

## Teste (covid-19) – 24 de janeiro 2022

**Nota:** Justifique *todas* as suas respostas. Pode usar esquemas ou gráficos para facilitar a explicação. Não são necessárias demonstrações, apenas que indique o ou os aspetos em que baseou a sua conclusão e os passos que deu. A ideia é que fique claro que as respostas não “caíram do céu”.

### Questão 1

	A	B	C	D	
Comprimento	6.569	6.566	6.567	6.5680	m
Largura	5.327	5.327	5.312	5.3139	m
Pé direito	2.640	2.659	2.664	2.6627	m
Volume	92.382	93.004	92.931	92.933	m <sup>3</sup>

- a) O volume de uma sala foi determinado considerando a sala um paralelepípedo tendo os lados sido medidos com um medidor laser, e foram efetuadas quatro medições em locais diferentes. Uma média simples dos quatro volumes finais dá  $V = (92,81 \pm 0,14) \text{ m}^3$ . Considerando apenas os dados da série D e sabendo que o desvio padrão de cada comprimento é 0,6 mm, calcule a incerteza padrão do volume D e explique porque razão dá menor do que o desvio padrão da média dos volumes.
- b) Exprima o valor medido pelo voltímetro e a respetiva incerteza padrão. Exprima a posição do centro da mancha branca (devido a um laser) na escala da régua. Considere o erro de calibração da régua desprezável.



#### Accuracy Specifications

Accuracy is specified for a period of one year after calibration, at 18 °C to 28 °C (64 °F to 82 °F) with relative humidity to 90 %.

AC conversions are ac-coupled, average responding, and calibrated to the RMS value of a sine wave input.

Accuracy specifications are given as:

$$\pm ( [\% \text{ of reading} ] + [\text{number of least significant digits} ] )$$

Function	Range	Accuracy
$\overline{V}$	3.200 V, 32.00 V, 320.0 V 600 V	$\pm (0.3\%+1)$ $\pm (0.4\%+1)$
$m\overline{V}$	320.0 mV	$\pm (0.3\%+1)$
$\tilde{V}$ (45 to 500 Hz, 3.2 V range, Other ranges 45 Hz to 1 kHz)	3.200 V, 32.00 V, 320.0 V, 600 V	$\pm (2\%+2)$ $\pm (2\%+2)$
$\Omega$	320.0 $\Omega$ 3200 $\Omega$ , 32.00 k $\Omega$ , 320.0 k $\Omega$ , 3.200 M $\Omega$ 32.00 M $\Omega$	$\pm (0.5\%+2)$ $\pm (0.5\%+1)$ $\pm (0.5\%+1)$ $\pm (2\%+1)$
$\rightarrow \leftarrow     \rightarrow$	2.0 V	$\pm (1\% \text{ typical})$

Function	Range	Accuracy	Typical Burden Voltage
$\tilde{A}$ (45 Hz to 1 kHz)	32.00 mA, 320.0 mA 10.00 A *	$\pm (2.5\%+2)$ $\pm (2.5\%+2)$	6 mV/mA 50 mV/A
$\overline{A}$	32.00 mA, 320.0 mA 10.00 A *	$\pm (1.5\%+2)$ $\pm (1.5\%+2)$	6 mV/mA 50 mV/A

\* 10 A continuous, 20 A overload for 30 seconds maximum.

### Questão 2

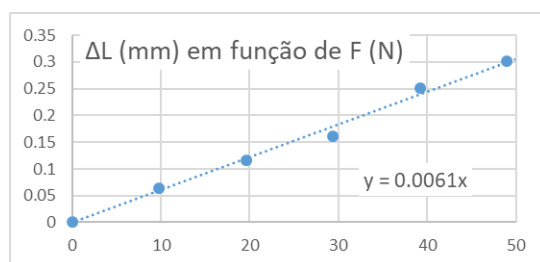
Um professor do ensino secundário pretende desenhar uma experiência para medir  $g$ . Para tal pondera duas opções:

- Deixar cair uma esfera de uma altura  $h$ , e medir o tempo de queda  $t$ :  $h = \frac{1}{2}gt^2$ .
- Colocar um pêndulo a oscilar, medir o comprimento  $L$  e o período  $T$ :  $\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{L}}$

A altura de queda  $h$  e o comprimento do pêndulo  $L$  podem ser medidos com uma precisão relativa de 0,1%. O tempo de queda  $t$  pode ser medido com uma precisão relativa de 0,5%. O período do pêndulo  $T$  pode ser medido com uma precisão relativa de 0,1%.

