

Όργανα μέτρησης & μετρήσεις

Διαστάσεων



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών
Τομέας Μηχανολογικών
Κατασκευών & Αυτομάτου
Ελέγχου
Μηχανολογικό Σχέδιο Ι

Είδη Οργάνων

Μετρούμενο μέγεθος

- Διαστάσεις (μήκη, γωνίες)
- Ποιότητα επιφάνειας (τραχύτητα)
- Ανοχή (ποιοτικός έλεγχος)

Λειτουργία

- Αναλογική
- Ψηφιακή

Όργανα μέτρησης διαστάσεων

Μέτρηση Μήκους

- Μετρητικές ταινίες (μετροταινίες): στενές λουρίδες από ξύλο, ύφασμα ή μέταλλο
- Κανόνες: ακρίβεια χιλιοστού
- Παχύμετρα: ακρίβεια δέκατου του χιλιοστού
- Μικρόμετρα: ακρίβεια εκατοστού του χιλιοστού

Μέτρηση γωνίας

- Γωνίες
 - γωνίες για μέτρηση ορθών γωνιών.
 - φαλτσογωνίες για μέτρηση οξείων και αμβλειών γωνιών.
 - κεντρογωνίες μέτρηση ορθών γωνιών, που έχουν τρίτο σκέλος. Αυτές τις γωνίες τις χρησιμοποιούμε για να βρίσκουμε το κέντρο του κύκλου.
- Μοιρογνωμόνια

Αναλογικό παχύμετρο



Ψηφιακό παχύμετρο



Παχύμετρο υπερήχων



Κασετίνα Μικρομέτρων



Μικρόμετρα



Μοιρογνωμόνιο



Κασετίνα οργάνων μέτρησης διαστάσεων & εργαλείων χάραξης

1. Παχύμετρο
2. Μικρόμετρο
3. Γωνιά
4. Διαβήτης
5. Ρήγες
6. Πόντα
7. Σημαδευτήρι



Μέτρηση

Σύγκριση της ποσότητας φυσικού μεγέθους με πρότυπο

- Πρότυπο: Σταθερή ποσότητα φυσικού μεγέθους που κατά «σύμβαση» χρησιμοποιείται ως μονάδα μέτρησης

Μετρητικά όργανα μήκους

- Μετρητική ταινία
- Κανόνας
- Παχύμετρο
- Μικρόμετρο κ.ά.

Ψηφιακά ή αναλογικά

Χαρακτηριστικά μετρητικού οργάνου (1/2)

- **Εύρος μέτρησης (range):** Τα όρια μεταξύ των οποίων μπορεί να μετρήσει ένα μέγεθος
- **Διακριτική ικανότητα (resolution/discrimination):** Το ελάχιστο ποσό μεταβολής του μετρούμενου μεγέθους, το οποίο μπορεί να αναγνωρισθεί από το μετρητικό όργανο
- **Ευαισθησία (sensitivity):** Ο λόγος της μεταβολής της ένδειξης του οργάνου προς τη μεταβολή του μετρούμενου μεγέθους.

Χαρακτηριστικά μετρητικού οργάνου (2/2)

- **Ακρίβεια** (trueness): Η ικανότητα του οργάνου να παρέχει, κατά τη μέτρηση, ενδείξεις πλησιέστερες προς την αληθή τιμή του μεγέθους που μετράει.
- **Επαναληψιμότητα** (repeatability): Η ικανότητα του οργάνου να δίνει τις ίδιες ενδείξεις για επαναλαμβανόμενες μετρήσεις της ίδιας τιμής του μετρούμενου μεγέθους, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, τις ίδιες μεθόδους μέτρησης και με τον ίδιο χειριστή, σε μετρήσεις που επαναλαμβάνονται σε σύντομα χρονικά διαστήματα.
- **Αναπαραγωγισιμότητα** (reproducibility): Η ικανότητα του οργάνου να δείχνει τις ίδιες ενδείξεις για μετρήσεις της ίδιας τιμής του μεγέθους που μετριέται, κάτω από τις ίδιες συνθήκες και μεθόδους μέτρησης, αλλά από άλλον χειριστή σε μετρήσεις που γίνονται σε διαφορετικά εργαστήρια
- **Αξιοπιστία** (reliability): Η πιθανότητα το όργανο να λειτουργεί (σε ένα αποδεκτό και συμφωνημένο επίπεδο λειτουργικότητας) υπό καθορισμένες συνθήκες χρήσης

Σφάλματα μέτρησης (1/3)

Κάθε μέτρηση υπόκειται σε ανακρίβειες και αβεβαιότητες που έχουν ως συνισταμένη το *σφάλμα μέτρησης*

- Σφάλμα μέτρησης ονομάζεται η διαφορά της πραγματικής τιμής ενός μεγέθους από τη μετρούμενη τιμή του.
- Αναγραφή σφάλματος μέτρησης μήκους: (15.30 ± 0.05) mm
- Είδη σφαλμάτων
 - Τυχαία
 - Συστηματικά
 - Απόλυτα
 - Σχετικά

Σφάλματα μέτρησης (2/3)

Συστηματικά

Επηρεάζουν τις μετρήσεις και με τον ίδιο τρόπο (συστηματικά)

- Μπορούν να αναγνωρισθούν και να διορθωθούν κατά την επεξεργασία των μετρήσεων

Αιτίες

- Λάθος βαθμονόμηση μετρητικού οργάνου
- Περιβαλλοντικοί παράγοντες

Τυχαία

Επηρεάζουν τις μετρήσεις με τυχαίο τρόπο

- Δε μπορούν να αφαιρεθούν κατά την επεξεργασία τους.

Αιτίες

- Ατέλειες πειραματικής διάταξης
- Πεπερασμένη ακρίβεια μετρητικών οργάνων σε συνδυασμό με την επίδραση των αισθήσεων

Σφάλματα μέτρησης (3/3)

Απόλυτα

Η διαφορά της πραγματικής τιμής ενός μεγέθους από τη μετρούμενη.

