



Universidade Estadual de Maringá – Centro de Ciências Exatas

Departamento de Física

Capacidade Térmica de um Calorímetro

Relatório de Física Experimental II

Acadêmicos:

1. Giovanna Nogueira, RA 112479 – Física, turma F
2. Nathalia Castanho Max, RA 112451 – Física, turma F
3. Vitor Hugo Ferrari, RA 112481 – Física, Turma F

Maringá, 31 de Janeiro de 2020

Capacidade Térmica de um Calorímetro

Relatório de Física Experimental II

Introdução

No final do século XVIII, existiam duas hipóteses alternativas sobre a natureza do calor. A hipótese mais aceita considerava o calor como uma substância fluida indestrutível que “preencheria os poros” dos corpos e se escoaria de um corpo mais quente a um mais frio. Lavoisier chamou essa substância hipotética de “calórico”.

A implicação era que o calor pode ser transferido de um corpo a outro, mas a quantidade total de “calórico” se conservaria, ou seja, existiria uma lei de conservação do calor. A hipótese rival, endossada entre outros por Francis Bacon e Robert Hooke, foi assim expressa por Newton em 1704: “O calor consiste num minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos”.

Somos naturalmente levados à grande questão que tem sido objeto de tantas especulações filosóficas: O que é o calor? Existe um fluido ígneo? Existe alguma coisa que possamos chamar de calórico? Assim Rumford foi levado a endossar a teoria de que “... o calor não passa de um movimento vibratório que tem lugar entre as partículas do corpo”.

Como o calor é uma forma de energia, pode ser medido em unidades de energia, como o joule. Entretanto, historicamente, foi adotada uma unidade independente de quantidade de calor, a caloria, cujo uso persiste até hoje.

Resumo

Calorimetria, um dos ramos de estudo da Termodinâmica. O que se estuda é a troca de energia na forma de calor entre dois ou mais corpos ou substâncias. Este experimento envolve os conceitos de calor, conservação de energia, capacidade térmica e calor específico. O objetivo deste experimento foi obter a capacidade térmica de um calorímetro e posteriormente o calor o calor específico de um óleo vegetal, no caso o óleo de soja. O experimento foi realizado em duas etapas. Na primeira foi colocado água dentro do calorímetro e, como o calor específico desse líquido é conhecido, a capacidade térmica do calorímetro foi então encontrada. Na segunda etapa a água foi substituída por óleo de soja e a partir dos dados já conhecidos do sistema, o calor específico do óleo pôde então ser determinado.

A caloria é definida atualmente como a quantidade de calor necessária para elevar de $14,5^{\circ}\text{C}$ a $15,5^{\circ}\text{C}$ a temperatura de 1 g de água.

As experiências básicas para a determinação do equivalente mecânico da caloria foram realizadas por Joule, o tipo de aparelho que empregou em suas experiências mais conhecidas foi reproduzido nesse experimento. Num calorímetro (recipiente de paredes adiabáticas, ou seja, termicamente isolado) cheio de água, é inserido um conjunto de paletas presas a um eixo. Este é colocado em rotação pela queda de um par de pesos, através de um sistema de polias. O atrito das paletas aquece a água, cuja variação de temperatura, determinada por um termômetro, corresponde a um certo número de calorias. O trabalho mecânico equivalente é medido pela altura da queda dos pesos.

Joule repetiu a experiência inúmeras vezes, introduzindo variantes no método: mudou a natureza do fluido aquecido e do material das paletas, bem como do processo de aquecimento. Assim, em lugar das paletas, empregou o efeito Joule, o aquecimento de um fio (resistência) provocado pela passagem de uma corrente elétrica. A energia mecânica equivalente, neste caso, corresponde ao trabalho realizado para alimentar o gerador de corrente. Os valores que obteve concordavam entre si dentro de 5%, e seu melhor valor difere do que é atualmente aceito por menos de 1%, o que representa um resultado notável para sua época. Em 1879, Rowland fez uma determinação extremamente cuidadosa, e estimou o erro do seu resultado em menos de 2 partes por 1000; de fato, concorda com o valor atual dentro de 1 parte de 2000. O valor atualmente aceito é $1 \text{ Cal} = 4,186 \text{ J}$.

