

Resolução do Experimento: Potências Térmicas

Por João Vitor Geiss

Solução e Marking Scheme:

Parte A:

Questão 1: Usando a equação do resfriamento de Newton:

$$\frac{\delta\Theta}{\delta t} = -\kappa(\Theta - T_a) \Rightarrow -\kappa t = \int_{T_o}^{\Theta} \frac{d\Theta}{\Theta - T_a} \Rightarrow \ln\left(\frac{\Theta - T_a}{T_o - T_a}\right) = -\kappa t \Rightarrow \frac{\Theta - T_a}{T_o - T_a} = e^{-\kappa t}$$

Onde T_o é a temperatura inicial da água aquecida

Marking Scheme Questão A1 (0,0 - 0,5 pt):

+0,5 expressão final correta

Questão 2: Realizando as medições necessárias:

$$\begin{cases} m = 80g \\ T_o = 56,5^\circ \\ T_a = 27,6 \end{cases}$$

Marking Scheme Questão A2 (0,0 - 0,5 pt):

+ $\frac{0,5}{3}$ para cada medição correta

Questão 3: Abaixo segue exemplo de tabela do valor da temperatura Θ do líquido, em função do tempo de exposição ao ambiente t

t(s)	$\Theta(^{\circ}\text{C})$
15	55,9
21	55,6
24	55,1
32	54,5
38	53,9
41	53,5
63	52,5
116	50,9
162	49,8
219	48,8
263	47,8
303	46,8
354	45,8
414	44,8
478	43,8

Marking Scheme Questão A3 (0,0 - 2,0 pt):

+0,1 para cada medida coletada (saturação em 1,0)

+1,0 para tempos de exposição superiores à 300 segundos

Questão 4: Para a nossa linearização, tomaremos:

$$\begin{cases} x = t \\ y = -\ln\left(\frac{\Theta - T_a}{T_o - T_a}\right) \end{cases}$$

Usando os dados coletados, obtém-se a seguinte tabela para as variáveis de linearização:

$x(s)$	y
15	0,0205
21	0,0310
24	0,0483
32	0,0696
38	0,0914
41	0,1137
63	0,1442
116	0,2087
162	0,2577
219	0,3042
263	0,3531
303	0,4044
354	0,4584
414	0,5156
478	0,5766

Marking Scheme Questão A4 (0,0 - 2,0 pt):

+1,0 para linearização que permita extrair κ diretamente

+0,1 para cada linha de dados linearizados corretamente (saturação em 1,0)

Questão 5: Abaixo, segue gráfico dos valores obtidos na linearização:

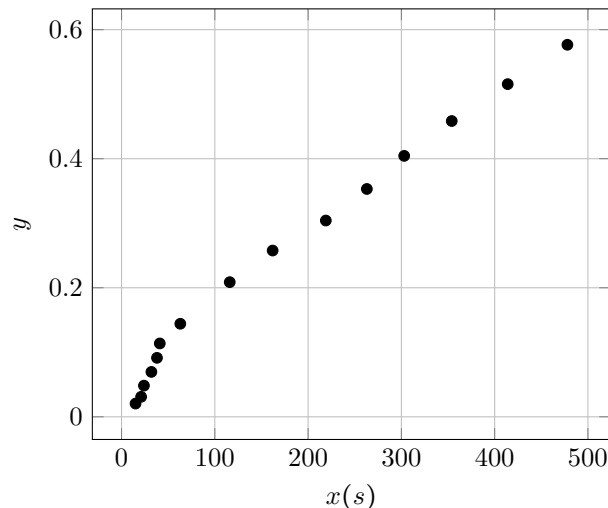


Figura 1: Gráfico de y versus x

Aqui, valhe ressaltar que é extremamente aceitável (e inclusive, ideal) que alguns pontos (especialmente as primeiras medidas), não se adequem perfeitamente à reta de ajuste (na verdade, estes geralmente aparecem formando uma outra reta, com inclinação diferente da principal), isso ocorre pois em temperaturas bem acima da do ambiente, o coeficiente de convecção pode variar, mudando ligeiramente o valor de κ . Todavia, como estamos interessados no valor de κ à temperaturas próximas de 40°C. Iremos calcular o seu valor usando somente os pontos após a ruptura.

