

# METROLOGIA

La *metrologia* è la scienza che si occupa della misura di grandezze fisiche, ne studia i principi, i metodi, i mezzi necessari per effettuarle e ne stabilisce i sistemi di misura e le relative unità.

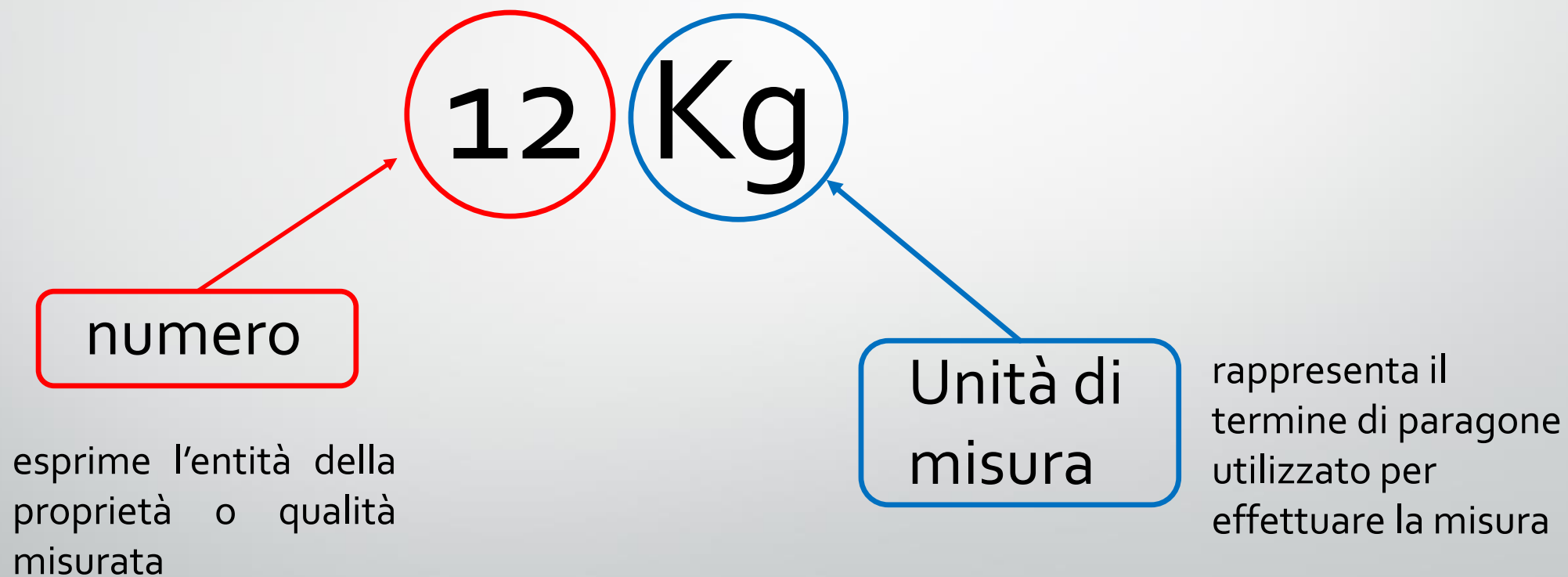



Gli obiettivi della metrologia sono:

- Studio dei sistemi di misura
- Assegnazione delle unità di misura alle grandezze
- Scelta e studio degli strumenti



Ogni misura deve essere espressa da un **numero** e da una **unità di misura**.





Si definisce sistema di unità di misura un complesso di norme con le quali vengono assegnate le unità di misura ad alcune grandezze, dette **fondamentali**. Le unità di misura delle altre grandezze, dette **derivate**, vengono assegnate mediante relazioni che le legano alle grandezze fondamentali.

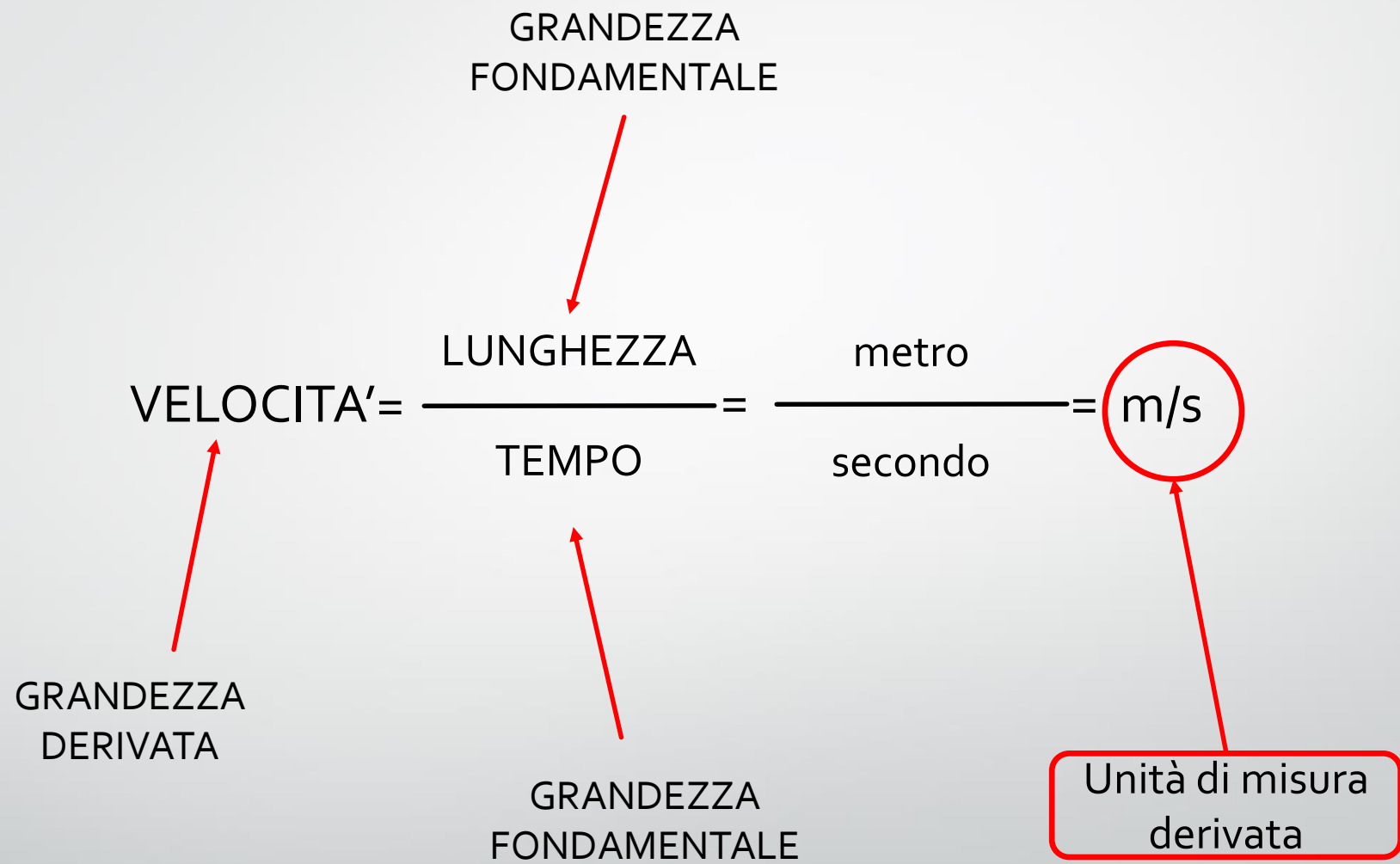
Nel 1971 il consiglio delle comunità europee ha emanato una direttiva con la quale impone a tutti gli stati membri di adottare il **sistema internazionale di misura (SI)**.

Grandezza	Unità di misura	Simbolo	Definizioni
Lunghezza	metro	m	Distanza percorsa dalla luce nel vuoto in un tempo pari a una frazione di 1/299 792 458 s (XVII CGPM, 1983)
Massa	kilogrammo	kg	Massa uguale a quella del prototipo internazionale del kilogrammo, una barra di platino-iridio (III CGPM, 1901)
Tempo	secondo	s	Durata di 9 192 631 770 periodi della radiazione corrispondente alla transizione tra due livelli iperfini dello stato stazionario dell'atomo di Cesio 133 (XIII CGPM, 1967-1968)
Temperatura	kelvin	K	Frazione 1/273,16 della temperatura termodinamica del punto triplo dell'acqua (XIII CGPM, 1967-1968)
Quantità di sostanza	mole	mol	Quantità di sostanza di un sistema che contiene tante unità elementari quanti sono gli atomi contenuti in 0,012 kg di carbonio 12. Quando viene usata la mole devono essere specificate le unità elementari che potrebbero essere atomi, ioni, elettroni, altre particelle, o gruppi specifici di tali particelle (XIV CGPM, 1971)
Intensità di corrente elettrica	ampère	A	Corrente costante che, se mantenuta in due conduttori dritti e paralleli di lunghezza infinita, di sezione circolare (trasversale), e disposti a un metro di distanza nel vuoto, produrrebbe tra questi due conduttori una forza pari a $2 \times 10^{-7}$ newton per metro di lunghezza (IX CGPM, 1948)
Intensità luminosa	candela	cd	Intensità luminosa, in una data direzione, di una sorgente che emette una radiazione monocromatica della frequenza di $540 \times 10^{12}$ hertz avente una intensità radiante in quella direzione di 1/683 watt per steradiano (XVI CGPM, 1979)



Le unità SI derivate vengono assegnate mediante relazioni che le legano alle grandezze fondamentali. Di seguito alcuni esempi.

GRANDEZZA	DIMENSIONE	UNITA'	SIMBOLO
Velocità	$[LT^{-1}]$	metro/secondo	m/s
Accelerazione	$[LT^{-2}]$	metro/secondo quadrato	$m/s^2$
Forza	$[MLT^{-2}]$	newton	$1N=1kg/s^2$
Energia, Lavoro, Calore	$[ML^2T^{-2}]$	joule	$1J=1Nm$
Potenza	$[ML^2T^{-3}]$	watt	$1W=1J/s$
Pressione	$[ML^{-1}T^{-2}]$	pascal	$1Pa=1N/m^2$
Volume	$[L^3]$	metro cubo	$m^3$
Volume specifico	$[L^3/M]$	metro cubo/kilogrammo	$m^3/kg$
Densità (massa volumica)	$[ML^{-3}]$	kilogrammo/metro cubo	$kg/m^3$
Entalpia	$[L^2T^{-2}]$	joule/kilogrammo	J/kg
Entropia	$[L^2T^{-2}\theta^{-1}]$	joule/(kilogrammo·kelvin)	J/kgK
Portata volumetrica	$[L^3T^{-1}]$	metri cubi/secondo	$m^3/s$
Portata massica	$[MT^{-1}]$	kilogrammi/secondo	kg/s
Conduttività termica	$[MLT^{-3}\theta^{-1}]$	watt/(metro·kelvin)	W/mK
Conduttanza superficiale	$[MT^{-3}\theta^{-1}]$	watt/(metro quadro·kelvin)	W/m <sup>2</sup> K



ACCELERAZIONE =  $\frac{\Delta \text{VELOCITA}'}{\Delta \text{TEMPO}} = \frac{\text{metro}}{\text{secondo}} \frac{1}{\text{secondo}} = \text{m/s}^2$

GRANDEZZA DERIVATA (pointing to  $\Delta \text{VELOCITA}'$ )

GRANDEZZA DERIVATA (pointing to ACCELERAZIONE)

GRANDEZZA FONDAMENTALE (pointing to  $\Delta \text{TEMPO}$ )

Unità di misura derivata (pointing to  $\text{m/s}^2$ )



Nelle elaborazioni numeriche, per evitare errori, si raccomanda l'uso delle unità SI.

Ciò a volte può risultare poco pratico e richiedere numeri molto grandi o troppo piccoli per esprimere grandezze comuni. In questo caso è necessario introdurre dei loro **multipli e sottomultipli** a cui si dà il nome di prefissi SI.

