

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.

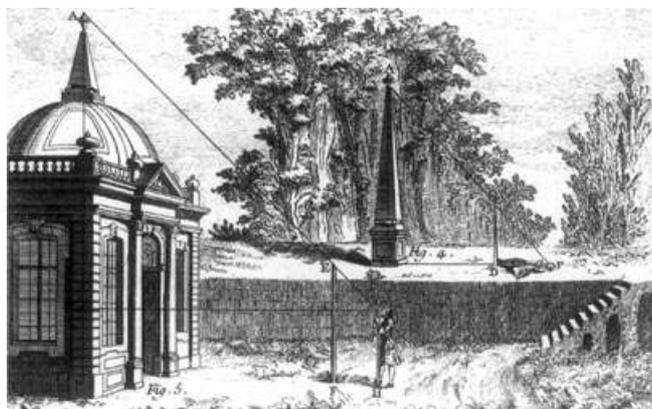
COME SI MISURA

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
ETTOLITRI LITRI DECILITRI

BOTTE	12	50	1
SALMA	12	50	1
MARCO	12	50	1
QUARTARA	12	50	1
QUARTUCCIA	12	50	1

MISURE DI CAPACITÀ PER I SOLIDI
ETTOLITRI LITRI DECILITRI

SALMA	12	50	1
TUNFOLE	12	50	1
MONDELLA	12	50	1
CAROZZO	12	50	1

MISURE AGRARIE
ETTARI ARE CENTIARE

SALMA	12	50	1
IBBAGIA	12	50	1
TUNFOLE	12	50	1
MONDELLA	12	50	1

PESI
CHILLOGRAMMI ETTOGRAMMI DECIGRAMMI

CANTARO	12	50	1
PISTOLE	12	50	1
ONCIA GROSSA	12	50	1

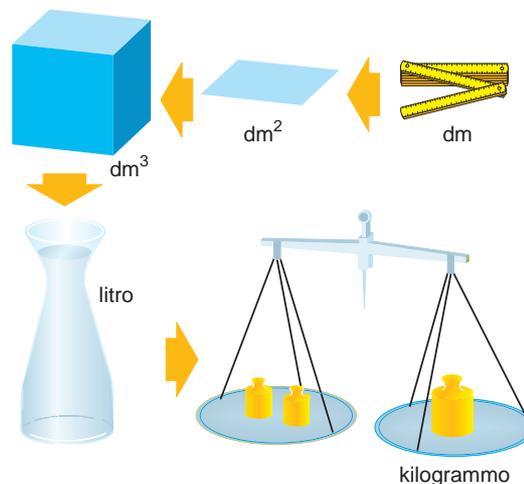
MISURE DI LUNGHEZZA
METRO PALMO CANNA

PALMO	26	CENTIMETRI
CANNA	2	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-	μ	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	mm =	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

STRUMENTI DI MISURA

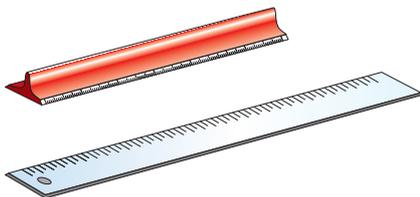
Mediante gli strumenti di misura siamo in grado di esprimere il valore delle grandezze. Questi dispositivi sono caratterizzati da alcune proprietà metrologiche rilevanti, quali:

- la **portata**, cioè il valore massimo che lo strumento può rilevare;
- la **risoluzione**, cioè la minima misura rilevabile dallo strumento;
- la **sensibilità**, cioè la capacità segnalare piccole variazioni nella misurazione;
- la **precisione**, cioè la scostamento rispetto a uno strumento campione.

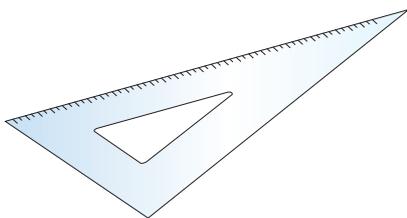
Di seguito esaminiamo solo i principali strumenti usati nel disegno tecnico.

STRUMENTI PER MISURE LINEARI

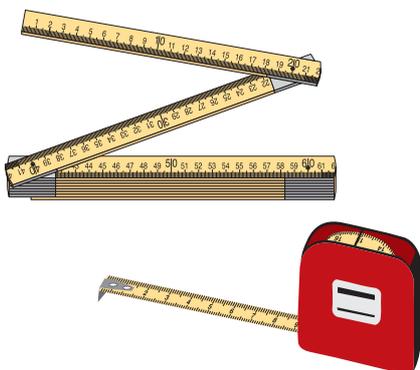
RIGHE E RIGHELLI GRADUATI. Hanno comunemente portata 20-60 cm e consentono misure con la risoluzione di 1 mm.



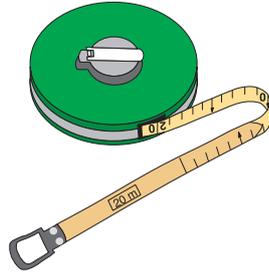
SQUADRE GRADUATE. Hanno comunemente portata 15-35 cm e consentono misure con la risoluzione di 1 mm. Esse consentono anche misurazioni di angoli particolari (90°, 30°, 45° e 60°).



METRO AVVOLGIBILE O PIEGHEVOLE. Con portata 1-2 m e risoluzione di 1 mm.



FETTUCCIA METRICA. Ha portata 10-20 m e consente misure con risoluzione di 1 cm.



ASTE GRADUATE.

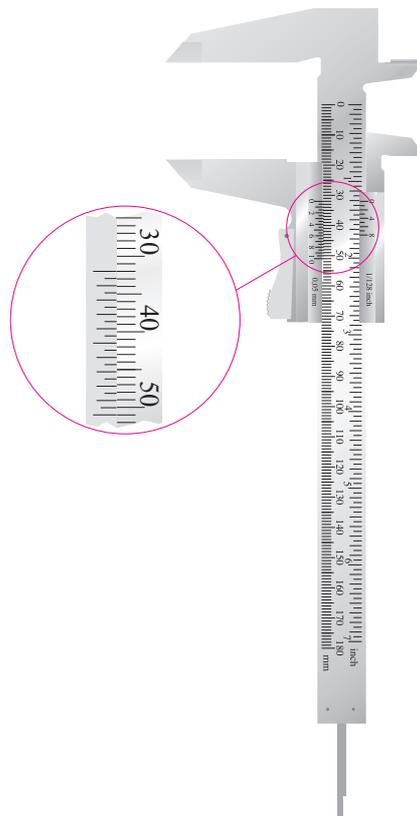
Hanno una portata di 1-3 m e consentono misure con risoluzione di 1 cm.



ASTE TELESCOPICHE.

In genere hanno portata 3-5 m e consentono misure con risoluzione di 1 cm.

CALIBRO A CORSOIO. Ha una portata di 130 - 500 mm e consente misure con risoluzione di 1/10, 1/20, 1/50 di mm, secondo il nonio in esso presente.



