

## Teste – 15 de dezembro 2021

**Nota:** *Justifique todas as tuas 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

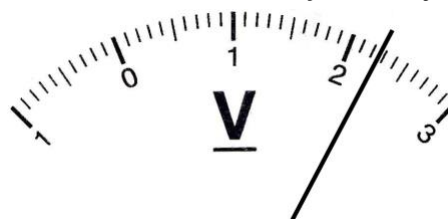
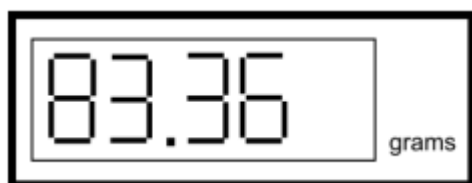
- a) Efetuam-se três medições da velocidade da luz,  $c$ , indicando a respetiva incerteza padrão. Determine o melhor valor para  $c$ , indicando a respetiva incerteza padrão:

$$c_1 = (299798 \pm 5) \text{ km/s}$$

$$c_2 = (299789 \pm 4) \text{ km/s}$$

$$c_3 = (299797 \pm 8) \text{ km/s}$$

- b) Exprima os valores medidos pelos dois instrumentos da figura indicando a incerteza padrão. Considere apenas a incerteza de leitura, desprezando outras fontes de incerteza como a incerteza de calibração ou de ajuste de zero.



### Questão 2

Suponha que dispõe de 10 cilindros idênticos (considere que eles foram maquinados com uma precisão superior à dos instrumentos de medição de que dispõe e que as variações entre eles são desprezáveis) e que pretende medir o seu comprimento.

Para tal pondera duas opções:

1. Medir os comprimentos de cada cilindro e fazer a média dos dez comprimentos
2. Colocar os dez cilindros em série e fazer uma única medição do comprimento total e dividir por dez.

Qual destas duas opções permite obter o comprimento dos cilindros com maior precisão considerando,

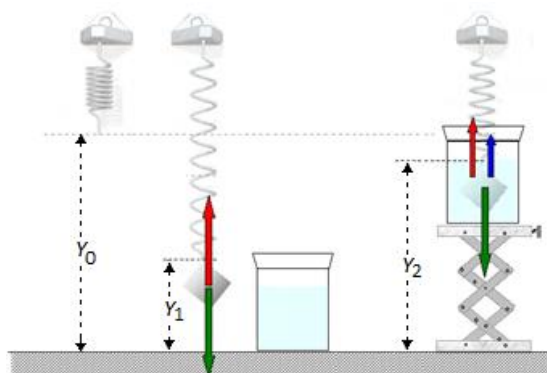
- a) Que a incerteza padrão é a mesma para cada medida (de um cilindro ou dos dez cilindros)
- b) Que a incerteza relativa é a mesma para cada medida (de um cilindro ou dos dez cilindros)

### Questão 3

Em alternativa à experiência que realizaram no laboratório para medir a densidade de um objeto, foi realizada uma outra experiência onde se mediu o  $Y_1$  e o  $Y_2$ , mas não o  $Y_0$ . Em alternativa, determinou-se a constante da mola medindo o período de oscilação da massa suspensa que é dado por:

$$\frac{2\pi}{T} = \omega = \sqrt{\frac{k}{m_s + \frac{m_{\text{mola}}}{3}}}$$

$$(Nota: F_{\text{impulsão}} = \rho_{\text{água}} V_s g = \frac{\rho_{\text{água}}}{\rho_s} m_s g)$$



Grandeza	Valor	Incerteza padrão	FDP
Massa suspensa ( $m_s$ )	17,12 g	0,05 g	Gaussiana
Massa da mola ( $m_{\text{mola}}$ )	27,38 g	0,05 g	Gaussiana
Período ( $T$ )	2,95 s	0,07 s	Gaussiana
Altura ar ( $Y_1$ )	0,347 m	0,001 m	Gaussiana
Altura água ( $Y_2$ )	0,526 m	0,002 m	Gaussiana
Densidade água ( $\rho_{\text{água}}$ )	1000 kg/m <sup>3</sup>	desprezável	
Aceleração da gravidade ( $g$ )	9,80 m/s <sup>2</sup>	desprezável	

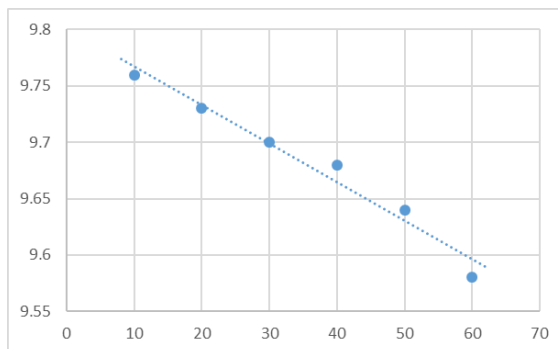
- a) Determine o valor da constante da mola e respetiva incerteza padrão.
- b) Determine o valor da densidade da massa suspensa.

**Questão 4**

Mediu-se a aceleração da gravidade a diferentes altitudes acima da superfície terrestre e obtiveram-se os resultados apresentados na tabela.

Os dados foram ajustados por uma reta (na verdade a relação entre a aceleração da gravidade e a altitude não é linear, mas será aproximadamente linear se a altitude for pequena comparada com o raio da Terra).

h (km)	g (m/s <sup>2</sup> )
10	9.76
20	9.73
30	9.7
40	9.68
50	9.64
60	9.58



declive	-0.0034	9.801	ord. origem
$s_{\text{declive}}$	0.0003	0.012	$s_{\text{ord. origem}}$
	0.96872	0.013	$s_{\text{pontos}}$
	123.857	4	
	0.02023	0.0007	

A partir destes dados estime o valor da aceleração da gravidade em Braga (altitude aproximada de 200 m) e respetiva incerteza.