

Elementi di metrologia

CENNI STORICI

• Società antiche

Con il sorgere dei grandi imperi a struttura complessa in Mesopotamia e in Egitto, emerse la necessità di elaborare e adottare un sistema di misura chiuso. Intorno al 3000 a. C., quando il faraone Menes unificò l'Alto e il Basso Egitto, fondando la prima dinastia, si impose la necessità di un sistema di misure unificato.

Uno stato centralizzato e burocratizzato ne aveva bisogno per il suo funzionamento, a cominciare dal controllo e dalla riscossione dei tributi. Il complesso apparato di esattori sparso sull'enorme territorio imponeva una uniformità, o quantomeno una confrontabilità, fra le varie misure locali.

Per le misure lineari si faceva riferimento alla distanza tra gomito e mano, che si credeva fissa in quanto determinata da un osso, detto **cubito**. Ma poiché questa misura variava da persona a persona, fu scelta la misura del cubito del Faraone in carica, che fu scolpita sui muri dei templi principali, da cui vennero ricavati campioni in pietra e in legno.



Cubito egizio conservato presso il Museo Egizio di Torino.

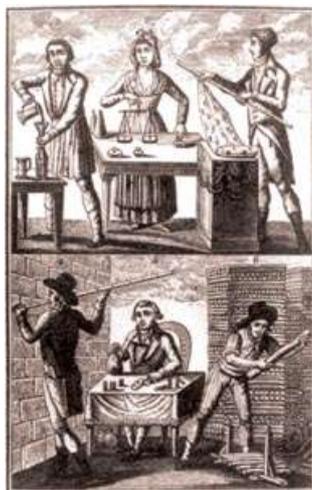
Anche Sumeri, Assiri e Persiani adottarono proprie unità di misura. Queste differenze crearono grandi difficoltà negli scambi commerciali, ma non si giunse al loro superamento se non quando s'imposero, con Alessandro Magno, un nuovo assetto politico-militare e una nuova fusione culturale; i sistemi metrologici dei Greci e dei Romani (peraltro ricavati nel corso del tempo dalle precedenti unità) uniformarono la base di tutto il commercio nell'area mediterranea.

• Società contemporanea

Per molti secoli i sistemi di misura adottati nei diversi stati e società subirono una profonda diversificazione, pur nella continuità con quelli antichi.

Con la Rivoluzione francese però si giunse a una svolta anche per i sistemi di misura: nasceva il **sistema metrico decimale**.

La spinta convergente di interessi commerciali, di esigenze industriali, del pensiero scientifico e filosofico, condusse l'Assemblea Costituente a proclamare (1790) l'adozione del nuovo sistema, basato sul **metro**: esso era una unità naturale, cioè fondata su una grandezza naturale, il meridiano terrestre, di cui è la quarantamilionesima parte. I campioni del metro e del kilogrammo vennero depositati a Sèvres, custoditi con somma cautela, per ricavarne i campioni secondari, da diffondere nei diversi Stati. È da notare che per motivi bellici



Manifesti francesi di propaganda del nuovo sistema metrico decimale.

l'Inghilterra non ha mai adottato il sistema metrico decimale, perciò le sue unità di misura (ancora oggi in uso) sono rimaste anomale.

Da allora la scienza della misura, la **metrologia**, ha fatto grandi passi in avanti, creando sistemi (quali il CGS, il MKS, e l'attuale SI) che hanno arricchito e semplificato il sistema metrico decimale, di pari passo con l'evoluzione della scienza e della tecnologia.

COS'È LA METROLOGIA

La **metrologia** è la scienza che ha per oggetto lo studio dei principi, dei metodi e dei mezzi necessari per effettuare la misurazione delle grandezze fisiche.

Essa pertanto si occupa solo di **grandezze fisiche**; tanto è vero che, per aver diritto a essere definite tali, le proprietà di un oggetto o fenomeno debbono essere misurabili, cioè deve essere possibile definirne unità di misura e metodi di misurazione.