CALIBRO DIGITALE. Ha caratteristiche analoghe a quelle dello strumento precedente; in più è provvisto di un display su cui si legge il valore della misura.

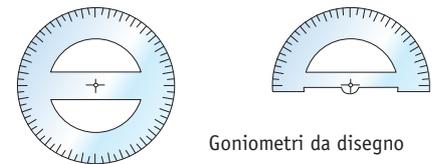


MICROMETRO.

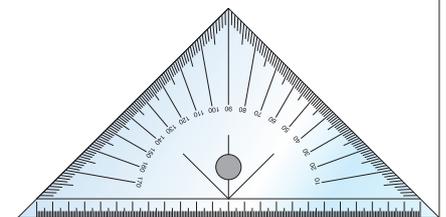
Con portata 25-100 mm, consente misure con risoluzione compresa tra 1/100 e 1/1000 di mm.

STRUMENTI PER MISURE ANGOLARI

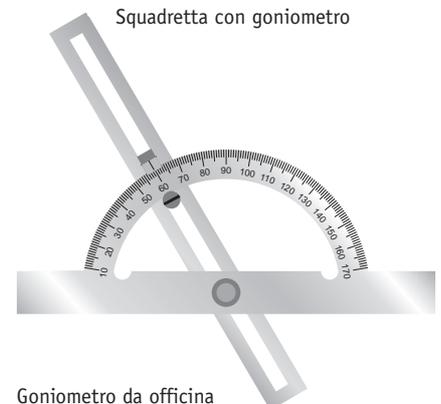
GONIOMETRO. Normalmente ha una portata di 180°-360° e consente misure con risoluzione di 1°.



Goniometri da disegno



Squadretta con goniometro

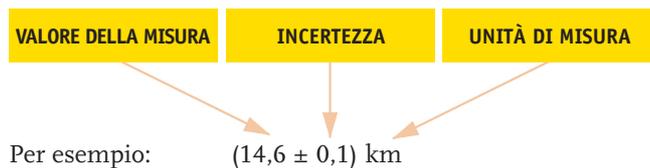


Goniometro da officina

INCERTEZZA DELLA MISURA

Misurando più volte lo stesso oggetto con uno stesso o diversi strumenti si registrano valori diversi; la misurazione è quindi soggetta a una **incertezza**.

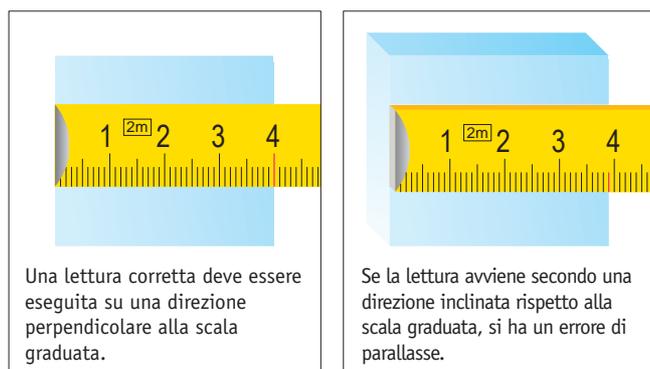
In pratica la misura è l'insieme di tre dati:



Anche usando gli strumenti più sofisticati è possibile ridurre l'incertezza, ma non annullarla. Le incertezze si possono classificare in due gruppi: incertezze sistematiche e incertezze accidentali.

INCERTEZZE SISTEMATICHE: sono principalmente quelle dovute allo strumento; strumenti di scarsa precisione, soggetti a usura, realizzati con materiali deformabili, forniscono misure costantemente diverse da quelle di altri strumenti. Esempio comune è quello di un orologio tarato male e che va avanti o indietro, rispetto a quelli più precisi. È da notare che gli strumenti di misura, soprattutto quelli di laboratorio, sono provvisti di **certificato di taratura** che assegna allo strumento una particolare **classe di precisione**.

INCERTEZZE ACCIDENTALI: sono quelle dovute soprattutto all'ambiente o all'operatore; non sono facilmente quantificabili, e pertanto obbligano a misurazioni ripetute, sulle quali si calcolano i valori medi. Su queste incertezze influiscono fattori quali l'umidità, la temperatura e l'illuminazione dell'ambiente; ma elemento determinante è anche la perizia dell'operatore: errori nella scelta del modello di misurazione o dello strumento adatto, errori di manovra e posizionamento, errori di lettura. Tra questi ultimi è da ricordare l'**errore di parallasse**, cioè quello in cui si incorre eseguendo una lettura da una visuale non perpendicolare al piano della scala graduata.



ACCETTABILITÀ DELLA MISURA

Spingendo al massimo livello la precisione di una misura si scopre che persistono margini, anche se ridottissimi, di incertezza. Si può quindi dire che non possiamo conoscere la «misura vera» che quindi non esiste; la metrologia, scienza della precisione per eccellenza, si rivela paradossalmente come la «scienza dell'imprecisione». Ciò non vuol dire che essa ci impedisca di realizzare misurazioni utili allo scopo, ma che essa consente di conoscere i margini di incertezza e quindi di valutare l'**accettabilità della misura**.

Non sempre le misure richiedono una precisione elevata; d'altronde misurazioni di questo tipo comportano costi e tempi che spesso entrano in conflitto con le esigenze economiche e pratiche. A seconda dei casi ci si può accontentare di misure approssimative, ma sufficienti; ciò dipende dalle caratteristiche dell'oggetto o del fenomeno da misurare. Per esempio se nella meccanica di precisione ci si deve spingere a misure con la risoluzione di 1/1000 di mm, nel definire la posizione di un oggetto all'interno di una stanza può essere sufficiente una misura con l'incertezza di 1 cm.

Si può pertanto dire che **la misura deve fornire una qualità di informazione funzionale agli scopi, alle esigenze e alle disponibilità dell'operatore**.

METROLOGIA APPLICATA

Nei paragrafi precedenti sono stati presentati i concetti fondamentali della metrologia, quali quelli di misura, unità di misura, sistemi di unità di misura e incertezza della misura.

Di seguito ci occuperemo della metrologia applicata, cioè dei problemi della misurazione e degli strumenti per misurare particolari caratteristiche, in particolare le dimensioni lineari (lunghezze).

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).

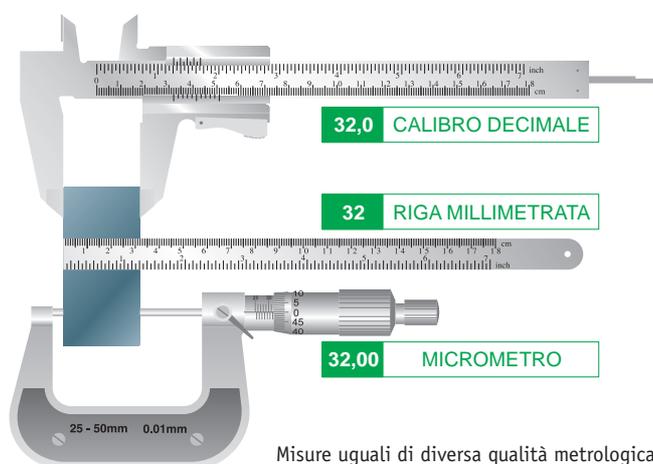
QUALITÀ DELLA MISURA

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.