Marking Scheme Questão A5 (0,0 - 2,0 pt):

+1,5 para gráfico reto (após a ruptura)

+0,5 por comportamento de ruptura perceptível

-0,25 para cada eixo sem título

-0,25 para gráficos que ocupem menos de 70 por cento da área milimetrada

Questão 6: Usando a metodologia descrita em A5, obtém-se:

$$\kappa = 1,2 \cdot 10^{-3} s^{-1}$$

Marking Scheme Questão A6 (0,0 - 1 pt):

+1,0 para valores de κ da ordem de 10^{-3}

Parte B:

Questão 1: Usando as equações do Resfriamento de Newton e do Efeito Joule:

$$\Phi_{total} = \left[\frac{V^2}{R} - mc\kappa(\Theta - T_a) = mc \frac{d\Theta}{dt} \right]$$

Daí, definindo $\beta = \frac{V}{mc\kappa R}$

$$\therefore -\kappa t = \int_{T_0}^{\Theta} \frac{d\Theta}{\Theta - (T_a + \frac{V^2}{mc\kappa R})} \Rightarrow e^{-\kappa t} = \frac{\Theta - (T_a + \beta)}{T_0 - (T_a + \beta)} \Rightarrow \boxed{\Theta = (T_0 - (T_a + \beta))e^{-\kappa t} + (T_a + \beta)}$$

Marking Scheme Questão B1 (0,0 - 1,0 pt):

+0,5 expressão do fluxo total de energia escrita corretamente

+0,5 expressão final correta

Questão 2: Realizando as medições necessárias:

$$\begin{cases} V = 1,5V \\ S = 3,85 \cdot 10^{-7}m \\ L = 0,01m \end{cases}$$

Marking Scheme Questão B2 (0,0 - 0,5 pt):

+ $\frac{0,5}{3}$ para cada medição correta

Questão 3: Abaixo segue exemplo de tabela do valor da temperatura Θ do líquido, em função do tempo de exposição ao ambiente t

t(s)	$\Theta(^{\circ}C)$
1	44,8
60	43,4
120	42,4
180	41,5
240	40,6
300	39,8
360	39,2
420	38,5
480	38,0
540	37,4
600	36,8

Marking Scheme Questão B3 (0,0 - 2,5 pt):

+0,2 para cada medida coletada (saturação em 2,0)

+0,5 para tempos de exposição superiores à 300 segundos

Questão 4: Para a nossa linearização, tomaremos:

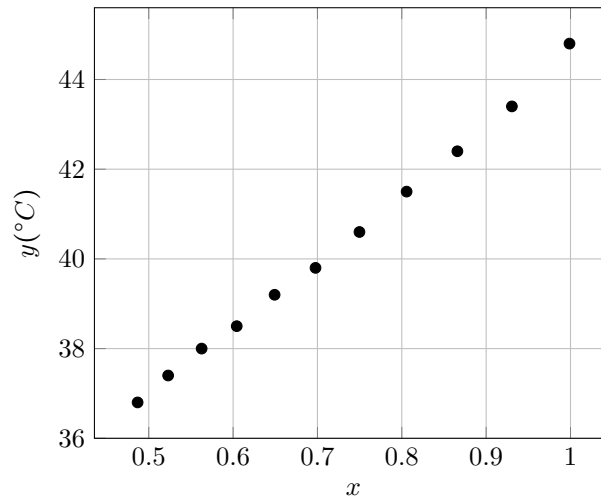
$$\begin{cases} x = e^{-\kappa t} \\ y = \Theta \end{cases}$$

Usando os dados coletados, obtêm-se a seguinte tabela para as variáveis de linearização:

x	$y(^{\circ}C)$
0,9988	44,8
0,9305	43,4
0,8659	42,4
0,8057	41,5
0,7498	40,6
0,6977	39,8
0,6492	39,2
0,6043	38,5
0,5627	38,0
0,523	37,4
0,4868	36,8

Marking Scheme Questão B4 (0,0 - 2,5 pt):+0,5 para linearização que permita extrair β diretamente

+0,2 para cada linha de dados linearizados corretamente (saturação em 2,0)

Questão 5: Abaixo, segue gráfico dos valores obtidos na linearização:Figura 2: Gráfico de y versus x **Marking Scheme Questão B5 (0,0 - 2,5 pt):**

+0,2 para cada ponto da linearização plotado (saturação em 2,0)

+0,5 para gráfico reto

-0,25 para cada eixo sem título

-0,25 para gráficos que ocupem menos de 70 por cento da área milimetrada

Questão 6: Aqui, pode-se estimar β através do cálculo dos coeficientes angular ou linear, todavia, como na coleta de dados demandaria muito tempo para medir pesos onde $\Theta \approx T_a$, a incerteza do coeficiente linear é maior que o do angular (escolhido para a obtenção de β).

$$\therefore \beta = 2,04^\circ C$$

Mas, $\beta = \frac{V}{mckR}$

$$\therefore R = 2,72\Omega$$

Da equação da Segunda Lei de Ohm:

$$\rho = \frac{R \cdot S}{L} \Rightarrow \rho_g = 1,05 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot m$$

Marking Scheme Questão B6 (0,0 - 3 pt):+1,5 para a obtenção de β usando o método mais preciso+0,5 para a obtenção de valores R da ordem de 10^0 +1,0 para a obtenção de valores de ρ_g da ordem de 10^{-4}