- Καθορίζεται από τη διακριτική ικανότητα του οργάνου μέτρησης.
 - Αναλογικά μετρητικά όργανα: Το απόλυτο σφάλμα ισούται με το μισό της ελάχιστης υποδιαίρεσης
 - Ψηφιακά μετρητικά όργανα: Το απόλυτο σφάλμα δίνεται από τον κατασκευαστή του μετρητικού οργάνου

Σχετικά

Το πηλίκο του απόλυτου σφάλματος δια την πραγματική τιμή

Παράδειγμα σφάλματος μέτρησης (1/2)

Συστηματικό σφάλμα

Μέτρηση μήκους με μετροταινία που έχει βαθμονομηθεί σε διαφορετική θερμοκρασία από αυτή της μέτρησης

Τυχαίο σφάλμα

Κατά τη μέτρηση μήκους με χάρακα, η τιμή της μέτρησης εξαρτάται από

- την ακριβή θέση τοποθέτησης του χάρακα
- τη γωνία παρατήρησης, κ.λ.π.

Παράδειγμα σφάλματος μέτρησης (2/2)

- Μέτρηση μήκους 15.5cm με σφάλμα 0.5 cm (15.5 ± 0.5) cm.
 - πραγματική τιμή του μήκους [15.0, 16.0] cm
- Επανάληψη μέτρησης μήκους με όργανο μεγαλύτερης ακρίβειας 15.62 cm με σφάλμα 0.05 cm (15.62 ± 0.05) cm
 - πραγματική τιμή του μήκους [15.57, 15.67] cm.
- Τα σφάλματα 0.5 cm και 0.05 cm είναι *τυχαία & απόλυτα*

Σημαντικά ψηφία & Στρογγυλοποίηση

Σημαντικά Ψηφία: Ο αριθμός των ψηφίων της τιμής μιας μέτρησης ο οποίος αντανακλά την ακρίβειά της.

- 1587 mm 4 σημαντικά ψηφία
- 155 mm 3 σημαντικά ψηφία
- Τα σημαντικά ψηφία μιας μέτρησης πρέπει να συμφωνούν με το σφάλμα της
 - **15.62±0.05 mm** η τιμή της μέτρησης και το σφάλμα της δηλώνουν ακρίβεια 0.01 mm.
- Τα μη σημαντικά ψηφία στρογγυλοποιούνται
 - Εάν τελευταίο ψηφίο < 5 παραλείπεται (στρογγυλοποίηση προς τα κάτω)
 - Εάν τελευταίο ψηφίο > 5 τότε το προηγούμενο ψηφίο αυξάνεται κατά 1 (στρογγυλοποίηση προς τα πάνω)
 - Εάν τελευταίο ψηφίο = 5 τότε το προηγούμενο ψηφίο στρογγυλοποιείται προς τον πλησιέστερο άρτιο αριθμό

Παχύμετρο

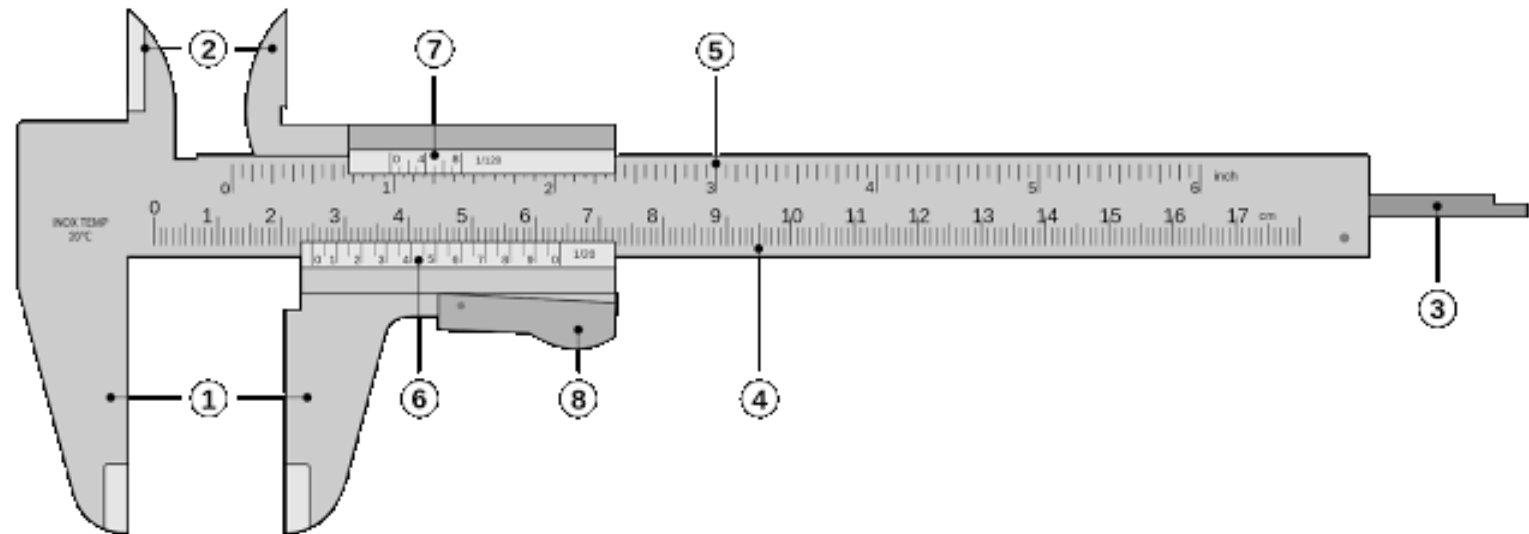
Χρησιμοποιείται όταν απαιτείται μεγαλύτερη ακρίβεια μέτρησης μήκους από εκείνη που παρέχει το κοινό μέτρο.

