



# Relatório do Experimento: Medição do Calor Específico

Aluno: Gabriel Wendell Celestino Rocha  
Prof. Dr. João Medeiros de Araújo  
Disciplina: Laboratório de Fluidos e Termodinâmica

2 de abril de 2021

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução teórica</b>	<b>1</b>
1.1	Capacidade térmica . . . . .	1
1.2	Calor específico . . . . .	2
1.3	Determinando o calor específico de uma substância . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Parte experimental</b>	<b>4</b>
2.1	Procedimento experimental . . . . .	4
2.2	Possíveis fontes de erros . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Conclusão</b>	<b>5</b>

## **Resumo**

Este relatório visa descrever o experimento sobre a medição do calor específico de um material. Primeiramente começamos introduzindo os conceitos teóricos [1] que serão utilizados ao longo do experimento. Em seguida, são apresentados os procedimentos experimentais, e por fim são feitas algumas discussões.

# Capítulo 1

## Introdução teórica

### 1.1 Capacidade térmica

Consideremos um gás ideal. A primeira lei da termodinâmica estabelece que a variação da energia interna é a diferença entre a variação de calor e o trabalho realizado pelo gás. Além disso, o trabalho realizado pelo gás pode ser escrito em função da pressão e do volume, dessa forma, podemos escrever

$$dU = \delta Q - \delta W \implies \frac{dU}{dT} = \frac{\delta Q}{dT} - \frac{\delta W}{dT} \quad (1.1.1)$$

Define-se capacidade térmica de um corpo como a quantidade de calor que deve ser fornecida para produzir uma variação unitária na temperatura desse corpo, ou seja

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (1.1.2)$$

Aplicando o processo de limite com relação a temperatura temos então, para uma variação infinitesimal da temperatura

$$C = \lim_{\Delta T \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta T} = \frac{dQ}{dT} \quad (1.1.3)$$

Substituindo a relação obtida em (1.1.1) em (1.1.3) obtemos então

$$C = \frac{\delta Q}{\delta T} = \frac{dU + PdV}{dT} \quad (1.1.4)$$

Note que a capacidade térmica possui unidade de  $J/K$ . Através dessa última relação, nota-se que a capacidade térmica depende do processo pelo qual o calor é cedido à substância em questão. Geralmente se analisam dois casos para a capacidade térmica, a capacidade térmica a volume constante  $C_v$  e a pressão constante  $C_p$ . Para este primeiro caso, a variação no volume é nula, dessa forma

$$C_v = \frac{dU}{dT} \quad (1.1.5)$$

Já para o segundo caso, temos que todo o calor fornecido é transformado em energia interna pelo sistema, uma vez que não se tem a realização de trabalho, logo

$$C_p = \frac{dU + PdV}{dT} = \frac{dH}{dT} \quad (1.1.6)$$

onde define-se o potencial  $H = U + PV$ , que por sua vez é uma função de estado, como sendo a entalpia do sistema. Além disso, podemos relacionar as capacidades térmicas a pressão constante e a volume constante através da seguinte relação [2]

$$C_p - C_v = VT \cdot \frac{\alpha^2}{\kappa} \quad (1.1.7)$$

onde  $\alpha$  pe o coeficiente de expansão volumétrica do gás e  $\kappa$  é a compressibilidade isotérmica definida como sendo

$$\kappa = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \quad (1.1.8)$$

Outra fomra de relacionar as capacidade térmicas é através do chamado *coeficiente de Poisson*  $\gamma$  que é definido da seguinte forma

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma \quad (1.1.9)$$

## 1.2 Calor específico

Define-se o calor específico de uma substância como sendo a quantidade de calor que precisa ser fornecida a essa substância para alterar a temperatura de uma unidade unitária de massa em uma unidade unitária de temperatura, ou seja

$$c = \frac{C}{m} = \frac{1}{m} \frac{\delta Q}{dT} = \frac{1}{m} \frac{dU + PdV}{dT} \quad (1.2.1)$$

Note que o calor específico possui unidades de  $J/kg \cdot K$ . Dois casos particulares são de extrema importância. Um deles pe o calor específico a volume constante, onde o termo representando o trabalho é nulo.

$$c_v = \frac{1}{m} \frac{dU}{dT} \quad (1.2.2)$$

O segundo caso é o calor específico a pressão constante. Matematicamente

$$c_p = \frac{1}{m} \frac{dU + PdV}{dT} = \frac{1}{m} \frac{dH}{dT} \quad (1.2.3)$$