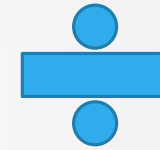
### multipli e sottomultipli nel Sistema Internazionale

fattore di moltiplicazione	prefisso	simbolo	valore
$10^{24}$	yotta	Y	1 000 000 000 000 000 000 000 000
$10^{21}$	zetta	Z	1 000 000 000 000 000 000 000
$10^{18}$	exa	E	1 000 000 000 000 000 000
$10^{15}$	peta	P	1 000 000 000 000 000
$10^{12}$	tera	T	1 000 000 000 000
$10^9$	giga	G	1 000 000 000
$10^6$	mega	M	1 000 000
$10^3$	chilo	k	1 000
$10^2$	etto	h	100
$10^1$	deca	da	10
$10^{-1}$	deci	d	0.1
$10^{-2}$	centi	c	0.01
$10^{-3}$	milli	m	0.001
$10^{-6}$	micro	$\mu$	0.000 001
$10^{-9}$	nano	n	0.000 000 001
$10^{-12}$	pico	p	0.000 000 000 001
$10^{-15}$	femto	f	0.000 000 000 000 001
$10^{-18}$	atto	a	0.000 000 000 000 000 001
$10^{-21}$	zepto	z	0.000 000 000 000 000 000 001
$10^{-24}$	yocto	y	0.000 000 000 000 000 000 000 001

In U.S. il prefisso **deca** è comunemente definito **deka**



$10^3$	chilo	k	1 000
$10^2$	etto	h	100
$10^1$	deca	da	10
$10^{-1}$	deci	d	0.1
$10^{-2}$	centi	c	0.01
$10^{-3}$	milli	m	0.001



Esempi:

1 mm=0,001 m

1 KW=1000W

1 hm=100m

Un esempio:

	chilo	k	
	etto	h	
	deca	da	
	deci	d	
partenza →	centi	c	× 10
arrivo →	milli	m	

$$11 \times 10 = 110$$

$$11 \text{ cm} = \dots 110 \dots \text{ mm}$$

Un esempio:

	chilo	k
	etto	h
	deca	da
arrivo →	deci	d
partenza →	centi	c
	milli	m

↑

÷ 10

$$11 : 10 = 1,1$$

$$11 \text{ cm} = \dots 1,1 \dots \text{ dm}$$

Vengono riportate alcune unità di misura non appartenenti al SI di uso più comune con i rispettivi simboli e i fattori di conversione in unità SI.

nome	simbolo	Fattore di conversione in unità SI
Minuto	min	1 min= 60 s
Ora	h	1h=60 min=3600 s
Giorno	d	1d=24h=1440min=86400s
Litro	l	1l= 1dm <sup>3</sup> =0,001 m <sup>3</sup>
Tonnellata	t	1t=1000 Kg
Bar	bar	1 bar=100000 Pa
Millimetri di mercurio	mmHg	1mmHg=133,322 Pa
Millimetri di acqua	mmH <sub>2</sub> O	1mmH <sub>2</sub> O=9.80665 Pa
Atmosfera	atm	1atm=101325 Pa

# Strumenti di misura

Si definiscono strumenti di misura i dispositivi con i quali vengono misurate le dimensioni, in modo diretto o indiretto, mediante lettura di un indice posizionato su una scala graduata.



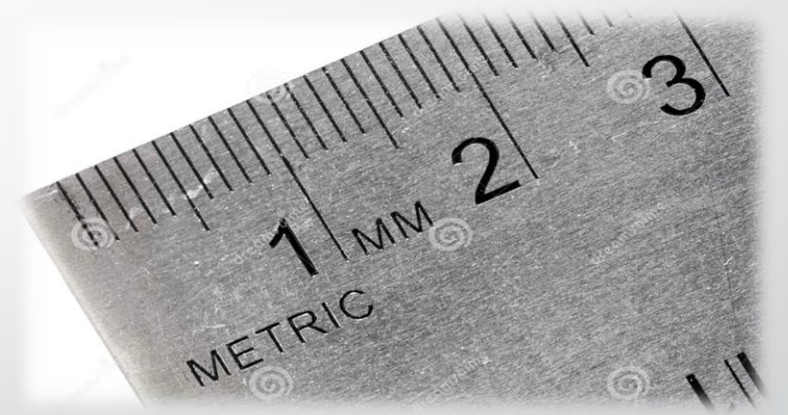


# Metro e righe millimetricate

Il metro e le righe millimetricate sono i più semplici strumenti per la misura di lunghezze che richiedono un'approssimazione dell'ordine del millimetro.

Sono costituiti da un'asta, rigida (righelli) o articolata (metro da mobiliari), da lamina di acciaio flessibile (metro d'officina) o da una fettuccia di tela cerata.

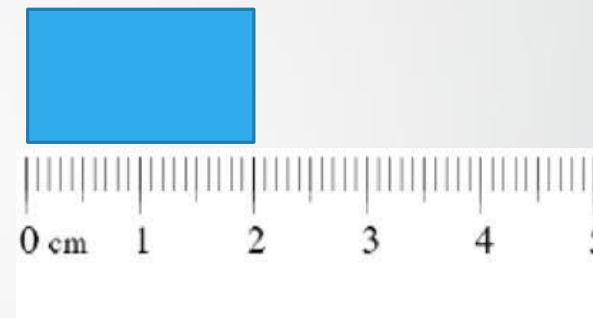
Questi strumenti consentono la misurazione delle lunghezze mediante una graduazione in millimetri o mezzi millimetri (righelli di precisione).



## Lettura diretta o per differenza

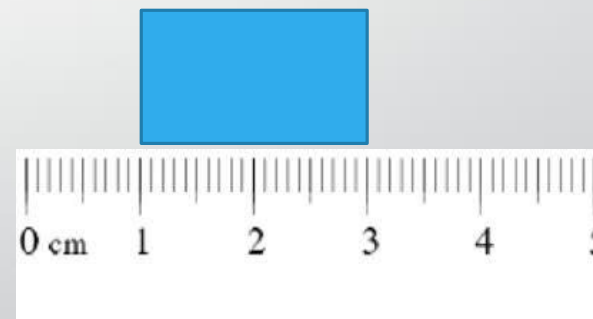
La lettura diretta si effettua ad occhio, prendendo come riferimento per l'origine lo zero della graduazione oppure per differenza. La lettura con questi strumenti, quando la dimensione non coincide con una linea della scala graduata, risulta essere approssimata o per difetto o per eccesso.

diretta



2 cm

indiretta



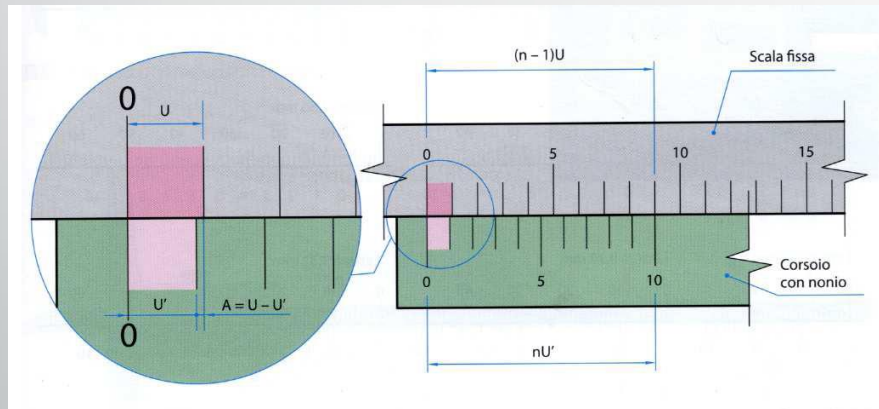
$3-1=2$  cm

# Caratteristiche degli strumenti di misura

Caratteristica	Definizione	Osservazioni, formule ed esempi
<b>Portata o campo di misura.</b>	Il primo è il valore della massima grandezza che lo strumento può misurare. Quando il valore minimo è zero si parla di portata, quando non è così entra in gioco il <b>campo di misura</b> , l'intervallo di misurazione tra il minimo e il massimo.	Uno strumento a grande portata risulta meno sensibile e meno preciso dovendo esprimere con l'escursione del suo indice elevate grandezze.
<b>Sensibilità assoluta</b>	È il rapporto tra l'incremento di escursione o di scostamento dell'indice dello strumento e il corrispondente incremento della grandezza da misurare.	$S_A = \Delta I / \Delta G$ . Uno strumento molto sensibile esprime una piccola variazione della grandezza con un grande scostamento dell'indice.
<b>Precisione</b>	Si definisce indice o grado di precisione la massima differenza algebrica tra il valore indicato dallo strumento e il valore reale della grandezza misurata.	Esprime l'attitudine di uno strumento a fornire misure con minimo errore. Esempio: precisione garantita $\pm 0,01$ vuol dire che il valore effettivo della grandezza misurata può discostarsi di 1/100 dal valore fornito.
<b>Prontezza</b>	È il tempo che deve trascorrere prima dell'indice, muovendosi dalla sua posizione di riposo, raggiunta la definitiva posizione di misura.	La misura di riferimento viene assunta pari a 2/3 dell'intervallo portata massima valore a riposo. Esempio: termometro con portata $0 \div 280$ °C con posizione a riposo a 20 °C. la grandezza da applicare sarà: $2/3(280-20) = 173$ °C.
<b>Fedeltà</b>	È l'attitudine di uno strumento a fornire misure di una stessa grandezza poco differenti tra loro, quando vengono eseguite nelle stesse condizioni e a brevi intervalli di tempo.	Uno strumento fedele garantisce una buona ripetibilità quando, per aumentare la precisione, vengono eseguite misure ripetute onde poterne calcolare la media.
<b>Stabilità</b>	È l'attitudine di uno strumento a fornire misure di una stessa grandezza poco differenti tra loro, quando vengono eseguite nelle stesse condizioni e a lunghi intervalli di tempo.	Uno strumento stabile risulta indeformabile nel tempo pertanto si comporta allo stesso modo anche a intervalli di tempo molto lunghi.
<b>Approssimazione</b>	È la più piccola frazione di una grandezza lineare o angolare, che è possibile misurare con un dato strumento.	Esempi: goniometro suddiviso in gradi: appr = 1° Riga suddivisa in mezzi mm: appr = 0,5 mm

# IL NONIO

Il nonio è uno strumento che serve a facilitare la lettura di una misura (dimensione) valutando con precisione la frazione di spazio compresa tra due linee graduate di una scala lineare che ne rappresentano la lettura per eccesso o per difetto.

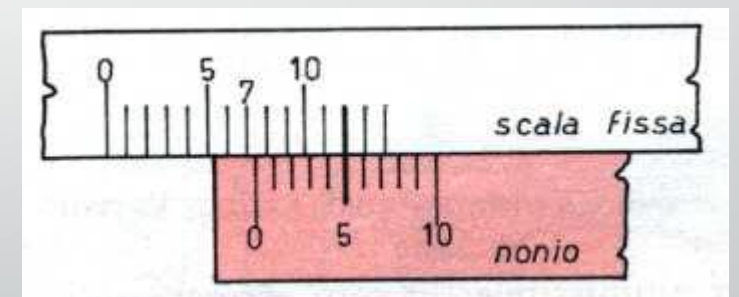


Esso è rappresentato da una scala ausiliaria costruita suddividendo in  $n$  parti uguali la lunghezza corrispondente a  $(n-1)$  divisioni di una scala fissa. Quando la scala del nonio, incisa sopra un corsoio mobile, si sposta rispetto alla scala fissa, una delle lineette del nonio andrà a coincidere con una della scala fissa graduata.

# IL NONIO

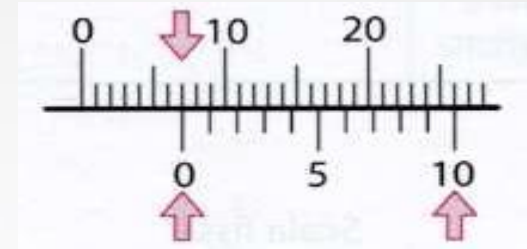
La misura di una lunghezza sarà data da una parte intera letta sulla scala fissa in corrispondenza dello zero del nonio e da una parte frazionaria che dipende dalla lineetta del nonio che coincide con quella della scala fissa.

Nella figura a destra lo zero del nonio cade tra due divisioni della scala fissa ed un trattino del nonio coincide con una divisione della scala suddetta. La misura è 7,5 [mm]

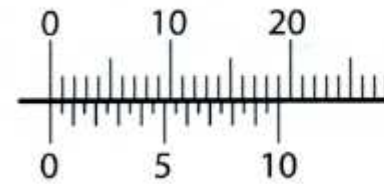


# Tipi di nonio

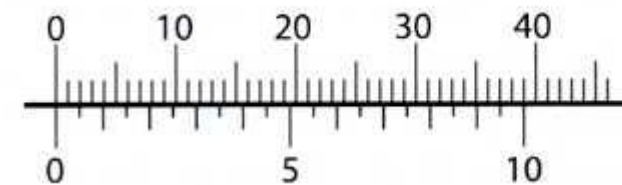
Nonio **decimale**: viene costruito con  $n=10$  e permette l'identificazione del decimo di mm (0,10 mm).



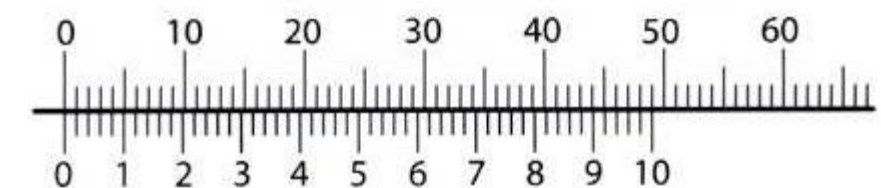
Nonio **ventesimale**: viene costruito con  $n=20$  e permette l'identificazione del ventesimo di mm (0,05 mm).



Nonio **ventesimale doppio**: viene costruito dividendo in 20 parti la lunghezza della scala fissa pari a 39 mm e permette l'identificazione del ventesimo di mm (0,05 mm).



Nonio **cinquantessimale**: viene costruito con  $n=50$  e permette l'identificazione del cinquantesimo di mm (0,02 mm).