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 un'analisi statistica di valori ottenuti con ripetute misurazioni nelle stesse condizioni.

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

Per esempio ottenute le seguenti misure

$$15,6 \text{ mm} - 15,7 \text{ mm} - 14,7 \text{ mm} - 15,5 \text{ mm}$$

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.

STRUMENTI PER MISURE LINEARI

• Campioni materiali

Sono apparecchi che riproducono una grandezza di valore noto con una data incertezza; essi non possiedono indici né parti mobili durante la misurazione.

Tra essi si possono citare:

- **blocchetti piano-paralleli**, parallelepipedi con dimensioni impresse sul pezzo, utilizzati per la taratura e l'azzeramento di strumenti di misura;
- **calibri fissi**, di vari tipi e forme, per il controllo rapido di dimensioni che rientrino entro un determinato campo di incertezza.

• Strumenti misuratori

Sono apparecchi che forniscono la misura per lettura diretta. Tra essi si possono citare:

- **righe millimetrata**, di vari materiali e dimensioni;
- **calibri a corsoio**, di vari tipi e forme, con una parte fissa e una scorrevole, a cui è solidale una scala aggiuntiva detta *nonio*;
- **micrometri**, di vari tipi e forme, con parte fissa e parte mobile, azionata da una vite micrometrica.



Calibro a corsoio con nonio ventesimale



Micrometro centesimale per esterni

CAMPIONI MATERIALI

• Blocchetti piano paralleli

Hanno forma di parallelepipedi con alto grado di precisione nella dimensione nominale (distanza tra le facce di misura), nella planarità e nel parallelismo tra le facce stesse. Sono realizzati in materiali particolarmente resistenti all'usura e alla corrosione, con garanzia di stabilità nel tempo. In generale sono realizzati in acciai legati, talvolta in carburo o in quarzo.

Le facce di misura, per le esigenze di precisione, sono levigate con lavorazione di lappatura ($R_a = 0,025 \mu\text{m}$).

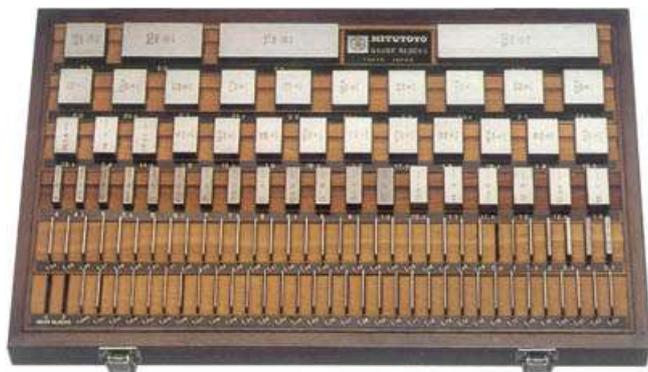
L'uso dei blocchetti piano paralleli è prevalentemente quello del controllo e della taratura degli strumenti di lavoro.

Esistono blocchetti di diverse classi di precisione a seconda della destinazione d'uso. La tabella UNI EN ISO 3650 ammette quattro classi di precisione decrescente:

- **Classe 00**, per laboratorio metrologico e come misura campione;
- **Classe 0**, per il controllo di blocchetti da lavoro e per la messa a punto di apparecchi di alta precisione;
- **Classe 1**, per la taratura e il controllo di calibri, micrometri, ecc.;
- **Classe 2**, per il controllo di calibri d'officina, per tracciature.

Sono venduti in serie con assortimento di pezzi di diverse dimensioni; ciò consente di combinarli fino a formare la dimensione desiderata.

L'estrema levigatezza delle superfici consente una elevata *adesione* spontanea tra le facce a contatto. Talvolta sono realizzati con foro centrale passante per combinarli più rapidamente mediante vite.



Blocchetti di riscontro piano-paralleli.



Blocchetti muniti di foro per combinarli mediante vite

Per conservare i requisiti certificati dal costruttore, bisogna usare i blocchetti con particolare cura:

- pulirli e sgrassarli prima dell'uso;
- separarli, pulirli e ingrassarli dopo l'uso;
- riporli nella cassetta da conservare lontana da calore, polvere e umidità.

Al fine di facilitare e allargare il loro uso, esistono accessori, quali morsetti per combinare diversi blocchetti, punte per tracciare, becchi di misura, ecc.

SERIE DI BLOCCHETTI (47 pezzi)

N° DI BLOCCHETTI	MISURA (mm)	INCREMENTI (mm)
1	1,005	-
9	1,01 ÷ 1,09	0,01
9	1,1 ÷ 1,9	0,1
24	1 ÷ 24	1,0
4	25 ÷ 100	25

• Calibri fissi

Sono dei campioni materiali di varia forma utilizzati per il controllo rapido di dimensioni che debbano rientrare entro precisi limiti dimensionali; essi pertanto portano impressa sia la dimensione nominale che la tolleranza.

Tra i più comuni sono i **calibri fissi differenziali**, che permettono di controllare la misura attraverso il controllo con due parti del campione, il *lato passa* e il *lato non passa*; essi perciò sono anche chiamati calibri tipo **passa-non passa**.

Per riconoscere il lato passa da quello non passa, si usano diversi segnali:

- indicazione dello scostamento su ciascun lato;
- incisione delle scritte «passa» e «non passa», oppure «P» e «NP»;
- marcatura del lato non passa con *bordo in rosso* o con *smusso* sulle sue facce di controllo.

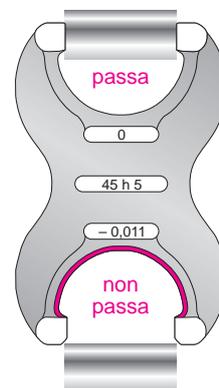


Calibri a tampone, a forcella e ad anello.

Tra i calibri differenziali sono molto diffusi:

- **calibri a tampone** e **calibri a barretta** (per fori);
- **calibri a forcella** e **calibri ad anello** (per esterni).

Per l'esecuzione del controllo si procede prima al controllo sul *lato passa*, se è positivo si passa al controllo sul *lato non passa*; se invece il pezzo ha dimensioni maggiori, non è accettabile per le condizioni di tolleranza prescritte, ma può essere eventualmente lavorato di nuovo. Se il pezzo non può essere introdotto nel *lato non passa*, ha superato il controllo; in caso contrario va scartato.



Il pezzo supera il controllo dimensionale solo se può essere introdotto nel lato *passa* ma non nel lato *non passa*.

