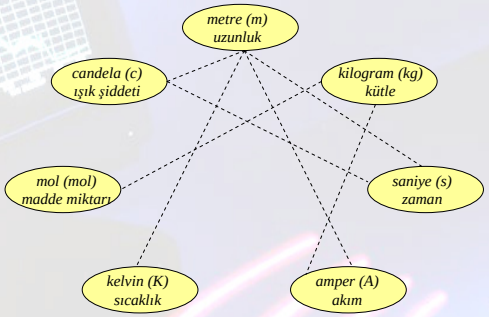
ÖLÇME TEKNİĞİ
TANIMLAR, STANDARTLAR, BOYUTLAR VE BİRİMLER, GENELLEŞTİRİLMİŞ ÖLÇME SİSTEMİ, HATALAR, BELİRSİZLİK ANALİZİ, İSTATİKSEL ANALİZ YER DEĞİŞTİRME ÖLÇÜMLERİ KUMPASLAR, MİKROMETRELER, KOMPARATÖRLER BOYUTSAL ve ŞEKİLSEL ÖLÇME EN KÜÇÜK KARELER METODU

YRD. DOÇ. DR. GÜRCAN ATAKÖK

Metroloji ve SI Temel Birimleri

Uluslar arası birimler sistemine (SI) göre tüm büyüklüklerin ölçümünde yedi temel birim ve bu temel birimlerden türetilen birimler kullanılır. Metrik Sistem olarak da anılan bu sistemin birimleri ve birimler arası ilişkiler aşağıda gösterilmektedir:

SI TEMEL BİRİMLERİ



SI Temel Birimleri

METRE

- Metre (m), uzunluğa ait temel ölçü birimidir.
- Bir metre, ışığın boşlukta saniyenin 1/299,792,458'i kadar sürede aldığı yolun uzunluğudur.
- UME ve bir çok metroloji enstitüsünde metre standardını oluşturmak için he-ne lazer kullanılır.

KİLOGRAM

- Kilogram (kg), kütleye ait temel ölçü birimidir.
- Bir kilogram, uluslararası kilogram prototipinin kütlesidir. Kilogram prototipi Paris'te bulunan Ölçü ve Ağırlıklar Bürosu'nda (BIPM) muhafaza edilmektedir.
- Türkiye'ye ait kilogram prototipinin numarası 54'dür ve UME'de muhafaza edilmektedir.
- 1990-1993 arasında yapılan ölçümlerde bu prototipin ağırlığı 1.000 000 234 kg bulunmuştur. (Belirsizlik: 0.000 000 024 kg)

SANİYE

- Saniye (s), zamana ait temel ölçü birimidir.
- Bir saniye, sezyum 133 cs atomunun, temel enerji durumunda iki süper ince düzeyi arasındaki geçişe karşılık gelen ışımanın 9.192.631.770 periyodluk süresidir.

AMPER

- Amper (A), elektriksel akım şiddetine ait temel ölçüm birimidir
- Bir amper, boşlukta birbirlerinden bir metre uzaklıkta bulunan, kesitleri ihmal edilebilecek kadar küçük silindirik iki paralel iletkenden geçirildiğinde, bu iletkenler arasında metre başına 2×10 e-7 newton'luk bir kuvvet oluşturan, zamana bağlı olarak değişmeyen elektrik akım şiddetidir.

KELVİN

- Kelvin (°K), termodinamik sıcaklığa ait temel ölçü birimidir.
- Bir kelvin, suyun üçlü noktasının termodinamik sıcaklığının 273.16'da biridir.

KANDELA

- Kandela (cd) , ışık şiddetine ait temel ölçü birimidir.
- Bir kandela 540 x 10 e 12 hertz'lik bir titreşime sahip monokromatik bir ışık kaynağının 1 steradyanlık katı açıda sağladığı aydınlatma şiddetinin 1/683'üdür

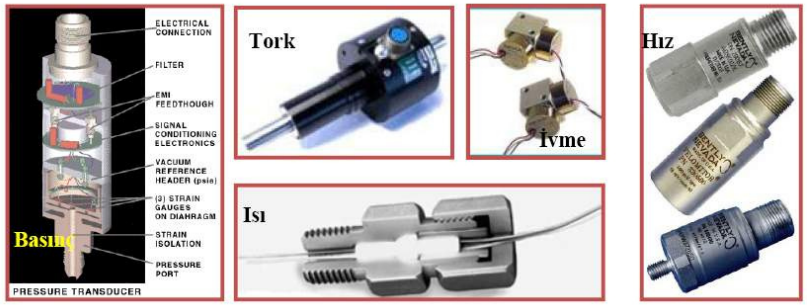
MOL

- Mol madde miktarına ait temel birimdir.
- Bir mol, 0.012 gram karbon-12 içerisindeki atom sayısıdır.

Başlıca SI Türetilmiş Büyüklükleri ve Birimleri

BÜYÜKLÜK	SI BİRİM ADI	SEMBOL
ALAN	METREKARE	M^2
HACİM	METREKÜP	M^3
HIZ	METRE/SANİYE	M/S
İVME	METRE/SANİYE KARE	M/S^2
YOĞUNLUK	KİLOGRAM/METRE^3	KG/M^3
AKIM YOĞUNLUĞU	AMPER/METRE^2	A/M^2
AYDINLATMA	KANDELA/METRE^2	CD/M^2
FREKANS	HERTZ	HZ
KUVVET	NEWTON	N
BASINÇ GERİLME	PASCAL	PA
ENERJİ İŞ	JOULE	J
GÜÇ	WATT	W
ELEKTRİK YÜKÜ	COULOMB	Q
POTANS FARKI	VOLT	V
ELEKTRİK DİRENCİ	OHM	Ω
KAPASİTANS	FARAD	F
MAGNETİK AKI	WEBER	WB
MAG.AKI YOĞ.	TESLA	T
İNDÜKTANS	HENRY	H
IŞIK AKISI	LÜMEN	LM
DIN. VISKOSITE	PASCAL.SANİYE	PA.s
MOMENT	NEWTON.METRE	N.m
ISIL İLETKENLIK	WATT/M^{0}K	W/(m K)
PERMİTİVE	FARAD/IMETRE	F/m

ÖLÇME SİSTEMLERİ
Bütün ölçme sistemleri üç temel elemanı içerir.
Transducer :Ölçülecek fiziksel değişkeni ortaya çıkaran hassas elemandır



Ara durum elemanı: Bu eleman da transducer' den algılanan sinyal (mekanik veya elektriksel olabilir) arzulanan duruma göre büyütülür veya küçültülür. Ara durum elemanı genellikle **AMPLİFİKATÖR** olur.