Neste experimento foi empregada uma nova utilidade para o experimento de Joule. O equipamento foi reproduzido e utilizado para o estudo do calor específico de um certo óleo vegetal e para o estudo da capacidade térmica do calorímetro.

Fundamentação teórica

Calor

Quando colocamos em contato corpos com temperaturas diferentes, ocorre transferência de energia do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura até que eles entrem em equilíbrio térmico. A esta transferência de energia damos o nome de calor. Portanto, calor é uma das formas de transferência da energia. Este fato foi comprovado experimentalmente em 1843, por James Prescott Joule.

Em meados do século XVIII se tinha observado que corpos de mesmo material, mas com massas diferentes, necessitam de quantidades de energia diferentes para sofrerem uma mesma variação de temperatura. Por exemplo, considere um copo com água a 20°C e uma

panela cheia de água também a 20°C. Será necessário um tempo muito mais longo para aquecer a água da panela até 50°C do que para elevar a temperatura da água do copo, também até 50°C, se utilizarmos a mesma chama de gás, isto é, será necessária uma maior quantidade de energia para provocar a mesma variação de temperatura no corpo de maior massa.

Em um sistema termodinamicamente fechado contendo dois corpos de diferentes temperaturas, o calor cedido (Q_{cedido}) pelo corpo de maior temperatura, pela lei da conservação da energia, podemos dizer:

$$Q_{cedido} = Q_{recebido}$$

Capacidade Térmica

Capacidade térmica ou capacidade calorífica é a grandeza física que determina o calor que é necessário fornecer a um corpo para produzir neste uma determinada variação de temperatura. Ela é medida pela variação da energia interna necessária para aumentar em um grau a temperatura de um material. Ela é dada como a razão entre a quantidade de calor e a variação de temperatura:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

A unidade usada no SI é J/K (Joule por Kelvin).

A capacidade térmica caracteriza o corpo, e não a substância que o constitui. Dois corpos de massas e de substâncias diferentes podem possuir a mesma capacidade térmica. Dois corpos de massas diferentes e de mesma substância possuem capacidades térmicas diferentes.

A grandeza que caracteriza uma substância é o calor específico. A capacidade calorífica está também relacionada com as interações intermoleculares, a estabilidade de uma fase, a condutividade térmica e a capacidade de armazenar energia.

Calor Específico

Calor específico é uma grandeza física que define a variação térmica de determinadas substância ao receber determinada quantidade de calor. Também é chamado de capacidade térmica mássica. É constante para cada substância em cada estado físico. Pode-se dizer que o calor específico caracteriza uma substância (em determinado estado físico).



$$c = \frac{C}{m}$$

A unidade no SI é $J/kg \cdot K$ (joule por quilogramas e por Kelvin). Uma outra unidade mais usual para calor específico é $Cal/g \cdot ^\circ C$ (caloria por grama e por grau Celsius).

É possível calcular o calor específico de uma substância (c) a partir da capacidade térmica de um corpo composto por ela (C) e da massa desse corpo (m). Também é possível determinar o calor específico de uma substância a partir da quantidade de calor cedida a um corpo dessa substância (Q), da massa desse corpo, e da variação térmica.

- **Calor Sensível** - Quando um corpo recebe ou cede determinada quantidade de calor, capaz apenas de gerar variações de temperatura, sem que ocorra mudança no estado de agregação das moléculas, o calor é denominado de sensível.

Por meio da equação à seguir, pode-se determinar a quantidade de calor sensível recebida ou perdida por um corpo.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

- **Calor Latente** - O calor latente é uma forma de calor, no entanto, essa forma de calor é transferida entre os corpos sem que ocorram variações de temperatura, apenas mudanças de estado físico. O calor latente está presente nos processos de fusão, evaporação, condensação, sublimação etc. Todos esses processos têm algo em comum: ocorrem sob temperatura constante (quando não há uma mistura de substâncias).

$$Q = m \cdot L$$

Potência Elétrica

Como no calorímetro a fonte de calor (Q) é fornecido por uma tensão (diferença de potencial), vinda de uma fonte DC, que aquece uma resistência, como um chuveiro elétrico, necessitamos relembrar alguns conceitos da parte de eletricidade.