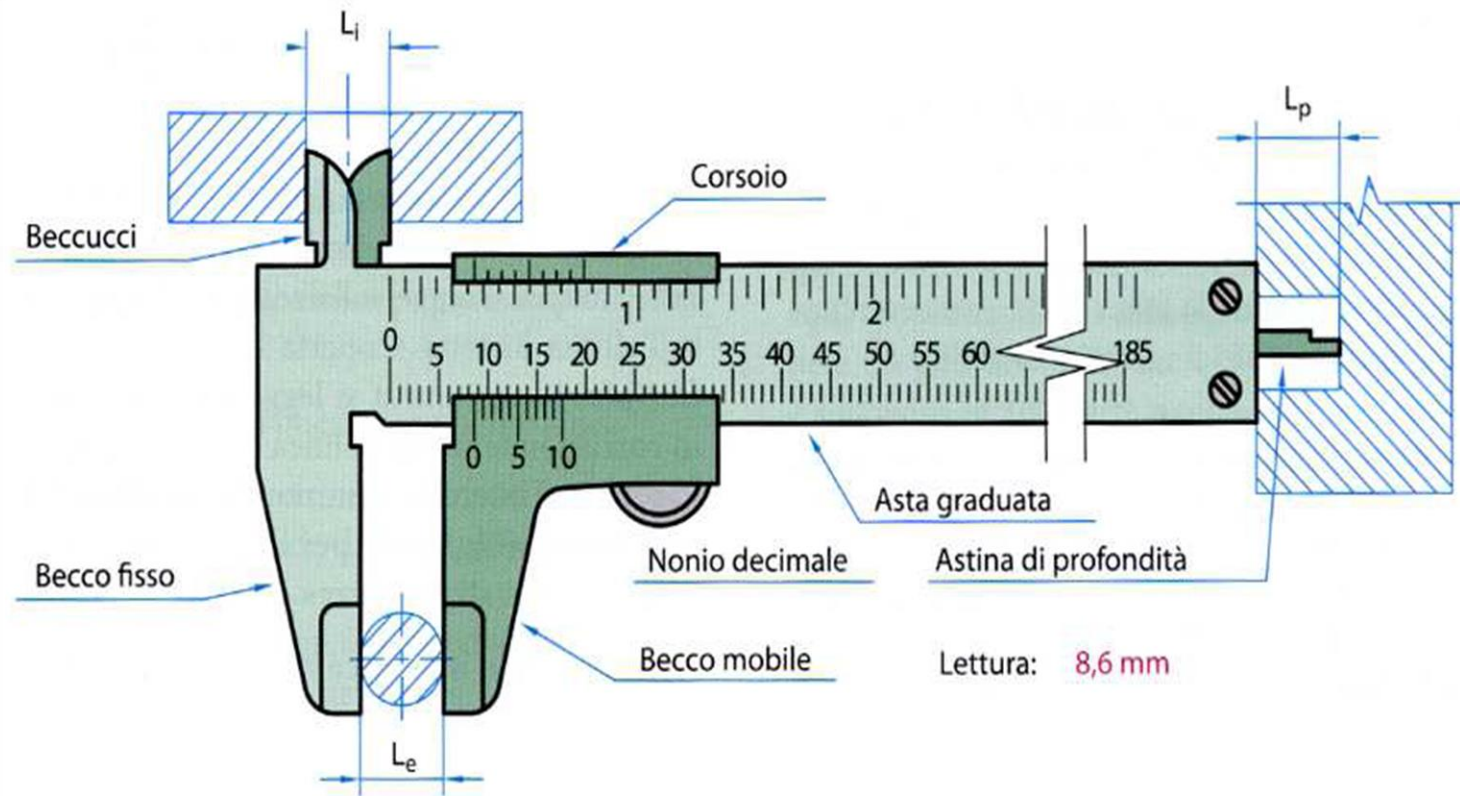




# Calibro a corsoio

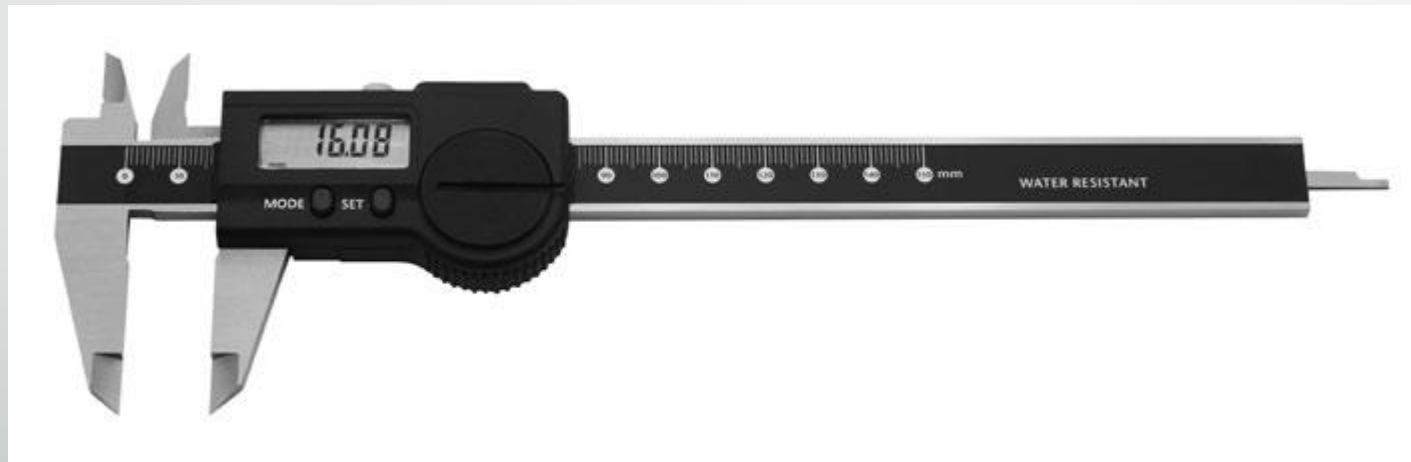
Il calibro a corsoio, è lo strumento più utilizzato nelle officine per la precisione con la quale è possibile effettuare misure esterne, interne e di profondità.





È costituito da un'asta di acciaio con la scala inferiore graduata in millimetri e quella superiore in pollici, terminante a sinistra con due beccucci, uno grande per le misure esterne  $L_e$  e uno piccolo per le misure interne  $L_i$ . Sull'asta scorre, con leggero attrito, il corsoio provvisto anch'esso dei corrispondenti beccucci, grande e piccolo. Solidale col corsoio, alloggiata su una scanalatura praticata nell'asta, scorre un'astina con le quali si effettuano le misure di profondità  $L_p$ . Sul corsoio, in corrispondenza delle due scale dell'asta fissa, sono incise le scale del nonio per la lettura delle frazioni di millimetro o di pollice.

Sempre più diffuso è oggi il **calibro a lettura digitale**. La conversione mm/inch è istantanea così come la lettura della misurazione. Di contro lo strumento risulta particolarmente delicato, si preferisce l'uso in settori più tranquilli (controllo qualità) e poco caotici (come potrebbe essere il reparto produzione).

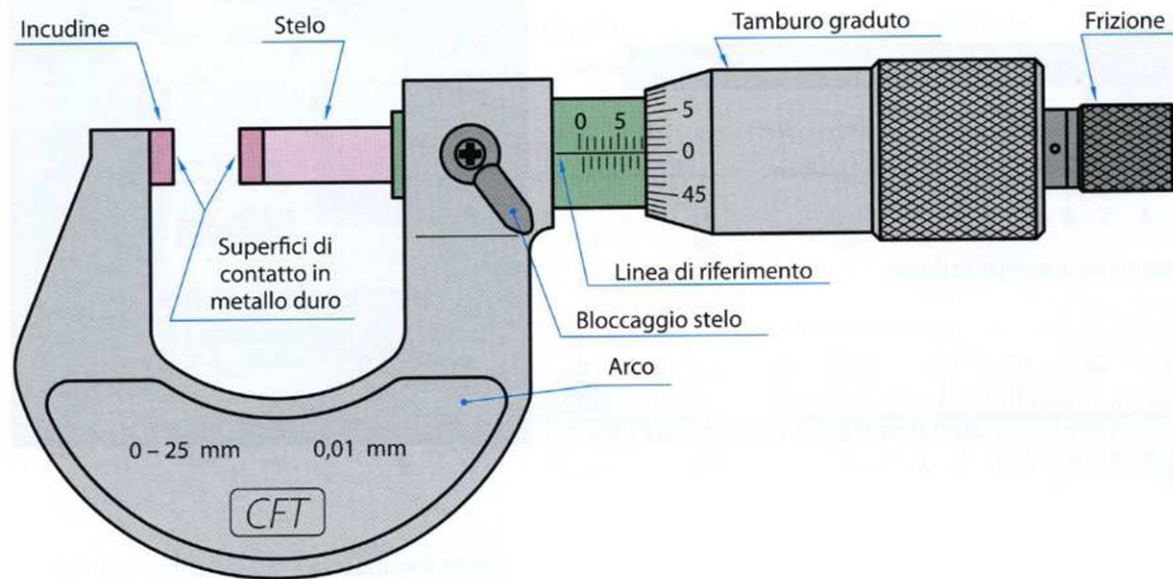


# Micrometro a vite

Il micrometro a vite (detto anche Palmer dal suo ideatore) è uno strumento con il quale è possibile effettuare misure esterne, interne e di profondità con approssimazione fino a 0,01 mm.



# Micrometro a vite

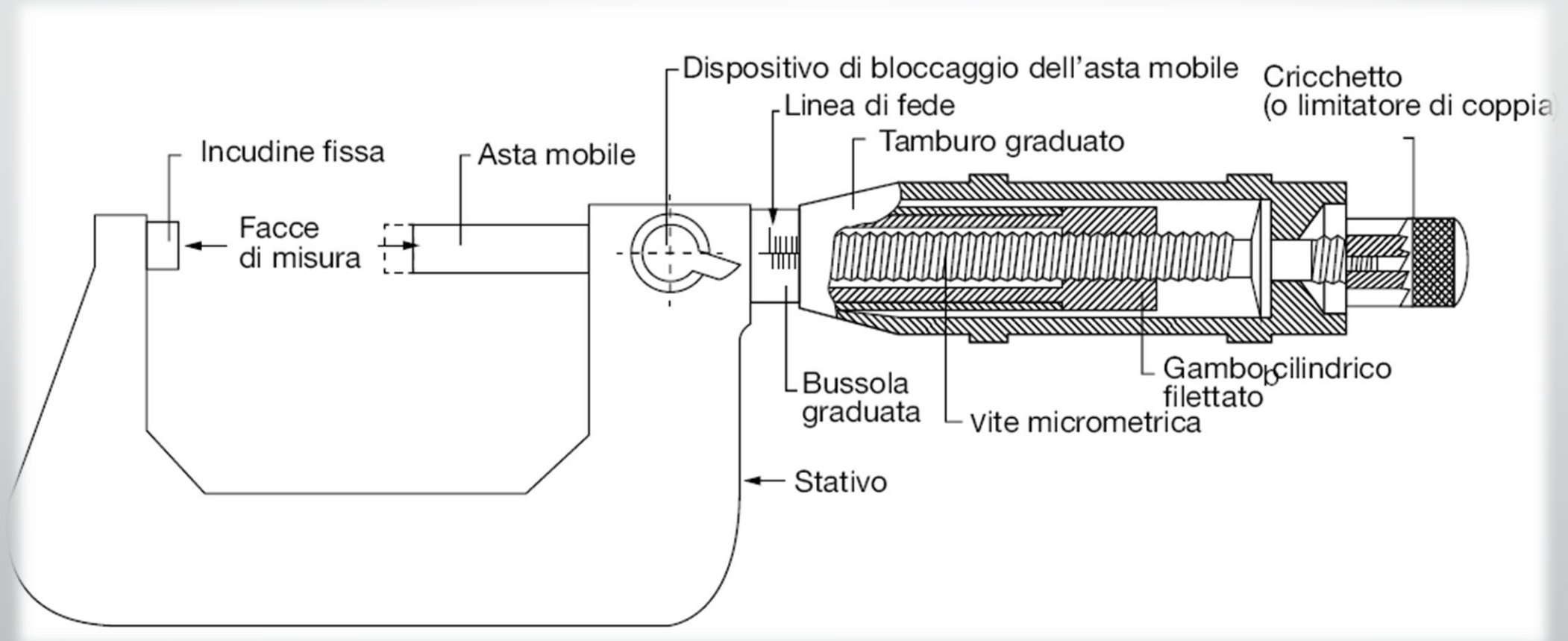


È costituito da un corpo principale a forma di **arco** che sostiene a sinistra un tassello fisso, detto **incudine**, per l'appoggio del pezzo da misurare e a destra una **madrevite** dentro la quale scorre una vite con passo relativamente piccolo e preciso (0.5 o 1 mm).

La vite termina a sinistra con uno **stelo mobile** mentre a destra è solidale con un **tamburo graduato** con 50 o 100 tacche incise sulla superficie periferica. Il tamburo viene manovrato mediante un **nottolino** a frizione che slitta quando la forza di chiusura esercitata sul pezzo ha raggiunto il valore prestabilito. Si costruiscono micrometri con campo di misura che vanno da 0 a 25 mm, da 25 a 50 mm e così via.