KALİBRELEME

Hassas bir terazide 1 kg ağırlık konduğunda, terazi göstergesi 1kg'ı gösteriyorsa cihaz kalibreli demektir

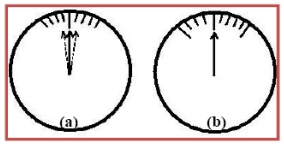
Kalibreleme

1. Var olan ilk standart ile

2. Kalibrelenmiş olan cihazdan daha yüksek doğruluğa sahip ikinci bir standart ile
3. Bilinen bir giriş kaynağı ile kıyaslanarak yapılır.

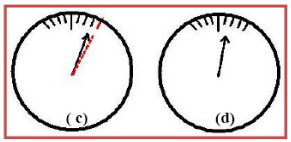
ÖLÇME CİHAZLARINDA HATA KAYNAKLARI

GÖZLEM HATASI
Bu hata, okuyucunun ölçme cihazındaki değeri okurken yaptığı hatadır. Nedeni basit yanlış okumadır. **(a)**



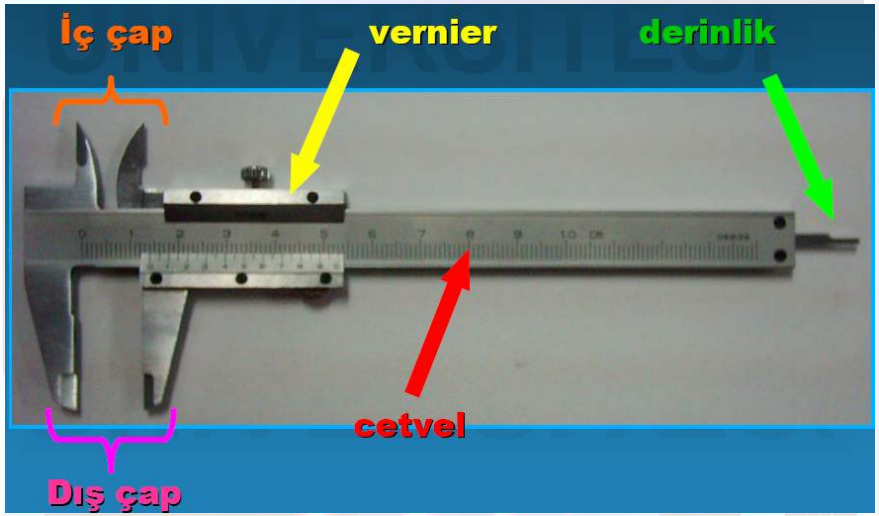
SKALA HATASI
Skala çizgisinin, cihazın çalışma prensibine uygun olarak teorik durumu ile gerçek durumu ile gerçek durumu arasındaki farktan doğan hatadır. Örneğin cihaz skala çizgisi tam olmayabilir. **(b)**

GÖSTERGE HATASI
Cihaz ibresinin gösterdiği değerden, ölçülen miktarın gerçek değerini çıkartmakla elde edilen hatadır. **(c)**



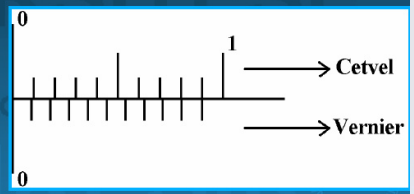
SIFIR HATASI
Kullanım şartları belirli bir cihazda, ibrenin daha başlangıçta sıfırdan sapması durumundaki hatadır. **(d)**

KUMPASLAR



❖ Yapısı :

1/10 mm'LİK KUMPASLAR



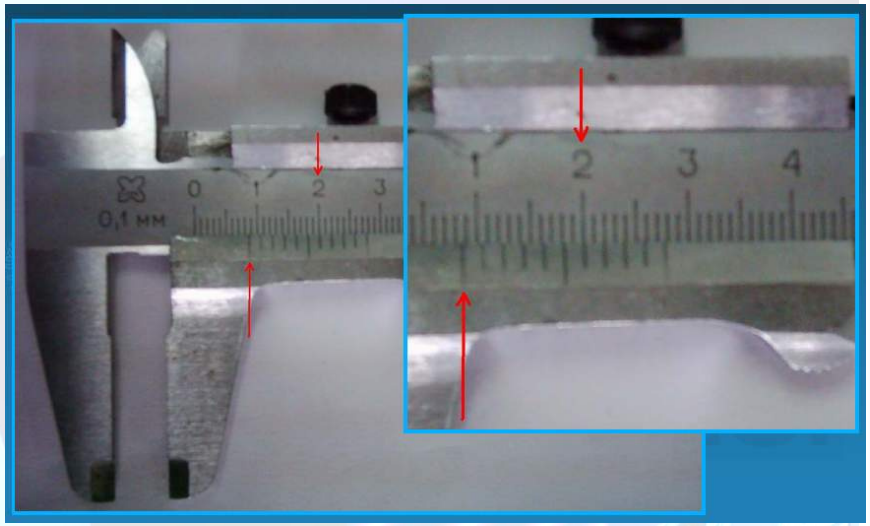
❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