Quindi, per esempio, la bellezza di una persona o di un quadro non rientra tra le grandezze fisiche; tra esse invece si possono annoverare la lunghezza, il peso, la forza, ecc.



Come si può misurare la bellezza di un'opera d'arte come La Venere di Urbino di Tiziano?

COS'È UNA UNITÀ DI MISURA

Per misurare una grandezza fisica, la si **confronta** con una della stessa specie, cioè con una **unità di misura**.

Nei secoli si sono gradualmente imposti precisi criteri per l'adozione delle unità di misura; essi sono:

- **semplicità**
- **reperibilità**
- **riproducibilità**
- **precisione.**

Anticamente i primi tre criteri hanno portato all'uso di **unità antropometriche**, cioè basate sulle dimensioni del corpo umano; attualmente la tecnologia consente di soddisfare anche le più alte esigenze di precisione usando **unità di misura naturali**, cioè basate su grandezze o fenomeni esistenti in natura. Attualmente il metro è definito in funzione della velocità della luce, grazie alla disponibilità di strumenti molto precisi.

COS'È UNA MISURA

Per **misura** di una grandezza fisica si intende il prodotto di due fattori, di cui uno è una grandezza della stessa specie, scelta come unità di misura, e l'altra è un numero puro, che esprime quante volte detta unità è contenuta nella grandezza da misurare.

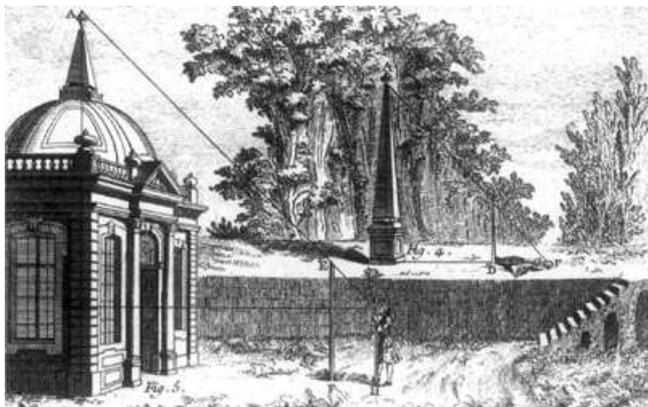
COME SI MISURA

Per ottenere una misura si può ricorrere a due metodi:

- **misurazione diretta;**
- **misurazione indiretta.**

Si ha una **misura diretta** quando si confronta direttamente l'unità di misura con la grandezza da misurare e si stabilisce il numero di unità contenute nella grandezza misurata. Per esempio sono misurabili direttamente l'altezza di un uomo, il battito cardiaco, la massa di un tavolo.

Si ha invece una **misura indiretta**, quando si elaborano con prodotti e/o rapporti matematici altre misure eseguite direttamente. Per esempio vengono misurate indirettamente la velocità di un'auto, la potenza di una lampadina oppure la distanza Terra-Luna.



Misurazioni indirette di altezza (Saverien, Dictionnaire Universel).

QUALI UNITÀ DI MISURA

L'unità di misura (quindi il suo campione) deve essere **compatibile**, cioè adeguata alle dimensioni dell'oggetto o fenomeno che vogliamo esplorare e misurare.

Dopo aver definito una unità di misura, nella pratica se ne adotta un opportuno **multiplo** o **sottomultiplo**: un muratore esprime le misure in metri (al massimo in centimetri), un meccanico d'officina invece le esprime in millimetri.

I criteri di scelta dei multipli e sottomultipli sono molti e legati a esigenze pratiche, di calcolo, di tradizione. Per esempio:

- **decimali** (moderni e razionali, prevalenti);
- **sessagesimali** (antichi, sopravvivono nella misura degli angoli);
- **pratici** (frutto di esigenze varie).