CALIBRO A CORSOIO

Senz'altro è il più diffuso strumento di misure lineari, sia nelle officine che in tutto il mondo della tecnica. Presenta caratteristiche e impieghi diversi.

• Caratteristiche funzionali

In generale esso è costituito da una parte fissa (**corpo**) e da una parte mobile (**corsoio**).

Il corpo si compone di un'**asta fissa** (con graduazioni in millimetri e in pollici) e di uno o due **becchi fissi**. Il corsoio possiede uno o due **becchi scorrevoli**, una scala aggiuntiva (**scala del nonio**) ed è solidale a una **astina** per misurazioni di profondità.



• Caratteristiche costruttive

In genere è realizzato in acciaio inox temprato, molto resistente alle deformazioni e all'usura.

Le superfici di contatto tra asta graduata e corsoio devono essere piane e levigate per garantire uno scorrimento fluido e in una sola direzione.

Il corsoio possiede un dispositivo di bloccaggio che funziona in qualunque posizione di misura.

I tratti delle diverse graduazioni devono essere linee nitide con spessore tra 0,08 e 0,2 mm.

I becchi devono garantire parallelismo e planarità. Le loro estremità sono affilate, talvolta raccordate o smussate.

Sulla faccia posteriore dello strumento si trovano spesso stampate delle tabelle di uso pratico in officina (peso di barre quadrate o tonde, diametro di fori per filettature).

Campo di misura: da un minimo di 0 ÷ 135 mm, ad un massimo di 0 ÷ 1000 mm.

Risoluzione: 0,1 - 0,05 - 0,02 mm (nei calibri a lettura digitale 0,01 mm).

• Impieghi

Il calibro è abbastanza versatile e può essere utilizzato:

- per misure esterne;
- per misure interne;
- per misure di profondità.



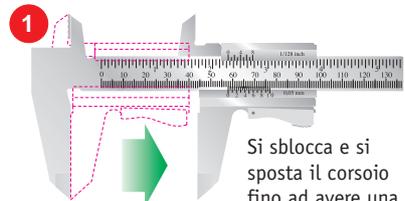
Calibri speciali sono destinati a una sola di queste misurazioni, oppure ad altre (misurazioni di altezze e operazioni di tracciatura).

Il valore della misura può essere visualizzato anche da un indice su quadrante (nei calibri con comparatore) e da cifre su display (nei calibri digitali).

• Controlli preliminari all'uso

- Lo scorrimento del corsoio deve essere regolare e continuo per tutta la corsa.
- Il dispositivo di bloccaggio deve funzionare in modo efficace.
- I becchi sia per interni sia per esterni devono possedere parallelismi e planarità accettabili (verificabili anche con un controllo visivo in controtuce).
- Lo strumento totalmente chiuso deve fornire un perfetto azzerramento della scala fissa rispetto a quella del nonio.

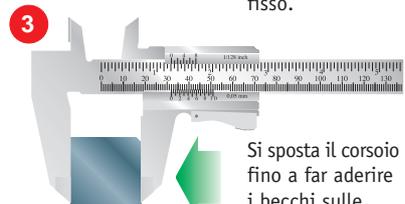
• Uso del calibro per misurazione di esterni



Si sblocca e si sposta il corsoio fino ad avere una apertura maggiore di quella del pezzo da misurare.



Si inserisce il pezzo, poggiandone una faccia sul becco fisso.



Si sposta il corsoio fino a far aderire i becchi sulle facce, si blocca il corsoio e si legge la misura.

memo

Misure inglesi

Non più ammesse dal Sistema Internazionale, ma ancora usate nei paesi anglosassoni e in alcuni ambiti della meccanica, sono le seguenti unità di misura lineari:

1 yarda = 3 piedi = 36 pollici

La corrispondenza con le unità del SI fornisce:

1 pollice = 25,4 mm

Il pollice si indica con il simbolo " (per esempio 10").

Il pollice ha i seguenti sottomultipli espressi in frazioni:

1/2 1/4 1/8 1/16 1/32 1/64 1/128

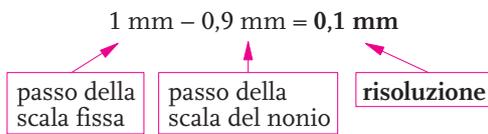
NONIO

È una scala graduata accessoria che caratterizza il calibro a corsoio. Esso consente di misurare anche frazioni di millimetro, quindi fornisce allo strumento una **risoluzione inferiore a 1 mm**. In generale il nonio è una scala graduata con passo diverso dal millimetro, che invece caratterizza la scala dell'asta fissa. *La differenza tra il passo della scala fissa e quello del nonio fornisce la risoluzione dello strumento.* A seconda del numero delle parti che formano la scala del nonio si hanno:

- nonio decimale (risoluzione 1/10 mm)
- nonio ventesimale (risoluzione 1/20 mm)
- nonio cinquantalesimale (risoluzione 1/50 mm)

NONIO DECIMALE

Esso consiste in una scala lunga 9 mm divisa in 10 parti uguali. Pertanto ogni parte della scala del nonio è lunga $9/10 \text{ mm} = 0,9 \text{ mm}$. Essendo la risoluzione dello strumento pari alla differenza tra il passo della scala fissa e quello del nonio, si ha:



Vediamo in concreto cosa significa. Quando il corsoio è in posizione di chiusura del calibro, lo zero del nonio coincide con lo zero della scala fissa, mentre il trattino 10 della scala del nonio è perfettamente allineato con il tratto 9 della scala fissa; nessun altro trattino della scala del nonio è allineato con quelli della scala fissa.

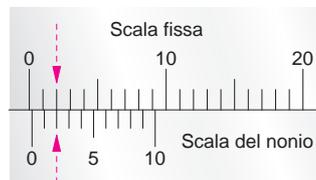
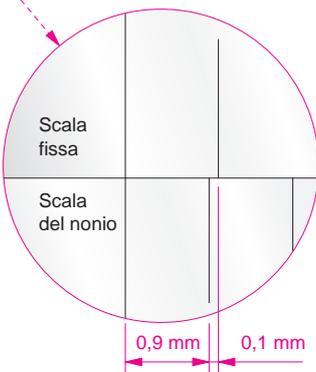
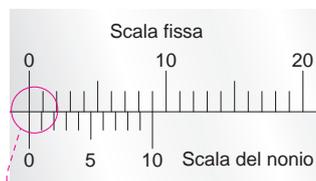
Se spostiamo il corsoio fino a far allineare il trattino 1 della scala del nonio con il trattino 1 della scala fissa, si noterà che non vi è altro allineamento tra i trattini delle due scale. Lo spostamento sarà pari alla differenza tra il passo della scala fissa e il passo della scala del nonio e quindi

$$1 \text{ mm} - 0,9 \text{ mm} = 0,1 \text{ mm}$$

Questo spostamento è la più piccola misura che il calibro con nonio decimale riesce ad apprezzare. Ulteriori spostamenti fornirebbero allineamenti su altri trattini della scala del nonio e pertanto fornirebbero le seguenti misure:

- 0,2 mm con allineamento sul trattino 2
- 0,3 mm con allineamento sul trattino 3
- 0,4 mm con allineamento sul trattino 4

... e così via.