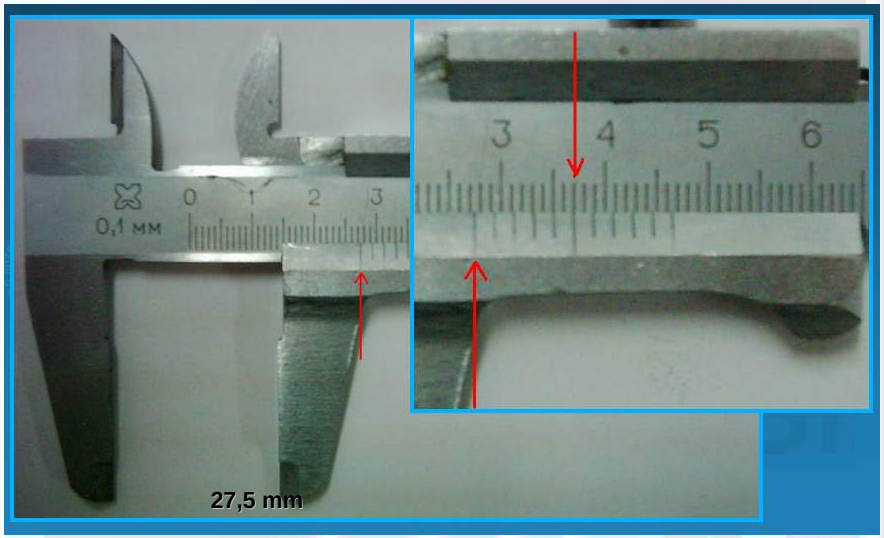
Temel Kuralın Uygulanışı:
(1 mm) - (9/10 mm) = 1-0.9 = 0.1 mm = ONDA BİR

❖ 0.1 mm' in ANLAMI : Bu kumpas

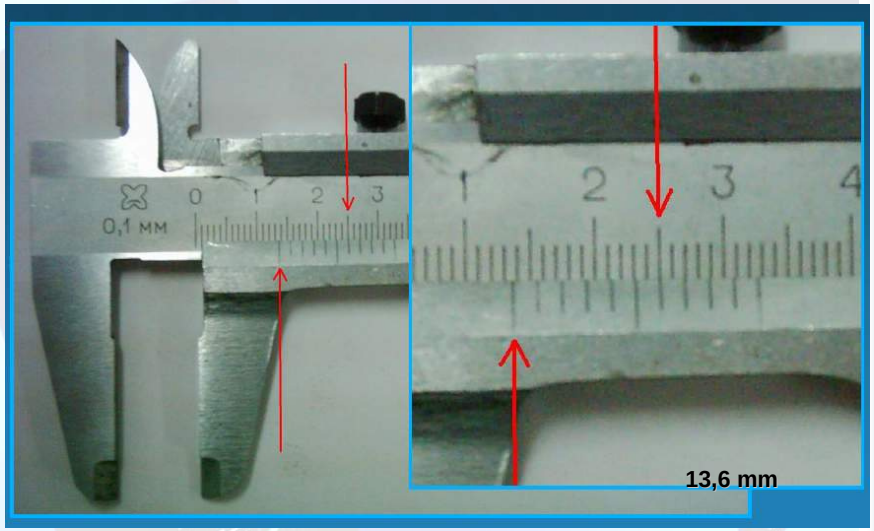
10.0 mm	FAKAT	10.00 mm
29.9 mm		29.90 mm
41.1 mm		41.10 mm
23.5 mm		23.50 mm
57.2 mm yi ÖLÇER.		57.20 mm yi ÖLÇEMEZ.
Noktadan sonra tek rakam ve birin katlarını ÖLÇER.		Noktadan sonra iki rakam fazla hassasiyet demektir



8,6 mm

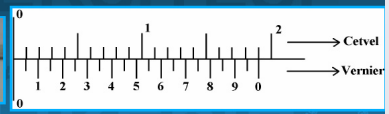


27,5 mm



1/20 mm'LİK KUMPASLAR

❖ Yapısı :



❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

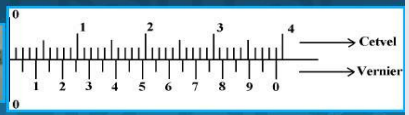
Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

Temel Kuralın Uygulanışı:
(1 mm) - (19/20 mm) = 1-0.95 = 0.05 mm = YÜZDE BEŞ

❖ 0.05 mm' in ANLAMI : Bu kumpas

10.00 mm	FAKAT	10.01 mm
15.45 mm		15.46 mm
99.95 mm		99.94 mm
21.05 mm		21.04 mm
7.25 mm yi ÖLÇER.		7.24 mm yi ÖLÇEMEZ.
Noktadan sonra iki rakam ve (5)' in katlarını ÖLÇER.		Zira (5) ve katları OLMAK ZORUNDA

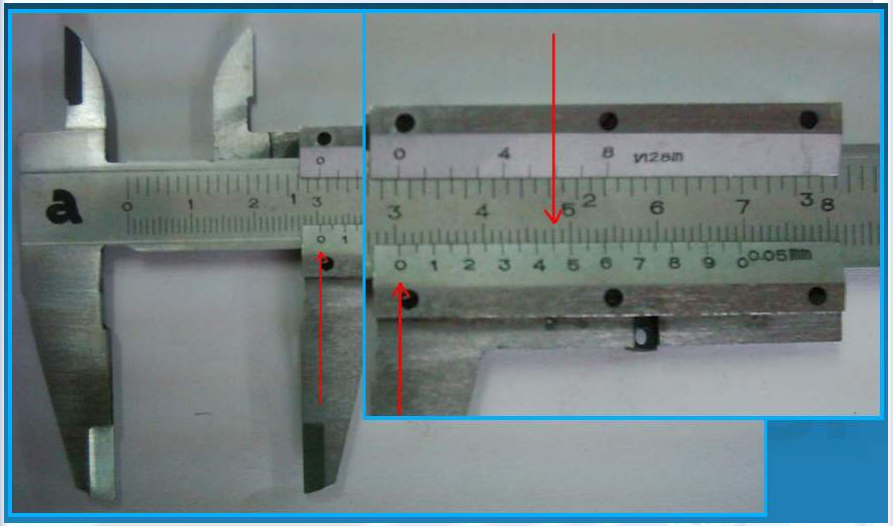
❖ Yapısı :