- Δυνατότητα μέτρησης
 - Πάχους
 - Διαμέτρου (Εσωτερικής / Εξωτερικής)
 - Βάθους
- Διαφορετικά είδη παχυμέτρων ανάλογα με την αρχή μέτρησης
- Τυπικότερο το απλό παχύμετρο Vernier (με βερνιέρο)



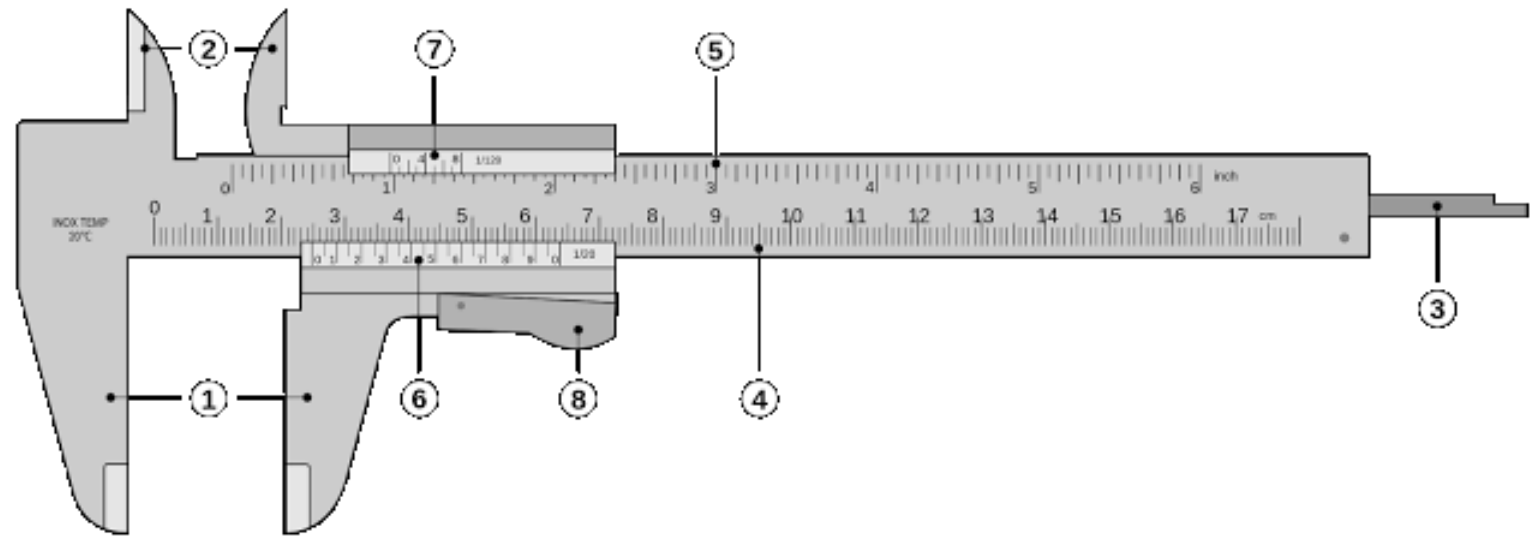
Μέρη παχυμέτρου & Μέτρηση (1/2)

- 1 Σιαγόνα μέτρησης εξωτερικής διαμέτρου (διάμετρος ή πάχος ενώ με τα άκρα μπορεί να μετρηθεί σπείρωμα)
- 2 Σιαγόνα μέτρησης εσωτερικής διαμέτρου (διάμετρος)
- 3 Άκρο μέτρησης βάθους (π.χ. βάθος οπής, αυλάκωσης κ.ά.)



Μέρη παχυμέτρου & κλίμακα (1/2)

- 4 + 5 Κύρια κλίμακα (σε mm + σε ίντσες)
- 6 + 7 Κλίμακα βερνιέρου (0.1 mm ή κλάσματα ίντσας)
- 8 Ασφάλεια (Σταθεροποιεί τον βερνιέρο)

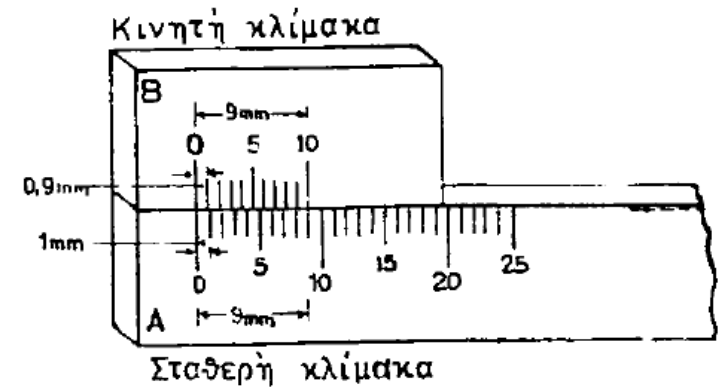


Αρχή λειτουργίας παχύμετρου βερνιέρου (1/3)

- **Βερνιέρος:** Συνδυασμός δύο διαφορετικά βαθμονομημένων κλιμάκων χαραγμένων σε δύο κανόνες που κινούνται παράλληλα μεταξύ τους και προς την ευθεία μέτρησης
- Επιτρέπει ακριβείς μετρήσεις σε κλάσματα της ελαχίστης υποδιαίρεσης της κύριας κλίμακας.
- Η λειτουργία του παχύμετρου βασίζεται στην ικανότητα της όρασης να διακρίνει δύο γραμμές σε ταύτιση.

Αρχή λειτουργίας παχυμέτρου βερνιέρου (2/3)

- Η κινητή κλίμακα υποδιαιρείται σε n τμήματα τα οποία καλύπτουν το ίδιο συνολικό μήκος με $(n - 1)$ υποδιαίρεσεις της σταθερής κλίμακας.
- Η μία υποδιαίρεση της κινητής κλίμακας ισοδυναμεί με $1/n$ της μικρότερης υποδιαίρεσης της κύριας κλίμακας.