Potência instantânea em eletricidade é dada pelo produto da diferença de potencial entre dois terminais de um dispositivo pela corrente que nela transita:

$$P = V \cdot i$$

Unidade: W (watts). Temos da mecânica que potência é definida pela razão do trabalho realizado em um determinado intervalo de tempo (Δt):



$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

Unidade: J/s . Necessitaremos também da Lei de Ohm, que relaciona diferença de potencial (tensão), corrente (i) e resistência (R):

$$V = R \cdot i$$

Unidade: V (volts), lembrando que a corrente (i) é dada em Ampère (A) e resistência (R) em Ohm (Ω).

Análise Matemática do Experimento

Em uma amostra de massa m de uma substância pura, de calor específico c , a quantidade de calor ΔQ necessária para elevar sua temperatura de ΔT é:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T = C \cdot \Delta T$$

Onde:

$$C = m \cdot c$$

Em que C é a capacidade térmica da amostra. Se a variação de temperatura ΔT não for muito grande, podemos considerar que o calor específico é independente da temperatura da amostra.

Considere um calorímetro (um recipiente com paredes adiabáticas, como uma garrafa térmica) de capacidade térmica C , contendo uma quantidade de água de massa m e calor específico c . A quantidade de calor ΔQ (fornecida ao sistema) necessária para elevar sua temperatura de ΔT é dada por:

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T + C \cdot \Delta T$$

Visto que as paredes adiabáticas impedem trocas de calor com o ambiente. Na equação anterior, o primeiro termo do lado direito refere-se ao calor cedido à água e o segundo termo refere-se ao calor cedido ao recipiente.

Vamos fornecer calor ao sistema por efeito Joule, utilizando um condutor de resistência R sob uma diferença de potencial V . A potência fornecida P é dada por:

$$P = V^2/R$$

Durante um período de tempo Δt o calor fornecido por efeito Joule é igual a:

$$\Delta Q = P \cdot \Delta t$$

Assim da equação $\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T + C \cdot \Delta T$ temos que a capacidade térmica d calorímetro é dada por:

$$C = \frac{P}{k} - m \cdot c$$

Em que $k = \Delta T / \Delta t$ e $c = 4,187 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ (calor específico da água).

Procedimento e dados experimentais

Materiais Utilizados

- Calorímetro com tampa contendo agitador e resistor com cabo de conexão;
- Fonte DC;
- Fonte para o agitador;
- Cabos de conexão com jacarés;
- Balança;
- Termômetro com borracha de vedação (o-ring);
- Cronômetro;
- Multímetro;

Descrição do Equipamento

O calorímetro é uma garrafa isolada termicamente, possuindo uma camada de vácuo entre as superfícies, sendo o lado interno revestido por uma camada refletora. Na tampa do mesmo, encontra-se acoplado na sua parte superior um motor conectado a uma pá giratória (agitador), cuja função é homogeneizar o calor no líquido, bem como conectores para a resistência, e um furo na tampa para que se possa acoplar um termômetro. Do lado inferior, que ficará dentro da garrafa, encontra-se a pá giratória e uma resistência elétrica em forma de U.

Montagem Experimental

O experimento consiste de um calorímetro com uma tampa e seus componentes e uma fonte para o agitador. Além deste sistema necessitamos de um termômetro digital, inserido em um orifício na tampa e a parte um cronômetro para acompanhar o tempo da variação da temperatura. A substância a ser utilizada para obter a capacidade térmica do

calorímetro é a água, cujo calor específico é conhecido ($c = 1 \text{ Cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$). Este dado é necessário para se obter o calor específico de um óleo vegetal.