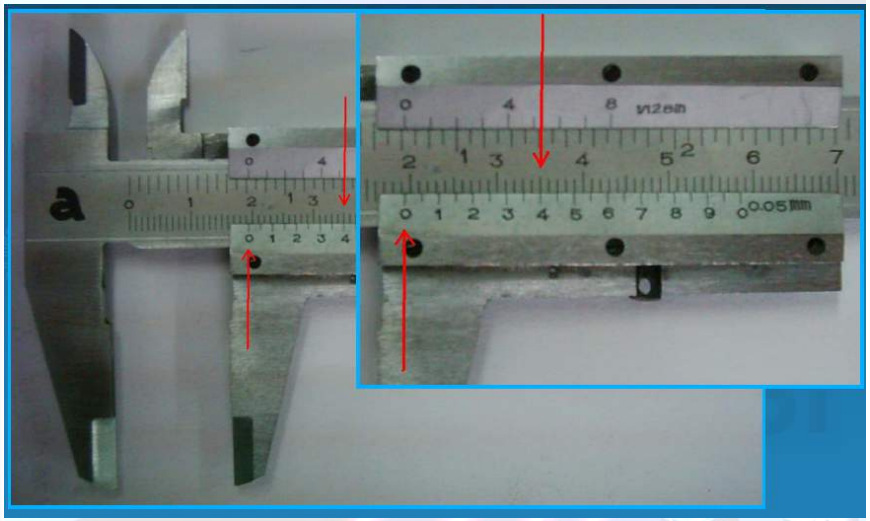


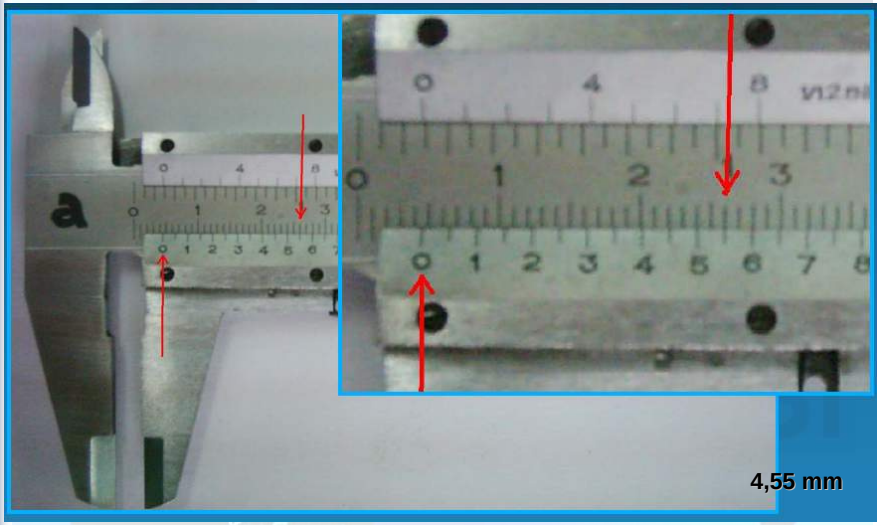
❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

Temel Kuralın Uygulanışı:
(2 mm) - (39/20 mm) = 2-1.95 = 0.05 mm = YÜZDE BEŞ







4,55 mm

1/20 mm'LİK SAATLİ KUMPASLAR

❖ Yapısı :

❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

Temel Kural = İbreye bir tam devir yaptırılır, cetveldeki ilerleme ölçülür. Saatli verniyerdeki çizgiler sayılır.

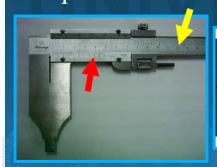
Temel Kuralın Uygulanışı:
Hass.=İlerleme/çiz. sayısı=5mm/100 = 0.05 mm = YÜZDE BEŞ

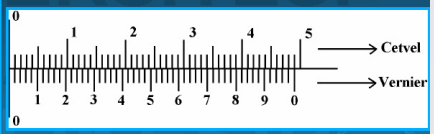
❖ 0.05 mm' in ANLAMI : Bu kumpas

10.00 mm	FAKAT	10.01 mm
15.45 mm		15.46 mm
99.95 mm		99.94 mm
21.05 mm		21.04 mm
7.25 mm yi ÖLÇER.		7.24 mm yi ÖLÇEMEZ.
Noktadan sonra iki rakam ve (5)' in katlarını ÖLÇER.		Zira (5) ve katları OLMAK ZORUNDA

1/50 mm'LİK KUMPASLAR

❖ Yapısı :





