

# Leis da Térmica

Dilatação térmica

## Anomalia da água

### DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DE DENSIDADE MÁXIMA DA ÁGUA.

- Medição da dilatação térmica da água numa faixa de temperatura entre 0°C e 15°C.
- Comprovação da anomalia da água.
- Determinação da temperatura de densidade máxima.

UE2010301

04/16 ALF

#### FUNDAMENTOS GERAIS

A água apresenta uma particularidade em relação aos outros materiais. Até uma temperatura de aproximadamente 4°C ela se contrai ao ser aquecida e se só dilata a partir de temperaturas mais altas. Sendo que a densidade corresponde ao recíproco do volume de uma quantidade de matéria, a água atinge portanto a sua densidade máxima em aproximadamente 4°C.

Na experiência, a dilatação da água é medida com um recipiente com um tubo de ascensão. Para tal mede-se a altura de ascensão  $h$  em função da temperatura da água  $\vartheta$ . Se for desprezado o fato que o recipiente de vidro também se dilata com o aquecimento, o volume total da água no recipiente e no tubo de ascensão resultam de:

$$V(\vartheta) = V_0 + \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h(\vartheta) \quad (1)$$

$d$ : diâmetro interno do tubo de ascensão,  
 $V_0$ : volume do recipiente

Se for levada em conta a dilatação do recipiente, então altera-se (1) para

$$V(\vartheta) = V_0 (1 + 3 \cdot \alpha \cdot \vartheta) + \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h(\vartheta) \quad (2)$$

$\alpha = 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ : coeficiente de dilatação linear do vidro

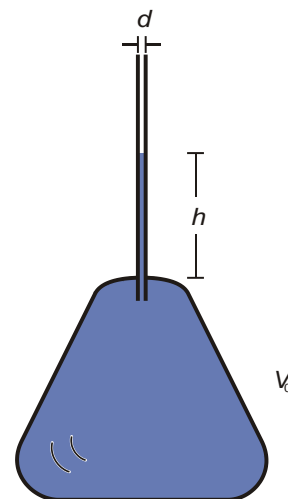


Fig. 1: Recipiente com tubo de ascensão para a medição da dilatação térmica da água



Fig. 2: Montagem experimental para a determinação da temperatura de densidade máxima da água

## LISTA DE APARELHOS

1 aparelho para a anomalia da água	1002889 (U14318)
1 misturador magnético	1002808 (U11876)
1 termômetro digital, 1 canal	1002793 (U11817)
1 sensor de imersão, tipo K	1002804 (U11854)
ou	
1 termômetro	1003013 (U16115)
1 funil plástico, d= 50 mm	1003568 (U8634700)
1 mangueira de silicone, 6 mm	1002622 (U10146)
1 vara de apoio, 470 mm	1002934 (U15002)
1 suporte fixador com manga	1002829 (U13253)
1 tripé 150 mm	1002835 (U13270)
1 banheira de plástico	4000036 (T52006)

Água destilada, gelo pilado, sal de cozinha

## MONTAGEM

- Primeiro, introduzir a varinha de misturar no aparelho para anomalia da água.
- Colocar tubo de ascensão no recipiente de vidro e aparafusar com firmeza.
- Conectar o sensor de imersão com o termômetro digital, aparafusar o fecho de parafusos GL com perfuração pequena no tubo de passo lateral e introduzir o sensor de imersão.
- De modo alternativo, a experiência pode ser executada com um termômetro de vara comum. Para tal, empurrar o fecho de parafusos GL com perfuração grande sobre o termômetro e fixar lateralmente no tubo de passo.
- Conectar a mangueira de silicone no conector de mangueira e ligar com o funil.
- Montar a vara de apoio no pé de apoio, fixar a pinça para apoio na vara de apoio.
- Pendurar o funil na pinça.
- Para preencher o recipiente de vidro, abrir a torneira e introduzir água destilada no funil até que o nível da água atinja aproximadamente a metade do tubo de ascensão.
- Eliminar as bolhas de ar sacudindo levemente o recipiente de vidro.
- Fechar a torneira, retirar a mangueira e retornar a água que sobre para a garrafa de armazenamento.

## EXECUÇÃO

- Montar conforme fig. 2.
- Produzir uma mistura de gelo pilado e sal de cozinha e preencher a banheira de plástico com a mistura.
- Colocar a banheira sobre o misturador magnético.
- Colocar a aparelhagem de experimentação na banheira.
- Marcar a altura de ascensão da água no tubo de ascensão com uma caneta. Anotar a altura de ascensão e a temperatura.
- Ligar o misturador magnético e ajustá-lo numa velocidade média.
- Ler o nível da água no tubo de ascensão  $h$  e inserir num sistema de coordenadas em função da temperatura  $\vartheta$ .
- Assim que temperatura cair abaixo  $0,5^{\circ}\text{C}$ , retirar a aparelhagem experimental da banheira para evitar que a água congele.

