

Incerteza e algarismos significativos

Toda a medida experimental fornece informação limitada e nenhum processo de medição é completamente confiável. Por isso não podemos expressar/registrar os resultados da nossa medição de qualquer maneira, mas é necessário deixar indicado (para referência futura) o ponto até o qual se pode confiar no resultado obtido. Com efeito, a questão da confiabilidade do resultado de uma medição está intimamente ligada às avaliações de incerteza do tipo A e do tipo B.

Neste texto apresentamos, por meio de dois exemplos, como determinar o número de algarismos significativos de uma medição a partir da sua incerteza. Nos textos seguintes, aprenderemos como determinar as incertezas da medição.

Exemplo 01: O comprimento de um clipe de papel

Em primeiro lugar, considere que desejamos medir o comprimento de um clipe de papel usando uma régua cuja menor divisão da escala é o milímetro. A Figura 3 ilustra essa situação.

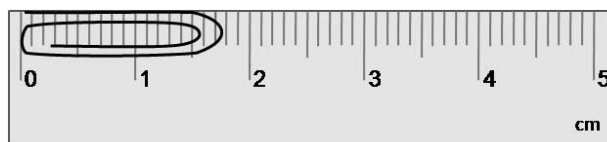


Figura 3. Medindo o comprimento de um clipe de papel com uma régua comum.

A partir da Figura 3, é possível perceber que o comprimento do clipe de papel⁴ está provavelmente entre 1,7 cm e 1,8 cm. Agora, considere que um aluno, olhando para essa imagem, afirme que o clipe possui 1,7694852 cm. Que significado têm todos esses algarismos?

Como é possível perceber, a maioria desses algarismos não têm significado algum. Em outras palavras, podemos dizer que não são algarismos significativos. Além disso, se registramos o

Algarismos significativos são aqueles que devemos apresentar ao registrar o resultado de uma medição.

⁴ Estamos considerando, nesse caso, que a principal fonte de erro deve-se à leitura da escala da régua.

resultado da medição com tantos algarismos, podemos passar a impressão de que essa medição foi realizada com uma precisão incrível, quando, na verdade, usamos o instrumento mais rudimentar disponível: uma régua escolar.

Exemplo 02: O alcance de um projétil

Outra situação muito usual em laboratórios de mecânica é a realização de experimentos com lançadores de projétil. Para tanto, considere o lançamento horizontal de um projétil representado esquematicamente na Figura 4.

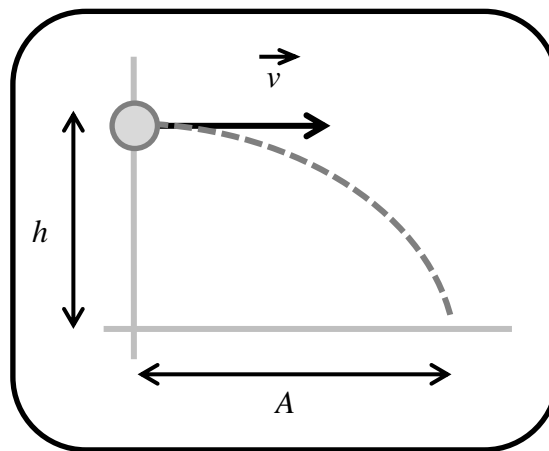


Figura 4. Representação esquemática do lançamento horizontal de um projétil.

Aplicando um pouco de cinemática a essa situação, é possível deduzir que o alcance A de um lançamento horizontal pode ser determinado pela altura de lançamento h , pela velocidade de lançamento v e pela aceleração da gravidade g ($A = v \sqrt{2h/g}$). Porém, observa-se experimentalmente que, mesmo quando tomamos todo o cuidado possível para controlar as variáveis v , h , g e o ângulo de lançamento, o alcance A do projétil apresentará alguma variação.

A Figura 5 diz respeito a um projétil lançado horizontalmente 10 vezes sob as mesmas condições. Cada marcação na folha quadriculada identifica a posição em que o projétil tocou o chão. Como é possível perceber, o alcance de cada lançamento não é sempre o mesmo. Para usar um conceito que já aprendemos, a informação sobre o alcance do projétil é imprecisa (embora não seja necessariamente inexata).

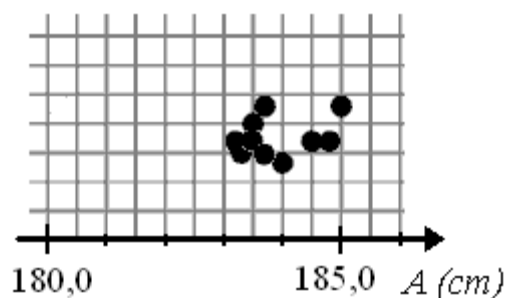


Figura 5. Registro (em papel quadriculado) das posições em que um projétil toca o chão após ser lançado horizontalmente 10 vezes sob as mesmas condições.

Como é possível perceber a partir da Figura 5, o conjunto dos valores atribuíveis ao alcance está entre 183 e 185 cm. Agora, considere que um aluno, olhando para essa imagem, afirme que o alcance do projétil é igual a 184,46526 cm. Que significado teriam todos esses algarismos?

