UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

Faculdade de Ciências

Departamento de Física

LABORATÓRIO DE ESPECTROSCOPIA

Aula Laboratorial 00: Introdução ao laboratório de medição

---

1 Introdução

A detecção de radiação é um processo estatístico (para que uma particula ou radiação seja detectada depende da probablidade de esta interagir com o meio sensível de uma infinidade), o que torna necessário estimar os possíveis erros nas contagens do número de partículas detectadas devido às flutuações (variações do valor lido durante n repetições da mesta medição). Como as medições são, em geral, feitas usando-se instrumentos com precisões limitadas, todas as medidas realizadas acarretam incertezas e, por via disso, representam uma aproximação do valor verdadeiro. Assim, é importante que qualquer valor de medição seja acompanhado por um outro referente à sua respectiva incerteza.

2 Objectivos

- Familiarizar-se com o tratamento estatitístico de dados laboratoriais;
- Apresentar os resultados obtidos com algarismos significativos.

3 Avaliação Estatística de uma medição

Todas as medições são susceptíveis à imperfeições que resultam em erros[1] na medida da grandeza de interesse. Esses erros tem duas razões fundamentais em que, a primeira está associada às imperfeições dos equipamentos e/ou aparelhos utilizados e a segunda, está relaccionada às limitações impostas pelos nossos orgãos de sentido (visão, audição, e mais outros) para o registo da informação.

Os erros podem ser classificados baseando-se nas suas causas (exemplo: metodoloógicos, instrumentais e pessoais) ou nas suas propriedades (por exemplo: sistemáticos e aleatórios)

Nesta abordagem, vamos considerar a segunda classeficação. Um erro é considerado sistemático se ele permanece constante ou varia de forma regular durante a execução de N medições. Este tipo de erro é causado pela falha dos instrumentos de medição, falta de calibração e uso de método errado. Assim, a minimização deste tipo de erro basea-se na introdução de correções; dependendo do nível do conhecimento do experimentador.

Relativamente aos erros aleatórios também designados de acidentais, estes dizem respeito à variação da medida de uma grandeza sempre que se repete a medição nas mesmas condições. Os erros aleatórios são minimizados melhorando-se o método experimental usado e aumentando o número de medições (quanto maior for o número de medições tomadas maior é a confiabilidade).

Os erros aleatórios são avaliados recorrendo-se ao tratamento matemático e para tal, é necessário determinar algumas grandezas estatísticas como: média aritmética dos valores medidos, o desvio padrão, desvio padrão da média e erro relativo.

3.1 Média aritmética dos valores medidos

Os erros aleatórios tendem a desviar de uma forma arbitrária as medidas de uma grandeza. Assim, quando várias medições são realizadas, aproximadamente metade das medidas estarão acima e outra estará abaixo da medida correcta, pelo que, a boa estimativa da medida correcta é o valor médio cuja a forma é dada pela Equação 1.

[1] Erro é definido como sendo a diferença entre o valor observado ou calculado e o valor real [Bevington, P.R. and Robinson, D.K., 2003]

$$\overline{x} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i \tag{1}$$

onde, x_i é a i-ésima medida e N é o número total de medições.

3.2 Desvio padrão dos valores medidos

As medidas de uma grandeza podem estar muito afastadas (mais dispersas) ou mais concentrados (menos dispersos) em torno da média. No primeiro caso, diz-se que a medida é pouco precisa e no segundo é mais precisa. A grandeza que permite saber quão dispera estão as medidas da média denominada-se desvio padrão e a sua expressão é dada pela Eq.2.

$$\Delta x \equiv \sigma \equiv s = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})^2} \tag{2}$$

O uso de σ ou s depende do sistema de amostragem.

3.3 Desvio padrão médio dos valores medidos

À medida que se repete mais uma medição, a compensação dos erros aleatórios vai melhorando e a medida do valor x vai ficando mais precisa. assim, a medida que permite determinar a dispersão das médias de diferentes conjuntos de medidas efectuadas nas mesmas condições denomina-se desvio padrão da média e dada pela equação 3.