## EXEMPLO DE MEDIÇÃO

Tabela 1: Altura de ascensão  $h$  em função da temperatura  $\vartheta$

$\vartheta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$h$ (mm)	$\vartheta$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$h$ (mm)
0,5	32,5	8,0	22,0
1,0	23,0	8,5	27,3
1,5	16,5	9,0	32,5
2,0	10,3	9,5	36,0
2,5	7,3	10,0	42,2
3,0	5,3	10,5	47,3
3,5	3,7	11,0	54,0
4,0	3,3	11,5	62,0
4,5	4,3	12,0	67,2
5,0	6,0	12,5	76,5
5,5	7,5	13,0	86,5
6,0	10,0	13,5	94,0
6,5	12,6	14,0	104,5
7,0	14,8	14,5	116,5
7,5	19,3	15,0	125,3

### ANÁLISE

A fig. 3 mostra a representação gráfica dos valores da tabela 1. Por meio de extrapolação é calculada a altura de ascensão  $h$  da água no tubo de ascensão para  $0^\circ\text{C}$ . Para os dados presentes obtém-se  $h(0^\circ\text{C}) = 44,7 \text{ mm}$ . A densidade relativa da água pode agora ser calculada por meio de (3).

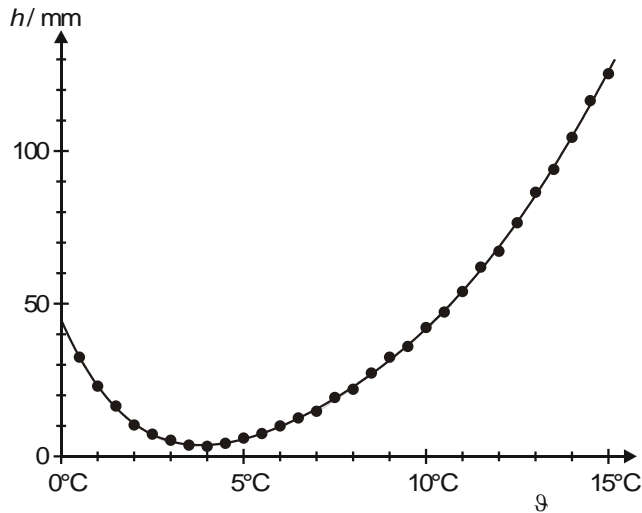


Fig. 3: Altura de ascensão  $h$  em função da temperatura  $\vartheta$

Para a densidade  $\rho$  da água vale portanto na seqüência de (1) e (2)

$$\frac{\rho(\vartheta)}{\rho(0^\circ\text{C})} = \frac{V_0 + \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h(0^\circ\text{C})}{V_0 (1 + 3 \cdot \alpha \cdot \vartheta) + \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h(\vartheta)} \quad (3)$$

O máximo desta relação encontra-se em  $\vartheta = 4^\circ\text{C}$  (comparar fig. 4).

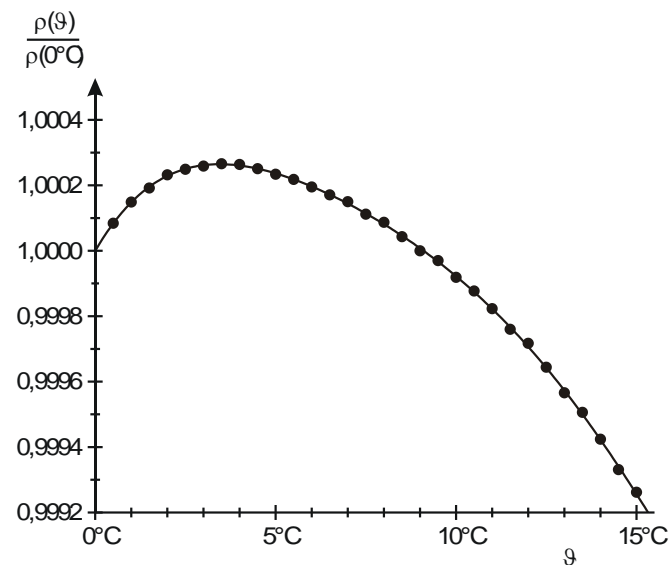


Fig. 4: Densidade relativa da água em função da temperatura  $\vartheta$

### RESULTADO

O volume da água diminui quando a temperatura aumenta de  $0^\circ\text{C}$  a  $4^\circ\text{C}$ . Ele só aumenta com temperaturas maiores.

A água atinge a sua densidade máxima em aproximadamente  $4^\circ\text{C}$ .

