

## MISURE: ALCUNE PRECISAZIONI.

Una misura si dice **diretta** se avviene mediante il confronto diretto tra la grandezza da misurare ed una grandezza ad essa omogenea, cioè dello stesso tipo (lunghezza con lunghezza, ecc.), assunta come unità di misura. Un esempio di misura diretta è quella di una lunghezza con un righello.

Non tutte le misure sono dirette.

Vi sono misure **indirette**, così dette se ottenute mediante operazioni matematiche a partire dalle misure di altre grandezze (es.: misura dell'area di un rettangolo tramite la misura dei lati).

Vi sono, infine, misure **con strumenti tarati**, così dette se realizzate usando strumenti la cui indicazione è correlata ai valori della grandezza in esame mediante un'opportuna procedura di taratura dello strumento; quest'ultima è basata sul confronto fra le indicazioni dello strumento e quantità note della grandezza per la cui misura è stato progettato. (Esempi di strumenti tarati: bilance, dinamometro, termometro, ...)

Le prime misure da noi eseguite (lunghezze, tempi) sono state quasi tutte misure dirette. Ad esse si può far riferimento in prima battuta per raffigurarsi quanto detto di seguito, tenendo però presente che quanto si dirà è valido anche per misure con strumenti tarati; l'ultima sezione è riferibile anche a misure indirette.

### Ripetere una misurazione ?

In molte situazioni la misura di una grandezza fisica si ottiene con una sola misurazione, o per economia di tempo, o perché il fenomeno indagato non è ripetibile nelle medesime condizioni; a quest'ultimo riguardo, si pensi ad esempio allo studio di una cometa.

Come si vede, questi sono casi particolari. In via generale, ogni qualvolta è possibile, è opportuno ottenere la misura di una grandezza fisica dopo averne ripetuto più volte la misurazione. Non sempre, infatti, si ottiene lo stesso valore...

### Misure ripetute: risultati uguali, diversi, o ...?

Nell'eseguire ogni singola **misurazione** si ha sempre un'incertezza dovuta ai limiti costruttivi dello strumento (e talvolta anche ai limiti posti dalla procedura). Il risultato di ogni singola misurazione non è un numero "assoluto", cioè esatto e privo di qualunque riferimento al modo in cui l'abbiamo ottenuto. Esso va considerato congiuntamente all'incertezza data dalla sensibilità dello strumento (lasciamo da parte per ora i limiti posti dalla procedura). Il risultato di una singola misurazione è dunque un intervallo centrato sul valore ricavato e di ampiezza pari alla sensibilità dello strumento. Questo è il presupposto del confronto tra i risultati delle diverse misurazioni. (Vedremo che la situazione è analoga per il confronto tra misure.)

Nel ripetere la misurazione di una qualsiasi grandezza fisica, accertandosi ovviamente di mantenere invariate, per quanto possiamo, le condizioni sperimentali, occorre innanzitutto accertarsi se i valori ottenuti sono distribuiti casualmente; se invece essi presentassero tendenze di crescita o decrescita ben riconoscibili, occorrerebbe indagarne i motivi. Una volta accertato ciò, possono presentarsi tre possibili casi. Riferiamoli alla ipotetica misura di un tempo  $T$ , eseguito con un cronometro di sensibilità 0,1 s.

1) Tutte le misurazioni danno risultati uguali.

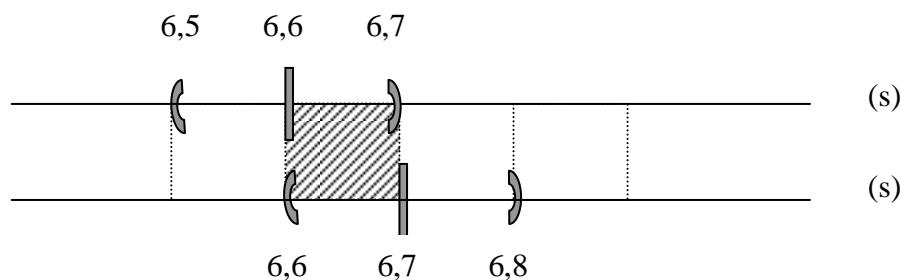
2) Le misurazioni non danno risultati sempre uguali, ma essi differiscono tra loro solo di una quantità pari alla sensibilità dello strumento.