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \overline{x})^2} \tag{3}$$

O uso de σ_m ou s_m, também depende do sistema de amostragem.

3.4 Propagação de erros

As grandezas a medir nem sempre permitirão uma medição directa. Assim, uma forma de se conhecer a sua medida será por via indirecta, na qual poderá se usar correlações ou expressões matemáticas que relacionam esta e outras grandezas medidas directamente. Portanto, dado que cada grandeza medida directamente tem sua incertaza, esta terá um impacto na medida final da grandeza de interesse.

Considere, por exempo, que se pretende conhecer a incerteza na medida de uma grandeza f que depende de três outras grandezas (x,y e z) independentes e que são medidas directamente, isto é, $f = f(x, y, z)$. A expressão mais comum usada pelos cientistas experimentais e engenheiros é dada pela Eq.4.

$$\sigma_f = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial z}\right)^2 \sigma_z^2} \tag{4}$$

Onde, σ_f é desvio padrão da função f , σ_x é desvio padrão da grandeza x , σ_y é desvio padrão da gran- deza y e σ_z é desvio padrão da grandeza z.

Outra forma de se obter a incerteza de uma medição indirecta é a regra da diferencial logartímica. Esta consiste em aplicar equivalência de logarítmos naturais em cada membro da equação e depois fazer o cáculo aproximado.

Por exemplo, suponha que se pretende determinar a incerteza na medida do volume de um cilindro de altura 'h' e diâmetro 'd'. A equação para o cálculo do volume permite duas variáveis, que fazendo-se a logaritimização fica;

$$lnV = ln(\frac{\pi}{4}) + 2ln(d) + ln(h) \tag{5}$$

Usando as regras de cáculo aproximado da equação 5 obtém-se;

$$\Delta V = 2 \cdot \overline{V} \left(\frac{\Delta d}{\overline{d}}\right) + \overline{V} \left(\frac{\Delta h}{\overline{h}}\right) \tag{6}$$

Onde; ΔV, Δd e Δh, correspondem às incertezas de volume, diâmetro e altura respectivamente.

3.5 Erro relativo ou percentual

Erro relativo é a percentagem da da incerteza na medição da grandeza medida. A sua expressão é dada pela Eq.7.

$$\varepsilon_r = \frac{\Delta x}{\overline{x}} \tag{7}$$

Onde, ε_r pode ser dado em percentagem, basta multiplicar a equação 7 por 100%.

Uma boa medição possui erro relativo percentual menor ou igual a 5%.

3.6 Algarismos significativos de uma Medida

A precisão de uma série de medidas pode ser avaliada a partir dos seus algarismos significativos em relação à unidade que participa da medição.

Algarismo significativo corresponde ao número de algarismos que compõem o valor de uma grandeza, sendo que:

- O digito diferente de zero à esquerda é o mais significativo;
- Na ausência de casas decimais, o último digito à direita é o menos preciso mesmo que este seja zero (0);
- Todos os digitos compreendidos entre o menos e o mais significativos são considerados signifacativos.

Como exemplo, consideremos a tabela 1.

Tabela 1: Exemplo de determinação de algarismos significativos

Medida	Número de algarismos significativos
12.45	4
4.3	2
0.000573	3
10.0	2
12×10^2	2
0.9×10^2	1
17	2
160	3

Numa série de medições a medida com maior algarismos signficativos é o mais preciso.

3.6.1 Adição e subtração de algarismos significativos de uma Medida

Na operação de adição e subtração , o número de casas decimais signfficativas do resultado é o da medida que tiver menor número de digitos. Por exemplo: $7.16 + 8.3 = 15.5$.

3.6.2 Multiplicação e divisão de algarismos significativos de uma Medida

Na operação de multiplicação, divisão o número total de algarismos significativos do resultado é igual ao número total de algarismos significativos da medida que tiver menor número deles. Por exemplo, $32.34 \times 4.52 = 146.1768$ mas, como a medida com menor número de algarismos significativos tem 3 algarismos significativos, então o resultado da operação é arredondado para 146.