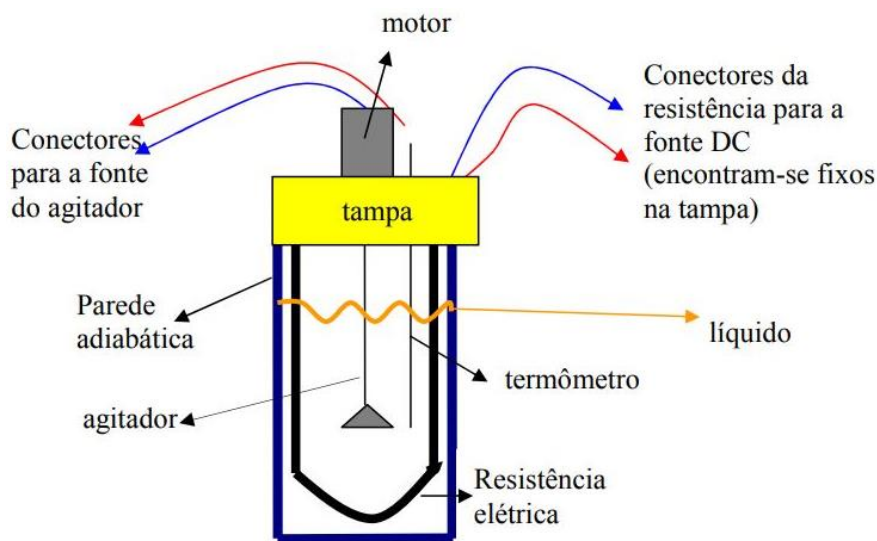


Figura 1 - Desenho esquemático do calorímetro e seus componentes.

Procedimento Experimental

Parte I – Obter a capacidade térmica do calorímetro:

- 1- Verifique se o agitador está funcionando, para isso acople os fios vindos da fonte com o auxílio de “jacarés” nos terminais apropriados no motor do agitador, ligue a fonte e aumente a intensidade do botão seletor. Caso negativo comunique o professor;
- 2- Meça a resistência, a temperatura ambiente, utilizando um multímetro. Para isso coloque os terminais da resistência que saem da tampa do calorímetro no multímetro (este deve estar na escala Ω). Anote o valor com o desvio na Tabela 1;
- 3- Coloque água no calorímetro, faça a aferição da massa da água e anote esse valor, tomando o cuidado para não transbordar ao colocar a tampa com o agitador e a resistência, e que fique o mínimo espaço possível entre a tampa e o líquido.
- 4- Tampe e feche bem o calorímetro;
- 5- Insira o termômetro no orifício existente na tampa, para evitar perda de calor, coloque uma fita adesiva vedando o orifício. O termômetro deve ficar na vertical e bem fixada. Verifique antes de vedar se o mesmo está imersa no líquido. Cuidado para que o termômetro não atinja a haste ou a pá do agitador.



- 6- Faça as devidas conexões dos fios e ligue o motor do agitador, para que o sistema entre em equilíbrio térmico;
- 7- Mantenha o agitador ligado e conecte o fio que sai da tampa do calorímetro (referente aos terminais da resistência) na fonte de tensão. Ligue a fonte (coloque em torno de 20 a 25 Volts, o valor colocado deve ser mantido constante durante toda a coleta de dados), espere que o termômetro acoplado junto à tampa atinja 300C, prestem atenção, pois a partir desta temperatura, marque o tempo com a ajuda de um cronômetro de dois em dois graus, sem interrupção.
- 8- Mantenha a tensão constante e anote a variação de corrente, somente para verificar se a resistência se manteve constante durante a execução do experimento.
- 9- Preencha a Tabela 1 da temperatura $T(^{\circ}\text{C})$, do tempo $t(\text{s})$ e da corrente $i(\text{A})$.

Parte II – Obter o calor específico do óleo vegetal:

- 1- Jogue fora a água na pia, seque bem o calorímetro e os componentes da tampa que entraram em contato com a água;
- 2- Afira e anote o valor da massa de óleo respeitando o mesmo procedimento da água (item 3 parte I);
- 3- Repita o processo descrito na parte I (item 4 em diante), ajustando a tensão da fonte em torno da metade do valor adotado para a água (em torno de 10 a 15 volts) para que se tenha um bom controle da temperatura em relação ao tempo. Anote o valor da tensão que deve manter-se constante durante o experimento;
- 4- Mantenha a tensão selecionada constante e anote a variação de corrente na Tabela 1, somente para verificar se a resistência se manteve constante durante a execução do experimento;
- 5- Anote ainda na Tabela 1, o valor do tempo continuamente, para a variação da temperatura de dois em dois graus a partir de 30°C.

- 6- Após encerrar o experimento, zere e desligue todos os equipamentos e leve o calorímetro no balcão da pia e deixe-o lá. NÃO JOGUE O ÓLEO NA PIA. A laboratorista se encarregará de guardar o óleo adequadamente.