L'allineamento del trattino 2 indica una misura di 0,2 mm

nota bene

Alcuni costruttori realizzano calibri con scala fissa graduata in mm, ma la numerazione riporta i valori in cm; nella figura, per esempio, l'ultimo trattino corrisponde a una misura di 180 mm e non di 18 mm.

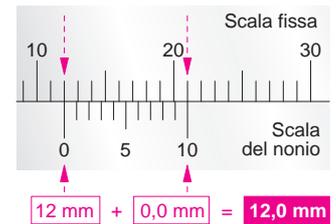


• Lettura del calibro con nonio decimale

I valori delle misure fornite da un calibro di questo tipo (comunemente detto *calibro decimale*) sono composte da una *parte intera* e una *parte decimale*.

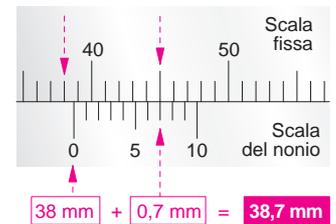
La parte intera viene fornita dalla posizione del tratto 0 del nonio.

Se esso si trova *perfettamente allineato* con un trattino della scala fissa, da quest'ultimo si ricava il valore della misura (per esempio nella figura a fianco si legge la misura 12,0 mm).



La certezza dell'allineamento dello 0 del nonio con il trattino della scala fissa è verificabile dall'allineamento anche del tratto 10 del nonio con uno della scala fissa.

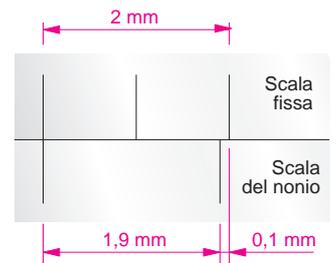
Se invece il tratto 0 del nonio *non coincide* con uno della scala fissa



- la parte intera del valore si ricava dal tratto della scala fissa che si trova a sinistra del tratto 0 del nonio (in figura questo valore è 38 mm);
- la parte decimale viene indicata dal tratto del nonio allineato con uno della scala fissa (in figura è il tratto 7 e quindi il valore decimale è 0,7 mm). Quindi la misura fornita è 38,7 mm.

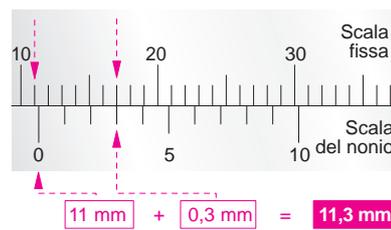
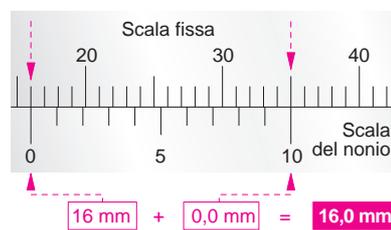
NONIO DECIMALE DOPPIO

Questa variante del nonio decimale è più pratica nella lettura, ma ha la stessa risoluzione (0,1 mm); la sua *lunghezza complessiva è pari a 19 mm*. Anche in questo la scala del nonio è divisa in 10 parti uguali, che pertanto risultano di 1,9 mm ciascuna (v. figura a fianco).



• Lettura del calibro con nonio decimale

La lettura dei valori interi e decimali delle misure è identica a quella del nonio decimale, ma si ha il vantaggio della maggiore ampiezza del passo del nonio che aumenta la leggibilità.



glossario

Nonio deriva dal nome del portoghese Pedro Nuñez (1492 - 1577), che inventò un dispositivo analogo a quello attuale. Nella sua forma definitiva esso è stato messo a punto dal francese Pierre Vernier (1580 - 1637), in memoria del quale il nonio è talvolta chiamato *verniero*.

NONIO VENTESIMALE

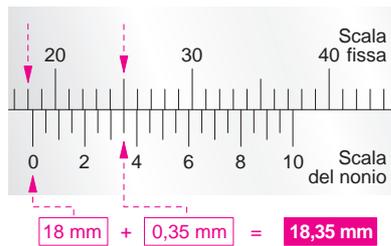
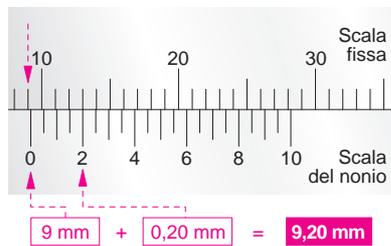
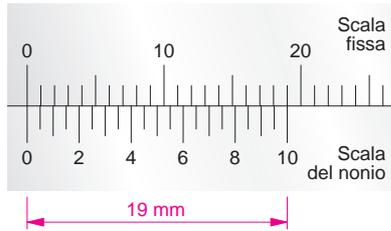
La scala di questo tipo di nonio è lunga complessivamente 19 mm ed è divisa in 20 parti uguali. Quindi ogni parte della scala del nonio è lunga $19/20 \text{ mm} = 0,95 \text{ mm}$. La differenza tra il passo della scala fissa e quello del nonio fornisce la risoluzione:

$$1 \text{ mm} - 0,95 \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}$$

↑
↑
↑
passo della
passo della
risoluzione
scala fissa
scala del nonio

In questo caso la scala del nonio pur essendo divisa in 20 parti è numerata da 0 a 10, ma solo per facilitare il calcolo decimale.

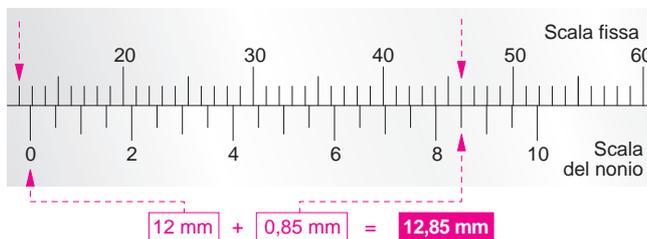
Con questo nonio se è allineato il primo trattino, alla parte intera della misura dovremo aggiungere un valore decimale di 0,05 mm; così al secondo trattino la parte decimale è di 0,10, al terzo è 0,15 e così via.



Esempi di lettura di misurazioni con calibro ventesimali.

• Nonio ventesimali doppio

Ha una scala divisa in 20 parti ma di lunghezza totale pari a 39 mm. La *risoluzione dello strumento* è 0,05 (cioè identica a quella del nonio ventesimali), però la maggiore ampiezza delle singole parti del nonio facilita la leggibilità della parte decimale della misura.



$$12 \text{ mm} + 0,85 \text{ mm} = 12,85 \text{ mm}$$

nota bene

Per individuare la **risoluzione** di un calibro basta *controllare la divisione della scala del nonio*.

Se questa è divisa in

- 10 parti → risoluzione = 0,1 mm (1/10 mm);
- 20 parti → risoluzione = 0,05 mm (1/20 mm);
- 50 parti → risoluzione = 0,02 mm (1/50 mm).