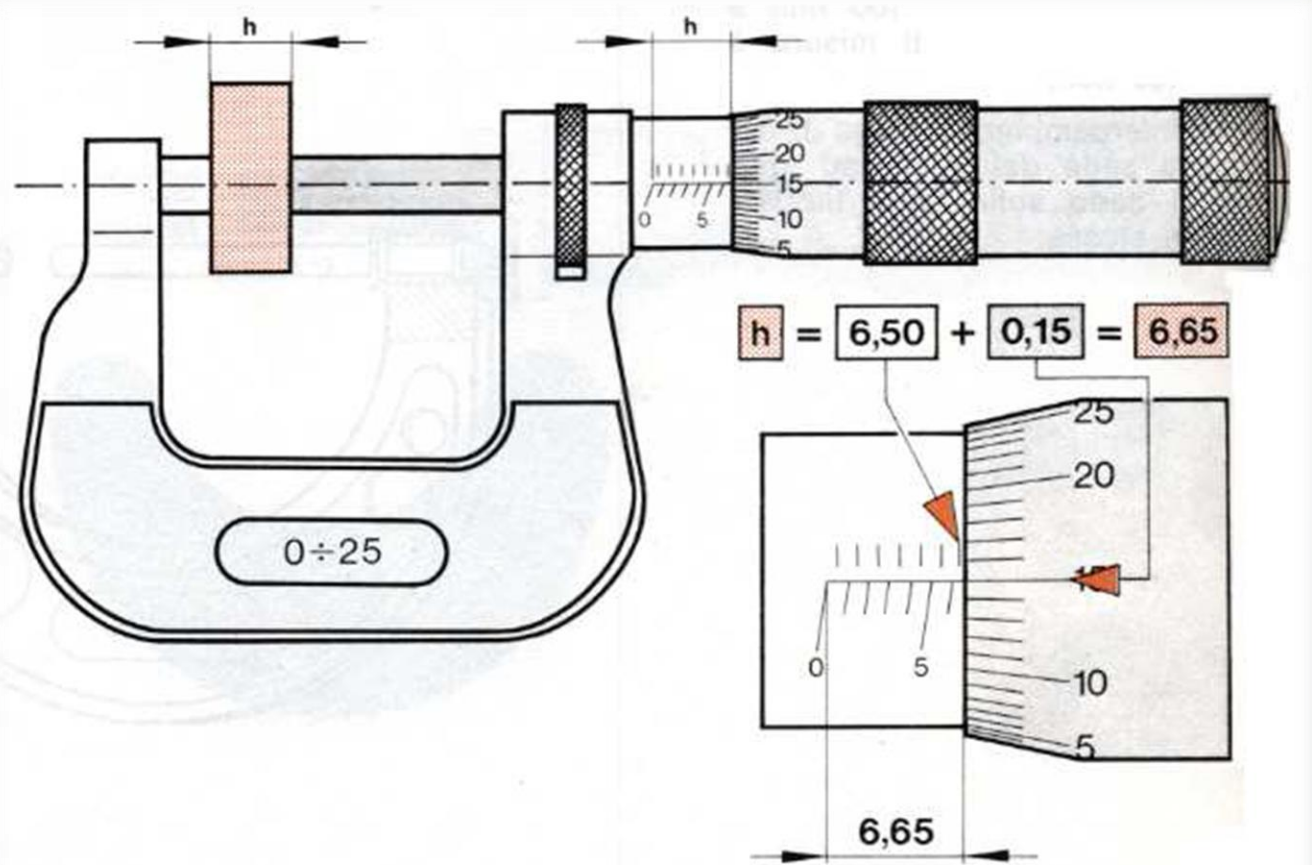


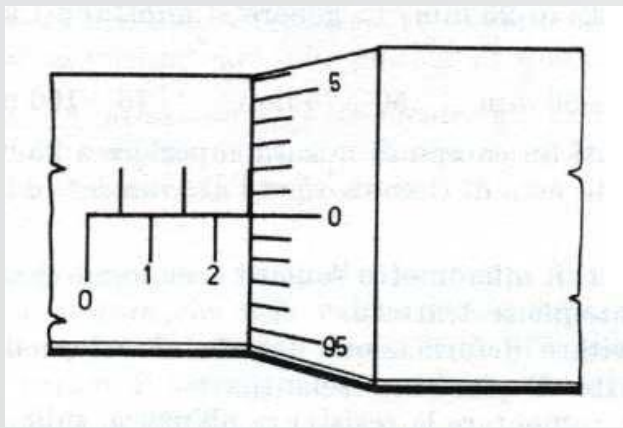
**FUNZIONAMENTO:** Per ogni giro completo del tamburo la vite avanza di una lunghezza pari al suo passo  $p$ . Questo avanzamento della vite viene diviso in parti uguali e visualizzato dalla scala graduata praticata sul tamburo. Se per esempio la vite ha un passo  $p=0.5\text{mm}$  sul tamburo viene incisa una scala graduata con 50 lineette, a ognuna di esse corrisponderà un avanzamento  $A$  dell'asta mobile par a:  $A=p/n=0.5/50=0.01\text{ mm}$ .





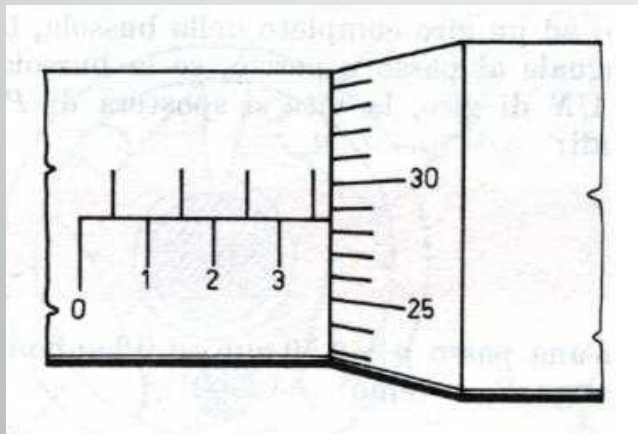
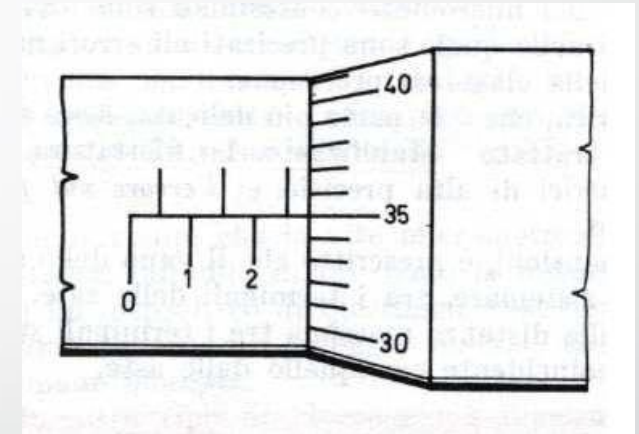
Anche in questo caso la lettura avviene in 2 tempi: la parte intera della misura si legge sulla scala graduata orizzontale, sull'ultima lineetta rimasta scoperta dal tamburo, la parte frazionaria aggiuntiva si legge sul tamburo graduato in corrispondenza della linea di riferimento. Sulla scala fissa della bussola graduata si legge la misura 6,50; sul lembo del tamburo graduato si legge 0,15. Quindi in totale la misura è 6,65 [mm].





Con riferimento alla figura a lato, il bordo del tamburo graduato coincide esattamente con un trattino della scala fissa e lo zero del lembo è allineato con la linea di fede. La misura è 2,50 [mm].

Nella figura a destra, il lembo del tamburo graduato scopre nettamente un trattino della scala fissa sulla bussola graduata ed una divisione del lembo è allineata con la linea di fede. La lettura sulla scala fissa è 2,50 [mm]; la lettura sul lembo graduato è 0,35. Quindi la misura è in totale 2,85 [mm].



Nella figura a sinistra, il lembo del tamburo graduato scopre un trattino della scala fissa sulla bussola graduata e la linea di fede rimane compresa fra due trattini del lembo graduato.

La lettura per difetto è:  $3,50 + 0,28 = 3,78$  [mm]

La lettura per eccesso è:  $3,50 + 0,29 = 3,79$  [mm]

## Altri tipi di micrometro



Micrometro a tre punti di contatto autocentranti.



Micrometro a piattelli: Il controllo dello spessore dei denti può essere effettuato mediante il micrometro a piattelli.



Micrometro per interni

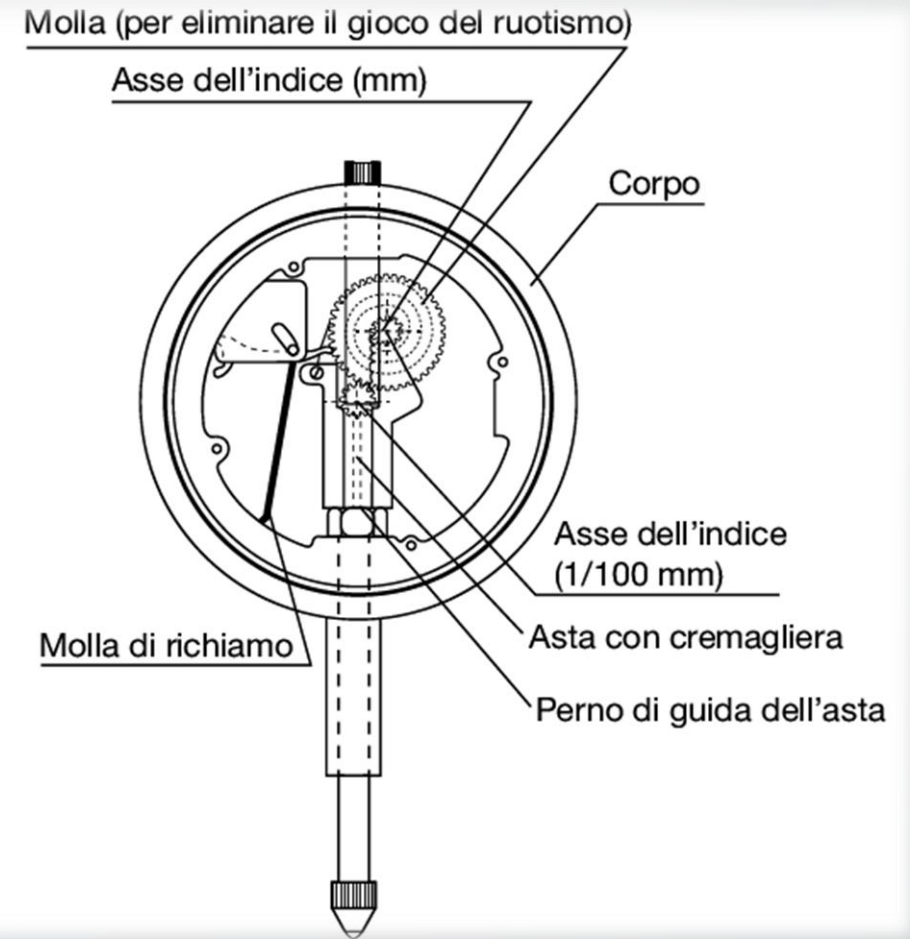
# COMPARATORE

Il comparatore è uno strumento utilizzato per il controllo degli errori di forma e di superfici (parallelismo, planarità, conicità, concentricità, perpendicolarità ecc.) o per misure fatte per comparazione tra le dimensioni di un pezzo da misure con quelle di un pezzo campione.



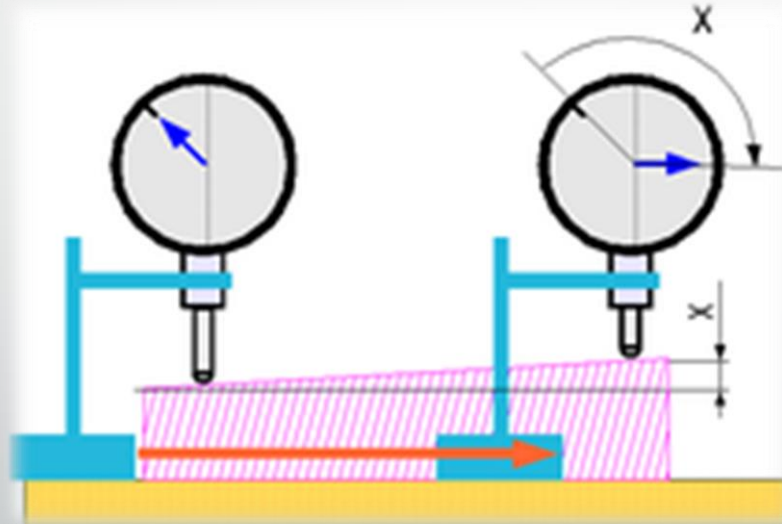
Le parti fondamentali dello strumento sono:

- a) Tastatore con punta arrotondata per facilitare il contatto con la superficie da controllare;
- b) Asta scorrevole su cui si avvita il tastatore;
- c) Scatola contenente il meccanismo di amplificazione dello spostamento del tastatore;
- d) Quadrante circolare con scala graduata centesimale con lancetta rotante;
- e) Quadrante piccolo per il conteggio del numero dei giri compiuti dalla lancetta;
- f) Indicatori mobili posti sul contorno del quadrante per l'impostazione dell'intervallo di tolleranza concesso;
- g) Nottolino zigrinato per l'azzeramento dell'indice;
- h) Pomello superiore per il sollevamento del tastatore.