Αρχή λειτουργίας παχυμέτρου βερνιέρου (3/3)

- Οι υποδιαίρεσεις του βερνιέρου συνδέονται με τις υποδιαίρεσεις της κύριας κλίμακας με τη σχέση:

$$\delta\beta = \delta\kappa (n-1)/n$$

- $\delta\beta$: το μήκος των υποδιαίρεσεων του βερνιέρου
- $\delta\kappa$: το μήκος των υποδιαίρεσεων της κύριας κλίμακας
- n : ο αριθμός των υποδιαίρεσεων του βερνιέρου
- Η τιμή μήκους που διαβάζεται στον βερνιέρο είναι:

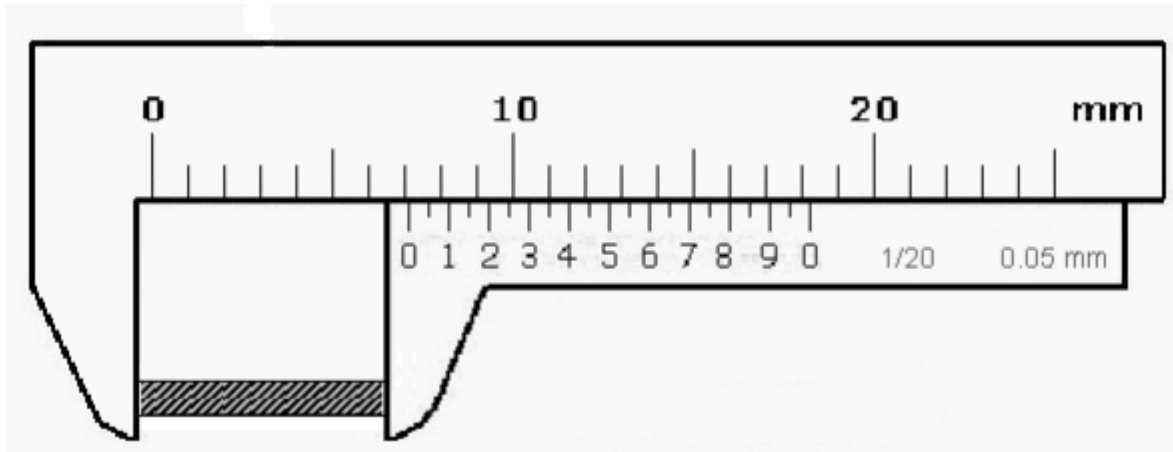
$$\alpha = \delta\kappa - \delta\beta \quad \text{άρα} \quad \alpha = \delta\kappa / n$$

Διαδικασία μέτρησης

- Αναγνώριση διακριτικής ικανότητας του βερνιέρου (Με τη γνώση της διακριτικής ικανότητας του οργάνου καθορίζεται το πόσα και ποια είναι τα σημαντικά ψηφία της μέτρησης)
 - π.χ. 0.1, 0.05 ή 0.02 mm - Συμβολισμός ως: 1/10, 1/20 και 1/50).
- Ανάγνωση των μονάδων στην ένδειξη της κύριας κλίμακας (κανόνας)
- Ανάγνωση της ένδειξης του βερνιέρου (Διάκριση γραμμής από τις διαβαθμίσεις του βερνιέρου αποτελεί προέκταση των γραμμών του κανόνα και αποφαινόμεστε για τα δεκαδικά).

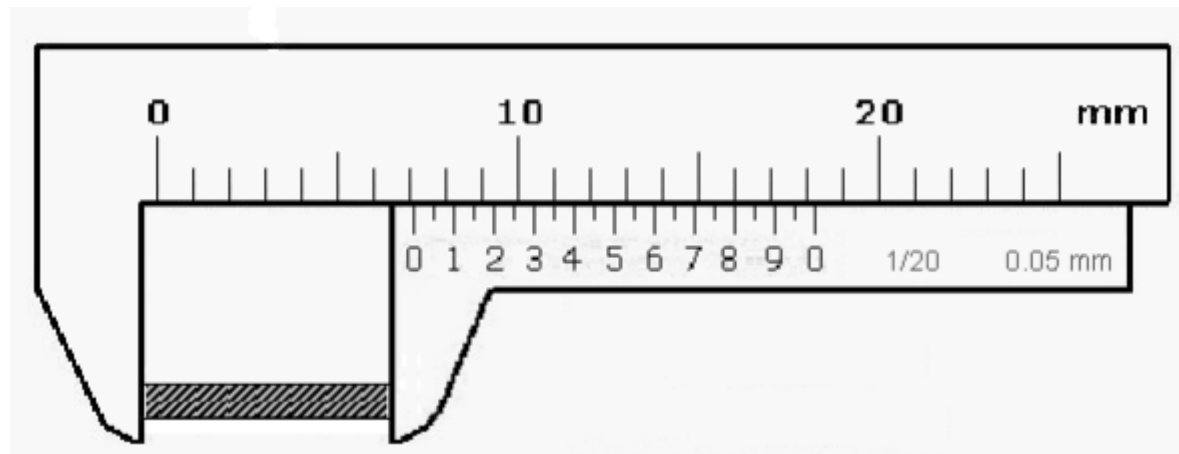
Χρήση παχυμέτρου

- Ελάχιστη υποδιαίρεση κύριας κλίμακας = 1 mm.
 - Ελάχιστη υποδιαίρεση κινητής κλίμακας = 0.05 mm (1/20 (1 mm))
- Κινητή κλίμακα φέρει 20 υποδιαιρέσεις.

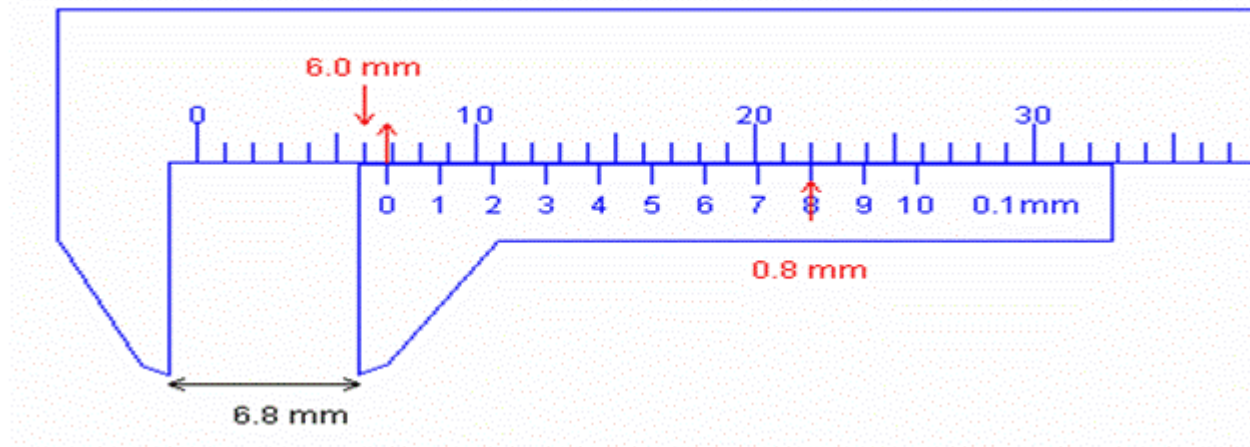


Μέτρηση με παχύμετρο (1/2)