La lunghezza totale della scala del nonio non influenza la risoluzione. Spesso la risoluzione è anche stampata o incisa sullo strumento.

NONIO CINQUANTESIMALE

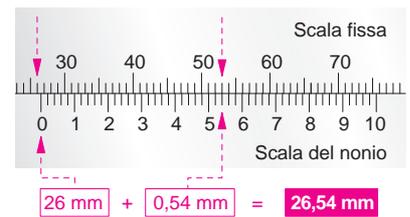
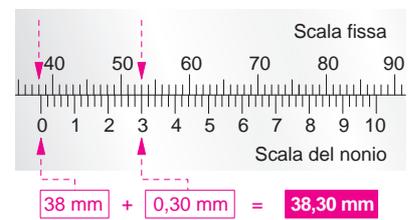
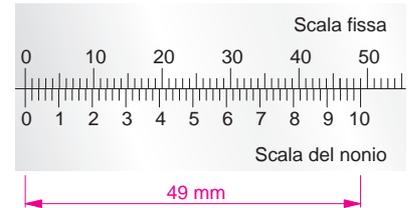
Questo nonio ha una scala di lunghezza complessiva 49 mm ed è diviso in 50 parti uguali. Quindi ogni parte della scala del nonio è lunga $49/50 \text{ mm} = 0,98 \text{ mm}$. La differenza tra il passo della scala fissa e quello del nonio fornisce la risoluzione:

$$1 \text{ mm} - 0,98 \text{ mm} = 0,02 \text{ mm}$$

↑
↑
↑
passo della
passo della
risoluzione
scala fissa
scala del nonio

La scala del nonio è divisa in 50 parti ma è numerata da 0 a 10 per facilitare il calcolo decimale.

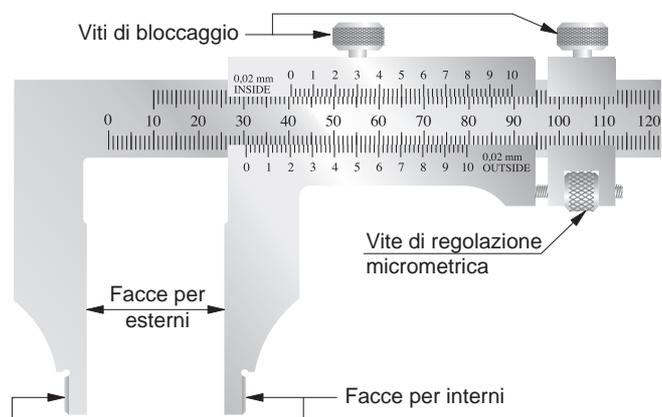
delle misure è analoga a quella degli altri tipi di nonio. Se è allineato il primo trattino, alla parte intera della misura dovremo aggiungere un valore decimale di 0,02 mm; se è allineato il secondo trattino la parte decimale è di 0,04, per il terzo è 0,06 e così via.



Esempi di lettura di misurazioni con calibro cinquantalesimi.

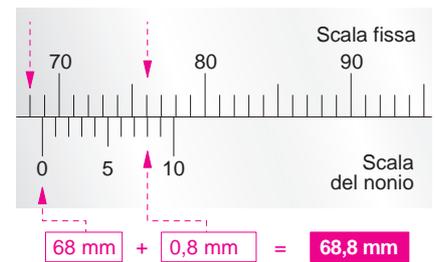
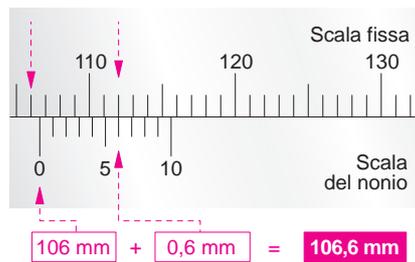
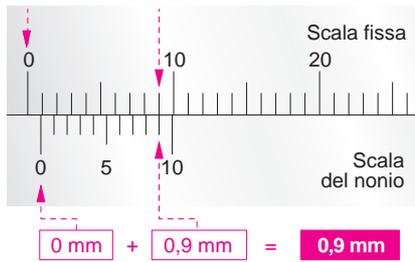
• Caratteristiche costruttive del calibro cinquantalesimi

Per esigenze funzionali il calibro cinquantalesimi è spesso realizzato in modi particolari. È frequente che possieda una sola coppia di becchi sia per interni che per esterni. Talvolta c'è una doppia scala (inferiore e superiore) in mm, la prima riferita alle misure esterne, l'altra alle misure interne. È spesso presente un doppio corsoio con vite micrometrica per piccoli spostamenti.



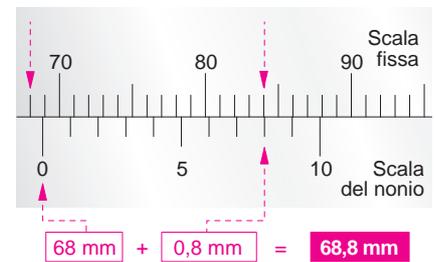
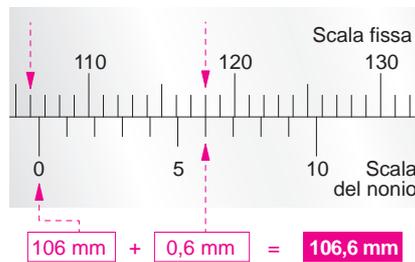
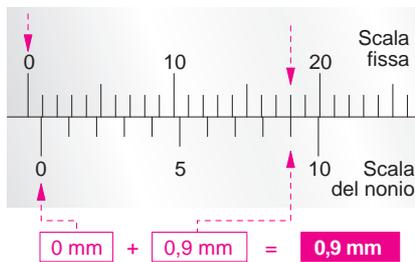
LETTURA DI MISURE CON DIVERSI TIPI DI CALIBRO

• Calibro decimale

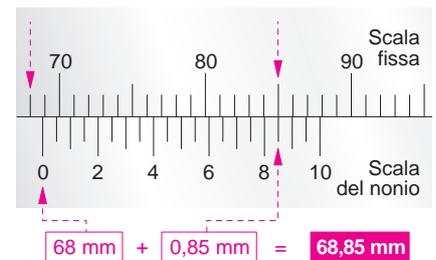
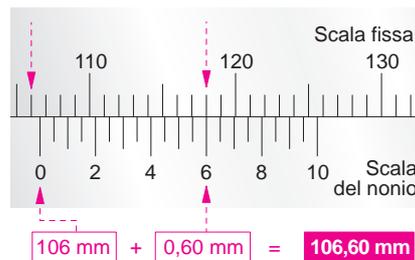
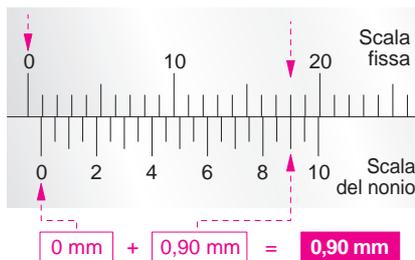


Nel caso di sopra e in quello di sotto si può notare un allineamento imperfetto e pertanto si sceglie il trattino del nonio più vicino all'allineamento, approssimando il valore per difetto o per eccesso.

