Introdução às Medidas em Física
4300152
10ª Aula

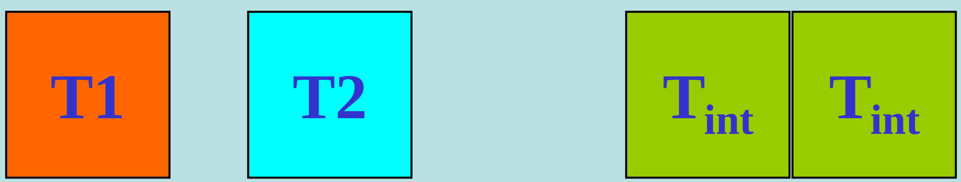
Experiência VI: Resfriamento de um Líquido

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



Se $T_1 > T_2$
$T_1 > T_{int} > T_2$

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

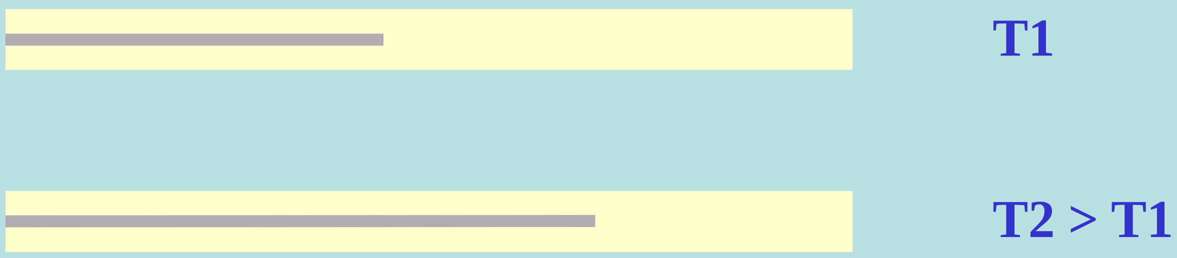
Objetivo do experimento:

- 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



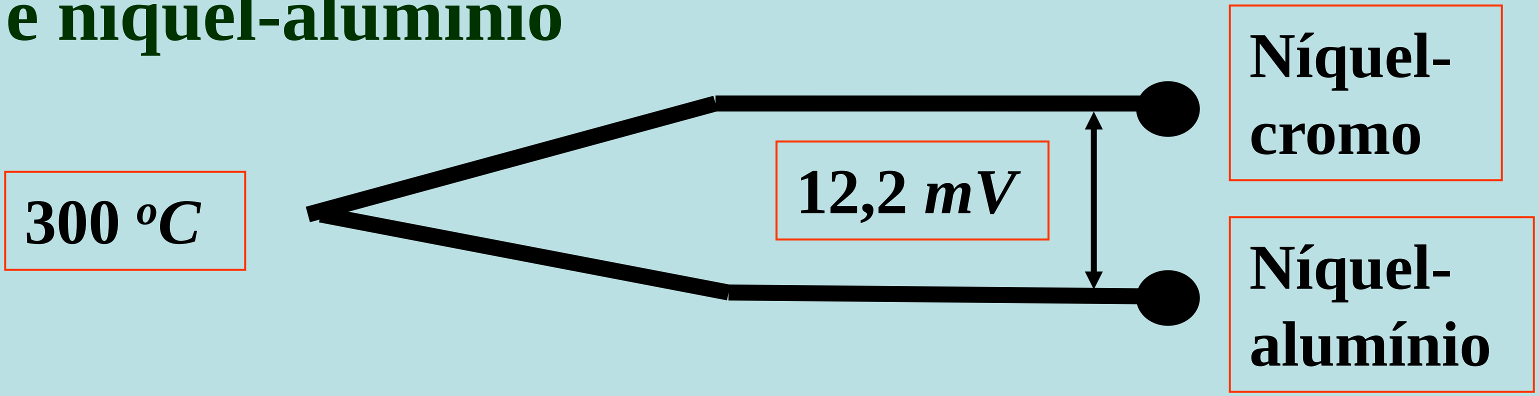
Termopar

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 T2 – T1 seja aprox. 95 ºC
  - 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 (T2 - T1) para vários instantes de tempo