- Το 0 της κινητής κλίμακας βρίσκεται μεταξύ των υποδιαιρέσεων 7mm και 8mm άρα 7 mm
- Το κινητό μέρος συμπίπτει στο 3.5 με την κύρια κλίμακα άρα $7 \times 0.05 = 0.35 \text{ mm}$



Μέτρηση με παχύμετρο (2/2)



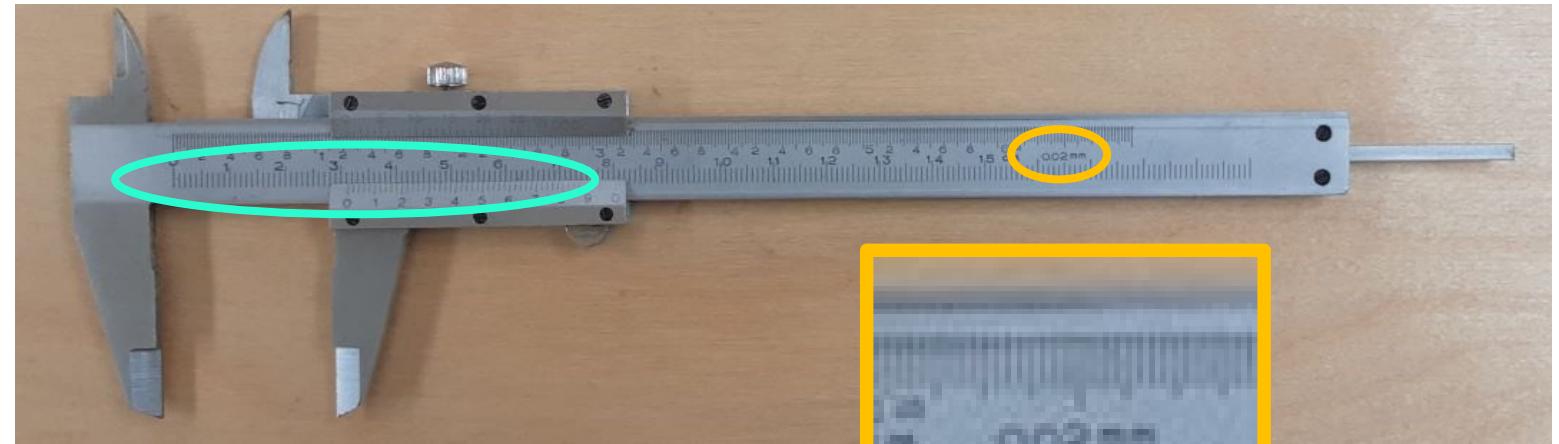
Κλίμακες

Σταθερή κλίμακα

Ελάχιστη υποδιαίρεση 1 mm

Κινητή κλίμακα (βερνιέρος)

Ελάχιστη υποδιαίρεση 0.02 mm



Μέτρηση εξωτερικής διαμέτρου άξονα

1. Το 0 της κινητής κλίμακας βρίσκεται μεταξύ των υποδιαιρέσεων 31 mm & 32 mm (έχοντας τα 31 mm αριστερά) άρα 31 mm.
2. Η πρώτη γραμμή της κινητής κλίμακας που συμπίπτει με γραμμή της σταθερής κλίμακας είναι στο 4 (20^η γραμμή) άρα $20 * 0.02 = 0.4$ mm
3. Διάμετρος άξονα = $31 + 0.4 = 31.40$ mm

