Instituto de Física

4310256

Laboratório de Física I

Experiência 5

Calorimetria, ajuste da reta e propagação de erros

1º semestre de 2017

7 de março de 2017

5. Calorimetria, ajuste da reta e propagação de erros

Introdução

Consideremos um sistema isolado formado por dois corpos. Não pode haver transferência de calor com o exterior mas pode haver trocas de calor entre os dois corpos que constituem o sistema. A capacidade calorífica C de uma substância é definida por:

$$C = \frac{\delta Q}{dT}$$

em que δQ é a quantidade de calor que o corpo recebe e dT é a variacão de temperatura consequente. Se considerarmos que C não depende da temperatura, obtemos:

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

A capacidade térmica de um corpo é então uma medida da capacidade que um corpo tem de absorver energia sem que aconteça uma grande variação da sua temperatura. Dois corpos com a mesma massa mas feitos de materiais diferentes tem variações diferentes de temperatura quando recebem a mesma quantidade de calor. Por outro lado, para a mesma substância, dois corpos de massa diferente tambem terão capacidades caloríficas diferentes. O que tiver maior massa terá uma menor variação de temperatura para a mesma quantidade de calor absorvida. Podemos então concluir que a capacidade calorífica depende tanto da substância em causa como da massa da mesma. De fato, podemos eliminar a dependência na massa se dividirmos a capacidade calorífica pela massa m do corpo

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

A quantidade obtida é chamada calor específico c e é somente dependente da substância e do estado da mesma (gás, líquido, etc).

Objetivos Específicos:

- Estudar a água aquecida à uma potência constante em função do tempo, em um sistema isolado.
- Tratar estes dados pelo método dos mínimos quadrados, não se esquecendo de fazer a propagação de erros das grandezas envolvidas.

4310256 Laboratório de Física I
RELATÓRIO

A B ___/ ___/ 2017

Nome: ______________________________ **Nº USP:** ☐ ☐☐☐ ☐☐☐

Companheiros:

____

____

____

____

Nota

EXPERIÊNCIA 5 Calorimetria, ajuste da reta e propagação de erros

5.1 Preparação

5.1.1 Material disponível

- Fonte de calor: resistência 23.25Ω
- Material a ser aquecido: água + calorímetro
- Sistema: isolado (garrafa térmica n^0 16 / calorímetro)
- Medida: termômetro digital, cronômetro digital, balança digital.

5.1.2 Procedimento:

Inicialmente, o termômetro e o aquecedor foram acoplados ao calorímetro (como mostra a Figura 4.2.1). Depois, foi pesada uma massa de água que foi colocada dentro do calorímetro.

Com o calorímetro fechado e já contendo água, o aquecedor, posicionado dentro do calorímetro e em contato com a água, foi ligado e a temperatura da água foi verificada uma vez por minuto (a água foi mantida em agitação durante todo o procedimento para garantir que a temperatura fosse homogênea em todo o líquido). Após 22 minutos, o aquecedor foi desligado, a água foi descartada e repetiu-se o processo, desta vez com uma massa diferente de água. Os dados de temperatura e as conclusões obtidas no processo encontram-se nas próximas seções do relatório.

Figura 4.2.1: Montagem experimental. Pode-se ver a fonte de energia para o aquecedor, o calorímetro, o termômetro e o cronômetro nas mãos do operador.

5.1.3 Detalhes de experimento

O experimento foi realizado no laboratório didático do Instituto de Física da Universidade de São Paulo. A sala não possuía sistema climatizado, mas durante todo o experimento a temperatura da sala se manteve em torno de $25{,}4°C$. Para o experimento foram utilizados:

- Calorímetro $n°$ 5 com aproximadamente 1 litro de capacidade,
- Termômetro digital marca Minipa modelo MT-520 $n°$ 34 (incerteza: $\pm 0{,}05°C$), conectado a termopar tipo ferro/constantan,
- Fonte de alimentação marca Dawer tipo FCC-3002D $n°$ 5± 0,1Vcc , 0,01A,
- Balança digital marca BEL modelo SSR-3000 clone II n.7 capacidade 20-3000g (incerteza: ±1g),
- Cronômetro digital Technos modelo yp2151 n.31 precisão 0,001s,
- Resistência de aquecimento tipo bulbo 24W.

5.1.4 Procedimento

- Inicialmente coloque o pote plástico em cima da balança, aperte "zerar"(botão laranja). A seguir introduza cerca de 400 gramas de água, anote a massa de água colocada no calorímetro e sua incerteza (0.1 g).

