

Algarismos Significativos e Incertezas (1)

A Física é uma ciência que se baseia nos resultados de experimentos (medidas). Portanto é fundamental sabermos extrair corretamente os resultados das observações experimentais e as interpretar. As ferramentas básicas para isso correspondem a um sistema de unidades (SI) e a teoria de erros, que será vista em outra disciplina.

Medidas Simples

Tomemos p. ex. o caso de uma medida de comprimento, feita com uma régua dividida em mm. Certamente, ninguém espera encontrar para essa medida, algo como:

"O raio do círculo é $R = 73,528 \text{ mm}$ "

Com a régua dividida em milímetros, dificilmente podemos determinar com precisão, uma fração de mm. Certamente podemos ter uma ideia aproximada dessa fração. Portanto o resultado esperado para essa medida seria $73,5 \text{ mm}$. Dizemos que o algarismo 7 e 3 são exatos e o 5 é aproximado. Assim, ao se escrever um resultado de medida usando-se uma régua, não há sentido em se incluir algarismos à direita do algarismo incerto!

Portanto, ao se encontrar (num trabalho científico) a afirmação: "...o valor medido para o momento dipolo magnético foi $\mu = 0,53...$)

Normalmente esse valor estará escrito como $\mu = 0,53 \pm 0,02$, onde o 0,02 é chamado incerteza do resultado. Ao usarmos uma régua milimetrada para medir comprimentos, em geral estimamos a incerteza em metade da menor divisão (tá válido para outros instrumentos semelhantes). Portanto, o resultado da medida do raio deveria ser grafado como:

$$R = 73,5 \pm 0,5 \text{ mm} \quad (\text{o resultado concreto está entre } 73 \text{ e } 74 \text{ mm}).$$

Agora, se com base nessa medida perguntarmos - qual o comprimento da circunferência desse círculo?

$$L = 2\pi R = 2 \times 3,1416 \times 73,5 = 461,815 \text{ mm}$$

Novamente temos um problema: quantos algarismos devemos manter no resultado? Qual será a incerteza em L? Sem a teoria de EMM não podemos responder a essas perguntas, mas dá para se intuir que o resultado não deve ser apresentado com tanto dígitos. Não podemos, com uma conta produzir um resultado mais preciso que o da medida usada para obtê-lo. Esse resultado ser convenientemente grafado como

$$L = 462 \pm 3 \text{ mm}.$$

(3)

Note-se que ao escrever o resultado em três algarismos, foi feito um "arredondamento para cima":

- se o 1º dígito descartado $\hat{e} \geq 5 \Rightarrow$ arredonda para cima.
- se o 1º dígito descartado $\hat{e} < 5 \Rightarrow$ não se altera o último dígito retido.

Por enquanto, vamos procurar ~~usar~~ usar apenas o bom senso para se registrar resultados de contas:

$$X = \frac{\underbrace{2,3}_{2 \text{ dígitos}} \times 7,84}{0,4358} = 0,004164$$

$$X = 0,00\underbrace{42}_{2 \text{ dígitos}} = 4,2 \times 10^{-3}$$

Note-se que o importante é o número de algarismos significativos. Os zeros acima não são significativos do ponto de vista de incertezas. Eles podem aumentar ou diminuir, apenas com mudanças de unidade!

No caso de adição/subtração, o procedimento é diferente, mas sempre mantendo a ideia de que não podemos "criar" resultados mais precisos.

$$Y = 783,5 + 0,3172 = 783,8172$$

$$Y = 783,8$$

↖ último dígito contido da 1ª parcela.

entre
folha de
certamente
nem quem que 0,5 m
e sim negao. Para medi
e sim certiss Poderia
mm.
(heute e a de medida
mp usando um cronomet
e h até centissim de s)
ma (polegar) para part
o metro, staremos mto
e 0,1 a 0,2 s, o che
tu.

tema de Unidades

amente, para se realizarem medidas e necessa-
rmente adequados e uma definição de
ou unidade de medida. Para isso, foram
cidos padrões e definições internacionais.
urriel pela "manutenção" das unidades
ros mínimos é o Bureau International
e Medidas, em Paris. ~~Por~~ Esse sistema,
is utilizadas nas ciências e na vida cotidiana,
chamado SI - Sistema Internacional.

ões das unidades estabelecidas originalmente
Acadêmia de Ciências de França em 1791
ema métrico) tiveram sua definição alterada
longo do tempo, em busca de padrões mais
eis e mais fácil de se duplicar. Assim, o
etro, definido originalmente com $1/10^7$ da
distância entre o Polo Norte e o Equador foi materializado em uma barra metálica usada como

Posteriormente, em 1960, o padrão foi substituído por 1650763,73 comprimentos de onda de uma dada radiação luminosa emitida por átomos de ^{86}Kr em um tubo de descarga. A partir de 1983, uma nova definição passou a valer sendo utilizada. Presentemente:

O padrão original de tempo, usado até 1967 (6) se baseava na duração média do dia (medida astronômica, são muito precisos). A partir de 1967, foi adotado o padrão atual, que é bem mais preciso e fácil de reproduzir: 1 segundo corresponde a 9.192.631.770 ciclos de oscilação de uma radiação (microondas) emitida por átomos de Cs.
($\sim 9.196\text{Hz}$)

O grande problema ainda não resolvido, corresponde ao padrão de massa. É muito difícil passar de escala microscópica (massa de $^{12}\text{C} = 12 \text{ u.a.m}$) para a escala macroscópica (massa de N_A átomos de $^{12}\text{C} = 12\text{g}$) pela dificuldade de se ~~medir~~ ^{determinar} e ~~definir~~ com precisão o no. de Avogadro. A unidade (kg) ainda é definida com base na massa de um pedaço de Pt-Ir mantido no Bureau em Paris.

Cada país mantém padrões secundários, terlimis, etc. para calibrar instrumentos de precisão.
~~INMETRO~~ (INMETRO)

- Além das unidades fundamentais de comprimento, massa e tempo, alguns outros constituem o conjunto fundamental de unidades:

- Corrente elétrica (A)
- Temperatura ^{termo} (K)
- Quantidade de substância (mol)
- Intensidade luminosa cd

Todas as outras unidades do SI derivam dessas.