

## 1- Introdução

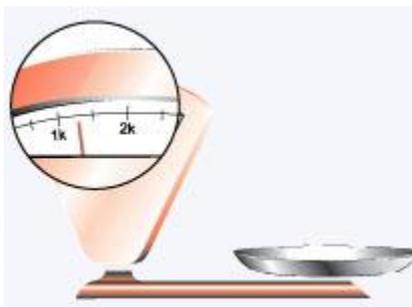
Ao longo deste texto, proporemos várias experiências simples.

Em última análise, o que se pretende em qualquer arranjo voltado para a experimentação é a medida de determinadas grandezas físicas.

É importante ressaltar que toda medida em Física está associada à ideia de comparação, isto é, adotamos uma certa quantidade como padrão e o resultado da medida é a comparação com esse padrão. Por exemplo, para medir distâncias usamos como padrão o **metro** (m). Às vezes usamos também o **quilômetro** (km) ou outras unidades.

Outro aspecto fundamental no processo de medida é a existência, sempre, de uma margem de erro no processo de efetuar medidas em Física. As medidas têm, portanto, uma certa dose de imprecisão.

Ao medir alguma coisa mesmo no cotidiano, por exemplo, pesar um pedaço de carne no açougue, dificilmente se obtém um valor exato, isto é, o ponteiro não coincide com um traço bem definido da balança. Obviamente, isso não ocorre com balanças digitais, que mostram automaticamente, em dígitos, a massa obtida. Mas, voltando a mostradores analógicos (de ponteiro), obtemos o valor aproximado através da leitura indicada pelo ponteiro usando o traço à esquerda do ponteiro que mais dele se aproxima. (Estamos supondo que o mostrador indique o zero da escala à esquerda do observador e o valor máximo à direita.)



Esse valor lido compõe a parte exata da medida. Temos que avaliar (chutar!) um valor que represente o quanto o ponteiro excede o traço já utilizado. Esse valor de 1 só dígito, que foi avaliado, compõe a parte duvidosa da leitura. Toda avaliação corre o risco de estar incorreta. Se avaliações forem efetuadas por indivíduos diferentes, provavelmente resultarão em valores distintos.

A possibilidade de haver diferentes avaliações da parte duvidosa de uma leitura implica uma imprecisão, que deve ser evidenciada na atribuição de um desvio, neste caso *desvio* de leitura.

Suponha que a menor divisão do instrumento seja suficientemente grande e que seja possível dividi-la, por exemplo, em 5 partes; então, cada subdivisão

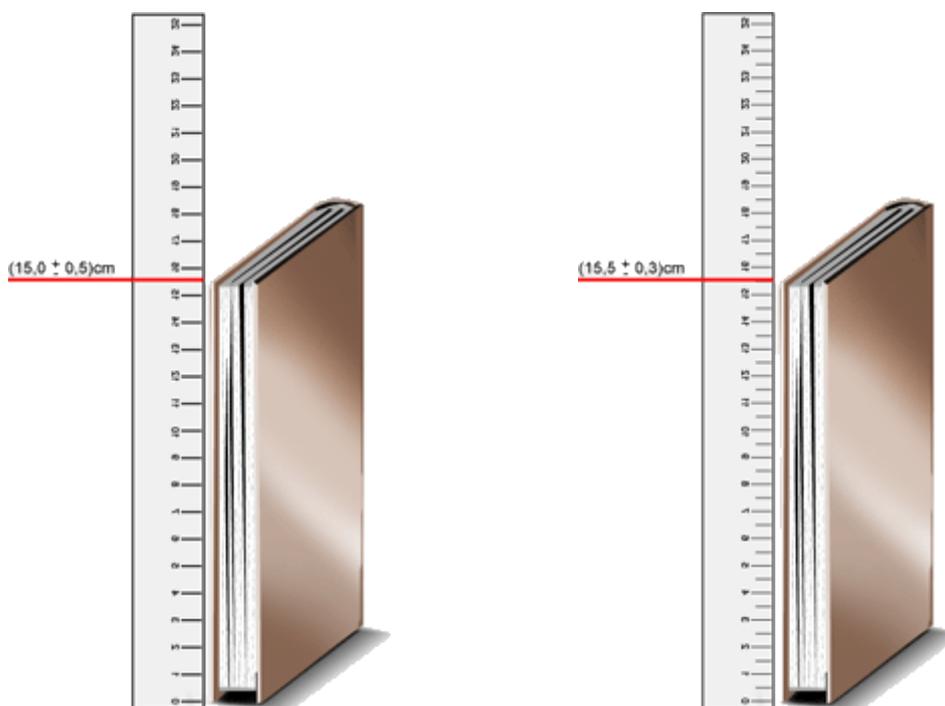
imaginada valerá 0,2 de divisão. Para garantir a medida, é melhor considerar como desvio dessa leitura 0,2 de divisão.