• Calibro decimale doppio

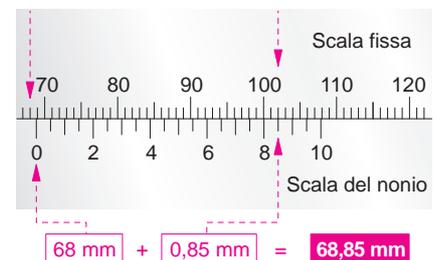
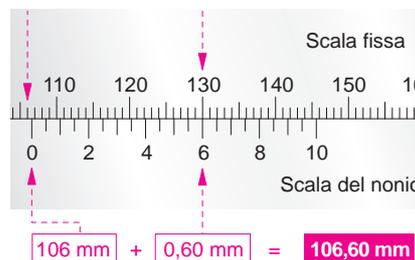
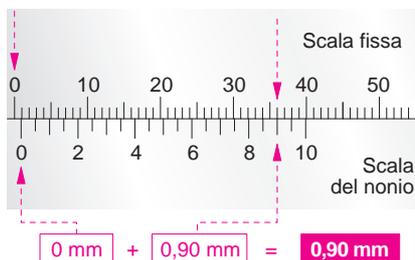


• Calibro ventesimale



Con un calibro ventesimale (quindi con una migliore risoluzione) la stessa misura di prima può essere letta senza approssimazione per eccesso o per difetto.

• Calibro ventesimale doppio

**nota bene**

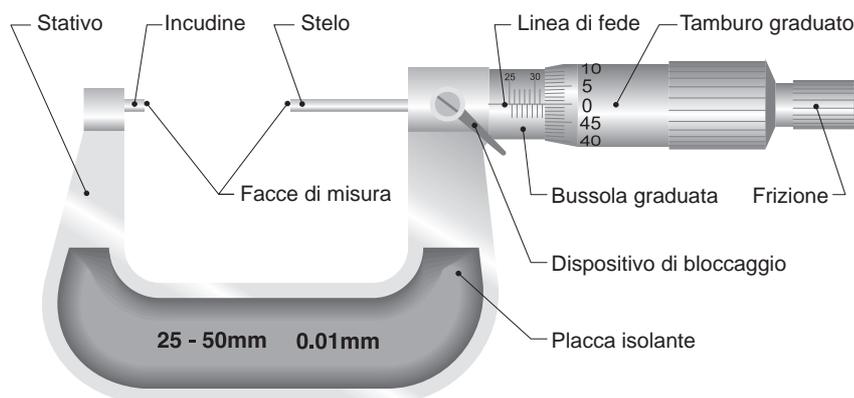
Quando uno strumento analogico, quindi con spostamento continuo del suo indice, fornisce un valore intermedio tra quelli riportati sulla scala graduata, si opera una **approssimazione per eccesso o per difetto**; ciò significa che si sceglie il valore successivo o precedente alla posizione dell'indice, a seconda che questo sia più vicino all'uno o all'altro tratto della scala.

MICROMETRO

È uno strumento d'officina molto usato per misurazioni di notevole precisione, la sua risoluzione infatti va da 0,01 mm a 0,001 mm. In generale lo strumento è composto da una parte fissa con bussola graduata e una parte mobile (un tamburo che, grazie a una vite micrometrica, crea un movimento lineare continuo dello stelo). I diversi tipi di micrometro (per esterni, per interni, per profondità) differiscono nella forma delle superfici di contatto, ma il meccanismo è essenzialmente lo stesso.

MICROMETRO PER ESTERNI

La parte fissa è costituita da uno **stativo** (o *arco*) alle cui estremità sono solidali una **incudine** (appoggio fisso per una faccia del pezzo da misurare) e una **bussola graduata** con *linea di fede*. La parte mobile comprende un **tamburo graduato** che è solidale con una **vite micrometrica** all'interno e che aziona uno **stelo** (o *asta mobile*) da poggiare sull'altra faccia del pezzo da misurare.



• Caratteristiche costruttive

Lo stativo è realizzato in acciaio o ghisa malleabile, mentre la parte mobile (tamburo, stelo e vite) sono in acciaio inox temprato, molto resistente alle deformazioni e all'usura. Particolarmente dure e resistenti all'usura sono le facce di misura dell'incudine e dello stelo. Queste devono essere piane e parallele, con spigoli smussati.

Il tamburo graduato presenta 50 divisioni, se il passo della vite è 0,5 mm; in particolari tipi di micrometro le divisioni sono invece 100 quando il passo è 1 mm. I tratti delle diverse graduazioni debbono essere nitidi con spessore tra 0,08 e 0,2 mm. I micrometri devono possedere un dispositivo di azzeramento e per la compensazione dell'usura della vite.

Campo di misura: è sempre di 25 mm anche se la portata cresce con incrementi di 25 mm. Pertanto si hanno micrometri per misure da

0 ÷ 25 mm 25 ÷ 50 mm 50 ÷ 75 mm e così via.

Risoluzione: 0,01 mm (in alcuni tipi arriva a 0,001 mm).

• Caratteristiche funzionali

Mediante rotazione del tamburo lo stelo si sposta con movimento lineare; a ogni giro completo del tamburo l'avanzamento è pari al passo della vite micrometrica (normalmente, **passo = 0,5 mm**).

Per evitare che lo stelo crei una pressione eccessiva sul pezzo e che di conseguenza deformi lo stativo e la vite micrometrica, il tamburo è provvisto di **frizione** (o *limitatore di coppia*) che blocca lo spostamento quando la forza di compressione supera il valore di 10 N. Pertanto la frizione viene utilizzata per gli spostamenti in prossimità dell'appoggio alla faccia del pezzo, mentre per spostamenti più ampi e rapidi si usa il tamburo.

nota bene

Passo di una filettatura è la distanza tra due creste successive del filetto.

glossario

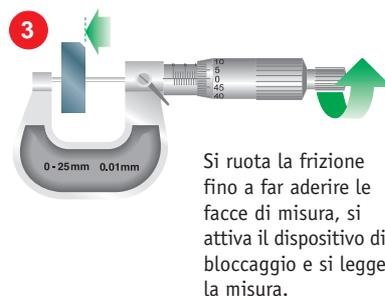
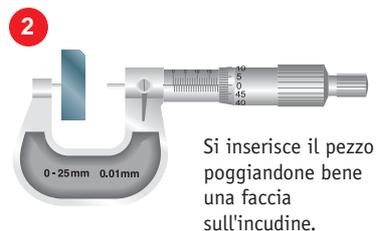
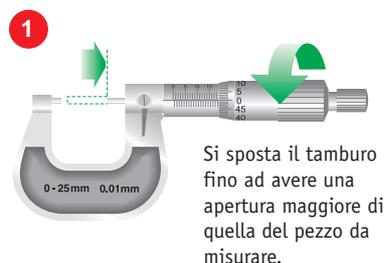
Calibro Palmer è il nome che in officina si usa ancora spesso per il micrometro, dal nome del suo inventore Jean Louis Palmer.