QUANTE UNITÀ DI MISURA

Se per ogni grandezza da misurare adottassimo una particolare unità, dovremmo definirne una gran numero, con notevoli problemi di praticità. Se invece scegliessimo poche unità,

dalle quali ricavare la misurazione indiretta di molte grandezze, avremmo dei rischi di imprecisione; infatti nell'elaborazione di diverse misure dirette si accumulano errori su errori.

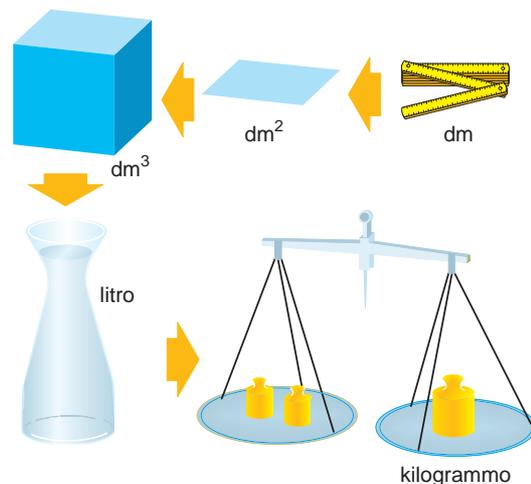
Le esigenze di praticità e semplicità logica per favorire gli scambi internazionali sono cresciute, e le conquiste tecniche aumentano la disponibilità di strumenti ad altissima precisione, perciò si è sempre più orientati verso l'**adozione di poche unità**.

RAGGIUNTO TRA LE ANTICHE MISURE COL METRICO DECIMALE
ANTICHE METRICHE - DECIMALI
MISURE DI CAPACITÀ PER I LIQUIDI
BOTTE 52
SALMA 50
BARILE 48
QUARTARO 46
QUARTUCCO 44
MISURE DI CAPACITÀ PER I SOLIDI
SALMA 52
TUMULO 50
MONDELLO 48
CAROZZO 46
MISURE AGRARIE
ETTARI ARIE CENTIARE
SALMA 52
BISAGIA 50
TUMULO 48
MONDELLO 46
PESI
CHILOGRAMMI ETTOGRAMMI DECIGRAMMI
CANTARO 52
BUTTELO 50
ONCIA GROSSA 48
MISURE DI LUNGHEZZA
METRO 100
PALMO 26 CENTIMETRI
CANNA 5 METRI e 6 CENTIMETRI

Lapide del 1862 esposta a Palermo con le numerose unità di misura da convertire al Sistema Metrico Decimale.

COS'È UN SISTEMA DI UNITÀ DI MISURA

Un sistema di unità di misura è l'insieme di poche **unità fondamentali**, di cui si dà una definizione operativa, e di tutte le altre, dette **unità derivate**, ricavabili dalle fondamentali mediante prodotti e/o rapporti.



Dall'unità delle lunghezze è possibile ricavare quelle di superfici, volumi, capacità, pesi.

Il sistema deve essere tale da garantire l'**indipendenza tra le unità fondamentali**. Un sistema si dice:

- **assoluto**, se le sue unità derivano da fenomeni naturali non legati al luogo e al tempo della misurazione;
- **coerente**, se il prodotto e il quoziente di più unità fondamentali forniscono una nuova unità derivata con coefficiente numerico 1;
- **razionalizzato**, se è ottenuto eliminando il numero irrazionale π da tutte le formule, tranne quelle relative a cerchi, sfere e cilindri.
- **decimale**, se ha multipli e sottomultipli in base 10.

L'attuale **Sistema Internazionale (SI)** è caratterizzato dall'essere **assoluto, coerente, razionalizzato e decimale**.

IL SISTEMA INTERNAZIONALE (SI)

Il **Sistema Internazionale di Unità**, la cui abbreviazione è SI, è stato adottato nel 1960 e completato nel 1983, ed è fondato su sette grandezze fondamentali: le quattro del precedente Sistema MKSA, o Sistema Giorgi, e cioè la **lunghezza**, la **massa**, gli **intervalli di tempo**, l'**intensità di corrente elettrica**, alle quali sono state aggiunte la **temperatura**, l'**intensità luminosa** e la **quantità di sostanza**.

