Instituto de Física

4310256
Laboratório de Física I

Experiência 2

Calorimetria, ajuste da reta e propagação de erros

1º semestre de 2021

14 de maio de 2021

5. Calorimetria, ajuste da reta e propagação de erros

Introdução

Consideremos um sistema isolado formado por dois corpos. Nao pode haver transferencia de calor com o exterior mas pode haver trocas de calor entre os dois corpos que constituem o sistema. A capacidade calorifica C de uma substancia e definida por:

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

em que δQ e a quantidade de calor que o corpo recebe e dT e a variacao de temperatura consequente. Se considerarmos que C nao depende da temperatura obtemos:

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

A capacidade termica de um corpo e entao uma medida da capacidade que um corpo tem de absorver energia sem que aconteca uma grande variacao da sua temperatura. Dois corpos com a mesma massa mas feitos de material diferente tem variacoes diferentes de temperatura quando recebem a mesma quantidade de calor. Por outro lado, para a mesma substancia dois corpos de massa diferente tambem terao capacidades calorificas diferentes. O que tiver maior massa tera uma menor variacao de temperatura para a mesma quantidade de calor absorvida. Podemos entao concluir que a capacidade calorifica depende tanto da substancia em causa como da massa da mesma. De facto, podemos eliminar a dependencia na massa se dividirmos a capacidade calorifica pela massa m do corpo

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

A quantidade obtida e chamada calor especifico, c, e e somente dependente da substancia e do estado da mesma (gas, liquido, etc).

Objetivos Espesificos:

- O estudo da água aquecida a 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 ___/___/2021

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 (garra 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 Detalhas de exprímento

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

- Parte 1. Medidas sem perda.
  Valor experimental Potencia : P=

  (W)
  Valor experimental Massa : M=

(g)

- Uniformize a agua com o agitador e meça-a de dois em dois segundos até 2 minutos. Anote na tabela 5.2. Calcule a incerteza da temperatura sabendo que é 5% .

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

Tabela 5.1: 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}=

---

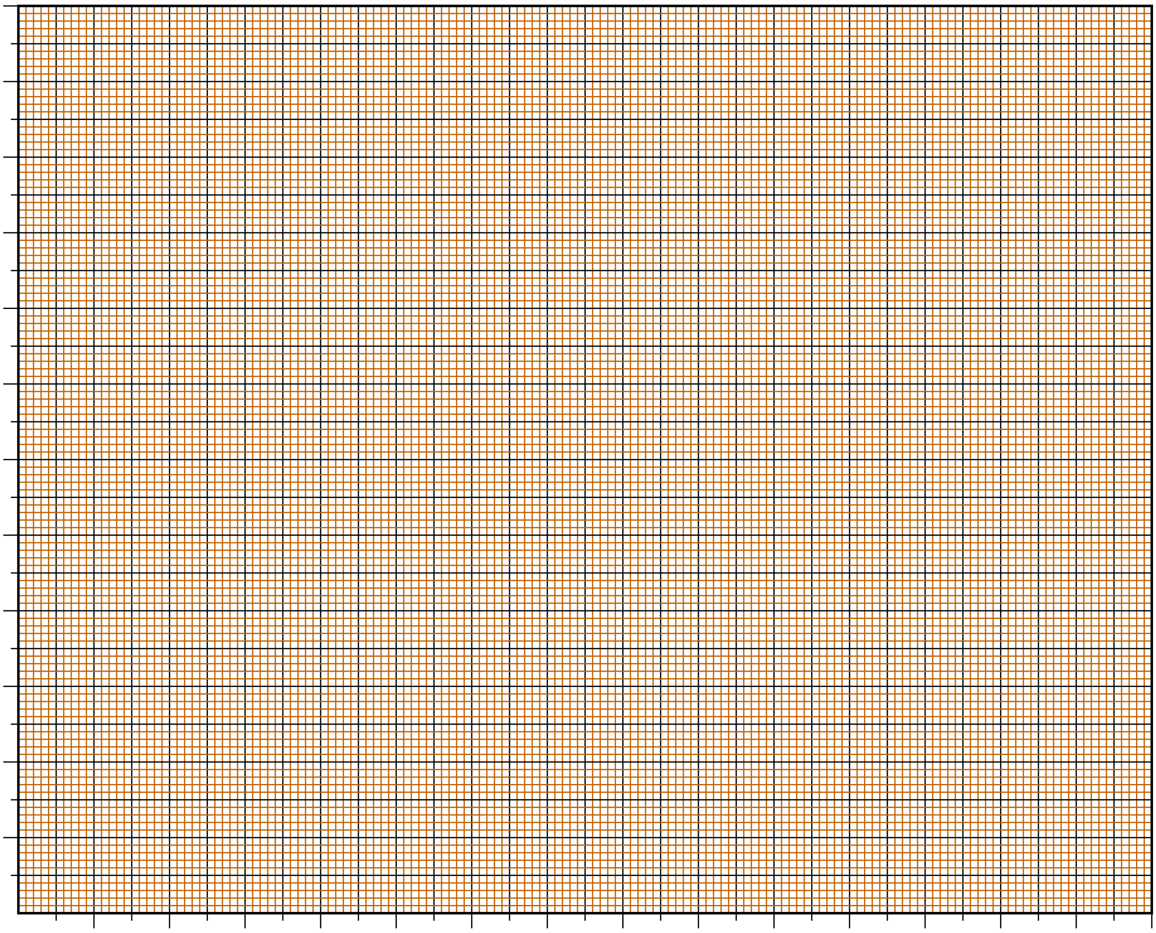
a_{min}=

---

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

---

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=



- 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.
  Onde

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

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=

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

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 5.2: Ajuste por Mínimos Quadrados

