

METODOLOGIA BÁSICA DE TRATAMENTO DE DADOS EXPERIMENTAIS

MEDIÇÃO DE GRANDEZAS FÍSICAS, ALGARISMOS SIGNIFICATIVOS, ARREDONDAMENTOS, GRÁFICOS E RELATÓRIO CIENTÍFICO.

Prof. Francisco Carlos Lavarda
Departamento de Física
Faculdade de Ciências - UNESP/Bauru
Primeiro Semestre de 1997

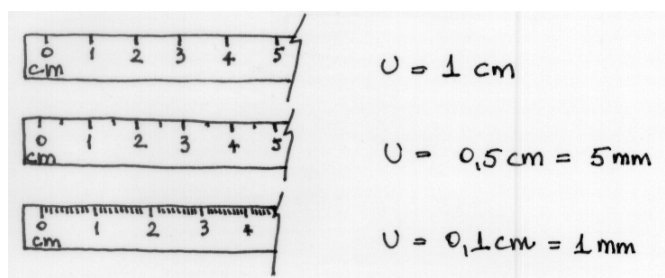
1. Medição de Grandezas Físicas

[D] As grandezas físicas são entes para os quais podemos definir as propriedades de igualdade e adição.

[D] “Medida Direta” é uma comparação puramente mecânica. Ex.: medida de um comprimento com uma régua.

[D] “Medida Indireta” é a grandeza que se quer conhecer e é calculada a partir de outras medidas diretas. Ex.: $d = M/V$, onde M e V são medidas diretamente.

[D] A “menor divisão de uma escala” (u) é obtida por um exame visual do aparelho de medida. Exemplos:



[C] Quando da realização de uma medida “L” somos capazes de determinar um certo número de u’s, mais uma fração de u:

$$L = x.u + \text{fração de } u$$

A avaliação de u depende muito do observador.

[D] “Algarismo Duvidoso” é aquele correspondente à fração de u . Exemplo: numa medida de comprimento a régua possui $u = 1$ cm. Dois observadores registram $L = 9,6$ cm e $L = 9,7$ cm. Nota-se que o último algarismo é duvidoso.

[C] É na fração avaliada que reside a dúvida ou a incerteza da medida.

[D] Os algarismos corretos e o algarismo duvidoso constituem os “algarismos significativos”.

[C] Os algarismos significativos nada tem a ver com a posição da vírgula.

[C] o algarismo zero quando localizado à esquerda da vírgula da decimal não constitui algarismo significativo.

[C] A mudança de unidade não altera a contagem dos algarismos significativos.

[D] Na adição e subtração de medidas, procure entre as parcelas, aquela cujo último algarismo significativo ocupa a casa decimal mais elevada e despreze no resultado final os algarismos à direita desta casa. Exemplo:

$$\begin{array}{r} 438,38 \\ + 21,8 \\ + 0,287 \\ + 3,14159 \\ \hline 463,60859 \end{array}$$

Resultado: 463,6 .

[D] Regra para o arredondamento: “quando o algarismo suprimido for maior ou igual a 5, deve-se elevar de uma unidade o algarismo anterior”.

[C] Quando se quer suprimir mais de um algarismo, a regra acima se modifica um pouco. Por exemplo: no número 463,60859 se quer substituir toda a mantissa de 5 algarismos por um único algarismo. Pode-se raciocinar do seguinte modo: 60859 é menor que 65000. Portanto, arredonda-se 60859 para 60000 (a outra opção seria 70000) de tal modo que

teremos agora $463,60000 = 463,6$. Desse modo evita-se erros de arredondamento em cascata, quando arredonda-se várias vezes o último algarismo, até chegarmos ao número de algarismos desejado.

[D] Na multiplicação e divisão de medidas, o resultado também deverá conter algarismos significativos em número igual àquele existente no fator mais pobre.

[D] A multiplicação e divisão de uma medida por uma constante não introduz mudanças na quantidade de algarismos significativos no resultado.

[C] Medições são passíveis de serem afetadas por “erros de observação”. Temos então que ter métodos que avaliem estas incertezas.

[C] Causas de erro de medida: natureza da grandeza a ser medida, método de medida, habilidade do experimentador e os instrumentos de medida podem apresentar diferentes fidelidades e poder de resolução.

[D] Os erros pode ser de 3 tipos: grosseiro, sistemático e acidental (ou aleatório).

[C] Erros grosseiros: engano na leitura, engano de unidade, erro de cálculo, deficiência técnica (como o manuseio inábil do instrumento).

[C] Erros sistemáticos: erro de calibração do instrumento, deslocamento do zero da escala, conseqüências de variações térmicas, paralaxe.

[C] Erros aleatórios: avaliação do algarismo duvidoso, condições flutuantes (ex.: temperatura ambiente), natureza da grandeza a ser medida.

[D] “Desvio Avaliado” ou “Erro Provável Máximo” na leitura de uma escala é definido como sendo a metade da menor divisão da escala.