Resultados

A tabela abaixo possui as medidas obtidas experimentalmente sobre a capacidade térmica de um calorímetro, que foram obtidos através do aparato experimental, as quais apresentam (T) em graus Celsius – temperatura, (t) em segundos – tempo e (i) em Ampère – corrente elétrica.

-----	Água	Água	Óleo	Óleo
$T(^{\circ}\text{C})$	$t(\text{s})$	$i(\text{A})$	$t(\text{s})$	$i(\text{A})$
30	0	2,15	0	2,15
32	71,4	2,15	0	2,15
34	154,2	2,15	43,25	2,15
36	248,4	2,15	75,6	2,15
38	325,2	2,15	121,8	2,14
40	394,8	2,15	181,8	2,14
42	487,2	2,14	202,8	2,14
44	549,6	2,14	249	2,14
46	628,8	2,14	-----	2,14
48	732,6	2,13	312	2,14
50	810	2,12	376,2	2,14
52	910,2	2,13	434,4	2,14
54	987,6	2,13	487,2	2,14
-----	$m_{\text{água}} = 403 \text{ g}$		$m_{\text{óleo}} = 375 \text{ g}$	

Tabela 1- Medidas Experimentais

Vamos dividir a análise dos dados em duas etapas, na primeira vamos analisar o calorímetro com água e calcular sua capacidade térmica, na segunda análise vamos analisar o calorímetro com óleo e calcular o calor específico do óleo.

Análise do Calorímetro com Água

Para representar os dados acima, obtidos experimentalmente em uma gráfico (plano milímetro) é necessário definir um módulo de escala para que todos os valores caibam dentro do gráfico, para isso iremos utilizar a equação abaixo:

$$\text{Módulo de Escala} = \frac{\text{intervalo disponível no papel milimetrado}}{\text{Maior valor obtido experimentalmente}}$$

Iremos usar os dois maiores dados obtidos entre os dois experimentos para definirmos uma escalar, de modo que caibam os dois gráficos em um único plano:

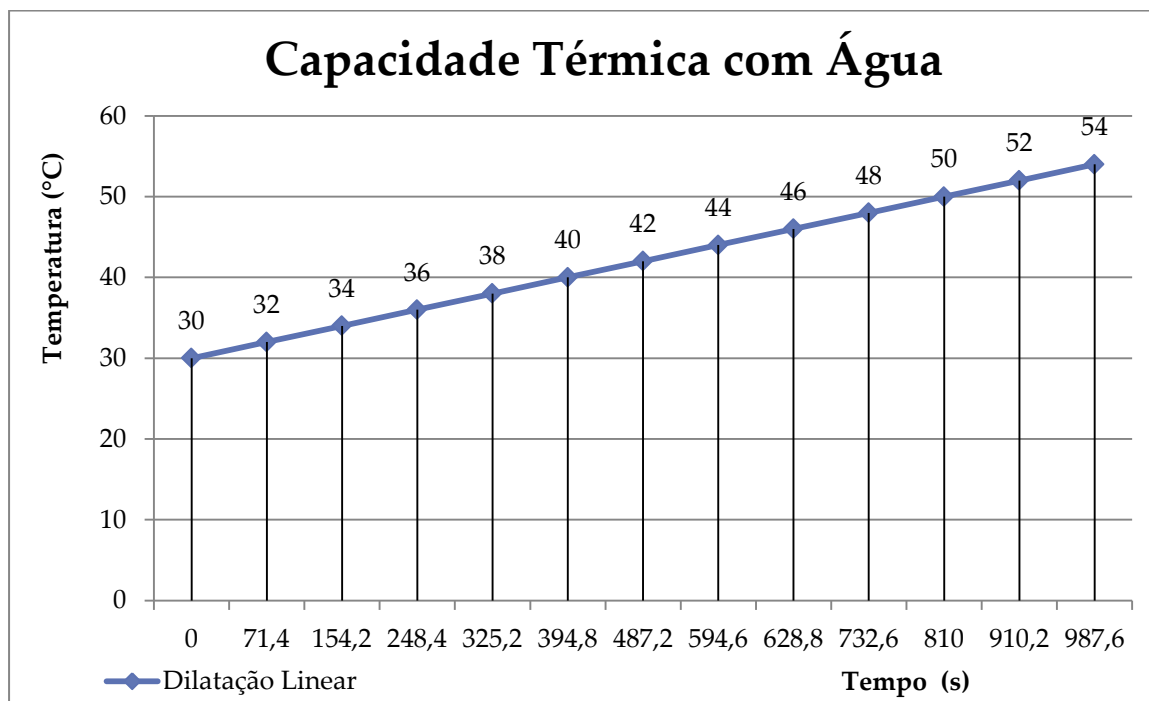
$$\text{Me eixo } x (t) = \frac{200}{995} = 0,20$$