Il Sistema SI è un **sistema decimale**, quindi con multipli e sottomultipli in base 10.

• Norme di scrittura del Sistema SI

- Le cifre che costituiscono i numeri devono essere riunite a **gruppi di 3** dalla destra alla sinistra se si tratta di numeri interi, a sinistra della virgola verso destra se sono decimali.

Esempi: 1 070 12 480 56 290 370
 2,639 2,890 583 0,000 682

- È **sconsigliato** (ma non errato) l'uso del punto per la suddivisione a gruppi, per la possibile confusione dell'uso anglosassone del punto al posto della virgola. Sono perciò sconsigliate le seguenti forme:

6.782 561.943 12.561,37

- I simboli per le unità di misura fondamentali sono scritti in **lettere minuscole**, tranne quelle derivate da nomi propri come l'ampere (A), il kelvin (K), ecc.

- I simboli non richiedono mai il punto. Perciò è errato scrivere m. s. kg. ma si scriverà m s kg

- È errato scrivere mt per metro e sec per secondo.

- È errato scrivere mq e mc per indicare il metro quadrato ed il metro cubo; l'indicazione esatta è m² e m³.

- Il valore numerico deve precedere il simbolo dell'unità. Quindi:

1000 g e non g 1000
7,2 m e non m 7,2

MULTIPLI SISTEMA SI			SOTTOMIPLI SISTEMA SI		
PREFISSO	SIMBOLO	VALORE	PREFISSO	SIMBOLO	VALORE
esa-	E	10 ¹⁸	deci-	d	10 ⁻¹
peta-	P	10 ¹⁵	centi-	c	10 ⁻²
tera-	T	10 ¹²	milli-	m	10 ⁻³
giga-	G	10 ⁹	micro-	m	10 ⁻⁶
mega-	M	10 ⁶	nano-	n	10 ⁻⁹
kilo-	K	10 ³	pico-	p	10 ⁻¹²
etto-	h	10 ²	femto-	f	10 ⁻¹⁵
deca-	da	10 ¹	atto-	a	10 ⁻¹⁸

nota bene

Nel mondo anglosassone sono ancora in uso unità anomale, quali:
inch (pollice) = 2,54 cm
feet (piede) = 30,48 cm
yard = 91,44 cm

Nei precedenti Sistemi di unità di misura gran parte delle unità facevano riferimento a **campioni**, depositati a Sèvres, presso l'Ufficio Internazionale Pesi e Misure; pertanto erano dette **unità campionate**.

Tranne il chilogrammo, nel Sistema SI sono scomparse totalmente le unità campionate, soppiantate da **unità naturali**, cioè definite mediante fenomeni naturali.

UNITÀ FONDAMENTALI DEL SISTEMA SI

GRANDEZZA	UNITÀ E SIMBOLO	DEFINIZIONE
Lunghezza	metro (m)	Distanza percorsa nel vuoto dalla luce nell'intervallo di tempo di 1/299 792 458 s.
Intervallo di tempo	secondo (s)	Durata di 9 192 631 770 oscillazioni della radiazione emessa nella transizione tra i due livelli iperfini dello stato fondamentale dall'atomo di Cesio 133.
Massa	kilogrammo (kg)	Massa del prototipo di platino-iridio depositato a Sèvres.
Temperatura	kelvin (K)	Frazione 1/273,16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua.
Intensità di corrente	ampere (A)	Corrente elettrica costante che, fluendo in due conduttori rettilinei, paralleli, indefinitamente lunghi, di sezione circolare trascurabile, posti a distanza di 1 m nel vuoto, determina tra essi una forza di $2 \cdot 10^{-7}$ N per metro di conduttore.
Intensità luminosa	candela (cd)	Intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica di frequenza $540 \cdot 10^{12}$ Hz e la cui intensità energetica in tale direzione è di (1/683) W/sr.
Quantità di materia	mole (mol)	Quantità di sostanza di un sistema che contiene tante entità elementari quanti sono gli atomi in 0,012 kg di carbonio 12.