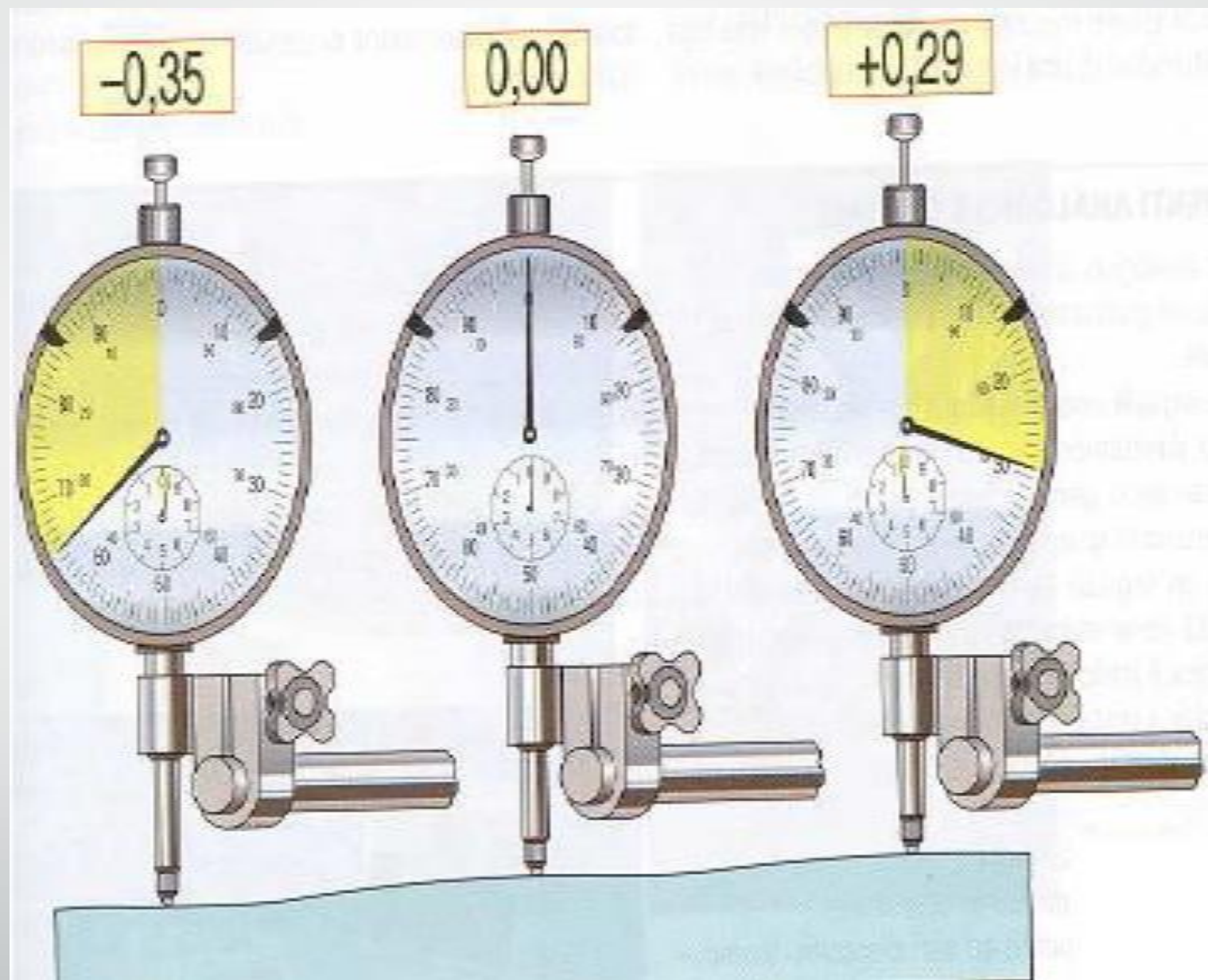


**FUNZIONAMENTO:** Lo strumento, opportunamente sostenuto da una base di supporto, è posto con il tastatore a contatto della superficie da controllare e fatto scorrere su di essa. Le irregolarità della superficie provocano il movimento traslatorio del tastatore e dell'asta scorrevole che è amplificato e trasformato in moto rotatorio dell'indice sul quadrante mediante dispositivi a leva e ruote dentate. Ad ogni spostamento di un mm del tastatore si fa corrispondere un giro dell'indice sul quadrante e poiché questo è suddiviso in 100 parti, ognuna di esse rappresenta lo spostamento di  $1/100 = 0.01$  mm del tastatore stesso.





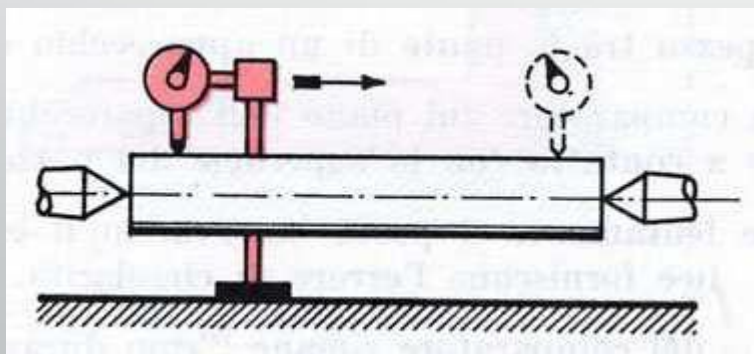
L'immagine a destra illustra alcuni esempi di lettura effettuati con un comparatore.



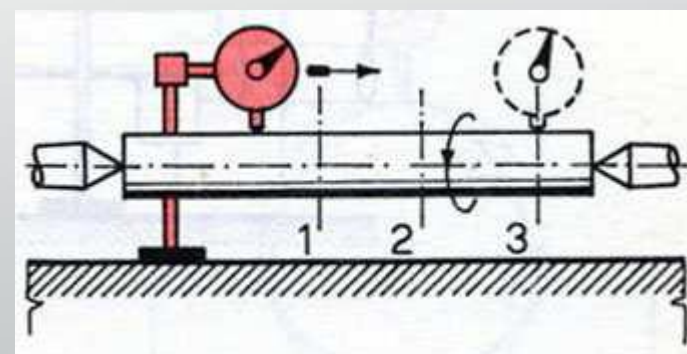
## IMPIEGHI:

I comparatori a quadrante sono utilizzati per l'esecuzione di una vasta gamma di controlli:

- controllo del parallelismo tra due assi, tra due piani o tra un asse e un piano (per esempio tra l'asse del tornio e le guide del banco);
- controllo dell'ortogonalità tra due assi, tra due piani o tra un asse e un piano (per esempio tra l'asse del mandrino di un trapano e il piano porta-oggetti);
- controllo della circolarità e della cilindricità (per esempio di un pezzo eseguito al tornio);
- controllo della conicità (per esempio di un pezzo eseguito al tornio).

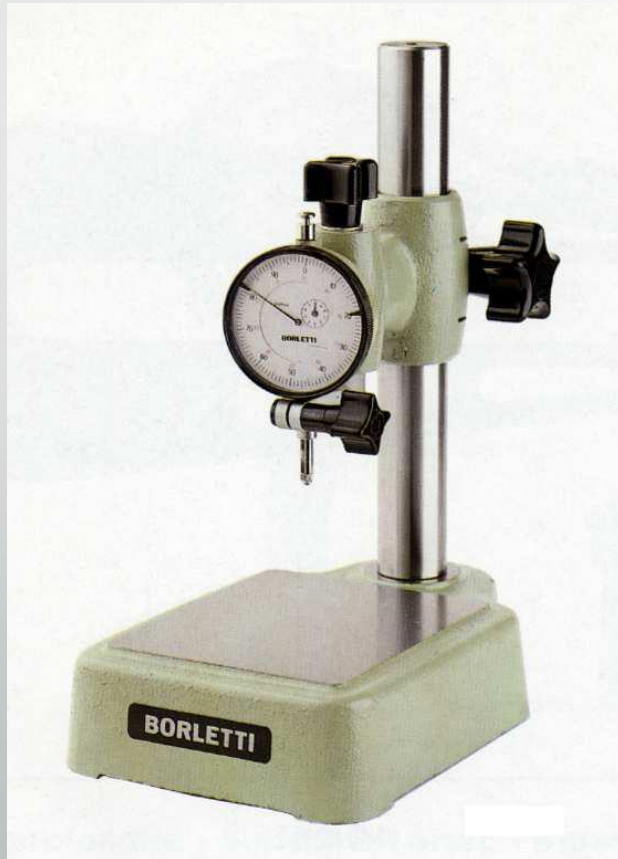


*Controllo della cilindricità*



*Controllo della circolarità*

I comparatori si utilizzano montati su appositi supporti di posizionamento. Il comparatore e il supporto magnetico (fig. a destra) vanno disposti per forza su un piano di riscontro. Il supporto con tavola di appoggio (fig. sotto) non richiede per forza il piano di riscontro.



# CALIBRI FISSI PASSA/NON PASSA

Ogni lavorazione realizza sul prodotto finito delle dimensioni effettive ( $d_{\text{eff}}$ ) sempre di valore diverso dalle dimensioni nominali ( $d_n$ ) assegnate dal disegno.

Per tale motivo nascono i concetti di **tolleranze**, ovvero il massimo errore concesso alla lavorazione.

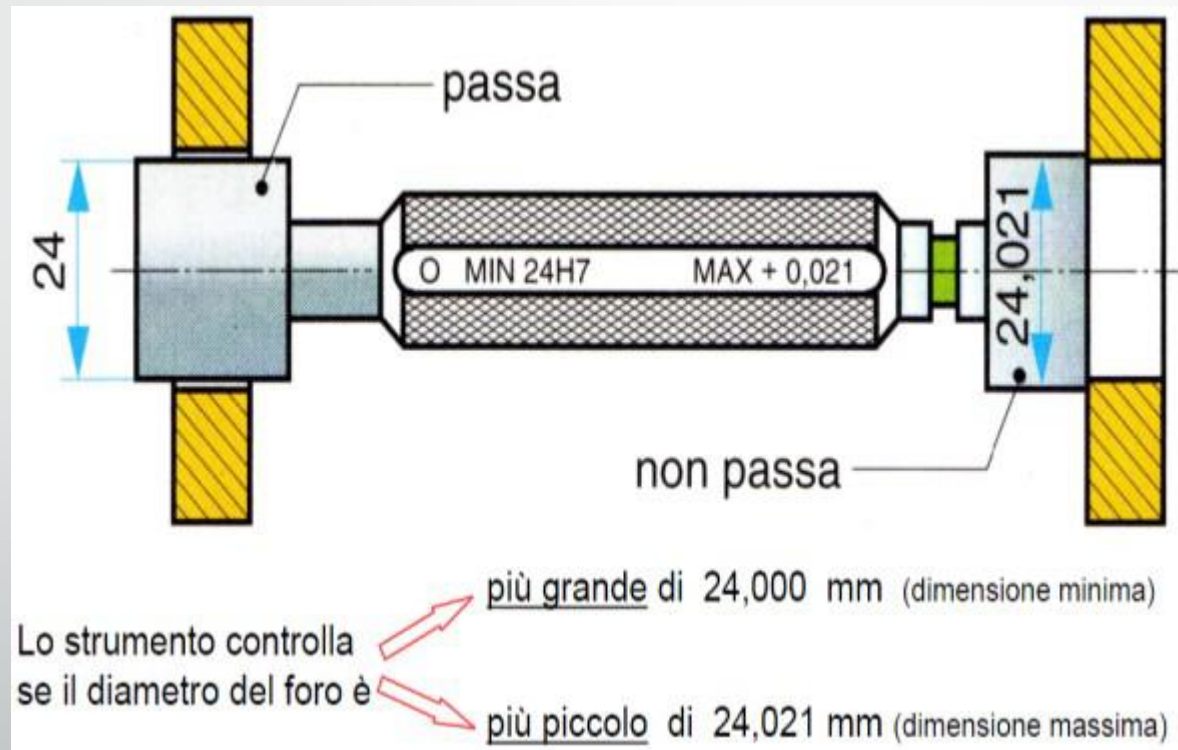
Si parlerà di dimensione massima e dimensione minima consentita.

Ad esempio l'indicazione  $\varnothing 30 \pm 0.1$ , indica che quel diametro potrà assumere come valore minimo **29.90** mm e come valore massimo **30.10** mm, oltre ovviamente a tutti i valori compresi.



# CALIBRI FISSI PASSA/NON PASSA

I calibri fissi passa/non passa sono strumenti a due lati che riproducono rispettivamente la dimensione massima e la dimensione minima. Uno sarà chiamato lato passa e l'altro lato non passa.