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.
Conclusâo

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

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

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

portanto

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

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

mc=($\pm$), $\frac{cal}{{}^\circ C}$
Calcule a capacidade térmica do calorímetro e sua incerteza, fazendo a propagação de erros.
C_{cal}=

Incerteza(formula)=

Incerteza(conta)=

C_{cal}=($\pm$), $\frac{cal}{{}^\circ C}$

5.1.5 Procedimento

- . Parte 2. Medidas com perda.
  Valor experimental Potencia : P=

(W) Valor experimental Perdas : P=

(W)
- Uniformize a água com o agitador e meça-a de dois em dois minutos até 40 minutos. Anote na tabela 5.2. Calcule a incerteza da temperatura sabendo que é 5% .

Temperatura ± incerteza	Tempo ± incerteza

Tabela 5.3: Temperatura em função do tempo.

- a) Supondo que a parte inicial do seu gráfico seja linear, obtenha a função que descreve o seu comportamento. Anote o intervalo de tempo em que essa suposição é adequada.
  Δt=

  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}=

  ---

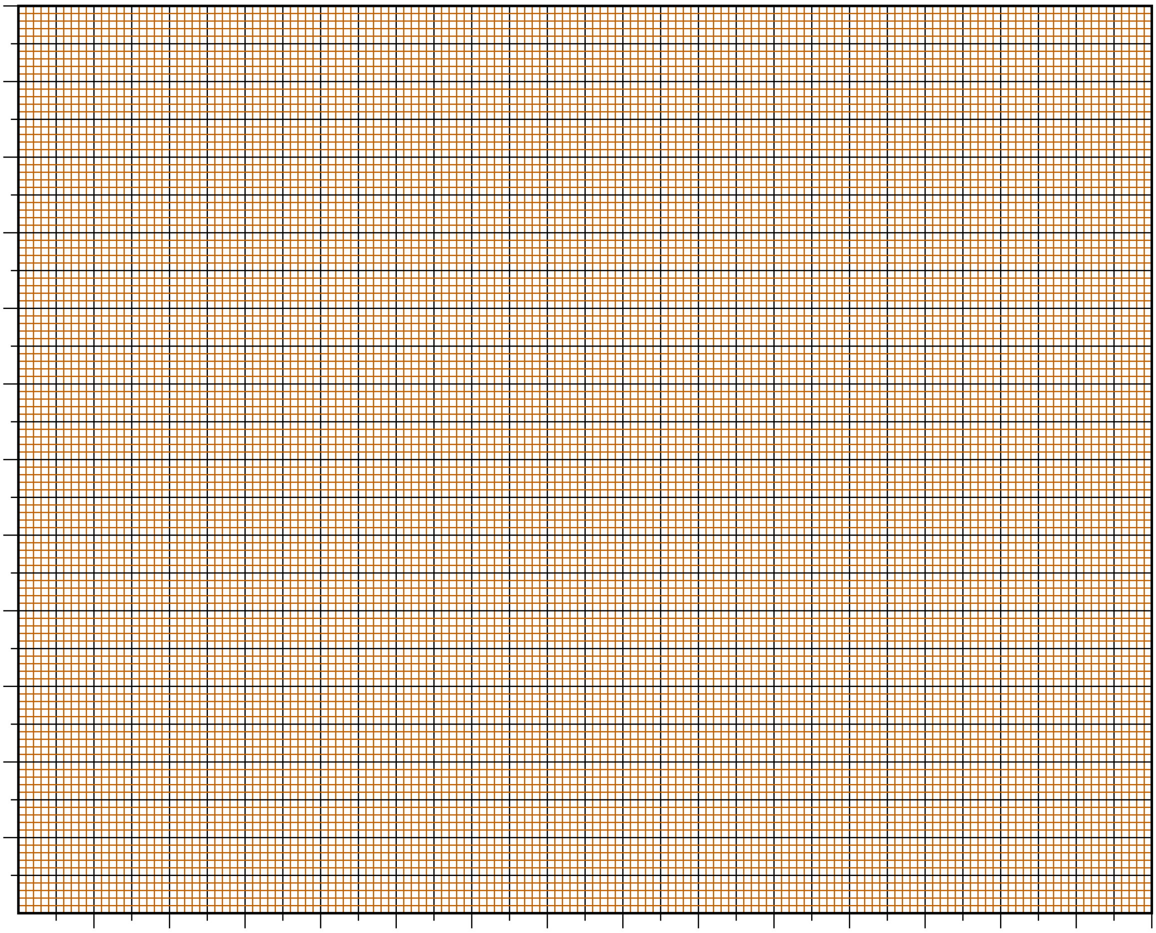
  a_{min}=

  ---

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

  ---

  a=(±), $^{\circ}C/seg$
  Observando onde a reta corta o eixo y, chegamos em
  b=(±), $^{\circ}C$
  A equação da reta ajustada visualmente fica portanto:
  y=



- 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.
  Onde

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

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=

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

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 5.4: Ajuste por Mínimos Quadrados

σ_a=

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

σ_b=

Logo:
a=(±), $°C/seg$
b=(±), $°C$
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.
Conclusâo

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

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

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

portanto

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

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

mc=(±), $\frac{cal}{^{\circ}C}$
Calcule a capacidade térmica do calorímetro e sua incerteza, fazendo a propagação de erros.
C_{cal}=

Incerteza(formula)=

Incerteza(conta)=

C_{cal}=(±), $\frac{cal}{^{\circ}C}$

☐ **Conclusão**