• Controlli preliminari all'uso

- Il movimento della vite micrometrica deve essere regolare, senza sforzo né gioco per tutta la corsa.
- Il dispositivo di bloccaggio deve funzionare in modo efficace.
- Le facce di misura debbono essere ben pulite.
- Lo strumento totalmente chiuso deve fornire un perfetto azzeramento.
- La temperatura ambientale deve essere di circa 20 °C.

• Uso del micrometro per esterni



Nelle foto si vede come si tiene il micrometro quando si hanno ambedue le mani libere (a sinistra) oppure come si blocca su supporto quando una mano è impegnata (sopra).

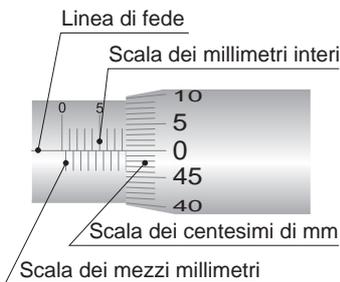
• **Letture di misure con il micrometro**

Come già accennato il tamburo è solidale alla vite micrometrica e allo stelo; esso inoltre presenta sul lembo conico una graduazione con 50 divisioni.

Dopo un giro completo del tamburo lo stelo avrà compiuto uno spostamento pari al passo della vite; se il passo è 0,5 mm lo spostamento per un giro completo è appunto di 0,5 mm e conseguentemente a ogni trattino della scala del tamburo corrisponderà uno spostamento di 0,01 mm (0,5 mm : 50 = 0,01 mm). Questa è la più piccola frazione di millimetro che lo strumento può misurare, quindi la sua *risoluzione* è 0,01 mm.

Se il micrometro è chiuso il lembo del tamburo coincide perfettamente con lo 0 della scala della bussola e lo 0 della graduazione del tamburo coincide con la linea di fede.

Ruotando il tamburo si scopre gradualmente la scala della bussola; questa però è doppia. Sopra la linea di fede c'è la graduazione in mm, mentre al di sotto si trova una seconda graduazione anch'essa in mm, ma sfalsata rispetto alla precedente di 0,5 mm. La prima segnala i millimetri interi, la seconda i mezzi millimetri.

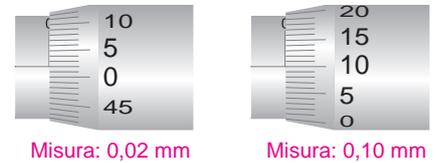


Dopo un giro il lembo del tamburo coincide con il primo trattino della scala dei mezzi millimetri; l'avanzamento è stato quindi di 0,5 mm. Dopo due giri il lembo si trova sul primo trattino della scala dei millimetri interi, quindi la misura è 1 mm. E così via per giri completi del tamburo.



Sulla scala fissa si leggono i millimetri o i mezzi millimetri.

Per misurare invece giri incompleti del tamburo potremo leggere sulla scala graduata quale trattino coincide con la linea di fede; ognuno di essi indica la misura da aggiungere per il giro incompleto: il primo trattino corrisponde a 0,01 mm, il secondo a 0,02 mm e così via fino a 0,49 mm.

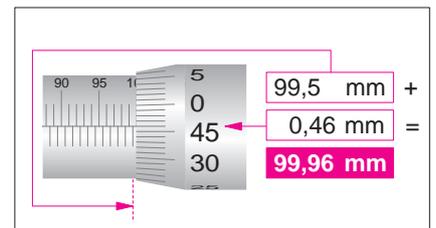
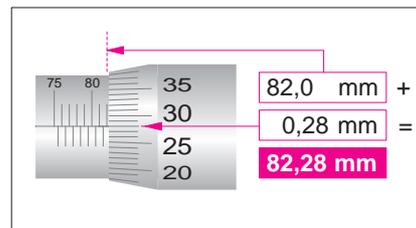
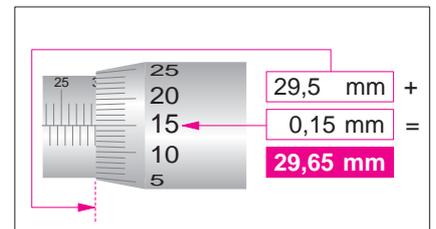
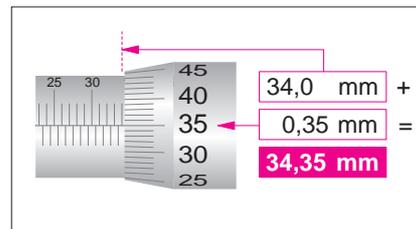
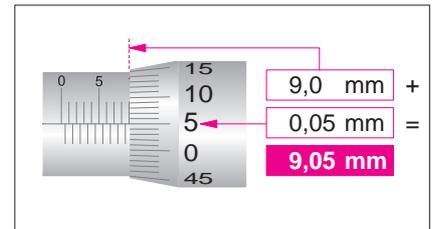
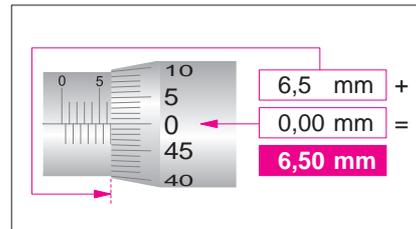


Sulla graduazione del tamburo si leggono i centesimi di mm.

Pertanto per leggere una misura sul micrometro procederemo così:

- leggere sulla scala fissa il valore in mm, con l'aggiunta di un eventuale mezzo millimetro se il trattino più vicino al lembo del tamburo è quello della scala dei mezzi millimetri;
- aggiungere i centesimi di mm rilevabili dalla scala graduata del tamburo.

• **Esempi di lettura**



• **Accorgimenti dopo l'uso**

- Dopo la lettura estrarre il pezzo dal micrometro solo dopo aver allontanato le facce di misura dalle facce del pezzo.
- Ripetere la misurazione più volte per attenuare l'incidenza negativa di errori operativi o di lettura della misura,
- Pulire lo strumento e metterlo nella sua custodia, che va tenuta al riparo da calore, polveri e umidità.

• **Controlli periodici sul micrometro**

- Azzeramento e taratura con blocchetti pianoparalleli.
- Planarità (con dischi interferometrici) e parallelismo delle facce di misura .
- Pulizia e lubrificazione della vite.



Taratura di un micrometro con blocchetti pianoparalleli.

nota bene

Alcuni costruttori realizzano micrometri con una scala fissa simmetrica rispetto a quella illustrata in queste pagine: sotto alla linea di fede c'è la scala dei millimetri interi, sopra c'è quella dei mezzi millimetri.