$$\text{Me eixo } y (T) = \frac{150}{60 - 25} = 4,29$$

$[t(s)] \times \text{Me}_x$	$[T(^{\circ}\text{C}) - 25] \times \text{Me}_y$
$0 \times 0,20 = 0$	$(30 - 25) \times 4,29 = 22$
$71,4 \times 0,20 = 14$	$(32 - 25) \times 4,29 = 30$
$154,21 \times 0,20 = 31$	$(34 - 25) \times 4,29 = 39$
$248,4 \times 0,20 = 50$	$(36 - 25) \times 4,29 = 47$
$325,2 \times 0,20 = 65$	$(38 - 25) \times 4,29 = 56$
$394,8 \times 0,20 = 79$	$(40 - 25) \times 4,29 = 64$
$487,2 \times 0,20 = 97$	$(42 - 25) \times 4,29 = 73$
$549,6 \times 0,20 = 110$	$(44 - 25) \times 4,29 = 82$
$628,8 \times 0,20 = 126$	$(46 - 25) \times 4,29 = 90$
$732,6 \times 0,20 = 147$	$(48 - 25) \times 4,29 = 99$
$810 \times 0,20 = 162$	$(50 - 25) \times 4,29 = 107$
$910,2 \times 0,20 = 182$	$(52 - 25) \times 4,29 = 116$
$987,6 \times 0,20 = 198$	$(54 - 25) \times 4,29 = 124$

Tabela 2 - Valores prontos para serem plotados em um plano milimetrado.

No plano a seguir está representada a tabela 1, sendo (T – a temperatura em $^{\circ}\text{C}$) o eixo das ordenadas – eixo y e (t – o tempo em s) o eixo das abscissas – eixo x . Também se encontra em anexo ao final deste documento um gráfico com os dados plotados à mão e a reta de ajuste traçada.



Ao trabalharmos com dados obtidos experimentalmente, devemos levar em consideração diversos tipos de erros que podem aparecer durante o experimento, como, por exemplo, a resistência elétrica interna dos aparelhos interferindo nas medidas, oscilações de corrente e tensão da fonte não mantendo uma constância no decorrer do experimento e entre outros.

Olhando o gráfico acima vemos uma reta, e para analisa-la e extrair os dados fornecidos e compara-los com a teoria iremos usar um método em que conseguiremos determinar o coeficiente linear e angular da reta, esse método recebe o nome de “método dos mínimos quadrados”. Para isso é necessário considerar a equação da reta $T = A + B \cdot t$, onde:

Seu coeficiente linear (A), é dado pela seguinte equação:

$$A = \frac{\sum x \sum t^2 - \sum t \sum tx}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

E seu coeficiente angular (B), é dado pela seguinte equação:

$$B = \frac{n \sum tx - \sum t \sum x}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$



Utilizando os dados da tabela 1, temos que da equação da reta $T = A + B \cdot t$, onde T representa a medida da temperatura em graus Celsius e t o tempo em segundos.