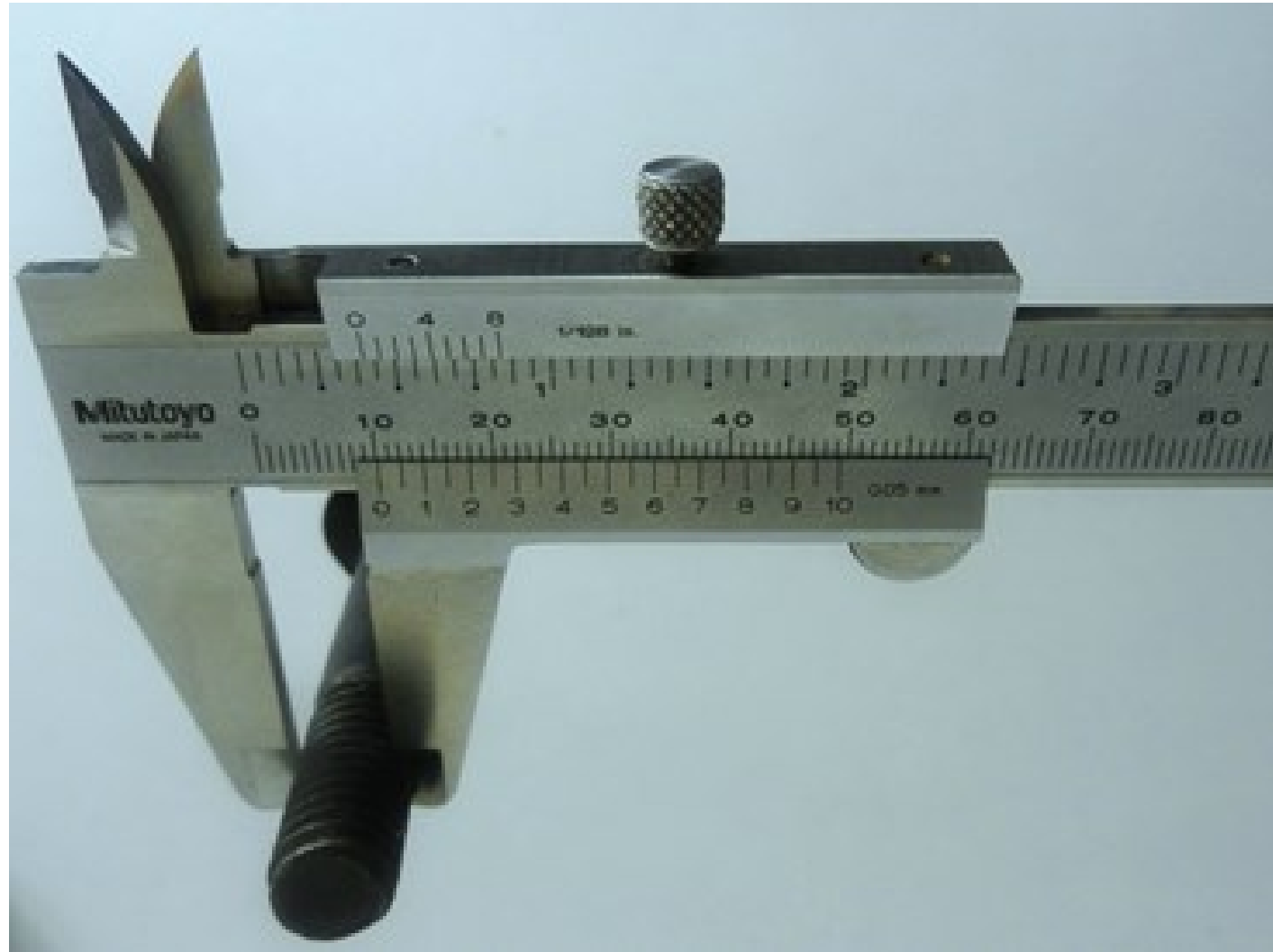


Πρακτική μέτρησης

- Άνοιγμα των σιαγόνων του παχυμέτρου λίγο παραπάνω από το προς μέτρηση μήκος
- Τοποθέτηση του εξαρτήματος στη σταθερή σιαγόνα του παχυμέτρου.
- Μετακίνηση της κινητής σιαγόνας προς το εξάρτημα
- Ανάγνωση της τιμής της σταθερής κλίμακας και στη συνέχεια της κινητής.
- Για την αποφυγή σφαλμάτων
 - Τα προς μέτρηση εξαρτήματα τοποθετούνται όσο γίνεται καλύτερα ανάμεσα στις σιαγόνες
 - Δεν πρέπει να γίνεται μέτρηση στα άκρα των προς μέτρηση πλευρών ενός κομματιού
 - Εξοχές και εσοχές μετρούνται μόνο με τα ακραία τμήματα των σιαγόνων του παχυμέτρου