- a) Qual dos métodos permite medir a aceleração da gravidade com menor incerteza, e quantas vezes é menor?
- b) O professor opta pelo método 1 por envolver uma física mais acessível aos seus alunos, mas pretende obter uma incerteza duas vezes menor do que com o método 2. Para tal fará múltiplas medidas de  $t$  e calculará a média. Quantas medidas de  $t$  são necessárias (desprezando erros sistemáticos)?

### Questão 3



declive	0.00612	0	ord. origem
$S_{\text{declive}}$	0.00014	#N/A	$S_{\text{ord. origem}}$
	0.997271	0.010	$S_{\text{pontos}}$
	1827.172	5	
	0.19764	0.000541	

Pode-se medir o módulo de Young esticando um fio em vez de criarmos uma flexão. A expressão é  $E = \frac{F/A}{\Delta L/L}$ , sendo  $E$  o módulo de Young,  $F$  a força tensora,  $A$  a secção reta do fio,  $L$  o comprimento do fio e  $\Delta L$  a deformação do fio.

Sabendo que  $L = (0,9235 \pm 0,0008)$  m,  $d = (0,98 \pm 0,02)$  mm e  $A = \pi d^2/4$ , determine o módulo de Young e respetiva incerteza.

#### Questão 4

Quando uma bola embate no solo e ressalta, parte da energia cinética da bola perde-se no choque. Relacionado com este comportamento define-se o *coeficiente de restituição*,  $e$ , dado pela expressão:

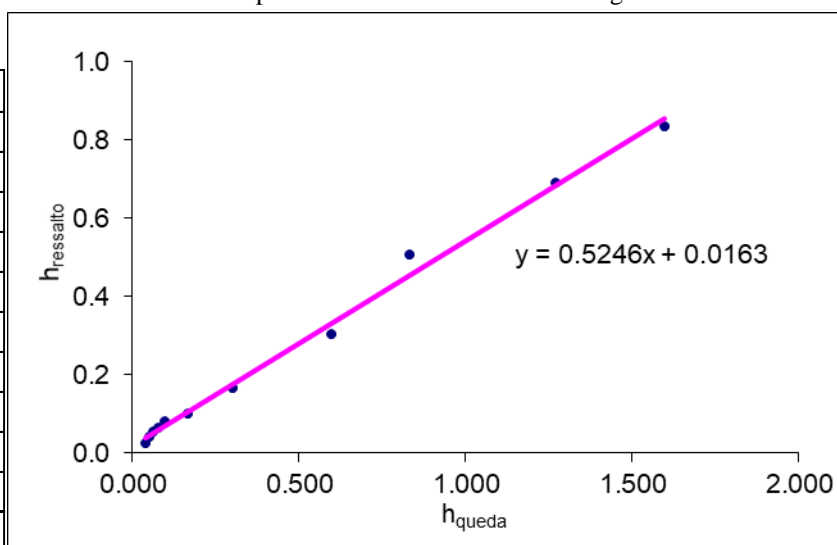
$$v_{\text{afastamento}} = e \cdot v_{\text{aproximação}}$$

Para determinar o coeficiente de restituição de uma bola a ressaltar no chão do laboratório, um grupo de alunos realizou uma experiência que consistia em deixar cair uma bola (movimento vertical) usando um sonar para medir altura ao solo a espaços de tempo regulares. O sonar nem sempre captava a bola, devolvendo nesse caso a altura do chão:



Sempre que o número de pontos válidos era suficiente, fazia-se um ajuste parabólico  $h(t)$  e determinava-se a altura máxima. Para cada dois ressaltos consecutivos válidos as respetivas alturas máximas foram registadas:

Ensaio	$h_{\text{queda}}$	$h_{\text{ressalto}}$
A	1.270	0.690
	0.098	0.080
	0.080	0.062
	0.062	0.052
	0.052	0.040
	0.040	0.025
B	0.598	0.301
	0.301	0.166
	0.166	0.099
C	1.597	0.834
	0.834	0.505



Tendo em conta que, para cada ressalto,  $mgh_{\text{máx}} = \frac{1}{2}mv_{\text{máx}}^2$ , foi feito um ajuste linear para determinar  $e$ .

a) Mostre que  $\frac{h_{\text{ressalto}}}{h_{\text{queda}}} = \frac{v_{\text{afastamento}}^2}{v_{\text{aproximação}}^2}$ .

b) Determine o coeficiente de restituição e respetiva incerteza padrão.

c) Se, nas mesmas condições, a bola fosse deixada cair de uma altura de 1,000 m, a que altura subiria no ressalto? Indique também a incerteza padrão do valor que calcular.

**Nota:** todas as distâncias nesta questão estão expressas em metros.

declive	0.5246	0.016264	ord. origem
$S_{\text{declive}}$	0.0127	0.009	$S_{\text{ord. origem}}$
	0.994753	0.022	$S_{\text{pontos}}$
	1706.206	9	
	0.824752	0.00435	