Temos que a tensão da fonte é $V = 20V$, a corrente elétrica média $i_{med} = 2,14A$ e a resistência $R = 9,35\Omega$.

$$B = k, P = R \cdot i_{med}^2 \text{ e } C = \frac{P}{k} - m \cdot c$$

Tendo feito o cálculo dos coeficientes pela regressão linear, obtemos:

$$A = 30,21901905$$

$$B = 0,02430996$$

$$r^2 = 0,998939027$$

$$P = 42,81926$$

$$C = 74,0265136$$

Análise do Calorímetro com Óleo

Para representar os dados acima, obtidos experimentalmente em uma gráfico (plano milímetro) é necessário definir um módulo de escala para que todos os valores caibam dentro do gráfico, para isso iremos utilizar a equação abaixo:

$$\text{Módulo de Escala} = \frac{\text{intervalo disponível no papel milimetrado}}{\text{Maior valor obtido experimentalmente}}$$

Iremos usar os dois maiores dados obtidos entre os dois experimentos para definirmos uma escalar, de modo que caibam os dois gráficos em um único plano:

$$\text{Me eixo } x(t) = \frac{200}{495} = 0,40$$

$$\text{Me eixo } y(T) = \frac{150}{60 - 25} = 4,29$$

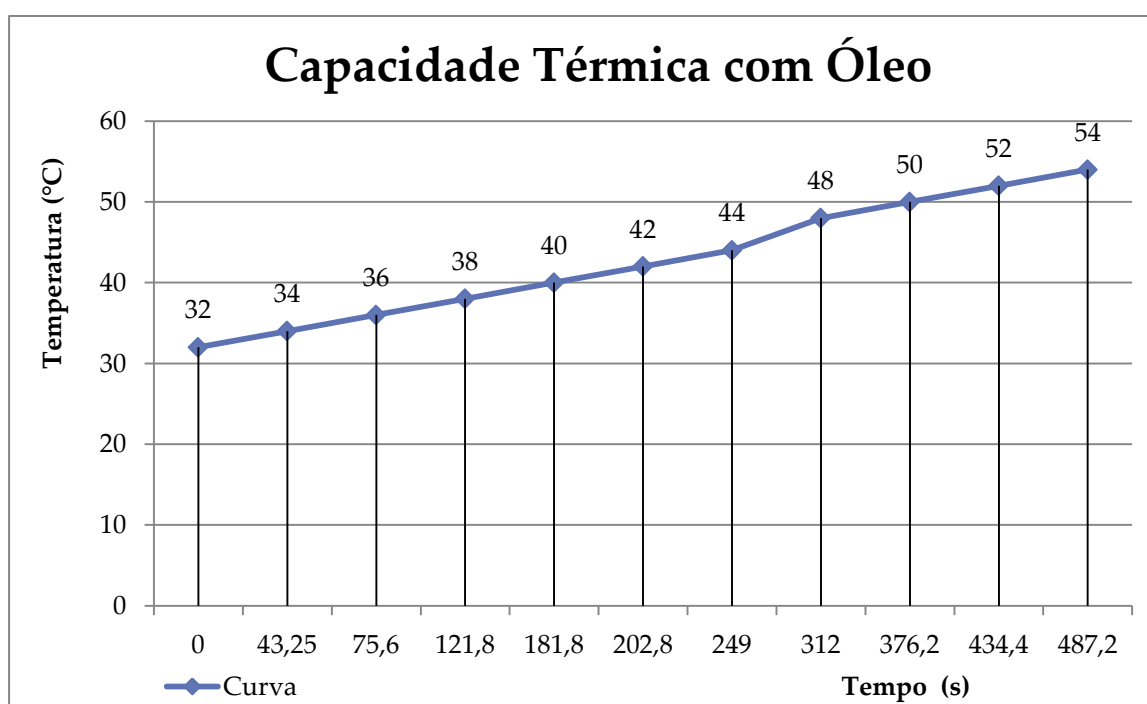
Capacidade Térmica de um Calorímetro

...

$[t(s)] \times Me_x$	$[T(^{\circ}C) - 25] \times Me_y$
$0 \times 0,40 = 0$	$(32 - 25) \times 4,29 = 30$
$43,25 \times 0,40 = 17$	$(34 - 25) \times 4,29 = 39$
$75,6 \times 0,40 = 30$	$(36 - 25) \times 4,29 = 47$
$121,8 \times 0,40 = 49$	$(38 - 25) \times 4,29 = 56$
$181,8 \times 0,40 = 73$	$(40 - 25) \times 4,29 = 64$
$202,8 \times 0,40 = 81$	$(42 - 25) \times 4,29 = 73$
$249 \times 0,40 = 100$	$(44 - 25) \times 4,29 = 82$
$312 \times 0,40 = 125$	$(48 - 25) \times 4,29 = 99$
$376,2 \times 0,40 = 150$	$(50 - 25) \times 4,29 = 107$
$434,4 \times 0,40 = 174$	$(52 - 25) \times 4,29 = 116$
$487,2 \times 0,40 = 195$	$(54 - 25) \times 4,29 = 124$

Tabela 3 - Valores prontos para serem plotados em um plano milimetrado.