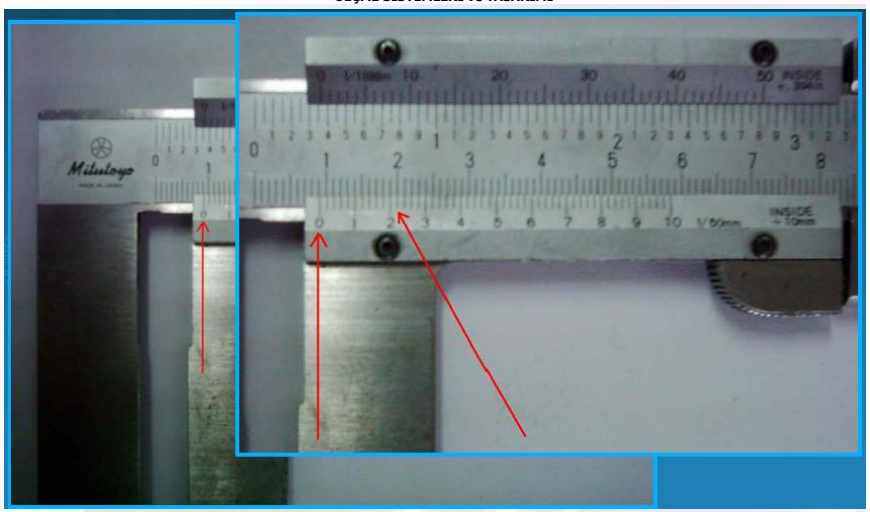
❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

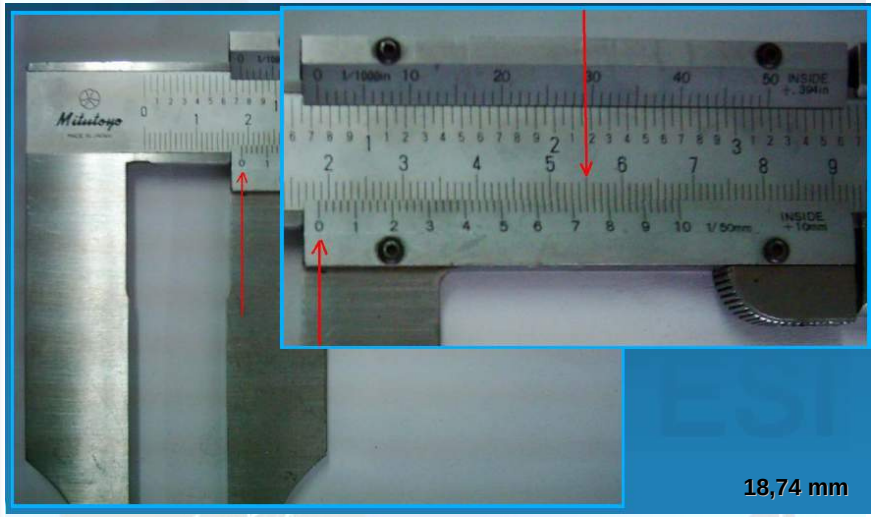
Temel Kuralın Uygulanışı:
(1 mm) - (49/50 mm) = 1-0.98 = 0.02 mm = YÜZDE İKİ

❖ 0.02 mm' in ANLAMI : Bu kumpas

22.00 mm	FAKAT	22.01 mm
97.92 mm		97.93 mm
12.04 mm		12.05 mm
33.36 mm		33.37 mm
46.02 mm yi ÖLÇER.		46.01 mm yi ÖLÇEMEZ.
Noktadan sonra iki rakam ve (2)' in katlarını ÖLÇER.		Zira (2) ve katları OLMAK ZORUNDA



9,22 mm



18,74 mm

INCH (İNÇ)'Lİ KUMPASLAR

Piyasada cıvata, boru ölçüleri, bir çeyrek, yarım parmak, bir parmak şeklinde söylenmektedir. Bunun ortaya çıkışı aşağıda görüldüğü gibi bir inç 16 parçaya bölünmüştür.

Şöyleki;

$$\frac{1}{16}\ \frac{2}{16}\ \frac{3}{16}\ \frac{4}{16}\ \frac{5}{16}\ \frac{6}{16}\ \frac{7}{16}\ \frac{8}{16}\ \frac{9}{16}\ \frac{10}{16}\ \frac{11}{16}\ \frac{12}{16}\ \frac{13}{16}\ \frac{14}{16}\ \frac{15}{16}\ \frac{16}{16}$$

$\frac{1''}{4}$ Bir çeyrek $\frac{1''}{2}$ Yarım Parmak $\frac{3''}{4}$ Üç çeyrek $1''$ Bir parmak

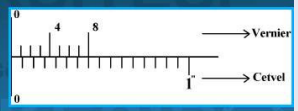
Doç.Dr. İrfan AY / Arş.Gör. T.Kerem DEMİRCİOĞLU

1/16 " = 8/128 " 1 " = 25,4 mm

- **1/32" lik Kumpaslar**
- **1/64" lik Kumpaslar**
- **1/128" lik Kumpaslar**
- **1/1000" lik Kumpaslar**

1/128" LİK KUMPASLAR

❖ Yapısı :



❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

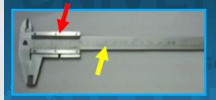
Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

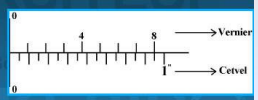
$$\frac{1}{16}'' - \frac{7}{128}'' = \frac{8-7}{128} = \frac{1}{128}''$$

$$\frac{\left(\frac{7}{16}''\right)}{8} = \frac{7}{16}\cdot\frac{1}{8} = \frac{7}{128}''$$

(Verniyeri Farklı Yapıda)

❖ Yapısı :



