Taxa de troca de calor é proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente (T_R constante)

$$\frac{dQ}{dt} = cte \times (T - T_R)$$

Como $Q = C \Delta T$, isso implica que a variação de temperatura seja proporcional à diferença de temperatura:

$$\frac{d(T - T_R)}{dt} = \frac{d\Delta T}{dt} = -\mu (T - T_R)$$

a constante μ é positiva e tem unidade de tempo⁻¹
depende de formato e material do corpo

Lei de Resfriamento Newton

Consequências: $\Delta T = (T - T_R) = \Delta T_0 e^{-\mu t}$

ΔT_0 é a diferença inicial de temperatura entre o líquido e o ambiente

Propriedades de exponenciais decrescentes

Tempo necessário para diminuir de uma certa fração é fixo

Instante inicial não importa

Derivada da exponencial é exponencial

Vamos tentar obter essa lei de forma empírica

Ajuste dos dados experimentais

Variação da temperatura em função do tempo

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

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

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

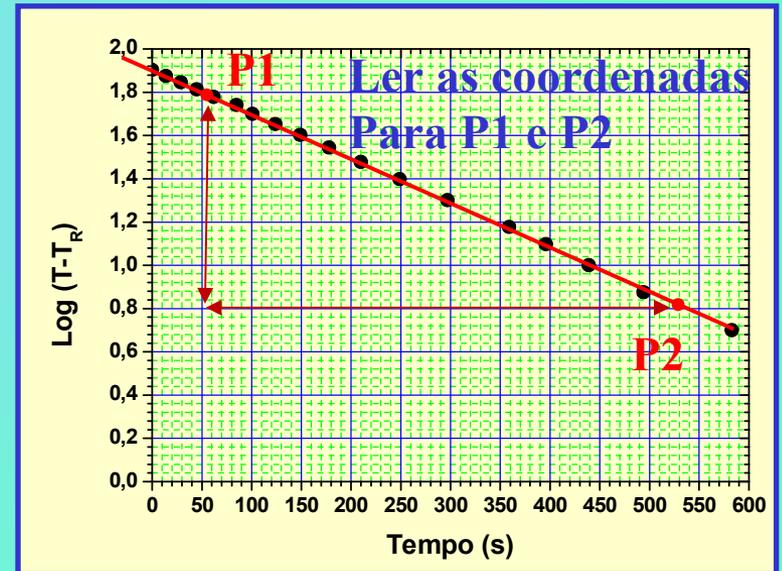
$$y = a' + b' \cdot x$$

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



$$b' = \frac{\log(\Delta T(t_2)) - \log(\Delta T(t_1))}{t_2 - t_1} = -\mu \log(e) \Rightarrow \mu = -\frac{b'}{\log(e)}$$

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

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

É linear? Obtenha os parâmetros a' e b'

$$\log(T(t)) = a' + b' \cdot t$$

Como obter esses parâmetros neste papel?

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

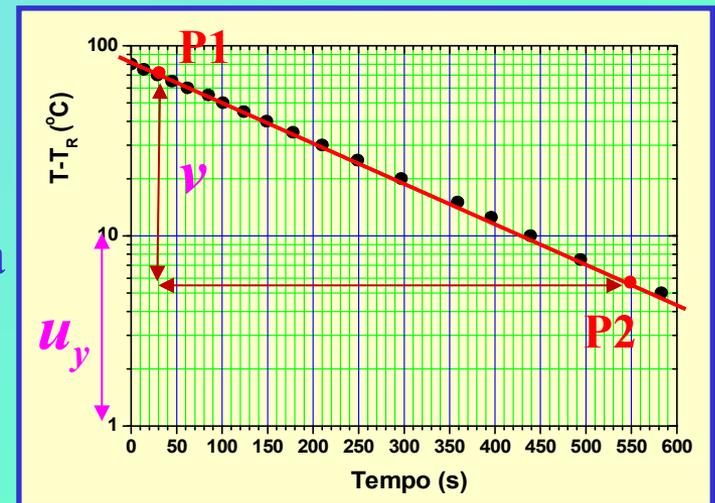
Ler diretamente C_0 no eixo

coeficiente angular – inclinação reta

$$b' = \frac{\log(T(t_2)) - \log(T(t_1))}{t_2 - t_1} = \frac{v/u_y}{t_2 - t_1}$$

Para $\log(T)$ mede com régua (na vertical):