No plano a seguir está representada a tabela 1, sendo (T – a temperatura em $^{\circ}C$) o eixo das ordenadas – eixo y e (t – o tempo em s) o eixo das abscissas – eixo x. Também se encontra em anexo ao final deste documento um gráfico com os dados plotados à mão e a reta de ajuste traçada.



Ao trabalharmos com dados obtidos experimentalmente, devemos levar em consideração diversos tipos de erros que podem aparecer durante o experimento, como, por exemplo, a resistência elétrica interna dos aparelhos interferindo nas medidas, oscilações de corrente e tensão da fonte não mantendo uma constância no decorrer do experimento e entre outros.

Olhando o gráfico acima vemos uma reta, e para analisa-la e extrair os dados fornecidos e compara-los com a teoria iremos usar um método em que conseguiremos determinar o coeficiente linear e angular da reta, esse método recebe o nome de “método dos mínimos quadrados”. Para isso é necessário considerar a equação da reta $T = A + B \cdot t$, onde:

Seu coeficiente linear (A), é dado pela seguinte equação:

$$A = \frac{\sum x \sum t^2 - \sum t \sum tx}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

E seu coeficiente angular (B), é dado pela seguinte equação:

$$B = \frac{n \sum tx - \sum t \sum x}{n \sum t^2 - (\sum t)^2}$$

Utilizando os dados da tabela 1, temos que da equação da reta $T = A + B \cdot t$, onde T representa a medida da temperatura em graus Celsius e t o tempo em segundos.

Temos que a tensão da fonte é $V = 20V$, a corrente elétrica média $i_{med} = 2,14A$ e a resistência $R = 9,35\Omega$.

$$B = k \quad e \quad P = R \cdot i_{med}^2 \quad e \quad c_{oleo} = \left(\frac{P}{k} - C \right) \cdot 1/m_{oleo}$$

Tendo feito o cálculo dos coeficientes pela regressão linear, obtemos:

$$A = 32,31005211$$

$$B = 0,04613008$$

$$r^2 = 0,0993939127$$

$$P = 42,81926$$

$$c_{oleo} = 2,2779 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

Conclusão

Numa análise mais rigorosa, percebe-se que alguns fatores não podem ser desprezados na conclusão final da análise dos dados. Alguns desses fatores são: o erro humano na imprecisão da montagem experimental e na obtenção dos dados e até mesmo possíveis anomalias no aparato experimental.

Todavia, os dados obtidos neste experimento não extraviaram as tolerâncias admitidas. O resultado do notável trabalho realizado por todos os grandes cientistas que estudaram, desenvolveram e compuseram a termodinâmica ao longo da história puderam ser observados. O experimento mostrou um resultado muito satisfatório, pois, dentro dos erros admitidos, cumpriu as previsões teóricas esperadas.

Conclui-se que a partir dos procedimentos anteriormente listados em materiais e métodos, obtemos os seguinte valor para $c_{\text{óleo}}$, $c_{\text{óleo}}^*$ e Δc :

$$\Delta c = \left| \frac{c_{\text{óleo}} - c_{\text{óleo}}^*}{c_{\text{óleo}}^*} \right| \times 100 \rightarrow \Delta c = \left| \frac{2,2779 - 1,96}{1,96} \right| \times 100 = 16,22\%$$

Isso nos mostra que o experimento foi muito bem executado, pois o desvio percentual está próximo de 16%, assegurando que o coeficiente de determinação condiz com a realidade. Não foi possível obter resultados perfeitos, pois, toda medida ou grandeza quando analisada experimentalmente contém erros e flutuações.

Referências Bibliográficas

Curso de Física Básica- Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor - H. Moysés Nussenzveig- 3ª Edição Editora Edgard Blücher LTDA – (1996);

MUKAI, H., FERNANDES, P.R.G. Manual de Laboratório de Física II - DFI/UEM, 2008 a 2017.