Observe uma régua milimetrada. É possível imaginarmos só metade da divisão. Neste caso, o desvio de leitura será metade da menor divisão, portanto, 0,5mm.



Em alguns casos, pode parecer possível dividirmos a menor divisão em mais partes do que em apenas duas. Usemos o bom senso e verifiquemos se a uniformidade das divisões ao longo de toda a escala a ser utilizada permite tal escolha. Se não há nem uniformidade, como ocorre freqüentemente em régua e trenas, não se justifica querermos medir com precisão melhor.

A precisão de uma medida é tanto melhor quanto menor for o desvio de leitura atribuído, quando comparado com o valor medido. O desvio relativo é definido pelo quociente entre o desvio atribuído e o valor medido. O desvio porcentual é obtido multiplicando o desvio relativo por 100. Quanto menor o desvio relativo ou o desvio porcentual mais precisa é a medida correspondente.

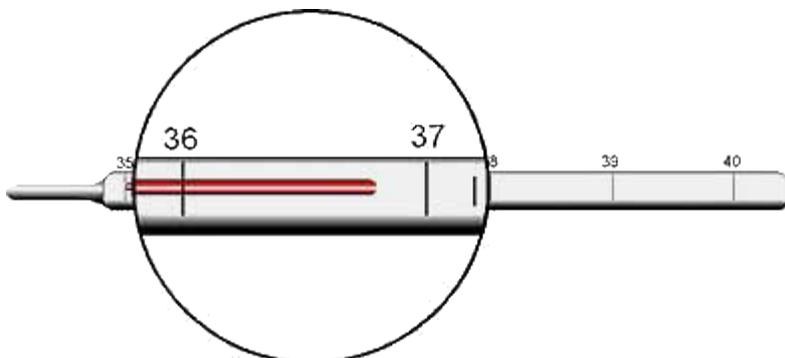


desvio relativo=desvio atribuído/valor medido

desvio porcentual=desvio relativo x 100

## 2- Exemplo 1

Vamos ler a temperatura indicada pelo termômetro



A leitura é  $36,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e neste caso podemos dar a leitura com três algarismos significativos.

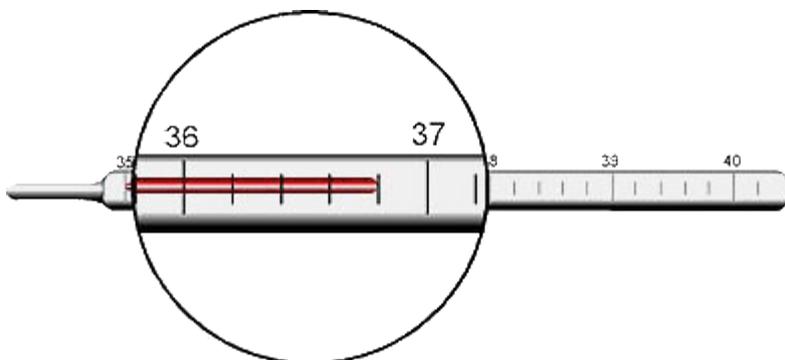
É razoável estimar uma incerteza de leitura de  $0,2^{\circ}$ , pois estamos imaginando que podemos subdividir a menor divisão do termômetro em 5 partes, isto é, estamos avaliando que podemos diferenciar  $36,6^{\circ}$  de  $36,8^{\circ}$  e de  $37,0^{\circ}$ . Assim, a medida da temperatura deve ser indicada como:

**$(36,8 \pm 0,2)^{\circ}\text{C}$  ou  $36,8^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$**

O desvio atribuído significa que, se a medição for efetuada novamente, mantidas as mesmas condições experimentais (não houve aumento nem diminuição da temperatura do indivíduo), a nova medida terá grande probabilidade de estar entre  $36,6^{\circ}\text{C}$  e  $37,0^{\circ}\text{C}$ . O último algarismo neste caso (8) é chamado de "avaliado" ou "duvidoso".