# CALIBRI FISSI PASSA/NON PASSA

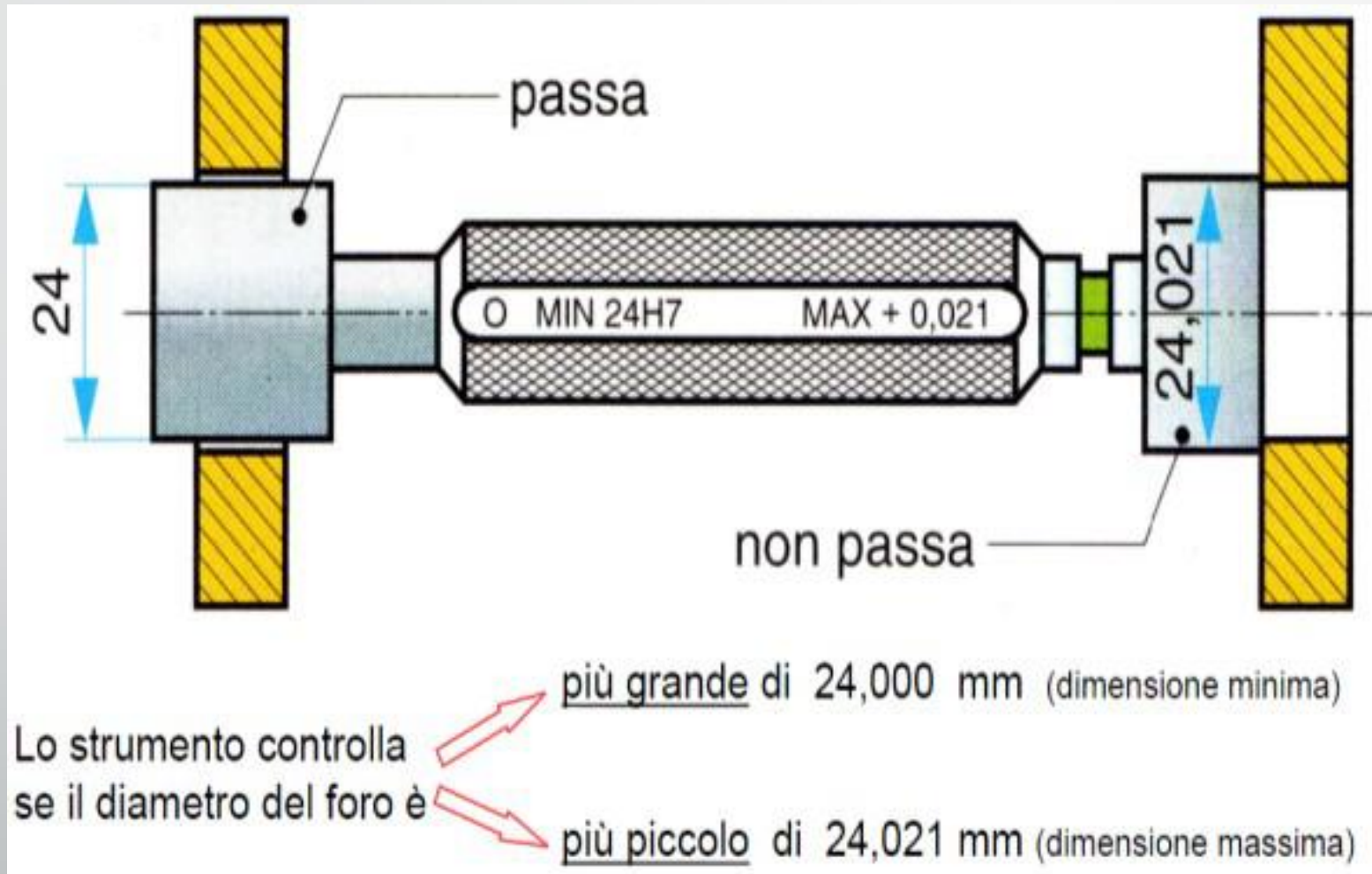
Il calibro fisso **a tampone** è costituito da due corpi cilindrici lisci, tamponi, uniti da un corpo centrale. Servono a controllare i fori. I due tamponi si distinguono:

- perché il tampone del lato NON PASSA è più corto di quello del lato PASSA;
- per le scritte riportate; sul lato PASSA è riportata la scritta P o MIN; sul lato NON PASSA è riportata la scritta NP o MAX;
- perché il lato NON PASSA è contrassegnato da una fascia di colore rosso.





# CALIBRI FISSI PASSA/NON PASSA



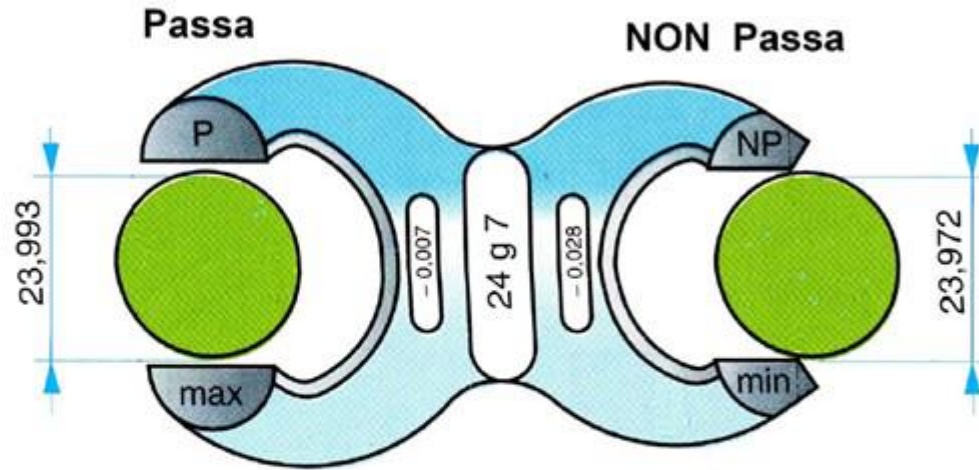
# CALIBRI FISSI PASSA/NON PASSA

Il calibro fisso **a forchetta** presenta due forcelle collegate da un corpo centrale. Servono a controllare gli alberi. I due lati si distinguono:

- mediante le scritte P o MAX riportate sul lato PASSA; NP o MIN su lato NON PASSA;
- perché il lato NON PASSA è contrassegnato con una fascia rossa e presenta le estremità delle forcelle lavorate con uno smusso d'invito;



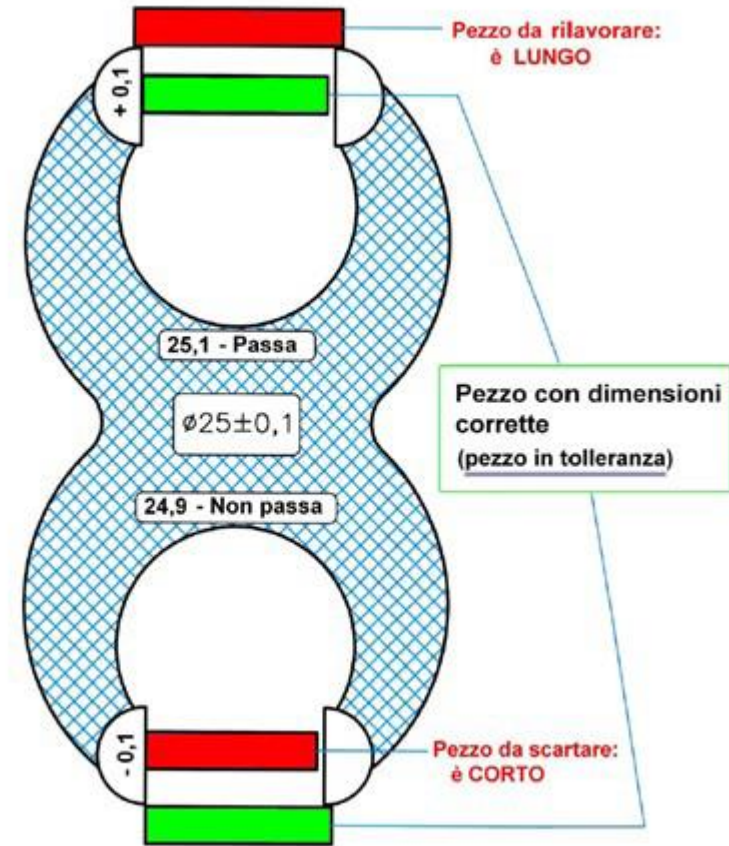
# CALIBRI FISSI PASSA/NON PASSA



Lo strumento controlla se il diametro del perno è

più grande di  $23,993$  mm (dimensione minima)

più piccolo di  $23,972$  mm (dimensione massima)



# CALIBRI FISSI PASSA/NON PASSA

I **calibri fissi per filettature** sono impiegati nel controllo delle filettature esterne, viti, e filettature interne, madreviti;



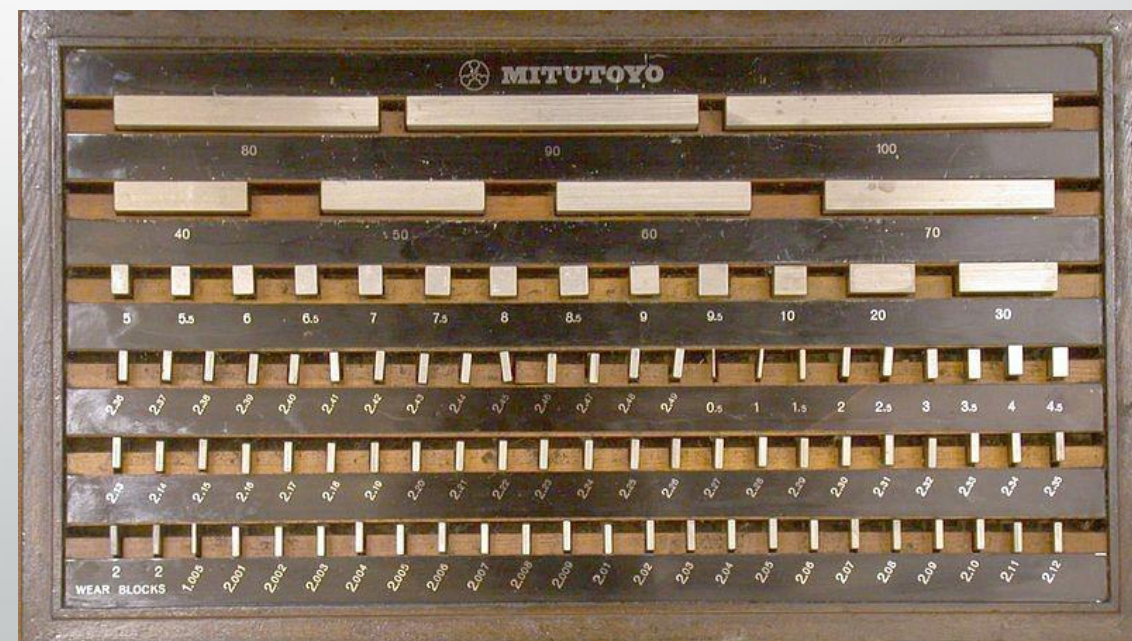


# BLOCCHETTI PIANO-PARALLELI

I blocchetti piano – paralleli, noti anche con il nome di *blocchetti Johansson*, sono *blocchetti di acciaio, a forma di parallelepipedo con le due facce opposte perfettamente piane, parallele e levigate di determinata altezza che servono, componendoli fra loro, a realizzare quote campione di lunghezza molto precise per il confronto con quote da controllare o per il controllo e la taratura degli strumenti di misura: calibri, micrometri, ecc.*

Ogni blocchetto riporta stampigliata la misura dell'altezza.

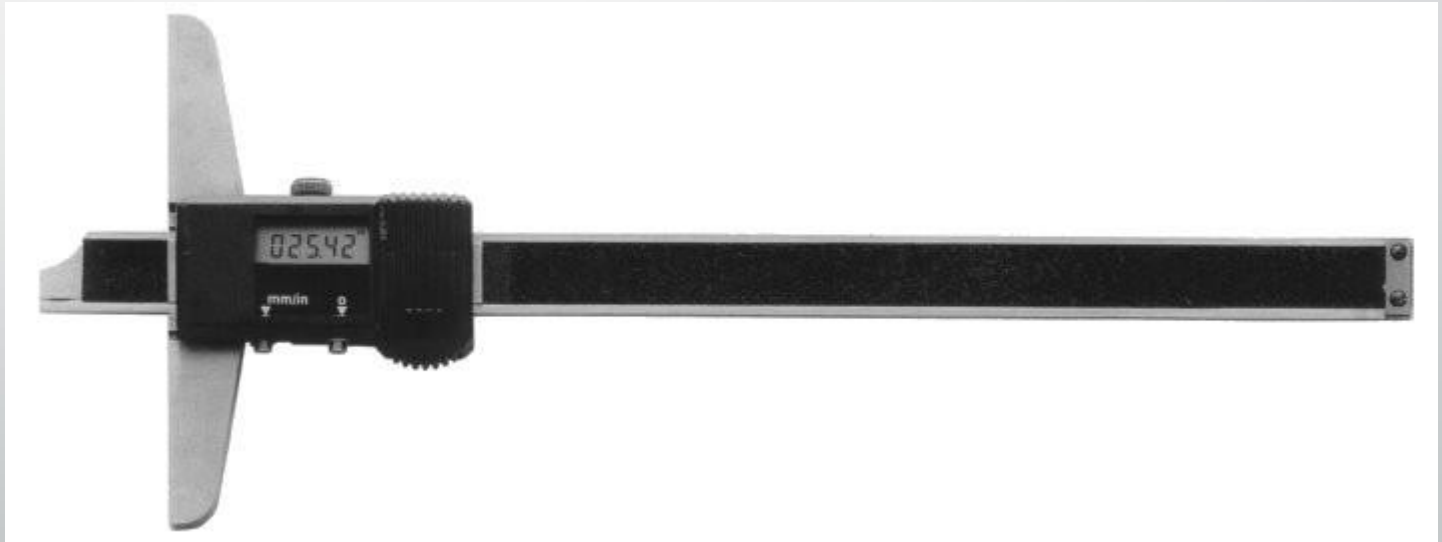
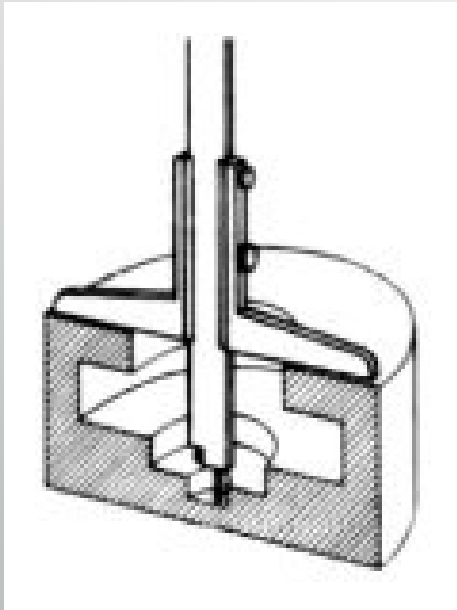
Sono normalmente costruiti secondo una serie di spessori variabili da 1 a 100 mm.