  Massa ± incerteza = (±), g
  OBSERVAÇÃO: Não se esqueça de zerar (tarar) a balança antes de colocar o pote plástico.

- APÓS COLOCAR A ÁGUA, ligue a fonte em 20 volts. Só aplique tensão após o resistor estar dentro da água. Anote o valor da tensão e da corrente na tabela 5.1.

Tensão	
Corrente elétrica	

Tabela 5.1: Valores de tensão e corrente.

- Durante todo o experimento mantenha a potência constante e calcule a potência em Joules (P=VI). ATENÇÃO 1W = 1 J/s.

  Valor experimental: P=

- Uniformize a água com o agitador e meça-a de dois em dois minutos até completar 40 minutos. Anote na tabela 5.2. Calcule a incerteza da temperatura sabendo que é de 1% + 2D. Para utilizar o cronômetro aperte em "Mode"até chegar em "Chro"e solte. A seguir aperte "Start"para iniciar e "Stop"para parar e leia a medida obtida. O tempo de reação humana é em média 0,1 segundos.

Temperatura $\pm$ incerteza	Tempo $\pm$ incerteza

Tabela 5.2: Temperatura em função do tempo.

- Construa um gráfico da temperatura em função do tempo com as respectivas incertezas, trace a reta média usando um critério visual e calcule a inclinação da reta (a).
  A partir do ajuste visual, podemos obter o coeficiente angular da reta:

  a = ( )

  De maneira análoga, podemos achar a_{min} e a_{max}, para calcularmos a incerteza:

  a_{max} = ( )
  a_{min} = ( )

  Incerteza = $(a_{max} - a_{min})/2$ = ( )

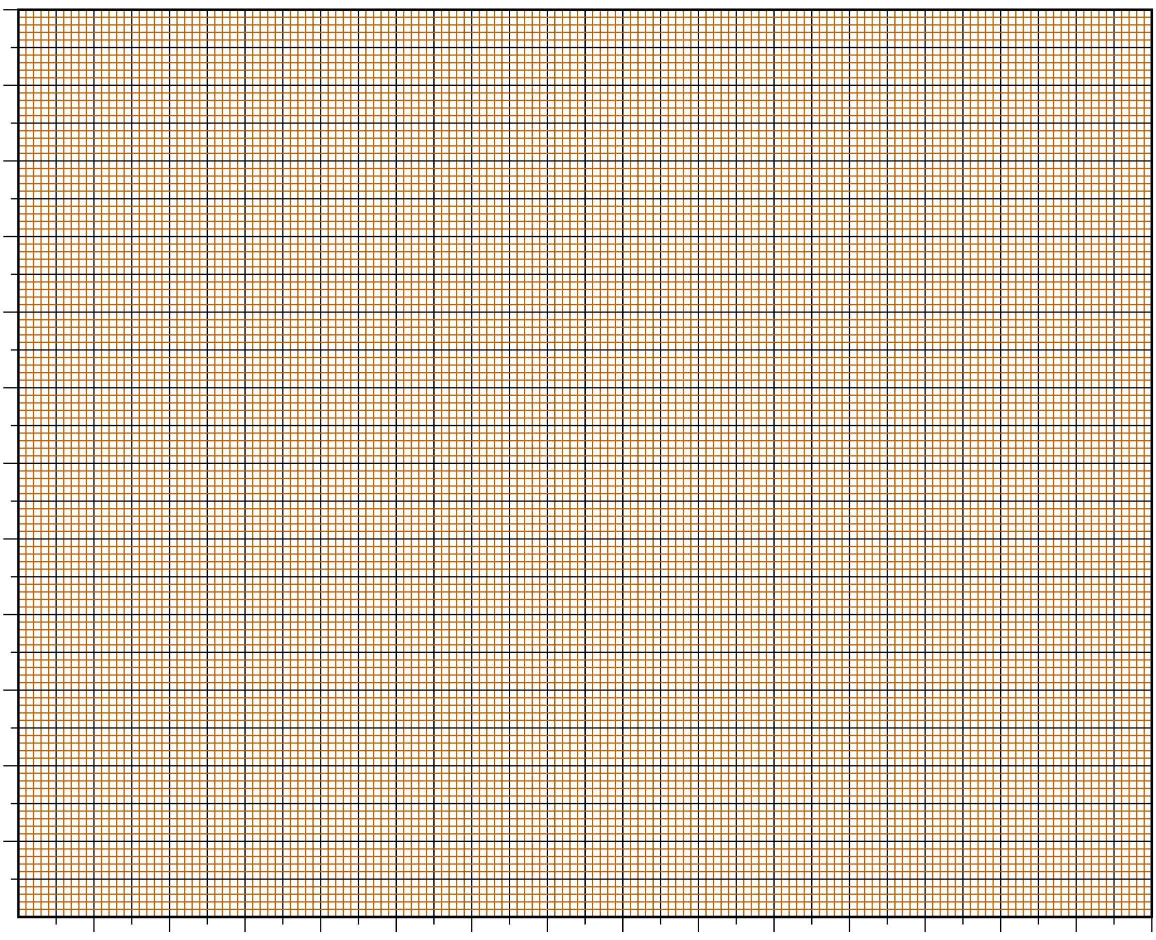
  Portanto, temos que a = ($\pm$) $°C/seg$