O desvio relativo porcentual, neste caso, é  $\left(\frac{0,2}{36,8}\right) \times 100 = 0,5\%$

Para um termômetro graduado como mostra a figura seguinte, temos:



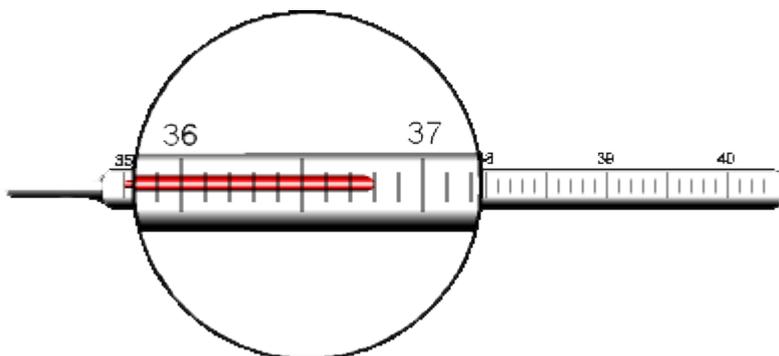
Note que a leitura da temperatura é igual à do primeiro termômetro,  $36,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , porém neste caso podemos distinguir entre as

temperaturas 36,8°C e 36,9°C (podemos dividir a menor divisão deste termômetro pela metade). Nosso desvio de leitura agora é de 0,1° e a medida da temperatura deve ser indicada como:

**(36,8 ± 0,1)°C ou 36,8°C ± 0,1°C**

Desta forma nossa leitura está mais precisa pois, mantidas as mesmas condições experimentais, a nova medida terá grande probabilidade de estar entre 36,7°C e 36,9°C.

O desvio relativo porcentual, neste caso, é  $\left(\frac{0,1}{36,8}\right) \times 100 = 0,3\%$ .



Se a mesma temperatura fosse obtida com um termômetro graduado em décimos de grau, a leitura seria, por exemplo:

A leitura até os décimos de grau é exata e o outro dígito seria avaliado. Neste caso, são 4 algarismos significativos, 3 exatos e um avaliado. Supondo que só se possa subdividir a menor divisão em dois, o desvio de leitura poderia ser avaliado em 0,05°C. A leitura completa será:

**(36,80 ± 0,05)°C ou 36,80°C ± 0,05°C**

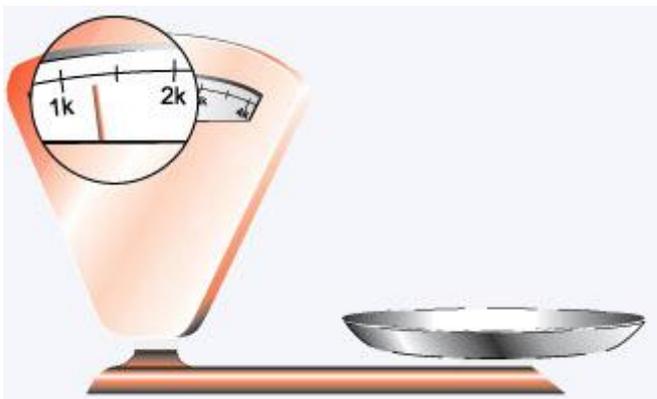
Note que agora nossa incerteza (número avaliado) está na segunda casa depois da vírgula.

O desvio relativo porcentual será  $\left(\frac{0,05}{36,8}\right) \times 100 = 0,1\%$ . Esta última medida é

mais precisa do que a anterior. O desvio é menor porque o equipamento permite obter mais algarismos significativos.

### 3- Exemplo 2

Vamos ler uma balança de feira, com mostrador analógico



Leitura  $\pm$  desvio:

Desvio relativo porcentual:

Vamos ler uma balança de feira,  
 com mostrador analógico

Vamos ler uma balança de feira, com mostrador analógico

### 3- Exemplo 3

Vamos ler relógios analógicos



**Relógio com divisão de minutos**

Leitura  $\pm$  desvio:

Desvio relativo porcentual:



### Relógio com divisão de 5 em 5 minutos

Leitura  $\pm$  desvio:

Desvio relativo porcentual:

Além do desvio atribuído à leitura de escalas, como discutimos acima, existem outros tipos de desvio.

No cotidiano, as medições são feitas uma única vez. Por exemplo, ao comprar tecido, o vendedor mede uma única vez. Ao realizar uma experiência, entretanto, uma grandeza é medida várias vezes para se ter certeza de que o valor obtido é confiável. Em sucessivas medições, é bem provável que se obtenham valores ligeiramente diferentes. Suponha, por exemplo, que você queira conferir se o tecido comprado realmente tem a metragem esperada. Em cada vez o tecido pode ceder de forma diferente, de modo que as diferentes medições podem dar valores diferentes de medida.

Dado um conjunto de medidas, o valor que melhor representa a grandeza é o valor médio das medidas, obtida simplesmente pela média aritmética dos valores

$$\text{valor médio} = \frac{\text{soma de todos os valores obtidos}}{\text{número de medidas efetuada}}$$

Como foram obtidos diferentes valores para as medições, costuma-se definir o desvio experimental da série de medidas. Para simplificar, adotaremos como desvio experimental da série de medidas a metade da diferença entre o maior e o menor valor da série.

$$\text{desvio médio} = \frac{(\text{valor máximo} - \text{valor mínimo})}{2}$$