UNITÀ SUPPLEMENTARI DEL SISTEMA SI

GRANDEZZA	UNITÀ E SIMBOLO	DEFINIZIONE
Angolo piano	radiante (rad)	Angolo piano, con il vertice nel centro della circonferenza, che sottende un arco di lunghezza uguale al raggio.
Angolo solido	steradiano (sr)	Angolo solido, con il vertice nel centro di una sfera, che sottende una calotta sferica la cui area è uguale a quella di un quadrato con i lati uguali al raggio della sfera.

UNITÀ DERIVATE DEL SISTEMA SI			UNITÀ (NON SI) AMMESSE			UNITÀ DECIMALI DI USO CORRENTE		
GRANDEZZA	UNITÀ	SIMBOLO	GRANDEZZA	UNITÀ	SIMBOLO			
Area	metro quadrato	m ²	Lunghezza	miglio marino	n mi	MISURE LINEARI		
Volume	metro cubo	m ³		ångstrom	Å	kilometro	km =	1000 m
Velocità lineare	metro al secondo	m/s	Massa	tonnellata	t	ettometro	hm =	100 m
Accelerazione	metro al secondo quadrato	m/s ²	Tempo	ora	h	decametro	dam =	10 m
Velocità angolare	radiante al secondo	rad/s		minuto	min	metro	m	
Densità	kilogrammo al metro cubo	kg/m ³	Angolo piano	grado sessagesimale	°	decimetro	dm =	0,1 m
				minuto di grado	'	centimetro	cm =	0,01 m
				secondo di grado	"	millimetro	mm =	0,001 m
Forza	newton	N	Area	ettaro	ha	micrometro	µm =	0,000 001 m
Peso	newton	N		ara	a	MISURE DI SUPERFICI		
Pressione	pascal	Pa		centiara	ca	kilometro quadrato	km ² =	1 000 000 m ²
Frequenza	hertz	Hz	Volume	litro	l	ettometro quadrato	hm ² =	10 000 m ²
Lavoro	joule	J	Velocità	kilometro/ora	km/h	decametro quadrato	dam ² =	100 m ²
Potenza	watt	W		nodo	kn	metro quadrato	m ²	
Temperatura	grado Celsius	°C	Forza	kilogrammo forza	kgf	decimetro quadrato	dm ² =	0,01 m ²
Carica elettrica	coulomb	C	Pressione	atmosfera normale	atm	centimetro quadrato	cm ² =	0,0001 m ²
Potenziale, differenza di potenziale, tensione	volt	V		atmosfera tecnica	at	millimetro quadrato	mm ² =	0,000 001 m ²
Forza elettromotrice	volt	V		millimetro di mercurio	mmHg	MISURE DI VOLUMI		
Resistenza elettrica	ohm	Ω	Lavoro	kilowattora	kWh	metro cubo	m ³	
Capacità elettrica	farad	F	Quantità di calore	grande caloria	cal	decimetro cubo	dm ³ =	0,001 m ³
Flusso magnetico	weber	Wb	Potenza	cavallo vapore	CV	centimetro cubo	cm ³ =	0,000 001 m ³
Flusso luminoso	lumen	lm	Carica elettrica	amperora	Ah	millimetro cubo	mm ³ =	0,000 000 001 m ³
Illuminamento	lux	lx	Flusso di induzione magnetica	maxwell	Mx	MISURE DI CAPACITÀ		
			Induzione magnetica	gauss	G	ettolitro	hl =	100 l
						decalitro	dal =	10 l
						litro	l	
						decilitro	dl =	0,1 l
						centilitro	cl =	0,01 l
						MISURE DI PESO		
						tonnellata	t =	1000 kg
						quintale	q =	100 kg
						kilogrammo	kg	
						ettogrammo	hg =	0,1 kg
						decagrammo	dag =	0,01 kg
						grammo	g =	0,001 kg
						decigrammo	dg =	0,0 001 kg
						centigrammo	cg =	0,00 001 kg
						milligrammo	mg =	0,000 001 kg

MISURAZIONE

La **misurazione** è il procedimento che si mette in atto per quantificare una proprietà di un oggetto o di un fenomeno, cioè per ottenerne la misura.