## 1.3 Determinando o calor específico de uma substância

A capacidade calorífica de um corpo é determinada com a ajuda de um calorímetro e um termômetro. O experimento que iremos realizar consiste em um recipiente contendo uma certa massa de água  $m_A$  tal que a água se encontra em uma temperatura  $T_A$ , conhecida. Além disso, temos um objeto metálico cujas massa e temperatura são  $m_M$  e  $T_M$ , respectivamente. Em uma primeira aproximação, vamos considerar que o nosso recipiente é aproximadamente adiabático, ou seja, a transferência de calor entre o seu interior e o exterior é desprezível. Nosso objetivo é medir o calor específico  $c_M$  do objeto metálico. Para isso, usamos como suposição base que o calor específico da água, no intervalo de temperatura no qual o ambiente se encontra, é constante e vale  $c_A = 1 \text{ cal} \cdot (\text{g} \cdot ^\circ \text{C})^{-1}$ . Analogamente, assumimos que o calor específico da água é constante no intervalo de temperatura do ambiente, o mesmo supomos para o calor específico de nosso objeto metálico.

Pela primeira lei da termodinâmica, sendo  $T$  a temperatura na qual se atinge o equilíbrio térmico de nosso sistema, temos que a energia interna é conservada, logo sendo as temperaturas distintas entre si, temos que o calor cedido pelo corpo a uma temperatura mais elevada é igual ao calor recebido pelo corpo de temperatura mais amena. Matematicamente, podemos escrever

$$\Delta Q_A + \Delta Q_M = m_A c_A (T - T_A) + M_m c_M (T - T_M) \quad (1.3.1)$$

$$c_M = \frac{m_A c_A (T_A - T)}{m_M (T - T_M)} \quad (1.3.2)$$

# Capítulo 2

## Parte experimental

### 2.1 Procedimento experimental

Para uma primeira aproximação para um recipiente adiabático, usamos um isopor com tampa. Aquece-se nossa massa de água de tal forma que  $T_A > T_M$ . Em seguida, separa-se um copo contendo água na temperatura ambiente. Realiza-se um furo pequeno na superfície do isopor de tal maneira que seja possível inserir o termômetro através desse furo.

Em seguida, mede-se as temperaturas do objeto metálico,  $T_M = 27.5^\circ C$ , e da água aquecida,  $T_A = 47.5^\circ C$ . Em seguida, pesa-se a água aquecida,  $m_A = 0.3$  kg, ao ser colocada dentro do isopor. Defini-se como padrão de tareamento da balança digital o peso do isopor. Mede-se então a massa do objeto metálico (com a balança fora do tareamento),  $m_M = 0.129$  kg.

Aguarda-se até que o nosso sistema entre em equilíbrio termodinâmico e mede-se a temperatura de equilíbrio através de um termômetro digital por meio do furo feito anteriormente. A temperatura de equilíbrio medida foi de  $T = 46.5^\circ C$ . Substituindo os valores obtidos nas medições na fórmula (1.3.2) obtemos

$$c_M = \frac{m_{AC}A(T_A - T)}{m_M(T - T_M)} = \frac{0.3 \text{ kg} \cdot 1 \text{ cal} \cdot (\text{g} \cdot ^\circ \text{C})^{-1} \cdot (47.5 - 46.5)^\circ C}{0.129 \text{ kg} \cdot (46.5 - 27.5)^\circ C} \approx 0.12 \text{ cal} \cdot (\text{g} \cdot ^\circ \text{C})^{-1}$$

### 2.2 Possíveis fontes de erros

Algumas possíveis fontes de erros incluem o fato de que a temperatura ambiente seja estimada em  $27.5^\circ C$ , entretanto, a temperatura ambiente pode variar dependendo do local onde o experimento foi realizado ou da estação do ano. Além disso, apesar de o isopor servir como uma primeira aproximação, ele não é hermeticamente favorável.

Além disso, a maioria dos objetos metálicos são amalgamados (ou seja, são formados pelas junções de outro materiais), isso dificulta uma estimativa precisa acerca da composição do objeto em questão. No caso de ligas, existem certas condições em que as pequenas impurezas podem alterar grandemente o calor específico medido. As ligas podem mostrar uma diferença marcada no seu comportamento, mesmo que a impureza em questão seja um dos elementos que formam a liga, tais como ligas impuras em semicondutores ferromagnéticos que podem conduzir a medições muito diferentes.

## Capítulo 3

### Conclusão

O resultado obtido experimental fornece evidências favoráveis acerca do funcionamento dos princípios teóricos abordados para os intervalos nos quais as medições foram feitas. Utilizamos intervalos de variação de temperatura relativamente curtos, de tal forma que pudermos considerar que os calores específicos dos líquidos e do sólido em questão sejam praticamente constantes. Dessa forma, obtivemos resultados experimentais razoáveis.