Dispare o cronômetro quando tubo chegar a 90 ºC

Anote o valor de tempo: de 5 em 5 ºC até 40 ºC

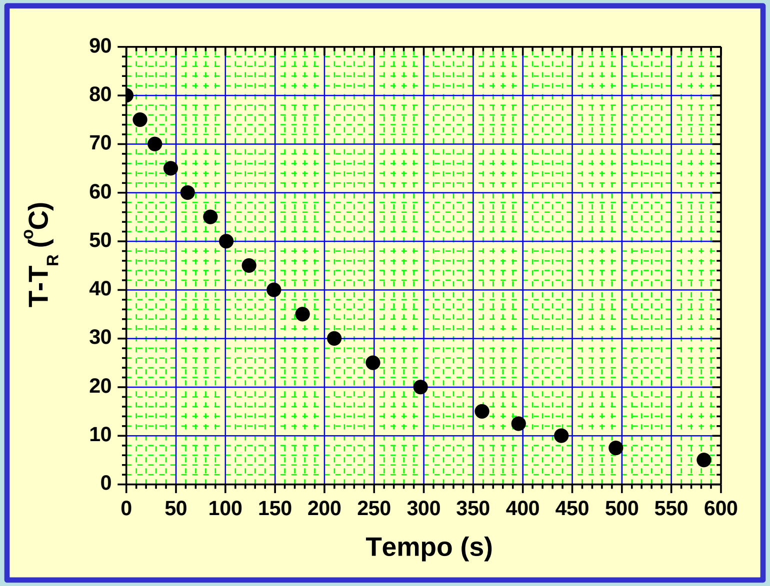
de 2 em 2 ºC até 20 ºC

de 1 em 1 ºC até 10ºC

T(ºC)	t(s)
90	0
...	...

Análise de Dados

Gráfico da temperatura acima da temperatura ambiente × 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) :

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

onde C_0 e μ são parâmetros da função

Como checar?

Linearizando a função

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

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

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

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

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**

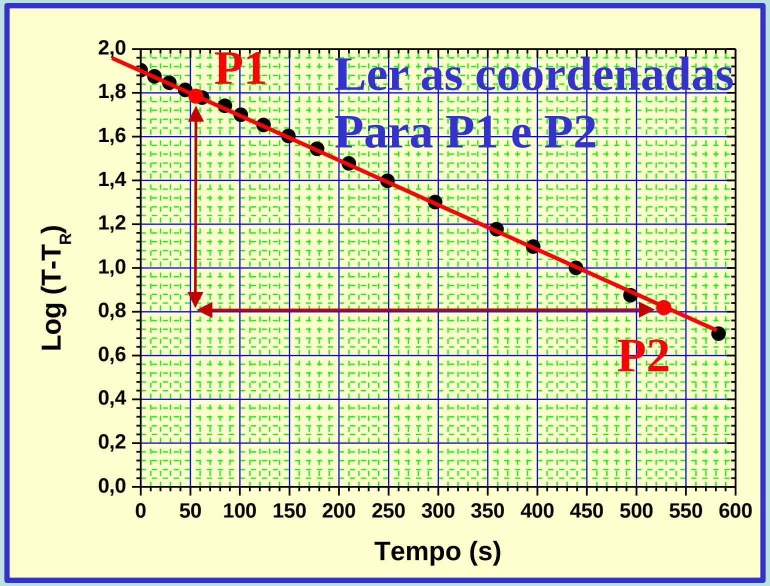
$$log(T(t) - T_{ambiente}) = a' + b' \cdot t$$

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

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

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

coeficiente angular – inclinação reta



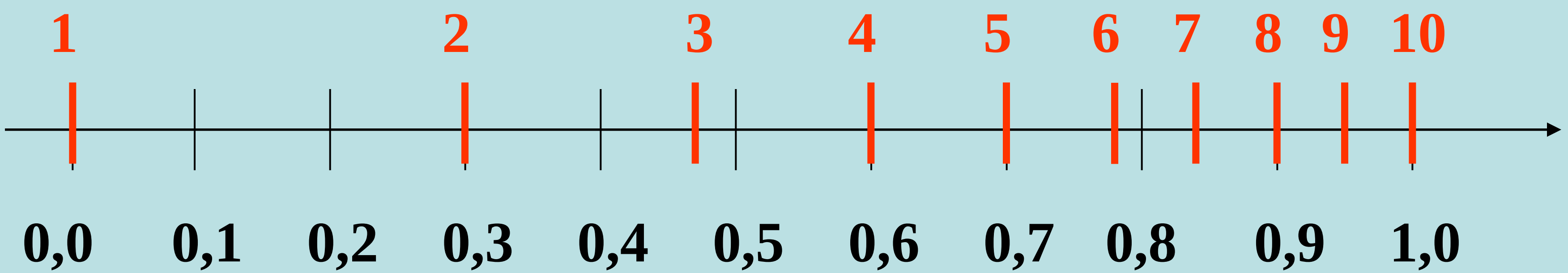
$$b' = \frac{\log\left(T - T_{amb}\left(P_2\right)\right) - \log\left(T - T_{amb}\left(P_1\right)\right)}{t_2 - t_1} = -\mu \log(e) \Rightarrow \mu = -\frac{b'}{\log(e)}$$

