

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

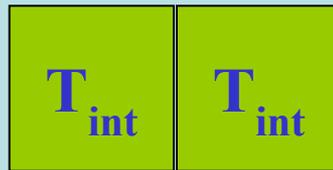
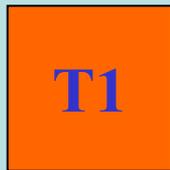
Análise de dados

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

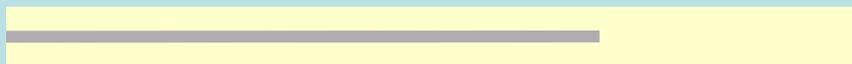
Medida de temperatura

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



$T_2 > T_1$



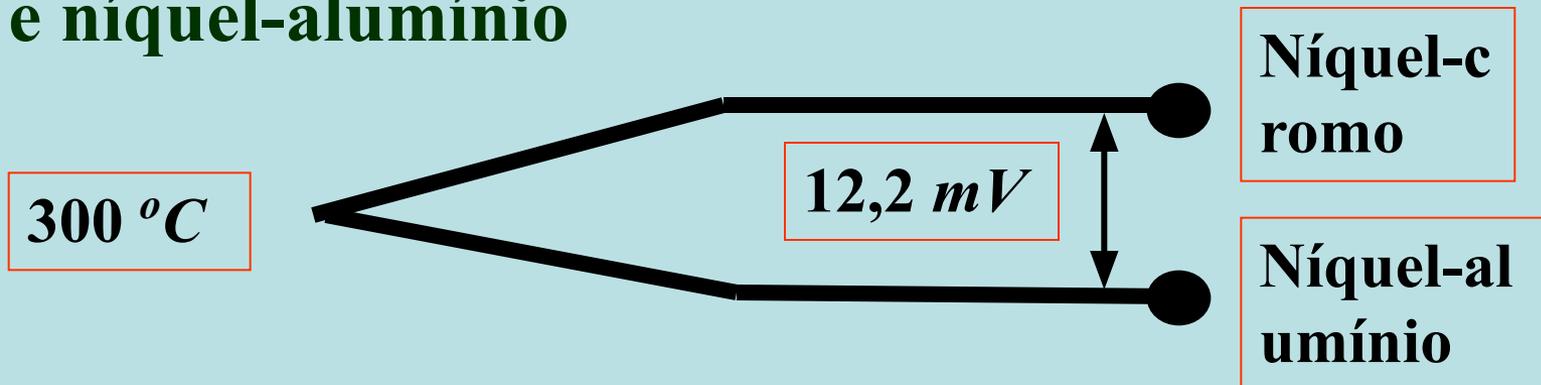
Termopar

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 x 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 $5\text{ }^\circ\text{C}$ até $40\text{ }^\circ\text{C}$

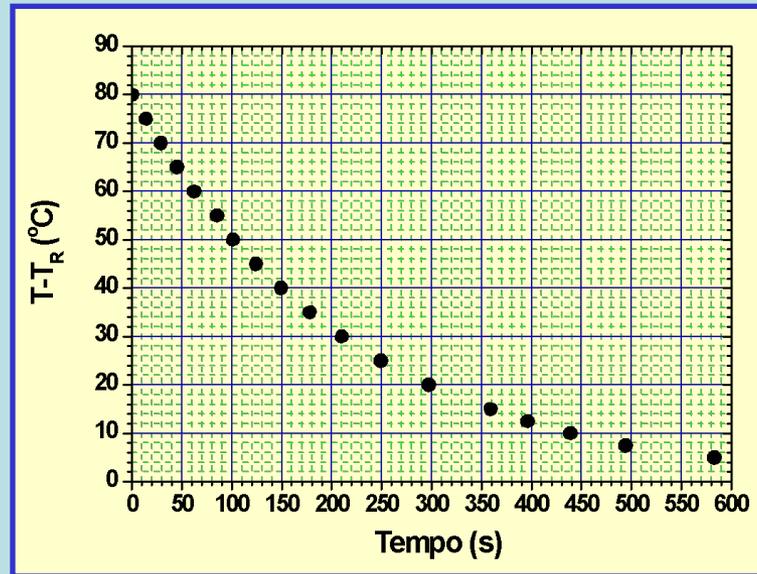
de 2 em $2\text{ }^\circ\text{C}$ até $20\text{ }^\circ\text{C}$

de 1 em $1\text{ }^\circ\text{C}$ até $10\text{ }^\circ\text{C}$

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

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?

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

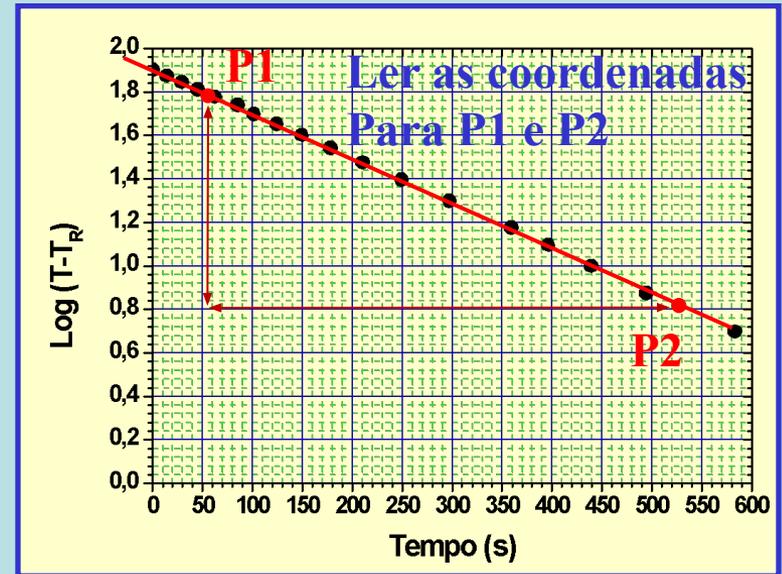
$$\log(T(t) - T_{ambiente}) = a' + b' \cdot t$$