La misura deve fornire una *qualità di informazione funzionale agli scopi*, alle esigenze o disponibilità dell'operatore. Non si può mettere in atto una misurazione senza avere definito scopi, mezzi e procedure per la misurazione.

In tal senso bisogna compiere i seguenti processi logici e operativi:

1. *Definire cosa si misura* (il cosiddetto *misurando*) e le condizioni in cui si trova. Di un pistone si può per esempio misurare la durezza oppure il diametro; ma queste sue caratteristiche sono influenzate da diversi fattori, quale per esempio la temperatura che condiziona le sue dimensioni.
2. *Stabilire lo scopo della misurazione* e quindi i metodi e l'incertezza della misura che si vuole ottenere. In ciò la funzione dell'oggetto è determinante: se il diametro di un pistone può essere misurato con una incertezza di $\pm 0,01$ mm, per il bilanciere di un orologio bisogna scendere a livelli molto più ridotti di incertezza.
3. *Scegliere l'unità di misura e il campione o strumento* che la concretizza. Se ci si può accontentare di una incertezza di ± 1 mm, si potrà ricorrere ad un righello millimetrato, senza bisogno di altri più costosi e complessi strumenti.
4. *Programmare la sequenza corretta* per attuare la misurazione e *leggere la misura*. Oltre alle indicazioni d'uso fornite dal costruttore dello strumento, è importante controllare lo stato dello stesso e attuarne una eventuale messa a punto.
5. *Elaborare i dati*, effettuando correzioni e calcoli che conducono alla misura vera e propria. Spesso si effettuano ripetute misurazioni nelle stesse condizioni, elaborandone poi statisticamente le misure ottenute.

Il risultato di una misurazione fornisce informazioni sia quantitative (il valore vero e proprio) sia qualitative (l'incertezza della misura).

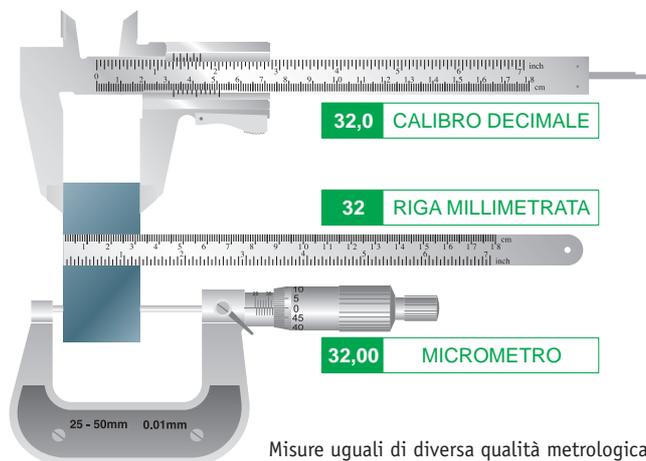
QUALITÀ DELLA MISURA

Per qualificare una misura sono già determinanti:

- **l'unità di misura**; fornire le misure 8 m oppure 800 cm può sembrare equivalente, ma la prima misura mette in evidenza che si è utilizzato uno strumento in grado di apprezzare solo il metro, mentre nel secondo caso l'incertezza della misura è ± 1 cm;
- **le cifre significative**; se il valore presenta solo una parte intera oppure una parte intera e una decimale (cioè seguente la virgola), le cifre sono significative anche se fossero zero e qualificano la misura. Per esempio 32 mm, 32,0 mm e 32,00 mm, dal punto di vista matematico sono equivalenti, ma non dal punto di vista metrologico. Mentre la prima dichiara una incertezza di 1 mm, la seconda una incertezza di 0,1 mm e la terza di 0,01 mm.

