

Introdução à Física Experimental

2021/22

(Lic. Física, Lic. Eng. Física)

Exercícios sobre medidas e incertezas¹

1. Um indivíduo relatou para a medida da altura de uma porta o valor de 210 cm, afirmando que a altura estava seguramente entre 205 cm e 215 cm. Reescreva este resultado usando a notação recomendada $x \pm \delta x$ para um nível de confiança de 100% e usando o desvio padrão. (Sol.: (210 ± 5) cm e (210 ± 3) cm)

2. Um estudante mediu a posição, a velocidade e a aceleração de um corpo que se desloca numa calha de ar e apresentou os resultados na tabela seguinte. Reescreva os resultados na notação recomendada $x \pm \delta x$. Qual a probabilidade dos intervalos que apresenta conterem o valor verdadeiro?

Variável	Melhor estimativa	Intervalo mais provável
Posição, x	53.3 cm	(53.1 a 53.5) cm
Velocidade, v	-13.5 cm/s	(-14.0 a -13.0) cm/s
Aceleração, a	93 cm/s ²	(90 a 96) cm/s ²

(Sol.: $x = (53.3 \pm 0.2)$ cm; $v = (-13.5 \pm 0.5)$ cm/s; $a = (93 \pm 3)$ cm/s²; não sabemos, “Intervalo mais provável” é uma informação vaga)

3. Reescreva os resultados seguintes de forma mais clara e utilizando o número adequado de algarismos significativos (exprima a incerteza com um só algarismo significativo):

a) altura = (5.03 ± 0.04329) m

b) carga elétrica = $(-3.21 \times 10^{-19} \pm 2.67 \times 10^{-20})$ C

c) comprimento de onda = $(0.000\,000\,563 \pm 0.000\,000\,07)$ m

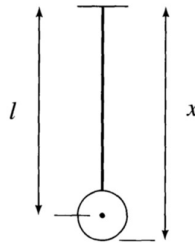
d) momento linear = $(3.267 \times 10^3 \pm 42)$ g·cm/s

(Sol.: a) (5.03 ± 0.04) m; b) $(-3.2 \pm 0.3) \times 10^{-19}$ C; c) $(5.6 \pm 0.7) \times 10^{-7}$ m; d) $(3.27 \pm 0.04) \times 10^3$ g·cm/s)

4. Dois estudantes mediram o comprimento da mesma vareta tendo reportado os valores de (135 ± 3) mm e (137 ± 3) mm (incerteza padrão). Qual é a discrepância (ou desvio) entre os dois valores? É significativa? (Sol.: 2 mm; não)

5. Numa experiência com o pêndulo simples usa-se uma esfera de aço suspensa por um fio muito leve (ver esquema na figura abaixo).

¹ Esta lista de problemas é adaptada da listagem utilizada no ano letivo 2020/21.



O comprimento efetivo do pêndulo, l , é a distância entre a parte superior do fio e o centro da esfera. Para medir l um estudante começa por medir a distância, x , desde a parte superior do fio até à parte inferior da esfera, depois mede o raio, r , da esfera e, finalmente, faz a subtração $l = x - r$. As medidas de x e r são:

$$x = (95.8 \pm 0.1) \text{ cm}, \quad r = (2.30 \pm 0.02) \text{ cm}$$

Qual deve ser o valor da medida de l apresentado pelo estudante (considere que são dadas as incertezas padrão)? (Sol.: $(93.5 \pm 0.1) \text{ cm}$)

Faça uma simulação de Monte Carlo criando duas séries de, pelo menos, 10000 pontos, com distribuições de probabilidade retangulares de acordo com as variáveis x e r . Calcule a diferença.

Faça um tratamento estatístico incluindo

- Representação dos histogramas de x , r e $x - r$.
- Determinação dos valores máximos e mínimos de x , r e $x - r$.
- Determinação das incertezas padrão de x , r e $x - r$.
- Verificar que em i as incertezas se somam algebricamente e em ii se somam em quadratura.
- Verificar que, em ii, a incerteza em r tem muito pouco impacto na incerteza final.

6. Numa experiência para verificar a conservação do momento angular num sistema em rotação, obtiveram-se os resultados para o momento angular inicial (L) e final (L') em várias situações e que são mostrados na tabela abaixo.

$L \text{ (kg m}^2\text{/s)}$	$L' \text{ (kg m}^2\text{/s)}$
3.0 ± 0.3	2.7 ± 0.6
7.4 ± 0.5	8 ± 1
14 ± 1	16 ± 1
25 ± 2	24 ± 2
32 ± 2	31 ± 2
37 ± 2	40 ± 2

Adicione uma nova coluna à tabela para apresentar a diferença $L-L'$ e a correspondente incerteza.

Estes resultados são consistentes com a conservação do momento angular?

(Sol.: coluna de $L-L'$: 0.3 ± 0.7 , -0.6 ± 1.1 , -2.0 ± 1.4 , 1 ± 3 , 1 ± 3 , -3 ± 3 ; $L-L'$ é sempre menor que a incerteza, exceto no caso -2.0 ± 1.4 em que é ligeiramente maior; assim, podemos afirmar que globalmente os valores observados para $L-L'$ são consistentes com o valor esperado de zero. Nota: supondo que as densidades de probabilidade são gaussianas e que nos é dada a incerteza padrão, seria de esperar que cerca de dois terços dos valores caíssem fora do intervalo)

7. Dispõe-se de uma fita métrica e de um paquímetro para medir distâncias e pretende-se medir uma distância da ordem de 2 cm com uma precisão de, pelo menos, 1%. A incerteza padrão típica resultante do uso da fita métrica, incluindo a incerteza da calibração, a incerteza do ajuste do zero, a incerteza da leitura e a incerteza da grandeza a medir é 0.5 mm. No caso do uso da craveira, a incerteza padrão típica é de 0.05 mm. É indiferente usar qualquer um dos instrumentos? (Sol.: para a fita métrica $\delta l/l = 2.5\%$; para o paquímetro $\delta l/l = 0.25\%$; apenas o paquímetro tem precisão suficiente.)