Enfim, chamamos algarismos significativos àqueles que têm significado físico e, por isso, devem ser registrados ao se expressar o resultado de uma medição. A esse respeito, existe uma pequena variedade de regras práticas que são utilizadas para determinar, em cada caso, quantos algarismos nós podemos registrar, ou seja, quantos algarismos são significativos no resultado de uma medição. Neste livro, propomos partir da incerteza para determinar quais algarismos de uma medida são significativos e quais não o são.

A incerteza da medição

Como nenhum processo de medição é completamente confiável, considerou-se importante criar uma grandeza a partir do qual seja possível avaliar quantitativamente a

Incerteza é uma grandeza que permite avaliar quantitativamente a confiabilidade do resultado de uma medição.

confiança que se pode ter no resultado de uma medição. Hoje em dia, o nome adotado para essa grandeza é incerteza⁵. Quanto maior for a incerteza de uma medição, menos

⁵ O vocabulário adotado nesses textos de apoio é relativamente novo (tornou-se oficial em meados da década de 1990) e diverge um pouco dos termos tradicionalmente empregados em laboratórios didáticos. Uma dessas divergências está nos conceitos de erro e incerteza. Para o uso adequado desses conceitos, recorra ao texto de apoio intitulado “Os conceitos de erro e incerteza”.

confiável a medição é.

Ao se registrar o resultado de uma medição (por exemplo, em um relatório ou caderno de laboratório), deve ser registrada também a incerteza dessa medição, pois a incerteza da medição é a única maneira rigorosa de avaliar a confiabilidade da medida. Assim, a expressão da incerteza não é opcional, mas obrigatória para uma apresentação e discussão de resultados experimentais.

A saber, conhecimentos e habilidades relacionados às incertezas da medição têm importância em diversas situações profissionais tais como: (1) laboratórios de pesquisa (por exemplo, para planejar experimentos e comparar resultados experimentais obtidos por técnicas diferentes); (2) indústria (sobretudo no controle de qualidade da produção); (3) laboratórios de calibração e metrologia legal (por exemplo, na avaliação de condições de trabalho regulamentadas por lei); (4) sala de aula, tanto em educação básica como na educação superior (nesses contextos, a questão da incerteza contribui fundamentalmente para a discussão da relação entre teoria e experimento e para a superação das visões de ciência de senso comum).

Enfim, conhecimentos e habilidades relacionados à incerteza da medição podem ser considerados básicos para a formação de licenciados e bacharéis em Física e, por isso, precisam ser bem compreendidos.

Expressando a incerteza

A incerteza de uma medição é sempre expressa nas mesmas unidades do resultado dessa medição (por exemplo, a incerteza de uma grandeza medida em metros,

O resultado de uma medição deve ser sempre expresso com a mesma quantidade de casas decimais que sua incerteza.

deve ser expressa em metros). Além disso, a incerteza e o resultado da medição devem apresentar sempre o mesmo número de casas decimais. É usual registrar a incerteza e o resultado da medição da seguinte maneira:

(resultado da medição \pm incerteza da medição) unidade de medida

A Tabela 2 ilustra a notação proposta, apresentando resultados e incertezas da medição de algumas grandezas.

Tabela 2. Resultados de medição obtidos em laboratório didático.

Grandeza	Resultado e incerteza da medição
Aceleração local da gravidade	(9,795 \pm 0,003) m/s ²
Constante elástica de uma mola metálica	(3,02 \pm 0,08) N/m
Coefficiente de atrito estático Madeira/Alumínio	(0,158 \pm 0,002)

Como é possível perceber da Tabela 2, os resultados de todas as medições são sempre expressos com a mesma quantidade de casas decimais que suas respectivas incertezas. Assim, a incerteza impõe limites à quantidade de algarismos que utilizamos para

A incerteza e o resultado da medição devem ser expressos sempre com a mesma quantidade de casas decimais

representar os resultados. Ou seja, é a incerteza que determina quais algarismos do resultado de uma medição são significativos (e devem ser registrados) e que algarismos não têm significado (e devem ser omitidos no registro). Em outras palavras, é preciso saber a incerteza da medição para avaliar quais são os algarismos significativos do resultado de uma medição. Ou seja, na prática, para determinar o número de algarismos significativos de uma medida, é preciso conhecer minimamente os procedimentos de avaliação da incerteza do tipo A e do tipo B.

Avalie sua compreensão!

Responda às questões a seguir sobre o texto de apoio “**Incerteza e algarismos significativos**”.

1. O que são algarismos significativos?
2. De que maneira, partindo da incerteza da medição, pode ser determinada a quantidade de algarismos significativos do resultado dessa medição?
3. Em metrologia, o que é a incerteza? Qual é a relação entre a incerteza de uma medição e a confiabilidade que se deve ao resultado dessa medição?
4. Considere que um aluno realizou medições de comprimento, obtendo os seguintes resultados: $(39,5 \pm 0,5)$ mm; $(1,05 \pm 0,005)$ mm; $(120,0 \pm 0,05)$ mm; $(19,50 \pm 0,05)$ mm. Quais são as medidas mais confiáveis? Quais são as medidas menos confiáveis?