u_y é a unidade (mm) e v é a distância (mm) P1 – P2

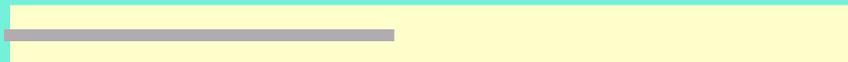


Para t_1 e t_2 : ler as coordenadas

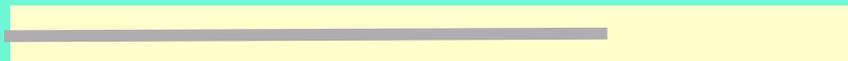
Medida de temperatura

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

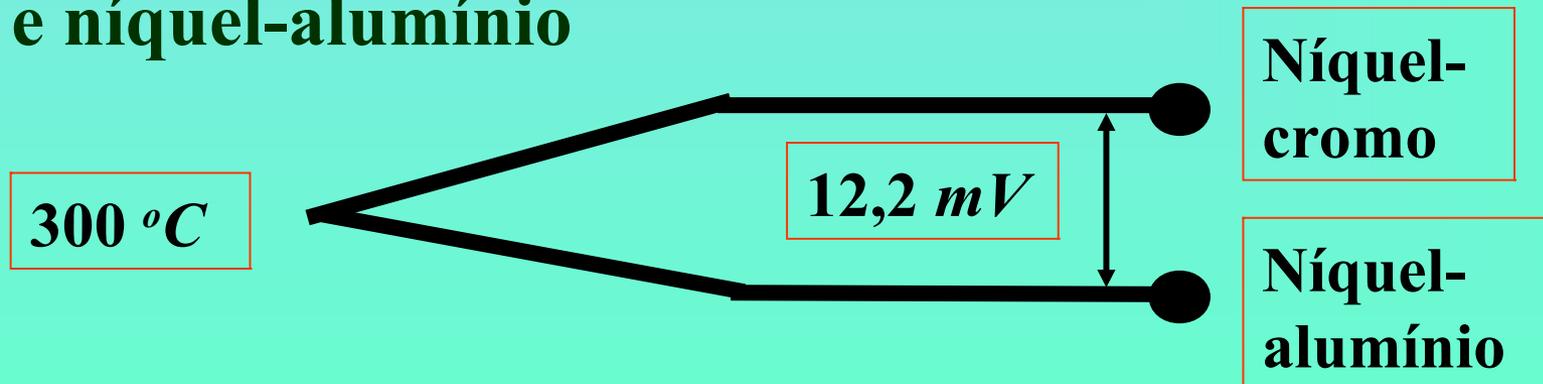


$T_2 > T_1$

Termopar

Termopar é um tipo de termômetro bastante popular

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

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. $95\text{ }^{\circ}\text{C}$

Experimento (Medidas)

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

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

Análise de Dados

Gráfico de temperatura \times tempo utilizando o papel monolog

Extrair os parâmetros C_0 e μ de um ajuste de reta

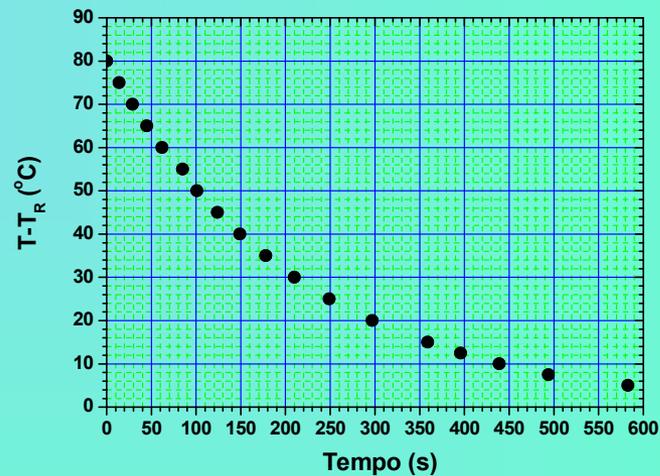
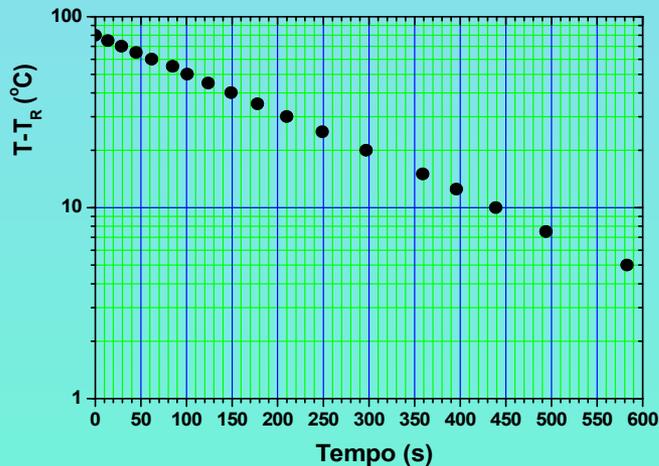


Gráfico de temperatura \times tempo utilizando o papel milimetrado

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