[C] Uma medida então deve ser escrita como:

$$L = N.u + \text{fração de } u \pm u/2 .$$

[D] Propagação de desvios: soma e subtração.

Sejam $A = a \pm \Delta a$ e $B = b \pm \Delta b$. Para a soma e subtração destas duas grandezas temos:

$$S = A + B = s \pm \Delta s$$

e

$$P = A - B = p \pm \Delta p,$$

onde definimos:

soma: $s = a + b, \quad \Delta s = \Delta a + \Delta b,$

subtração: $p = a - b, \quad \Delta p = \Delta a + \Delta b.$

[D] Propagação de desvios: multiplicação e divisão.

Sejam $A = a \pm \Delta a$ e $B = b \pm \Delta b$. Para a multiplicação e divisão destas duas grandezas teremos:

$$M = AB = m \pm \Delta m$$

e

$$D = A/B = d \pm \Delta d,$$

onde definimos:

multiplicação: $m = a \cdot b, \quad \Delta m = m \cdot (\Delta a/a + \Delta b/b),$

divisão: $d = a/b, \quad \Delta d = d \cdot (\Delta a/a + \Delta b/b).$

[D] Propagação de desvios: potenciação e radiciação.

Seja $A = a \pm \Delta a$. Para a potenciação e radiciação desta grandeza, teremos:

$$P = A^n = p \pm \Delta p$$

e

$$R = A^{1/n} = r \pm \Delta r$$

onde definimos:

potenciação: $p = a^n, \quad \Delta p = p \cdot n \cdot (\Delta a/a),$

radiciação: $r = a^{1/n}, \quad \Delta r = (r/n) \cdot (\Delta a/a).$

[D] “Valor mais provável” de uma medida é a média aritmética das medidas.

[F] “Desvio médio” de uma série de medidas é igual à média aritmética da soma dos valores absolutos dos desvios que afetam cada medida.

$$DM = \overline{\delta x} = \frac{\sum |x - \bar{x}|}{N} = \frac{\sum |\delta x|}{N},$$

onde $\overline{\delta x}$ = desvio médio; x = valor da i -ésima medida; \bar{x} = valor mais provável = média aritmética das medidas, δx = desvio individual; N = número de medidas.

[C] O resultado de uma série de medidas pode ser escrito como:

$$L = \bar{L} \pm \delta L,$$

onde:

\bar{L} = valor mais provável;

δL = desvio médio.

[C] A propagação dos desvios médios é calculada de modo idêntico ao dos desvios avaliados.

[C] O cálculo da incerteza de uma medida pode possuir vários processos e requer um profundo conhecimento estatístico do fenômeno. No entanto, existe um consenso de que o “desvio padrão” representa razoavelmente bem a incerteza de uma medida.

[D] O “desvio padrão (S)” é calculado como sendo:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

[C] Então, comumente, se escreve o valor de uma grandeza, resultante de uma série de medidas, como:

$$L = (\bar{L} \pm S) \mu,$$

onde:

\bar{L} = valor médio;

S = desvio padrão;

μ = unidade.

[C] A propagação das incertezas, quando se usa o desvio padrão, segue regras diferentes.

[D] Soma e subtração.

Seja $L = A \# B = \bar{L} \pm S_L$ onde # pode ser + ou -, $A = \bar{A} \pm S_A$ e $B = \bar{B} \pm S_B$.

Teremos:

$$\bar{L} = \bar{A} \# \bar{B}$$

e

$$S_L = [S_A^2 + S_B^2]^{1/2}.$$

[D] Multiplicação e divisão.

Seja $L = A \# B = \bar{L} \pm S_L$ onde # pode ser • ou ÷, $A = \bar{A} \pm S_A$ e $B = \bar{B} \pm S_B$.

Teremos:

$$\bar{L} = \bar{A} \# \bar{B}$$

e

$$S_L = \bar{L} \left[\frac{S_A^2}{\bar{A}^2} + \frac{S_B^2}{\bar{B}^2} \right]^{1/2}.$$

[C] Exponenciação e radiciação seguem as regras anteriores.