# STRUMENTI PARTICOLARI

## Calibri per misure di profondità

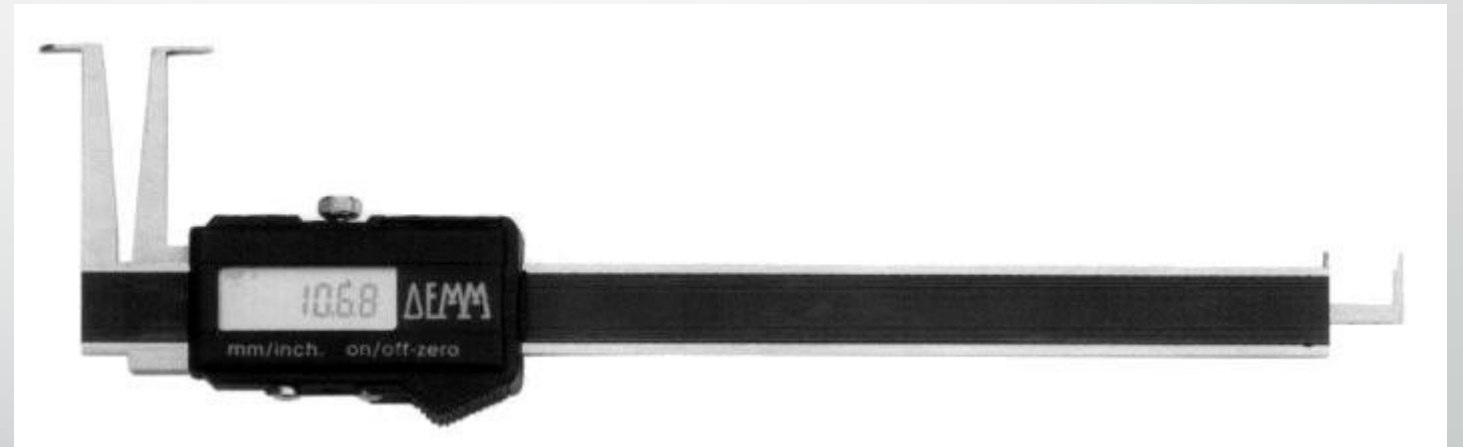
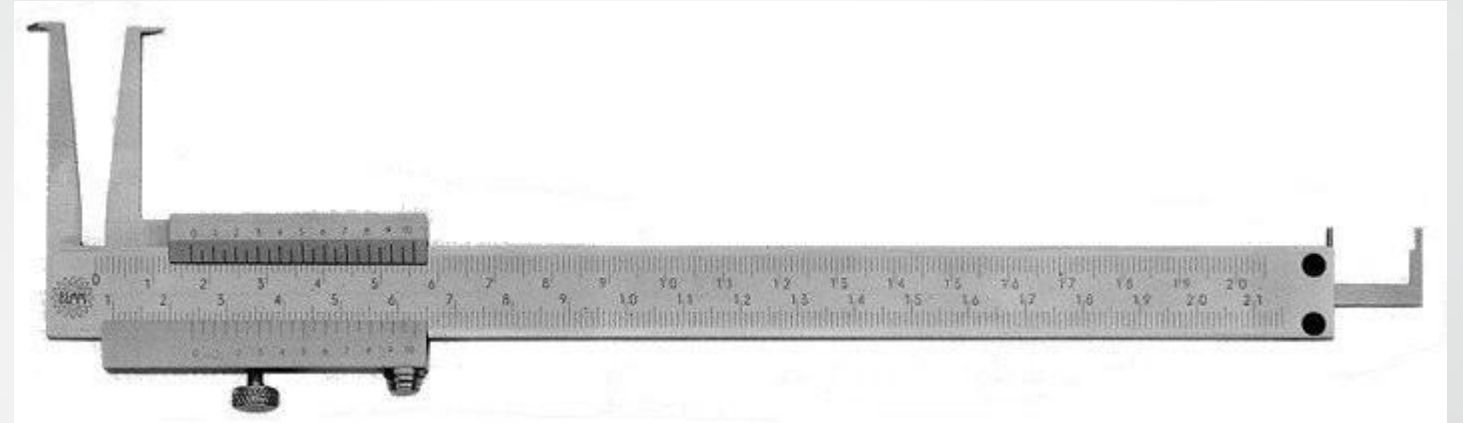
Si caratterizzano per la mancanza dei becchi e per la forma del corsoio che è dotato di un'ampia superficie di appoggio per assicurare un corretto posizionamento dello strumento.





# STRUMENTI PARTICOLARI

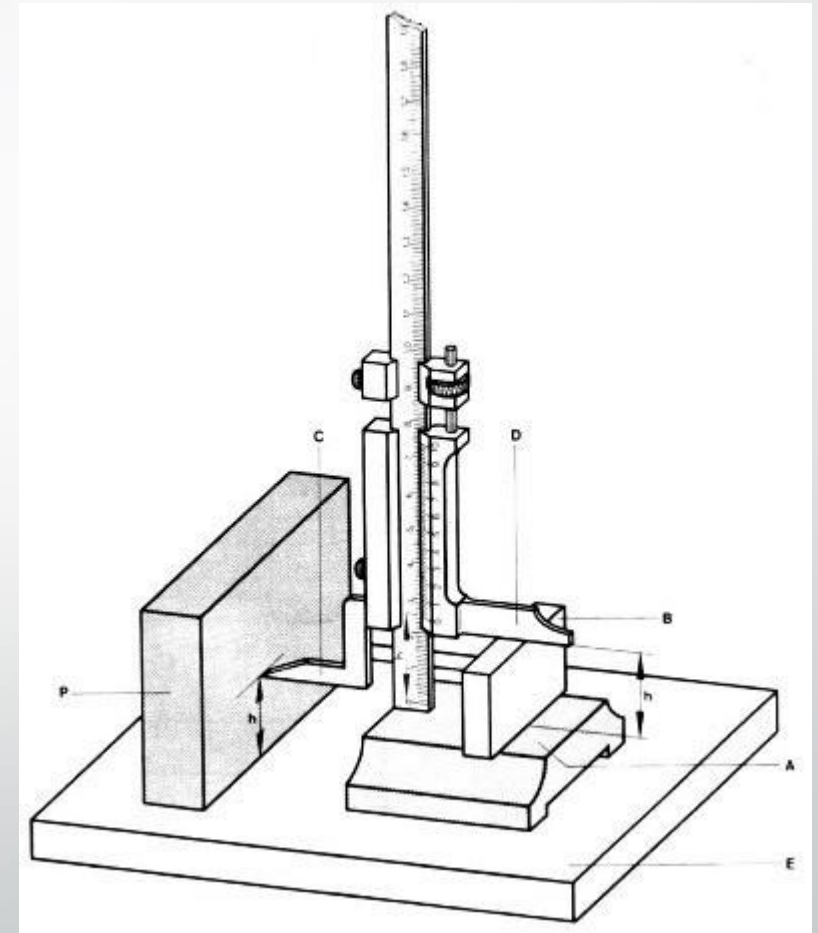
**Calibri per il controllo di  
gole e scanalature interne**



# STRUMENTI PARTICOLARI

## Calibri per altezze o truschino graduato

Servono a misurare le quote in altezza riferite ad un piano di riscontro sul quale poggiano sia il supporto del calibro sia il pezzo. Questi calibri sono dotati di una punta tracciante per riportare le misure sul pezzo da lavorare.



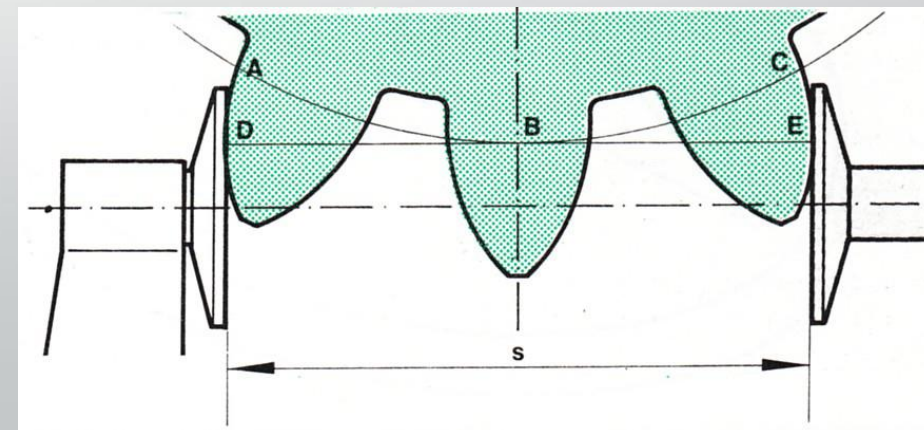
# STRUMENTI PARTICOLARI

**Micrometro con incudini intercambiabili**  
per variare la portata dello strumento.



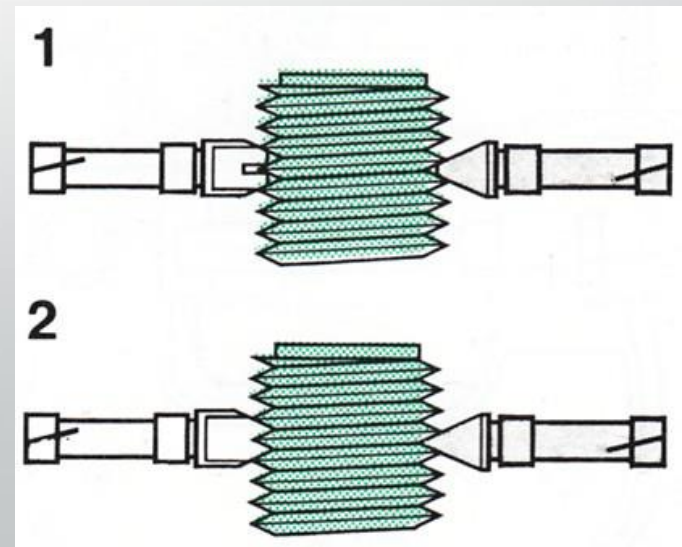
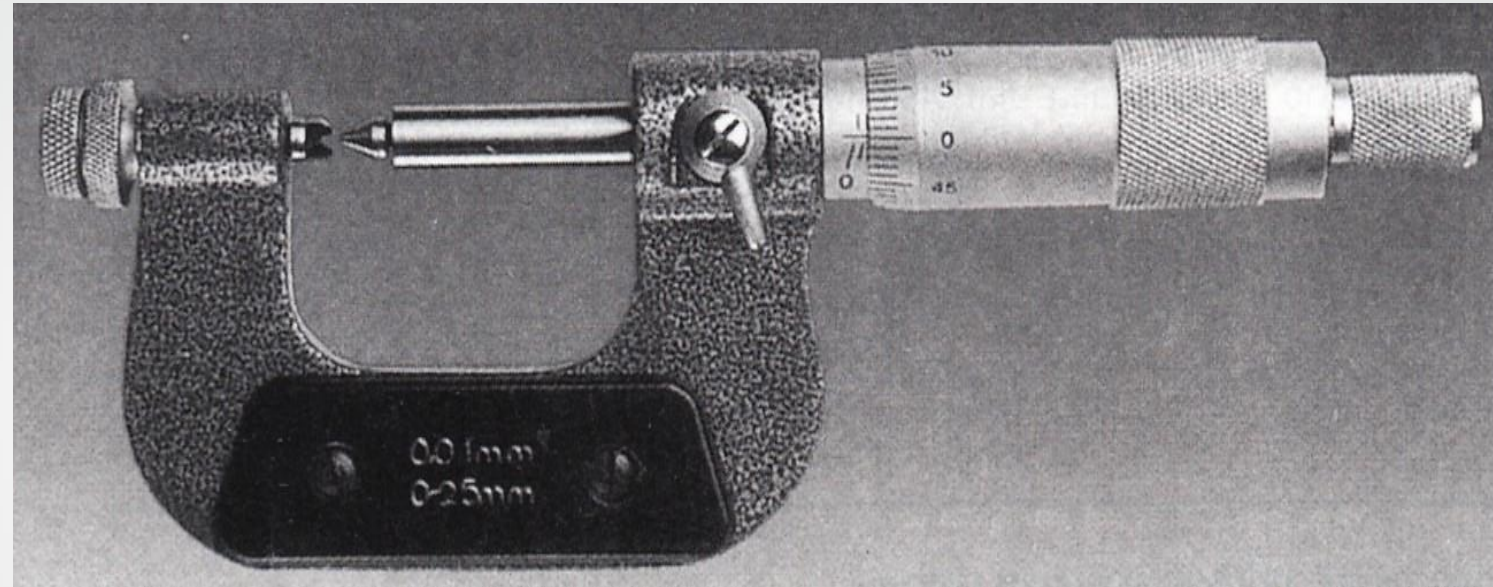
# STRUMENTI PARTICOLARI

Il **micrometro a piattelli**, è utilizzato per controllare gli elementi dimensionali delle ruote dentate.



# STRUMENTI PARTICOLARI

Micrometri per filettature.





