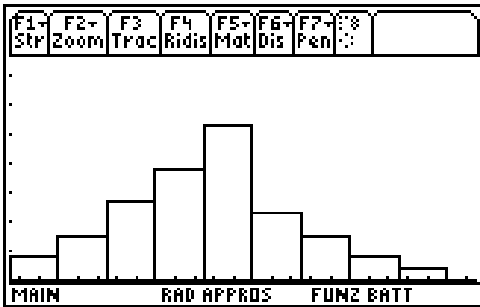


# L'incertezza (errore) di una misura

In laboratorio abbiamo verificato che quando si esegue la misura di una grandezza fisica, cioè una proprietà di un corpo che possiamo misurare, come il periodo T del pendolo, si ha un'incertezza nella determinazione del suo valore esatto nel senso che spesso le misure sono diverse tra di loro e questo è evidente osservando l'istogramma che abbiamo realizzato che ha una forma a "campana":



Ci domandiamo, tra i tanti valori del periodo misurati, quale sarà il valore esatto?

Il fatto è che tale valore non potremo mai saperlo! perché per quanto bravi e attenti saremo nell'eseguire la misura commetteremo sempre un piccolo errore.

E' una regola generale: **esistono sempre degli errori associati alle misurazioni.** E' importante osservare che quando si parla di errore non si intende riferirsi ad uno sbaglio ma a un'incertezza.

**Regola: "In qualsiasi misura di una grandezza fisica come una lunghezza, una massa, un tempo e così via, è inevitabile che ci sia incertezza nella determinazione del suo valore esatto"**

La miglior cosa che è possibile fare è fornire un particolare valore della misura, detto **valore più attendibile o probabile**  $X_p$ , con la garanzia che il valore "vero" sia quello stesso numero, più o meno una certa quantità, chiamata **errore assoluto**  $\Delta X$ . Allora, il risultato dell'esperimento dovrà essere espresso in una delle seguenti forme equivalenti:

$$(1) \quad X = X_p \pm \Delta X \qquad X_p - \Delta X < X < X_p + \Delta X$$

Si distinguono due tipi di errori: gli *errori sistematici* e gli *errori casuali*.

- Gli **errori sistematici** più comuni sono quelli dovuti al cattivo funzionamento della strumentazione utilizzata. Tali errori influiscono sul risultato di una misura sempre in un medesimo senso e portano o a misure in difetto o a misure in eccesso rispetto a quelle che si avrebbero in loro assenza. Se, ad esempio, un cronometro ritarda (va indietro) l'intervallo di tempo che si misura risulterà più breve di quanto esso non sia in realtà, la misura del tempo sarà allora errata per difetto. Gli errori sistematici una volta individuata la causa che li hanno provocati possono essere eliminati.
- Gli **errori casuali** (detti anche *accidentali*) sono quelli dovuti all'operatore ed alle condizioni sperimentali della particolare misura. Questi errori modificano casualmente il risultato della misura o in eccesso o in difetto. Tali fluttuazioni sono dovute all'impossibilità di riprodurre esattamente le stesse condizioni sperimentali in ciascuna operazione di misura. Esempi di tali errori commessi nell'esperimento del pendolo sono gli errori di start e stop con il cronometro dello *smartphone*, oppure la misura eseguita potrebbe essere stata falsata da una corrente d'aria che fa aumentare o diminuire tempo di un'oscillazione. Con l'utilizzo di strumenti più sofisticati e con una maggior attenzione dello sperimentatore è possibile rendere gli errori casuali piccoli ma, a differenza di quelli sistematici, non si possono eliminare del tutto!

Le regole generali da adottare sono pertanto:

1) *Se eseguo una sola misura:*

- Il valore più attendibile è ovviamente l'unico valore misurato
- L'errore assoluto è la **sensibilità** dello strumento dove per sensibilità si intende la più piccola variazione della grandezza che lo strumento è in grado di apprezzare.

Ad esempio, ipotizziamo di aver eseguito una sola misura del periodo del pendolo con un cronometro avente una sensibilità di 1 centesimo di secondo (0.01 s). Se sul cronometro leggo che il periodo del pendolo è stato di  $T = 1,12$  s la misura dovrà comunicarla in uno dei seguenti modi equivalenti:

$$T = 1,12 \text{ s} \pm 0,01 \text{ s}$$

$$T = (1,12 \pm 0,01) \text{ s}$$

$$1,11 \text{ s} < T < 1,13 \text{ s}$$

2) *Se eseguo un buon numero di misure:*

- Il valore più attendibile è il valore medio  $\bar{X}$
- Una stima immediata, anche se piuttosto grossolana dell'errore assoluto è la **semidispersione** cioè la metà della differenza tra il valore più grande e quello più piccolo.

$$(2) \quad \Delta X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{2}$$

Nel caso delle misure del periodo del pendolo eseguite in laboratorio:  $\Delta T = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} =$

## Errore relativo e percentuale

Nella pratica è più significativo, per poter stabilire la *bontà o accuratezza* di una misura, il concetto di *errore relativo*  $E_r$  e di *errore percentuale*  $E_{\%}$ , invece che di quello assoluto  $\Delta X$  definiti come:

$$(3) \quad E_r = \frac{\Delta X}{X_p}$$

$$(4) \quad E_{\%} = E_r \cdot 100 \%$$

Da notare che, mentre l'errore assoluto ha la stessa unità di misura della grandezza misurata, l'errore relativo è adimensionale.

E' evidente che una misura è tanto più accurata quando più piccolo è l'errore relativo e percentuale.

Nelle misure del periodo del pendolo avremo:

$$E_r = \frac{\Delta T}{\bar{T}} =$$

$$E_{\%} = E_r \cdot 100 \% =$$