2. Gráficos

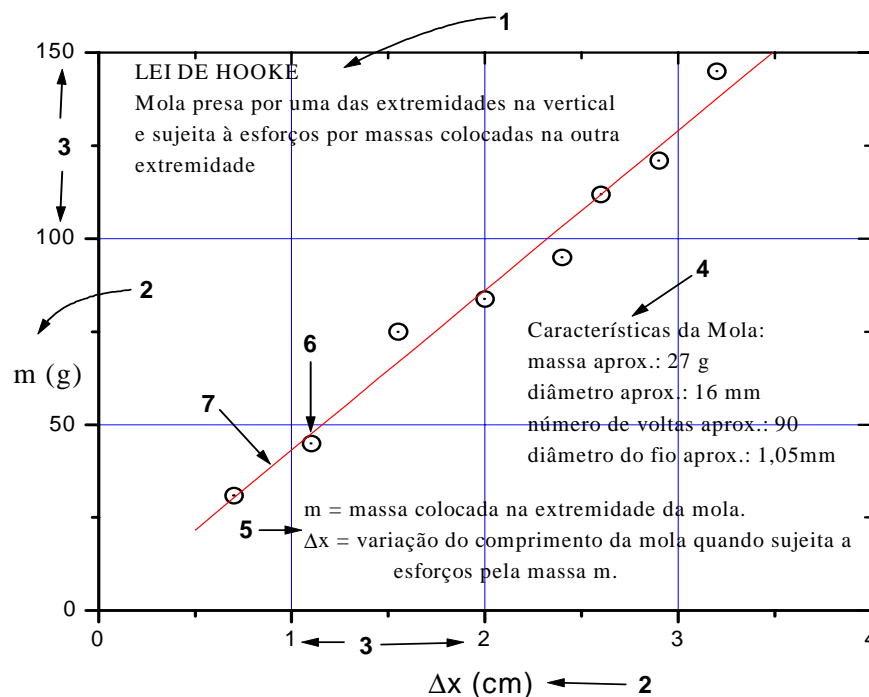
[D] “Gráfico” é um resumo, com o máximo de informações, de uma série de medidas.

[C] Em um gráfico, beleza é fundamental.

[E] Em um gráfico, em geral, temos:

1. O título, com uma breve descrição do que trata o gráfico (nos livros e revistas ele aparece na legenda da figura).
2. Os eixos, que devem ser identificados com a abreviação da grandeza representada, bem como sua unidade e, se for necessário, a potência de 10 pela qual devemos multiplicar os valores deste eixo.
3. As escalas, que devem ser marcadas na folha de gráfico a intervalos iguais e com número de algarismos significativos obtidos no processo de medida. Preferencialmente usa-se múltiplos para construir escalas.
4. Como as medidas foram feitas para uma mola determinada, é interessante colocar também as suas características.
5. É importante saber a convenção das abreviaturas usadas nos eixos dos gráficos.

6. Os pontos experimentais podem ser marcados com um ponto centrado em um símbolo (um círculo, por exemplo).
7. Quando passar uma reta por pontos experimentais, faça-o de tal modo que passe pela maioria dos pontos. Se não for possível, faça com que de cada lado da reta exista praticamente o mesmo número de pontos e o mais próximo possível. No caso de ter um ponto muito fora da reta, repita a medida ou então despreze este ponto ao traçar a reta (mas indique-o no gráfico).



[C] Os itens 1, 4 e 5 podem aparecer também sob a forma de legenda da figura.

[C] A teoria, ou a arte, para se fazer um gráfico é bastante extensa e envolve um conhecimento grande de estatística. Hoje em dia existem programas de computador que são capazes de fornecer estes tratamentos estatísticos. São fáceis de usar, mas é preciso ter conhecimento do que se está fazendo. Nestas notas nos limitamos ao mínimo necessário para o nosso uso nos Laboratórios Didáticos de Física.

3. Relatórios

[C] É importante que num relatório, os itens descritos abaixo constem de uma forma ou de outra.

1. Título e demais dados capazes de identificar o experimento e o(s) autor(es).
2. Introdução. Nesta seção o mais importante é a descrição dos objetivos. Além disso, é de bom alvitre acrescentar toda e qualquer narrativa que possa dar uma idéia clara a respeito do que se está propondo fazer.
3. Descrição da Experiência. Descreva o equipamento e a experiência, de tal maneira que alguém que não a conheça poderia refazê-la. Tente supor uma terceira pessoa que não o professor, o qual, é claro, conhece a sua experiência.
4. Resultados. Apresente os resultados de maneira sucinta, clara e completa. Coloque todos os dados que foram usados, as medidas e aqueles retirados de livros e tabelas, de tal maneira que alguém possa refazer os seus cálculos em caso de dúvida. Evite colocar todas as passagens intermediárias dos cálculos. Sempre que possível, faça tabelas e gráficos para mostrar os seus resultados. Não se esqueça que a clareza com que estes meios transmitem a informação está diretamente associada à sua beleza. Tabela e/ou gráfico tem que ter boa apresentação, bem como tem que ser projetado para ser facilmente interpretado. Se assim não for, não vale a pena usá-los. Evite, também, colocar excesso de algarismos que nada significam em seus resultados. Isto é uma demonstração de ignorância ao invés de precisão. Consulte a bibliografia tanto para a confecção de gráficos e tabelas bem como para a manipulação dos algarismos significativos.
5. Discussão. Se o seu resultado não foi o esperado, não cozinhe. Aproveite a ocasião para discutir as eventuais razões da discrepância. Entretanto antes de iniciar raciocínios profundos, saiba: 90% dos resultados discrepantes são erros nas contas. Se o resultado for bom, procure analisá-lo e discutir pequenos defeitos e falhas do experimento, e eventuais melhorias do experimento caso você tivesse que refazê-lo com uma precisão maior.
6. Conclusão. Procure aqui apresentar um resumo conclusivo do seu trabalho.
7. Bibliografia. Cite, no fim do trabalho, as fontes que você consultou.