3) Le misurazioni non danno risultati sempre uguali ed essi differiscono tra loro di una quantità maggiore della sensibilità dello strumento.

Esempio (valori di  $T$  in secondi):

n. misurazione	T (1° caso)	T (2° caso)	T (3° caso)
1	6,7	6,6	6,9
2	6,7	6,7	6,6
3	6,7	6,6	6,8
4	6,7	6,8	6,5
5	6,7	6,7	6,7

Nei casi 1) e 2) si dice che “le misurazioni coincidono (oppure: sono uguali) entro la sensibilità dello strumento” (talvolta si trova l’espressione equivalente: “...entro gli errori strumentali”). Nel caso 1) ciò è banale, perché i valori ottenuti sono uguali e basta. Analizziamo il caso 2) per capire meglio che cosa significa questa espressione. Consideriamo la prima coppia di valori: 6,6 s e 6,7 s, ciascuno corredato della sensibilità dello strumento: 0,1 s. Il risultato della misurazione, ricordiamo, è espresso da un intervallo: chi ha eseguito la prima misurazione ha dunque trovato un valore che è prossimo a 6,6 s ed è sicuramente compreso tra  $6,6 - 0,1 = 6,5$  s e  $6,6 + 0,1 = 6,7$  s. La sensibilità dello strumento ci dà un limite alla lontananza del valore della grandezza misurata dal valore che leggiamo con lo strumento. Analogamente, nella seconda misurazione lo sperimentatore ha ottenuto un valore vicino a 6,7 s e compreso tra 6,6 s e 6,8 s. È utile la seguente rappresentazione grafica dei due intervalli sulla retta reale:



La regione tratteggiata indica la parte di retta che gli intervalli considerati hanno in comune (in termini matematicamente più corretti: la loro intersezione). Proprio il fatto che vi sia una parte in comune (un’intersezione non vuota) ci fa dire che i risultati di queste due misurazioni non sono completamente distinti. Queste considerazioni valgono anche se l’intersezione tra i due intervalli è data da un solo punto, come avviene se si considera la coppia 6,6 s e 6,8 s, dove gli intervalli si intersecano solo in 6,7.

Nel caso 3), le misurazioni non coincidono entro la sensibilità dello strumento. In assenza di errori dello sperimentatore, sappiamo che ciò è dovuto a “errori” accidentali, che possono interessare il processo fisico di cui vogliamo misurare una grandezza o lo stesso processo di misura.

In tutti i casi, il risultato finale della misura si esprime attraverso il valore medio accompagnato dall’incertezza assoluta (pari al massimo tra la sensibilità dello strumento e la semidisersione), con l’indicazione dell’unità di misura. Nel nostro esempio:

$$T = (T_M \pm \Delta T) \text{ s}$$

A scanso di equivoci, è forse meglio specificare che nel caso 1) è ovviamente superfluo calcolare il valore medio !

Questo modo di esprimere il risultato di una misura riflette il concetto per cui il risultato di una misura è un intervallo, di cui si dà il punto medio ( $T_M$ ) e l’ampiezza ( $\Delta T$ ).

### Misure a confronto: risultati uguali, diversi, o ...?

Come abbiamo appena visto, il risultato finale di una misura è espresso da un intervallo. Ciò è vero in qualsiasi modo la misura sia stata effettuata (diretto, indiretto, con strumenti tarati). Se vogliamo confrontare i risultati di due misure della stessa grandezza fisica, ottenuti ad esempio da due diversi sperimentatori, oppure dallo stesso sperimentatore con procedimenti diversi, dobbiamo confrontare tra loro due intervalli.

Il confronto si svolge in modo analogo a quanto appena visto per diverse misurazioni di una stessa misura. Se gli intervalli hanno intersezione non nulla, anche se è un solo punto, si dice dunque che “le misure coincidono (oppure: sono uguali) entro le incertezze”; in questo ambito, si dice anche, equivalentemente, che “le misure sono compatibili”. Se ciò non avviene, almeno una delle due misure è sbagliata!

Si osservi che nelle situazioni che stiamo considerando, cioè di misure della stessa grandezza fisica ma eseguite in modo indipendente, le incertezze assolute (e quindi l’ampiezza degli intervalli) sono in generale diverse tra loro.