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



Log(1)=0,0

Log(2)=0,3

Log(3)=0,47

Log(4)=0,6

Log(5)=0,7

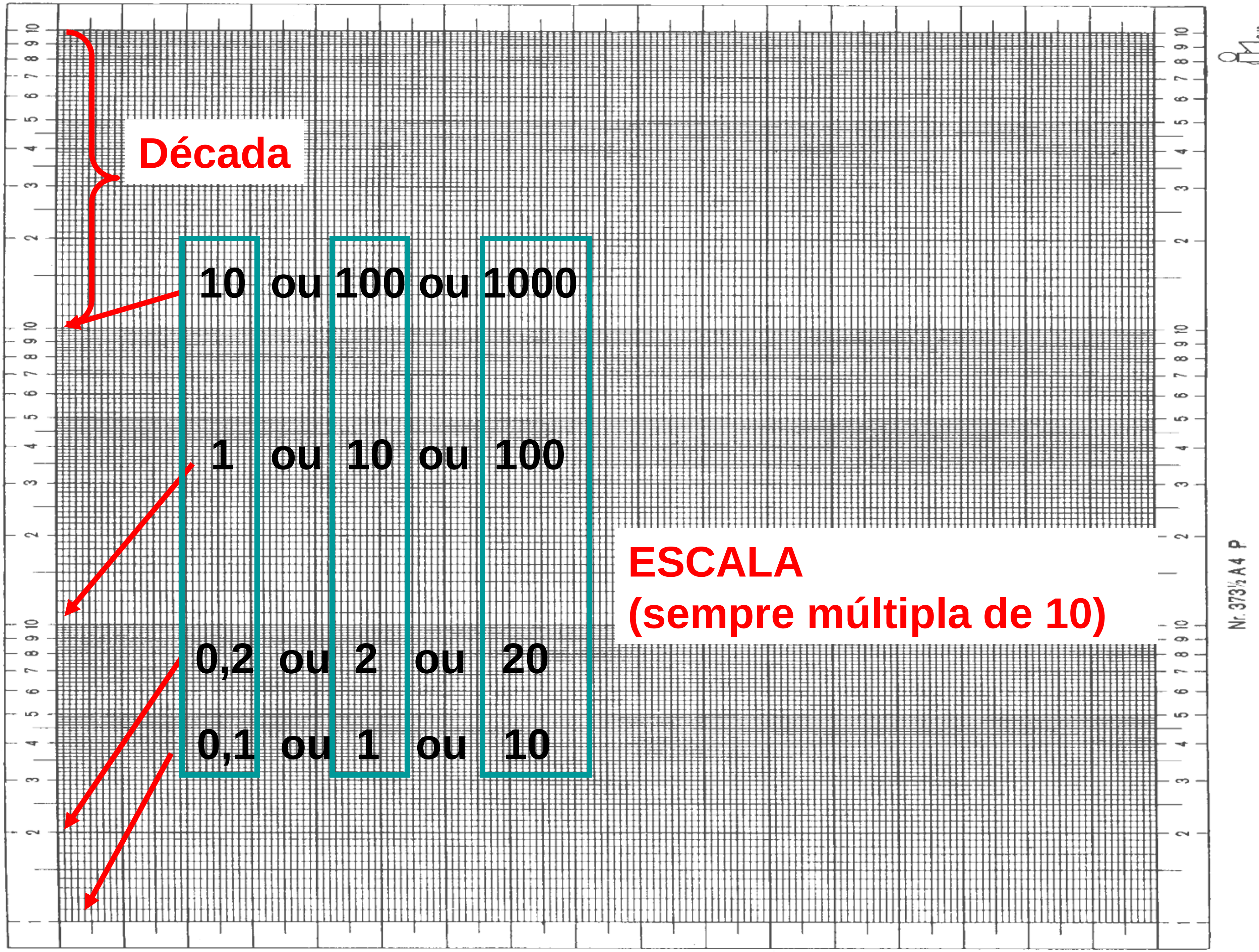
Log(6)=0,78

Log(7)=0,84

Log(8)=0,90

Log(9)=0,95

Log(10)=1,0


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 × tempo utilizando o papel monolog

É linear? Obtenha os parâmetros *a'* e *b'*

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

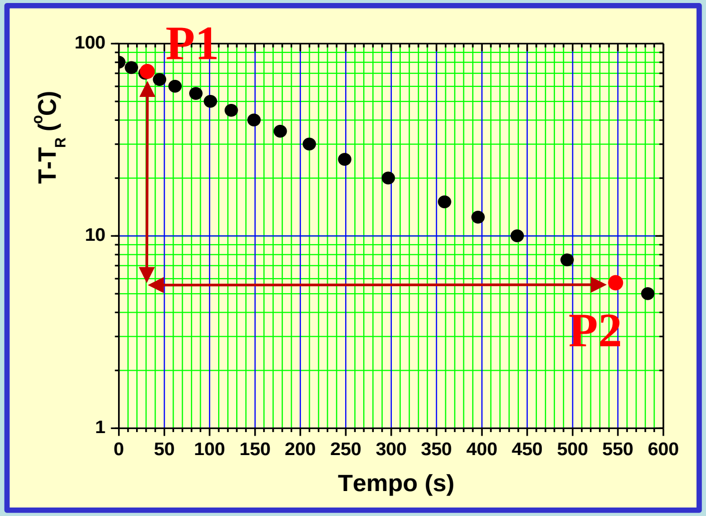
Como obter esses parâmetros neste papel?

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 t1 e t2: ler as coordenadas

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**