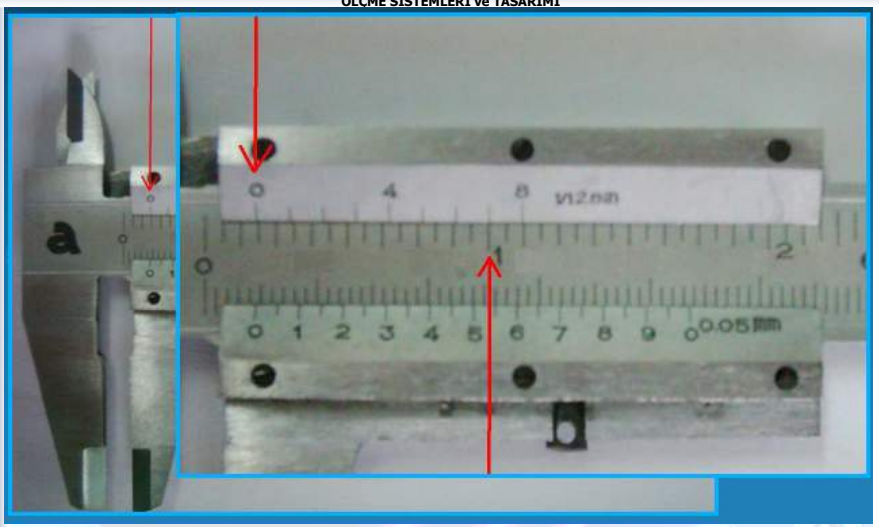


❖ Kumpasın Hassaslığının Bulunuşu :

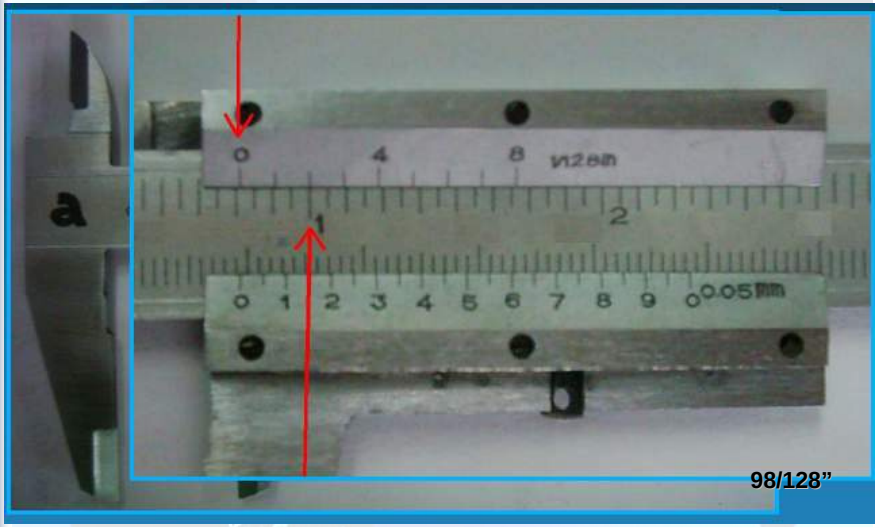
Temel Kural = Cetvelde iki çizgi aralığından, verniyerdeki iki çizgi aralığı farkıdır.

$$\frac{2}{16}'' - \frac{15}{128}'' = \frac{16-15}{128} = \frac{1}{128}''$$

$$\frac{\left(\frac{15}{16}''\right)}{8} = \frac{15}{16}\cdot\frac{1}{8} = \frac{15}{128}''$$



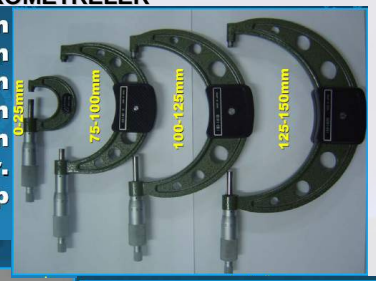
23/128"



98/128”

MİKROMETRELER

Mekanik Kumpaslarda maksimum hassasiyet 1/50’likte 0.02 mm olarak bulunmuştur. 0.01 mm hassasiyetinde işleme için tasarımı daha farklı olan **mikrometreler** geliştirilmiştir. Mikrometreler de iç çap, dış çap ve derinlik ölçerler.



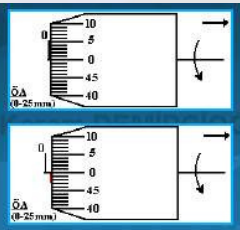
Seri imalatlar için kadranlı mikrometre

1/100 mm’LİK MİKROMETRE

Piyasada kullanılan mikrometrelerin hassasiyetleri

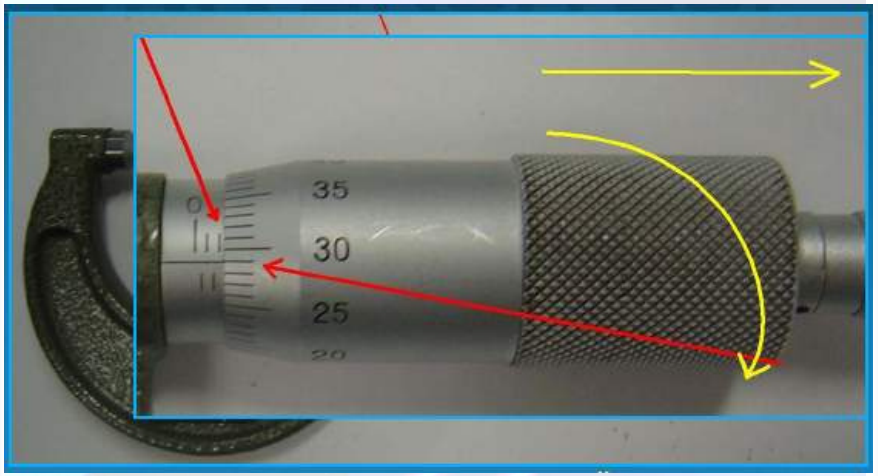
- 1/100 mm’lik mikrometreler
- 1/200 mm’lik mikrometreler
- 1/1000 mm’lik mikrometreler

- Yapısı :