# STRUMENTI PARTICOLARI

## Micrometri per utensili





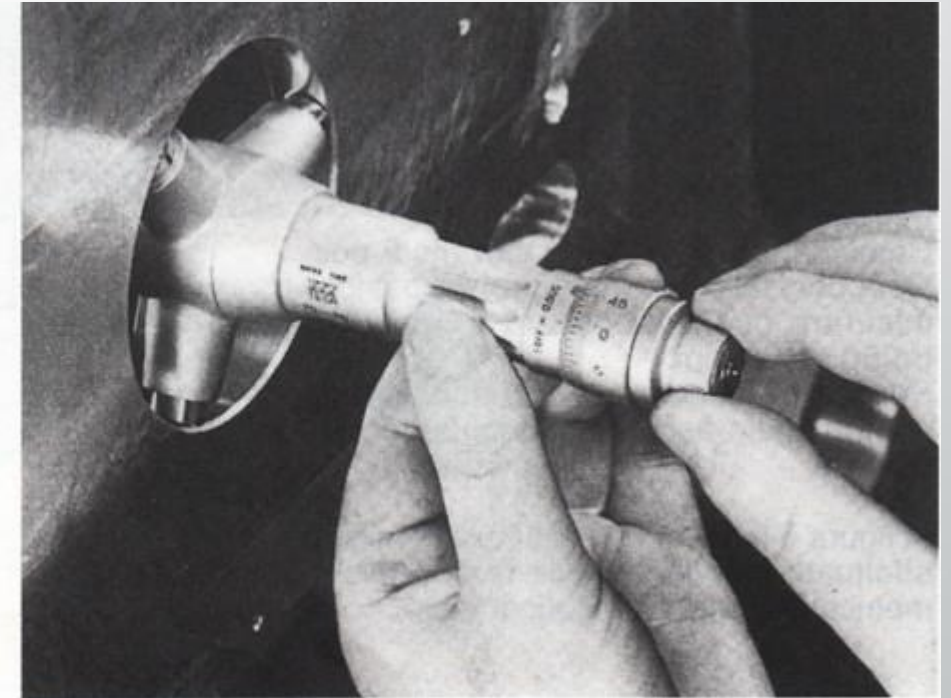
# STRUMENTI PARTICOLARI

Micrometri per interni



# STRUMENTI PARTICOLARI

**Micrometri per interni a contatti espandibili**



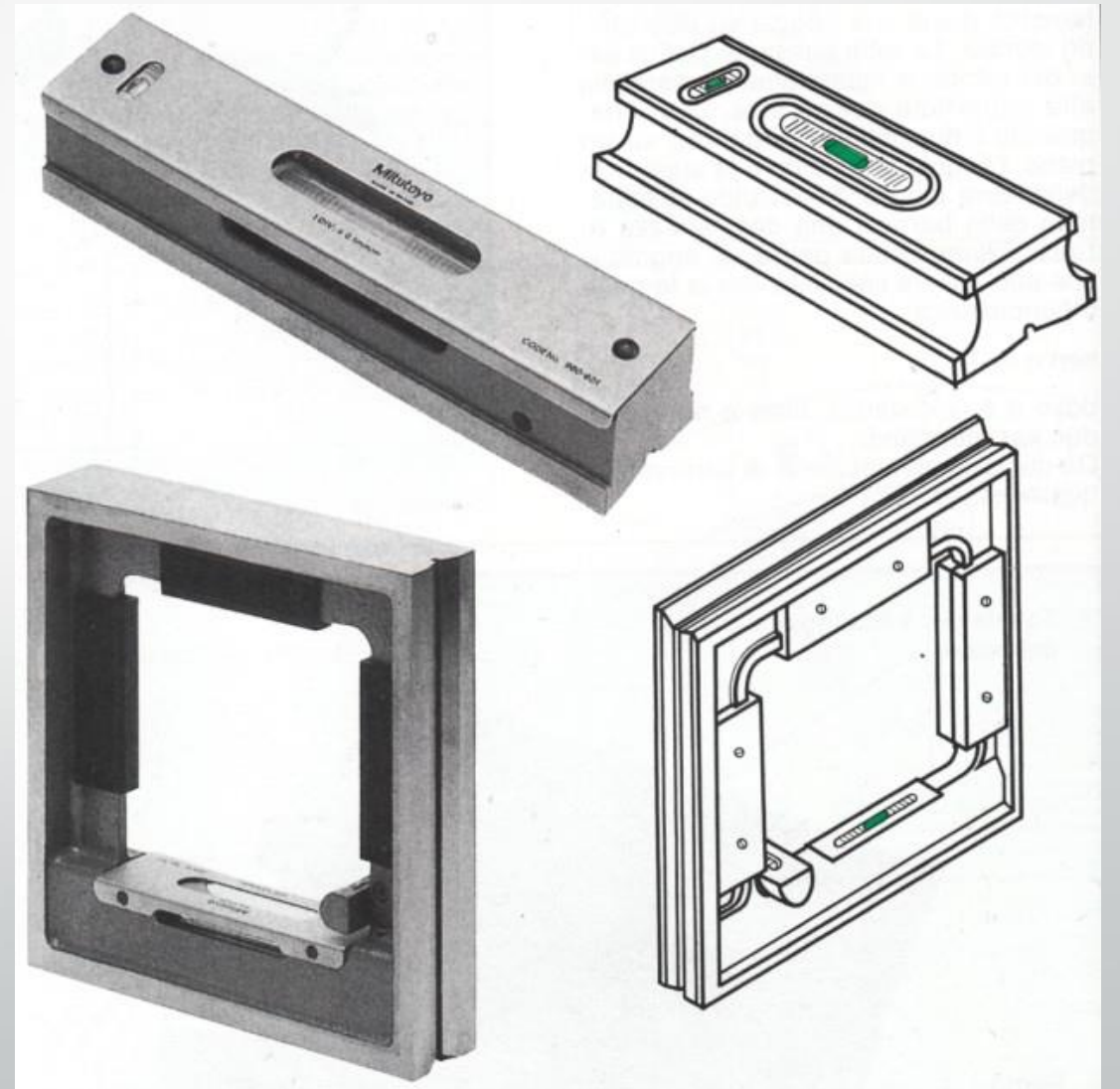
# STRUMENTI PARTICOLARI

**Micrometri per profondità ad aste combinabili.**



# STRUMENTI PARTICOLARI

La **livella** serve per controllare la planarità, l'orizzontalità, la verticalità delle superfici piane. In meccanica è utilizzata sia durante l'installazione che il collaudo, per esempio di montanti di macchine utensili.



# STRUMENTI PARTICOLARI

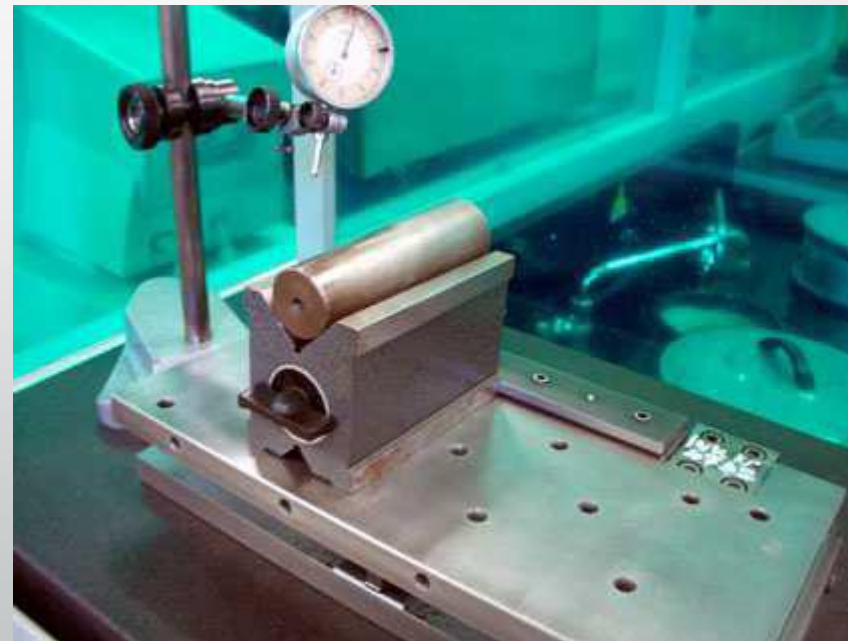
Il **piano di riscontro** o piano campione o di riferimento, è costituito da una spessa piastra, detta tavola, in ghisa o in pietra, la cui superficie superiore è stata finemente lavorata in modo da ritenerla perfettamente piana e assumerla come campione di planarità.





# STRUMENTI PARTICOLARI

I **blocchetti a X** e i **prismi a V**, costruiti in ghisa, con superfici rettificate e raschiettate, vengono utilizzati come appoggi per i pezzi cilindrici per il controllo della cilindricità e assialità.

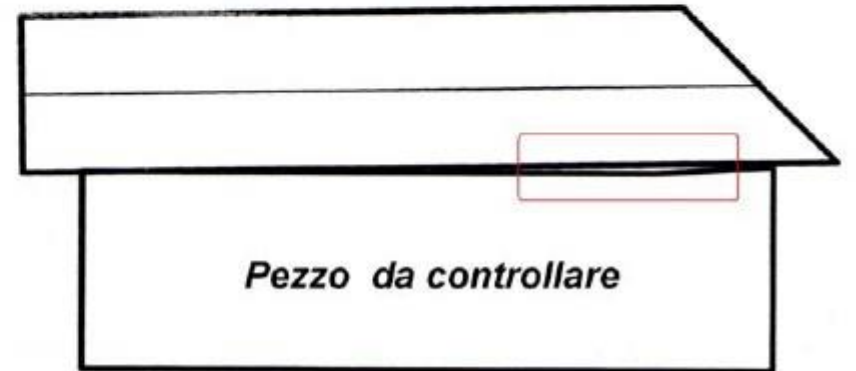


# STRUMENTI PARTICOLARI

Il **guardapiano a coltello** è utilizzato per il controllo della planarità delle superfici.



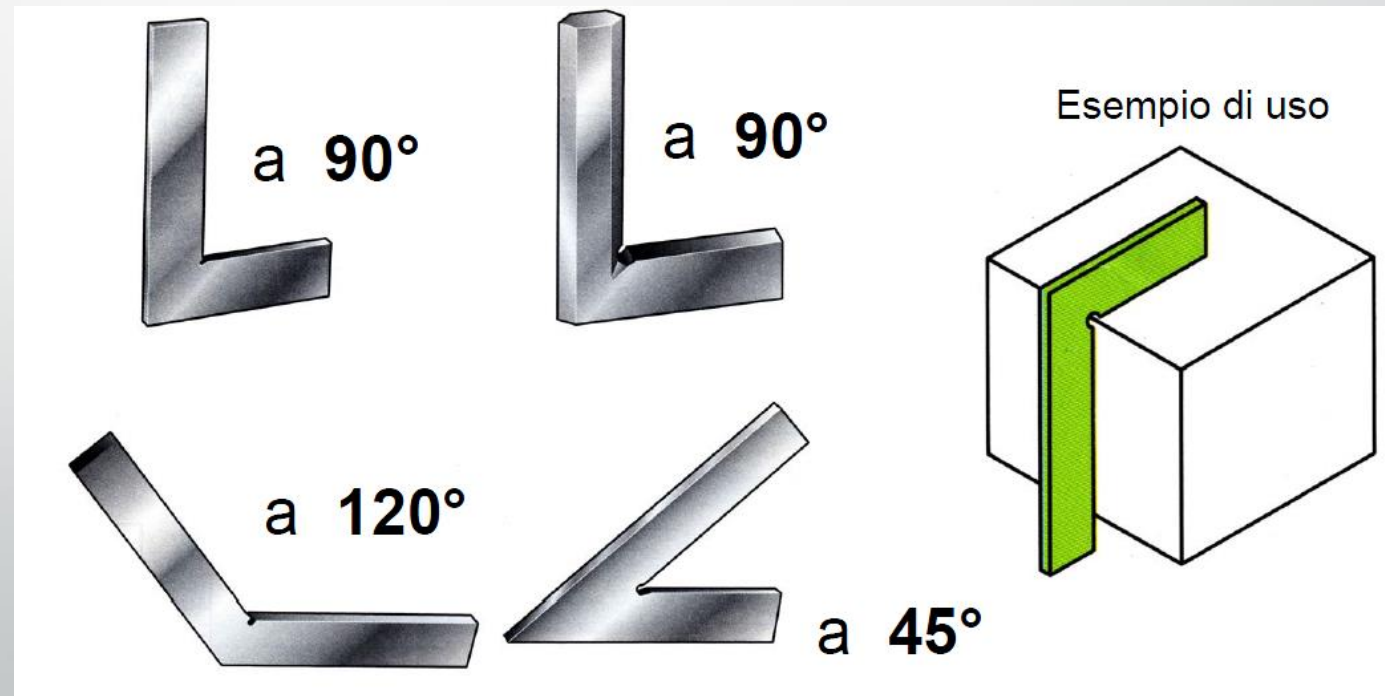
**GUARDAPIANI**



**Pezzo da controllare**

# STRUMENTI PARTICOLARI

Le **squadre di riscontro** servono per controllare rispettivamente la planarità delle superfici e gli angoli che le due superfici formano.





# STRUMENTI PARTICOLARI

Lo **spessimetro a lamine**, costituito da lamine rastremate e arrotondate in acciaio di alta qualità, particolarmente flessibili, di spessore normalmente compreso tra 0,05 e 1 mm, è un calibro fisso utilizzato per controllare lo spessore di gole o piccoli giochi fra organi meccanici.