Molti altri dati concorrono a qualificare l'incertezza di una misura, ma in generale si può dire che essa è ricavabile dalle *informazioni fornite dal costruttore dello strumento*; queste si possono ricondurre a:

- **condizioni operative** durante l'uso dello strumento;
- **classe di precisione** dello strumento, esplicitata attraverso il **certificato di taratura**.



Misure uguali di diversa qualità metrologica.

TARATURA DEGLI STRUMENTI

La **taratura** consiste nel *confronto tra la misura ottenuta da uno strumento e quella fornita da uno strumento campione*.

La taratura di uno strumento è realizzabile sia da parte del produttore sia da parte dell'operatore. Quest'ultimo infatti procede spesso a tarare lo strumento per verificarne lo stato, in funzione della qualità desiderata per le misure.

La taratura compiuta dal costruttore viene generalmente realizzata nei laboratori aziendali o in appositi laboratori metrologici, che rilasciano il **certificato di taratura** dello strumento.

Per garantire la qualità delle tarature fornite dai laboratori, è stato creato il **Servizio Italiano di Taratura (SIT)**, che consiste in una rete di *Centri di Taratura*, che fanno capo a Istituti metrologici primari: INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica), ENEA (Ente Nazionale Energie Alternative) e ISS (Istituto Superiore di Sanità).

Il Servizio Italiano di Taratura mette a punto le procedure di taratura e verifica la compatibilità delle misure dei diversi laboratori, rilasciando a questi il riconoscimento quale Centro di Taratura.

La piramide costituita da Istituti metrologici primari e dai Centri di taratura forma la struttura della graduale disseminazione dei campioni fino a pervenire allo strumento usato sul posto di lavoro.



I risultati della taratura di uno strumento, compiuta da un Centro SIT, vengono trasmessi mediante un certificato.

memo

La metrologia ha ormai abbandonato l'uso del termine **errore**, a favore di **incertezza**.

Il primo infatti è sinonimo di sbaglio, discrepanza rispetto ad un «valore vero» che non si conosce e teoricamente resta indeterminato. Incertezza invece esprime meglio l'inderminatezza insita in ogni risultato sperimentale.

METODI DI MISURAZIONE

• Metodo di misurazione diretta

Consente di conoscere direttamente la misura senza ricorrere a misure di altre grandezze (tranne eventuali grandezze che influenzano la misurazione, come la temperatura).

Questo metodo comprende:

• Metodo di misura per deviazione o a lettura diretta.

La misura è fornita dallo spostamento dell'indice su una scala graduata o da altro tipo di segnale d'uscita. Gli strumenti di misura più usuali sono di questo tipo.

• Metodo di misura per azzeramento o per confronto.

La misura è fornita dal confronto della grandezza da misurare con un campione a essa omogeneo. Questo metodo è utilizzato nelle bilance a due piatti oppure nei calibri fissi.

• Metodo di misurazione indiretta

La misura è ricavata per calcolo da misure di altre grandezze collegate a quella da misurare.

Una misurazione di questo tipo è quella della velocità di un corpo, calcolata dalle misure dello spazio e del tempo, messe in relazione da una legge della fisica.

• Metodo di misurazione a letture ripetute

La misura viene assegnata come risultato di una analisi statistica di valori ottenuti con ripetute misurazioni nelle stesse condizioni.

Il metodo statistico più semplice nella elaborazione di misure ripetute consiste nell'estrpolare i valori che si discostano molto dagli altri e di questi ultimi calcolare la media aritmetica.