Διαφορετικές μετρήσεις

Εξωτερική διάσταση



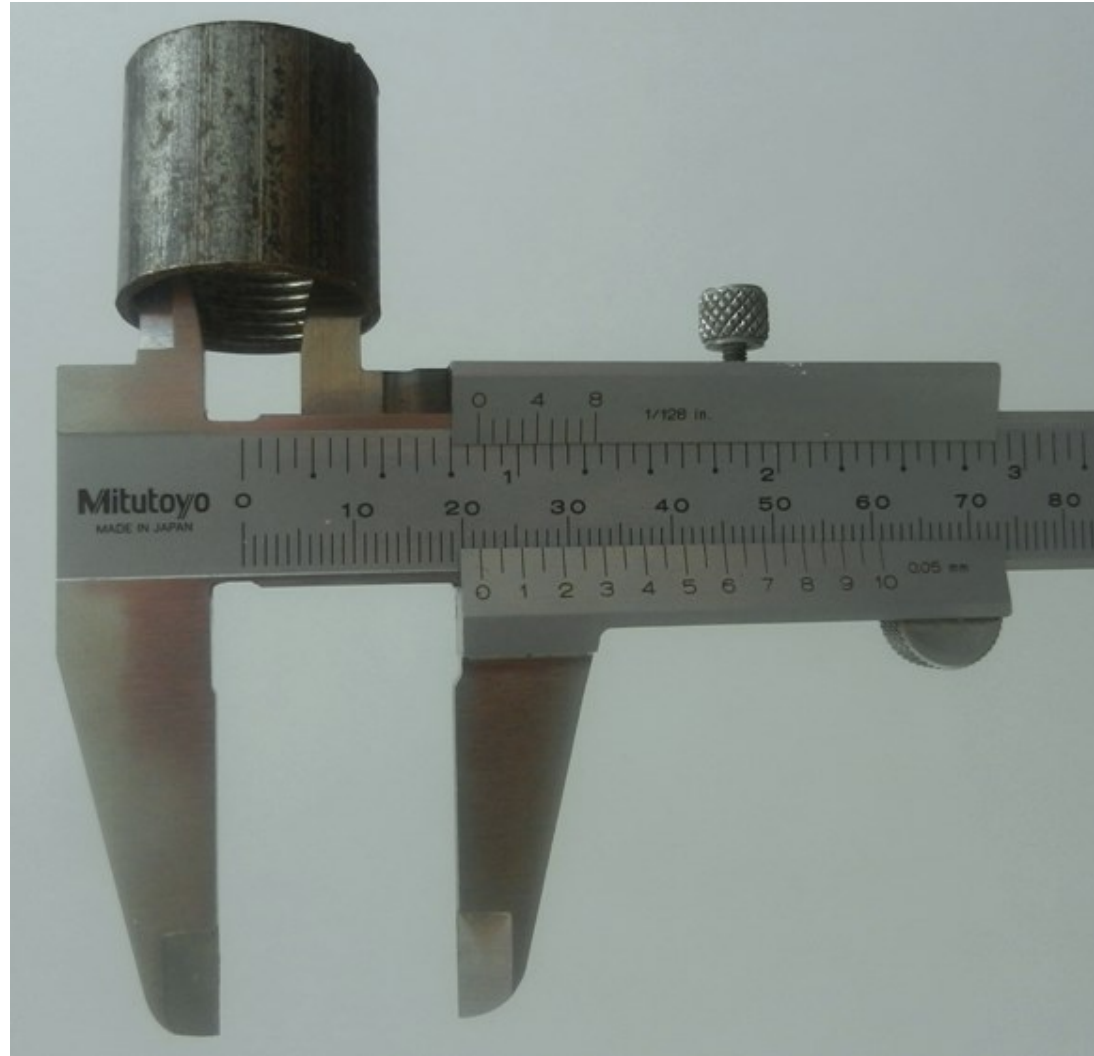
Διαφορετικές μετρήσεις

Εξωτερική διάσταση



Διαφορετικές μετρήσεις

Εσωτερική διάσταση



Διαφορετικές μετρήσεις

Βάθος



Είδη παχυμέτρων

- Παχύμετρο
 - με βίδα
 - με σούστα
 - με ρολόι
 - ψηφιακό
 - υπερήχων

Παχύμετρο με βίδα



VERNIER CALIPER

1205-150S

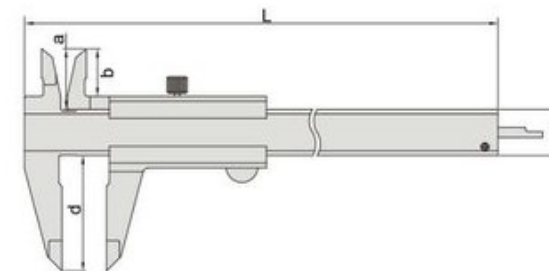
Graduation 0.05mm/1/128" (mm)

Code	Range	Accuracy	L	a	b	c	d
1205-150S	0-150mm/0-6"	±0.05mm	235	20.5	15.5	16	40
1205-200S	0-200mm/0-8"	±0.05mm	290	23.5	19	16	50
1205-300S	0-300mm/0-12"	±0.05mm	414	27.5	22	20	64

Graduation 0.05mm (mm)

Code	Range	Accuracy	L	a	b	c	d
1205-1503S	0-150mm	±0.05mm	235	20.5	15.5	16	40
1205-2003S	0-200mm	±0.05mm	290	23.5	19	16	50
1205-3003S	0-300mm	±0.05mm	414	27.5	22	20	64

- Meet DIN862
- Made of stainless steel
- Satin chrome plated reading surface



Παχύμετρο με σούστα

VERNIER CALIPER WITH THUMB CLAMP



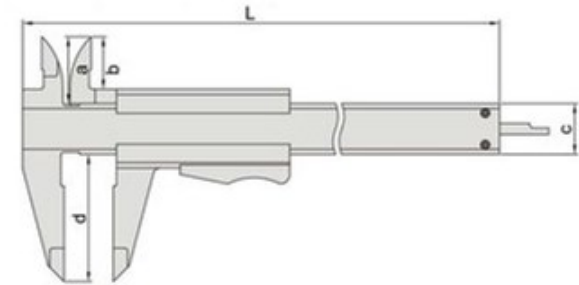
1223-150

Graduation 0.05mm/1/128"

Code	Range	Accuracy	L	a	b	c	d
1223-150	0-150mm/0-6"	±0.05mm	230	20.5	16.5	16	40
1223-200	0-200mm/0-8"	±0.05mm	295	23.5	19	16	50
1223-300	0-300mm/0-12"	±0.05mm	405	26	20	20	60

Graduation 0.02mm/0.001"

Code	Range	Accuracy	L	a	b	c	d
1223-1502	0-150mm/0-6"	±0.03mm	230	20.5	16.5	16	40
1223-2002	0-200mm/0-8"	±0.03mm	295	23.5	19	16	50
1223-3002	0-300mm/0-12"	±0.03mm	405	26	20	20	60



- Meet DIN862
- With thumb clamp
- Made of stainless steel
- Satin chrome plated reading surface

Παχύμετρο με ρολόι

SHOCK PROOF



DIAL CALIPER

1312-150A

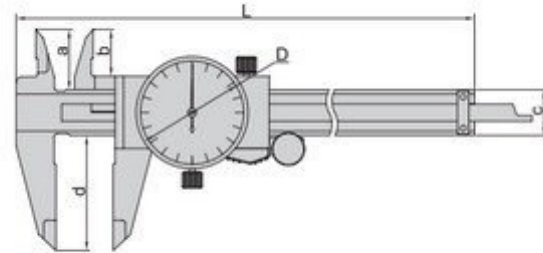
Dial indicator graduation: 0.02mm

Code	Range	Accuracy	L	a	b	c	d	D
1312-150A*	0-150mm	±0.03mm	235	21	16.5	16	40	Ø39
1312-200A*	0-200mm	±0.03mm	288	24	19	16	48	Ø39
1312-300A*	0-300mm	±0.04mm	410	28	22	20	62	Ø44.5

Dial indicator graduation: 0.01mm

Code	Range	Accuracy	L	a	b	c	d	D
1311-150A*	0-150mm	±0.03mm	235	21	16.5	16	40	Ø39
1311-200A*	0-200mm	±0.03mm	288	24	19	16	48	Ø39
1311-300A*	0-300mm	±0.04mm	410	28	22	20	62	Ø44.5