  Observando onde a reta corta o eixo y, chegamos em

  b = ($\pm$) $°C$

  A equação da reta ajustada visualmente fica portanto:

  y=



- Para um processo de medidas de duas variáveis e para o ajuste da reta pelo método dos mínimos quadrados, a variável independente deve ser livre de erros. Faremos esta primeira estimativa, pois estamos interessados em transferir a incerteza da variável independente (tempo) para a variável dependente (T). Assim, calcule a incerteza de σ_T com a seguinte equação:
  $(\sigma_T)^2 = (\sigma_{T_0})^2 + a^2(\sigma_t)^2$.
  (σ_T)=

- Calcule o coeficiente angular e sua incerteza pelo método dos mínimos quadrados. Anotar os dados na tabela.
  Temos $x_i = t_i$: tempo e $y_i = T_i$: temperatura.

n	t(s)	T(°C)	σ_T(°C)	$1/\sigma_T^2$	t/σ_T^2	T/σ_T^2	t^2/σ_T^2	Tt/σ_T^2	T_{calc}(°)C	$(\frac{T-T_{calc}}{\sigma_T})^2$
$S = \sum_{i=1}^{n}$										
				S_σ	S_t	S_T	S_{t^2}	S_{tT}		S_{χ^2}

Tabela 5.3: Ajuste por Mínimos Quadrados

Com

$$\Delta = S_\sigma S_{t^2} - S_t^2$$

Δ=

$$a = \frac{S_\sigma S_{tT} - S_t S_T}{\Delta}$$

a=

$$b = \frac{S_{t^2} S_T - S_t S_{tT}}{\Delta}$$

b=

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{S_\sigma}{\Delta}}$$

σ_a=

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{S_{t^2}}{\Delta}}$$

σ_b=

Logo:
a = ($\pm$) $°C/seg$
b = ($\pm$) $°C$
A equação da reta ajustada utilizando os mínimos quadrados fica portanto:
y=

Logo: T_{calc}=y=at+b

$$\chi^2 = S_{\chi^2} = \sum_{i=1}^{n} (\frac{y_i - y_{calc}}{\sigma_T})^2 = \sum_{i=1}^{n} (\frac{T_i - T_{calc}}{\sigma_T})^2$$

- Calcule o χ^2 e o $\chi^2_{reduzido}$. Não esqueça que o $\chi^2_{reduzido} = \frac{\chi^2}{n-2}$, sendo n o número de medidas. Diga se sua incerteza foi superestimada ou subestimada sabendo que, se $\chi^2 < 1$ seus dados foram superestimados e se $\chi^2 > 1$ eles foram subestimados.
χ^2=

$\chi^2_{reduzido}$=

A concentração superior dos resíduos pode indicar alguma imprecisão teórica no modelo formulado, entretanto como o número de amostras é pequeno, não se pode tirar maiores conclusões.
Conclusão:

- Obtenha a capacidade térmica do calorímetro com sua incerteza.
  Temos que:

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

$$\Delta Q = C\Delta T$$

portanto

$$\Delta T = \frac{P}{C}\Delta t$$

$$C = C_{cal} + mc$$

$$C_{cal} = \frac{P\Delta t}{\Delta T 4{,}186} - mc$$

mc = ($\pm$) $\frac{cal}{°C}$

Calcule a capacidade térmica do calorímetro e sua incerteza, fazendo a propagação de erros.

C_{cal}=

Incerteza(Fórmula)=

Incerteza(Conta)=

C_{cal}=($\pm$) $\frac{cal}{°C}$

☐ **Conclusão**