Per esempio ottenute le seguenti misure

15,6 mm - 15,7 mm - 14,7 mm - 15,5 mm

si elimina il valore 14,7, che è evidentemente il risultato di una errata lettura, e degli altri si calcola la media aritmetica:

$$\frac{15,6 + 15,7 + 15,5}{3} \text{ mm} = 15,6 \text{ mm}$$

Questa elaborazione del valore medio consente di attutire l'influenza di fattori accidentali sulla singola misura.

CARATTERISTICHE DEGLI STRUMENTI DI MISURA

Strumento di misura è un apparecchio in grado di fornire la misura di una grandezza fisica che interagisce con esso.

Vediamo le sue principali caratteristiche.

Formato d'uscita è il modo in cui lo strumento presenta il segnale d'uscita. In base ad esso gli strumenti si possono distinguere in:

- **strumenti analogici** (o *a indice*) se la misura è fornita da un indice che si muove in modo continuo su una scala graduata; per esempio è analogico un orologio con lancette su un quadrante.

- **strumenti digitali** (o *numerale*) se la misura è fornita in modo discontinuo tramite cifre su un display; per esempio è digitale un contakilometri.

Orologio analogico



Orologio digitale



Portata è la misura massima che lo strumento può fornire.

Campo di misura è l'intervallo tra la misura massima e la misura minima che lo strumento può esprimere.

Risoluzione è la più piccola misura che lo strumento è in grado di rilevare. Corrisponde normalmente alla più piccola suddivisione della scala graduata.

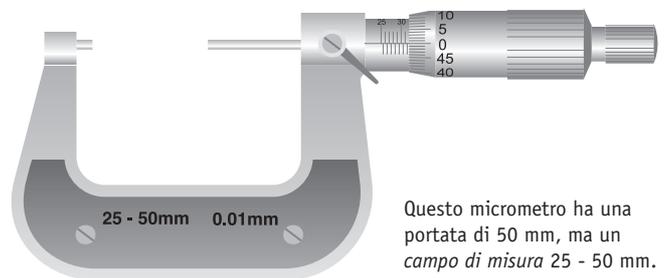
Sensibilità è l'attitudine dello strumento ad amplificare lo spostamento dell'indice al variare della grandezza misurata.

Ripetibilità è l'attitudine dello strumento a fornire misure costanti in ripetute misurazioni di una stessa grandezza.

Stabilità è l'attitudine dello strumento a dare misure costanti in diverse misurazioni di una stessa grandezza, alle stesse condizioni ma in un determinato intervallo di tempo.

Prontezza è l'attitudine dello strumento a fornire la misura in tempi rapidi.

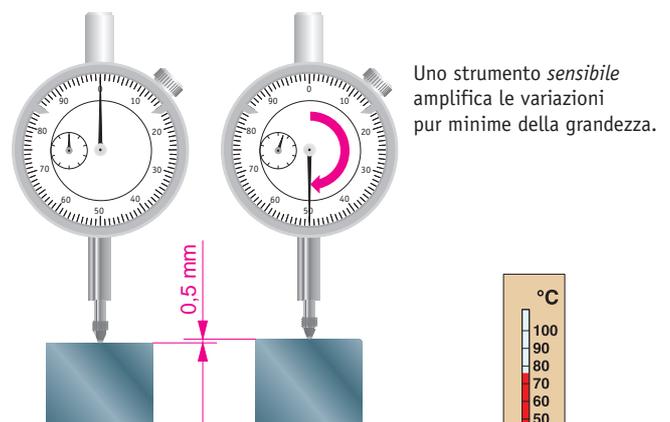
Classe di precisione è il gruppo di strumenti che rispettano precisi limiti di alcune caratteristiche metrologiche nelle condizioni prescritte.



Questo micrometro ha una portata di 50 mm, ma un campo di misura 25 - 50 mm.



La riga millimetrata presenta una *risoluzione* di 1 mm.



Uno strumento *sensibile* amplifica le variazioni pur minime della grandezza.

Il termometro è uno strumento con una *prontezza* ridotta, perché necessita di un tempo relativamente lungo per fornire la misura.