- Shockproof dial indicator
- Made of stainless steel

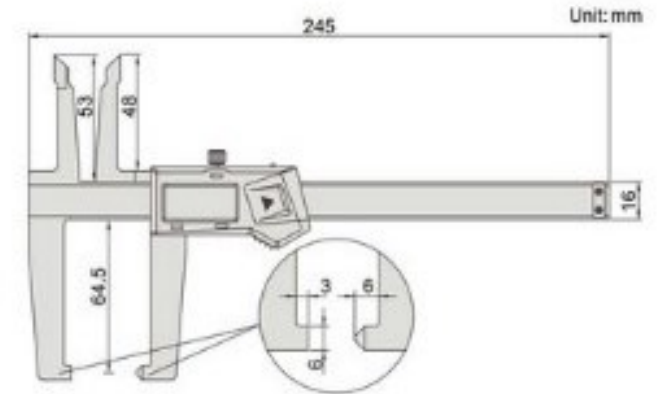


* Supplied with manufacturer calibration certificate

Ψηφιακό παχύμετρο



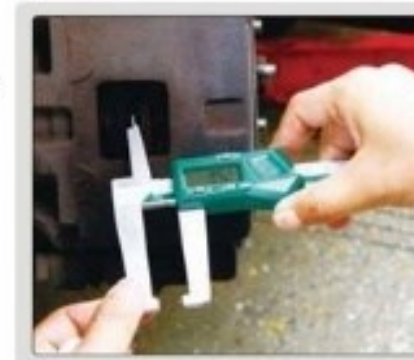
DIGITAL DISK BRAKE AND PAD CALIPER



1167-150A

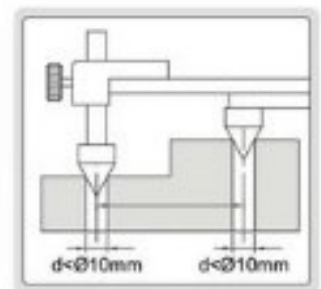
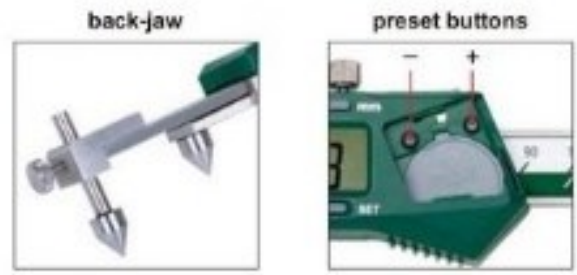
- Measure thickness of disk brakes and pad wear
- Resolution: 0.01mm/0.0005"
- Buttons: on/off, zero, mm/inch
- Automatic power off, move the digital unit to turn on power
- Battery CR2032
- Data output
- Made of stainless steel
- Optional accessory: data output cable (code 7306-20, 7302-SPC1A/SPC1B, 7305-SPC2)

Code	Range	Accuracy
1167-150A	0-150mm/0-6"	±0.07mm



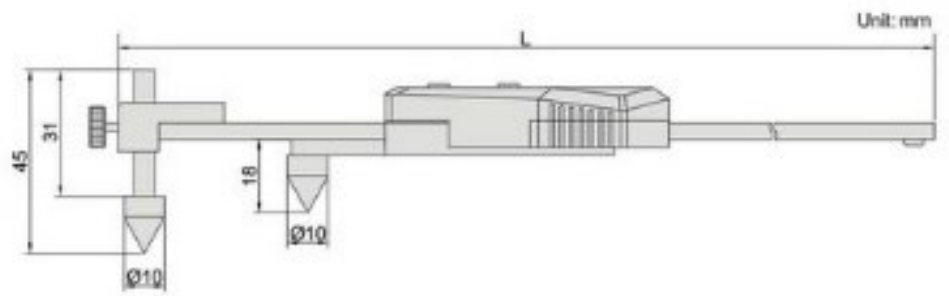
Παχύμετρο για μέτρηση απόστασης κέντρων οπών

DIGITAL BACK-JAW CENTERLINE CALIPER



- Measure hole center distance in the same or offset planes
- Resolution: 0.01mm/0.0005"
- Buttons: on/off, set, mm/inch, preset (+, -)
- Automatic power off, move the digital unit to turn on power
- Battery CR2032
- Data output
- Made of stainless steel
- Optional accessory: data output cable (code 7306-20, 7302-SPC1A/SPC1B, 7305-SPC2)

Code	Range	Accuracy	L (mm)
1177-200	10-200mm/0.4-8"	±0.1mm	310
1177-300	10-300mm/0.4-12"	±0.1mm	410



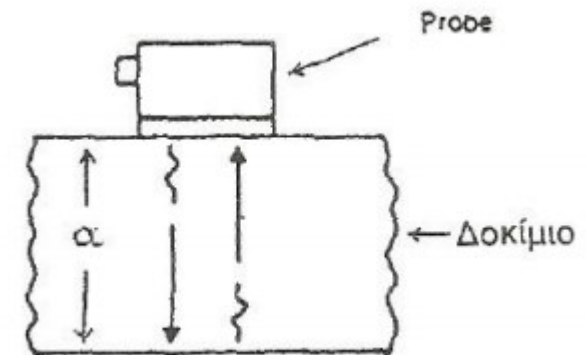
Παχύμετρο υπερήχων

- Η παχυμέτρηση με τη χρήση υπερήχων επιτρέπει τη μέτρηση του πάχους διαφορετικών υλικών, χωρίς να απαιτεί πρόσβαση και από τις δύο πλευρές του υλικού
- Χαμηλές συχνότητες είναι κατάλληλες για τη μέτρηση υλικών με μεγάλα πάχη, χονδρόκοκκων υλικών που προκαλούν υψηλή αποδυνάμωση του ήχου και μεγάλη σκέδαση της δέσμης υπερήχου.
- Υψηλές συχνότητες είναι κατάλληλες για λεπτά πάχη, και υλικά που προκαλούν μικρή αποδυνάμωση και σκέδαση της δέσμης υπερήχου και παρέχουν υψηλότερη ακρίβεια τάξης μm .

Αρχή λειτουργίας παχυμέτρου υπερήχων

Μέθοδος παλμού-ηχούς

Υπολογίζει το πάχος ενός υλικού μέσω του προσδιορισμού του χρόνου που απαιτείται ώστε ένας παλμός υπερήχου - που παράγεται από την κεφαλή – να ταξιδέψει διαμέσου του υλικού, να ανακλαστεί στην πίσω επιφάνεια του υλικού και να επιστρέψει στην κεφαλή.



Παχύμετρο υπερήχων

Τεχνικές προδιαγραφές	
Εύρος	1.2~225mm(steel)
Ταχύτητα ήχου	1000~9999m/s
Ακρίβεια	±1%
Ανάγνωση	0.1mm
Ισχύς	1.5V AAA*3 μπαταρίες
Συσκευασία	Κουτί+αλουμινένιο βαλιτσάκι
Περιλαμβάνει	1). 1.5V AAA*3 μπαταρίες
	2) Ø20mm probe*1pcs
	3). 4mm Calibration block (steel, μπλοκ για καλιμπράρισμα)
	4). Coupling agent (ειδικό ζέλ)
	5). Manual (English version)
Διαστάσεις	70*145.5*28mm
Βάρος	210g