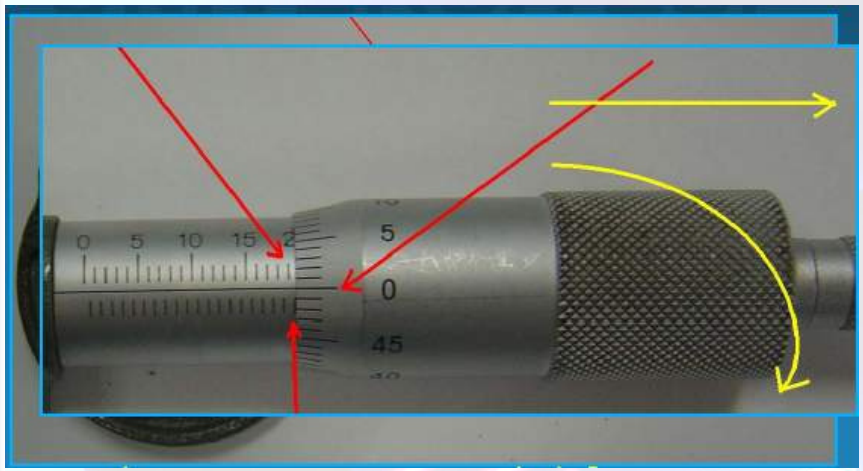


Hassasiyet =İlerleme/Çizgi sayısı

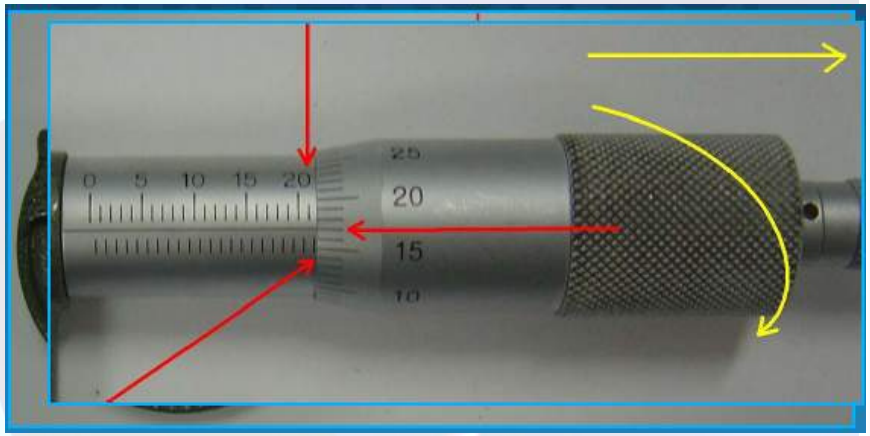
- Eksenler çakıştırılır, tambura bir tam devir yaptırılır,milin ne kadar ilerlediğine bakılır
- Dönel tamburdaki çizgi sayısı sayılır
- Hassasiyet =0,5/50mm= 5/500=1/100=0,01 mm



2,29 mm



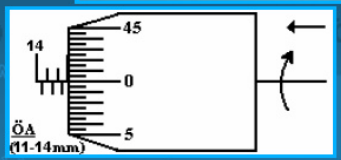
19,50 mm

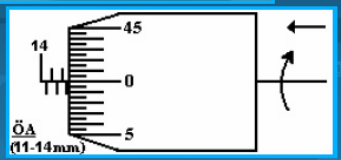


21,67 mm

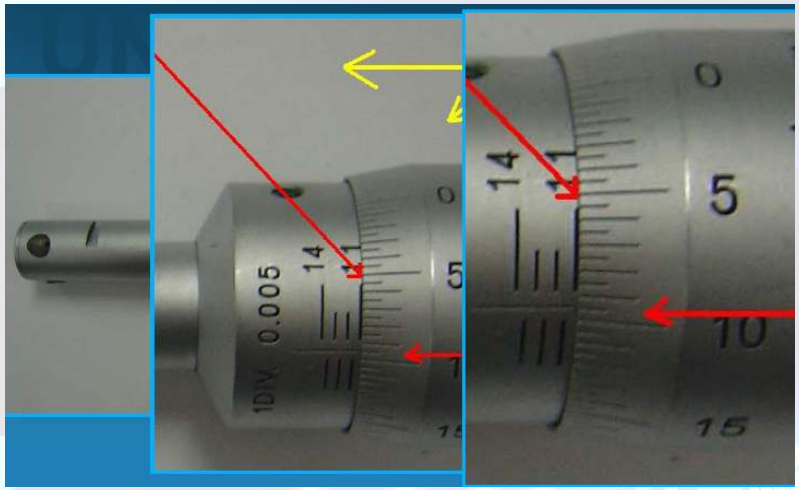
1/200 mm'LİK MİKROMETRE

- Yapısı :





- Hassasiyet =İlerleme/Çizgi sayısı
- Eksenler çakıştırılır, tambura bir tam devir yaptırılır, milin ne kadar ilerlediğine bakılır
- Dönel tamburdaki çizgi sayısı sayılır
- Hassasiyet =0,5/100mm= 5/1000=1/200=0,005 mm



11,095 mm

KOMPARATÖRLER (Ölçü Saatleri)

Mukayese amacı ile kullanıldıkları için ölçü saatlerine "**komparatör**" adı da verilir.
Ölçü saatleri kolay ölçüm yapabilmek için bir SEHPA veya SABİT ÖLÇÜ AYGITLARINA bağlanırlar.
Boyutların;
– Mukayeseli ölçümlerinde
– Küçük ölçü farklarının okunmasında
– Geometrik biçim değişimlerinin kontrolünde
kullanılan ölçü aletleridir.