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

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



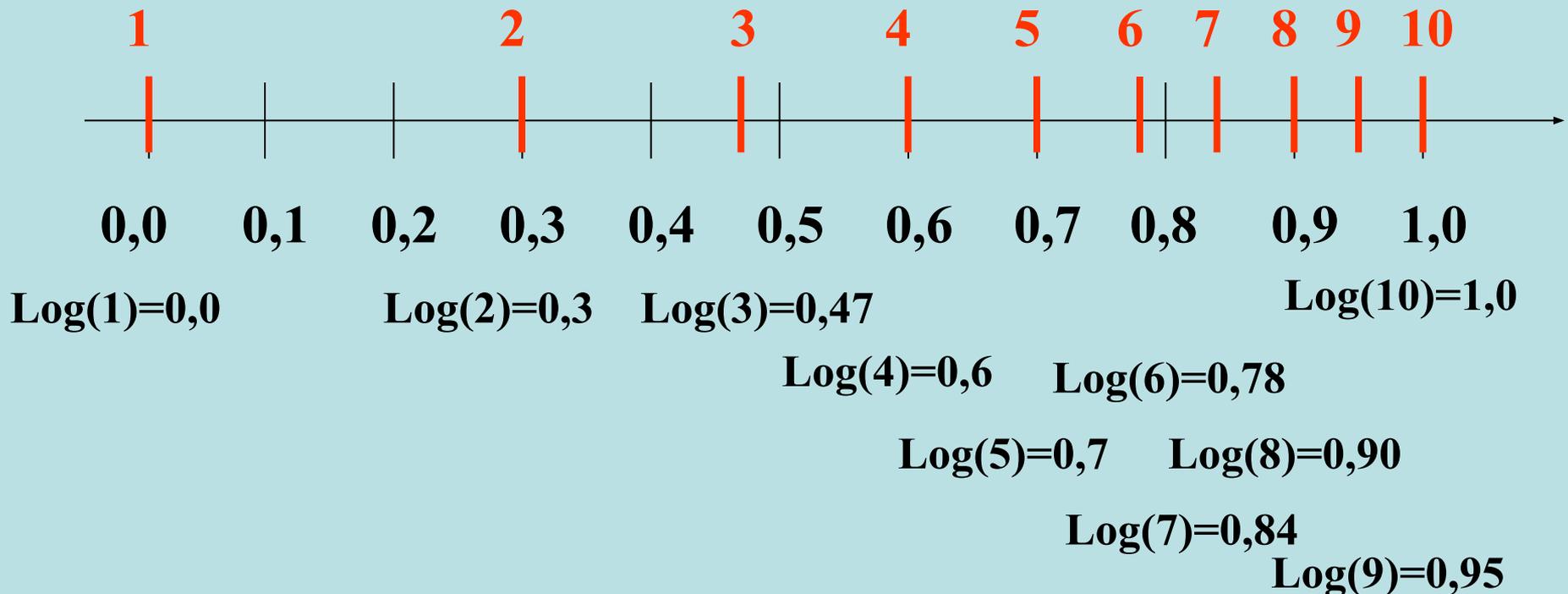
$$b' = \frac{\log(T - T_{amb}(P_2)) - \log(T - T_{amb}(P_1))}{t_2 - t_1} = -\mu \log(e) \Rightarrow \mu = -\frac{b'}{\log(e)}$$

Escala Logarítmica

A fim de facilitar a construção desse gráfico

papel monolog

o eixo-y é construído de forma que o comprimento real no papel corresponde ao logaritmo do número marcado na escala do gráfico



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?

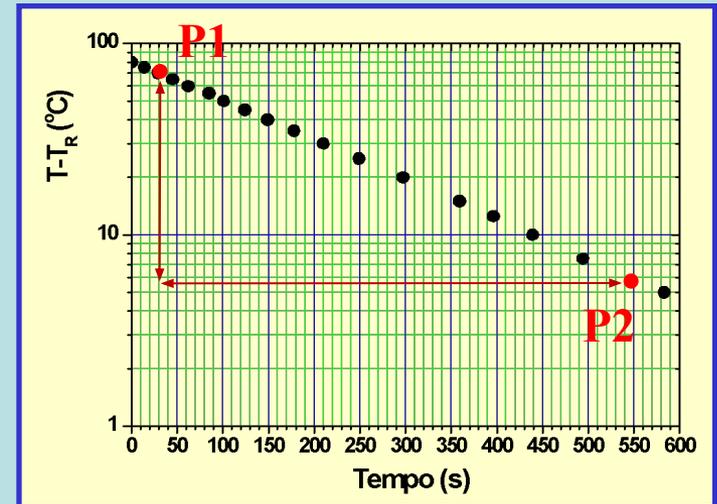
coeficiente linear – valor que cruza o eixo $\log(T)$ para $t = 0$

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

Análise de Dados

Gráfico de temperatura × tempo utilizando o papel monolog

Extraír 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