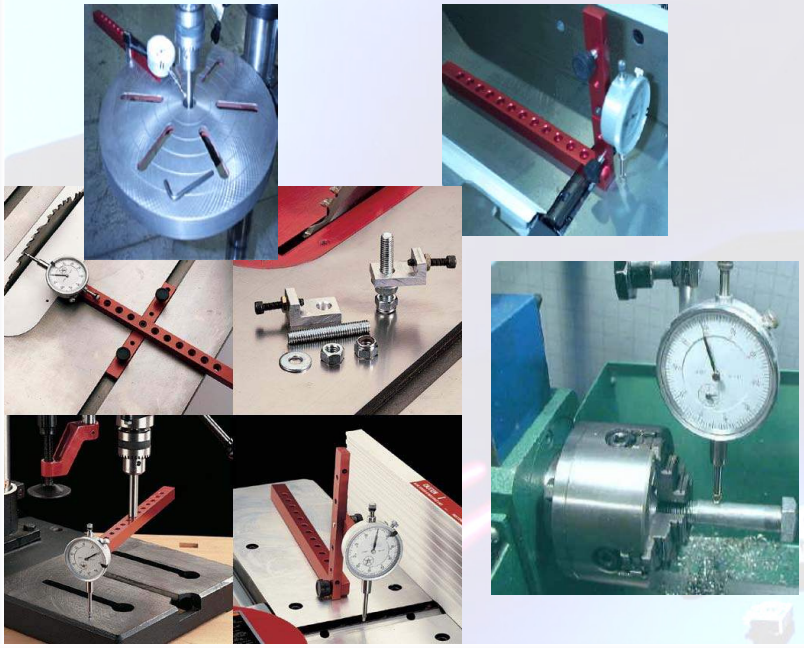
Hassasiyetleri:0.01mm ile 0.001 mm arasında değişir
Ölçü aralıkları: 0-0.25 mm
0-0.5 mm 0-1 mm 0-5 mm
0-10 mm 0-30 mm
arasında olabilir.

Ölçü saatleri ile;
1. Dış çap kontrolü
2. Aynı anda çok boyutlu kontrol
3. İç çap kontrol
4. Doğrusal hareketin kontrolü
5. Yükseklik kontrolü
6. Yüzeye diklik kontrolü
7. Karşılıklı konum kontrolü
8. Derinlik kontrolü
9. Salgı kontrolü
10. Üretim kontrolü

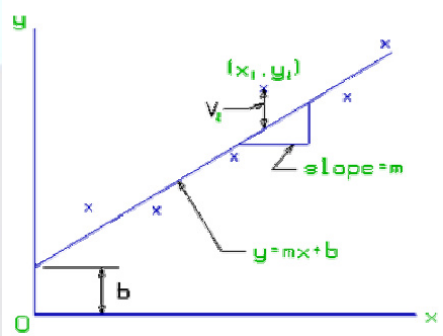
yapabiliriz.

Ölçü saatlerinde TOLERANS SINIRLAMA ARALIĞI mevcuttur. (+) ve (-) tolerans miktarları elle ayarlanır.

Komparatör ve ölçü saatlerinin parça uygulamalarında kullanılan sehpa ve ayakları



Deney sonuçlarının en küçük kareler yöntemi toplamı metodu ile çizilen doğru parçası ile ifade edilmesi



$$m = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)(\sum x_i)}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

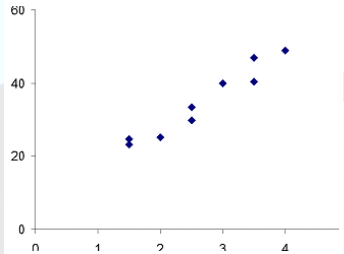
Küçük kareler yöntemi ile eğri uydurma yöntemi deney verilerinin dikey sapmalarının ortalamadan olan farklarının karelerinin toplamı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bir deney sonucu $x_1, x_2, \ldots\ldots x_n$ gibi n adet verinin alındığını varsayalım. Bu verilere uygun küçük kareler yöntemi ile doğrusal çizginin çizilmesi istenilirse öncelikle x_m ortalama değeri bulunur.

$$x_m = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

$$S = \sum_{i=1}^{n}(x_i - x_m)^2 \qquad S = \sum_{i=1}^{n}[(m \cdot x_i + b) - y_i]^2$$

Küçük kareler metoduyla doğru uydurma örneği

Bir deneyden elde edilen veriler şekilde grafik ve tabloda rakam olarak belirtildiği gibidir.



x	1.5	1.5	2.0	2.5	2.5	3.0	3.5	3.5	4.0
y	23	24.5	25.0	30.0	33.5	40.0	40.5	47.0	49.0

Gözlem	x	y	x^2	xy	y^2
1	1.5	23.0	2.25	34.50	529.00
2	1.5	24.5	2.25	36.75	600.25
3	2.0	25.0	4.00	50.00	625.00
4	2.5	30.0	6.25	75.00	900.00
5	2.5	33.5	6.25	83.75	1122.25
6	3.0	40.0	9.00	120.00	1600.00
7	3.5	40.5	12.25	141.75	1640.25
8	3.5	47.0	12.25	164.50	2209.00
9	4.0	49.0	16.00	196.00	2401.00
Topl.	24.0	312.5	70.50	902.25	11626.75

$$m = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{(\sum y_i)(\sum x_i^2) - (\sum x_i y_i)(\sum x_i)}{n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

$$m = \frac{9(902.25) - (24.0)(312.5)}{9(70.50) - (24.0)^2} = 10.603$$

doğrunun y= 10.603 x +6.449 olduğu belirlenir.

ELEKTRO-MEKANİK ÖLÇME VE SİSTEMLERİ

Sensör: Algıladığı fiziksel miktarları bilgiye çeviren araçlardır. Algılama sonuçları genellikle bir bilgisayar veya kaydedici ortam tarafından alınarak saklanır.

SENSOR & ACTUATORS (ALGILAYICI VE UYGULAYICILAR)		
Değişken	**Algılayıcı**	**Uygulayıcı**
Deplasman / dönüş	Potensiyometreler / encoderler	Motor, pozisyon değiştiriciler, mekanik hareket sistemleri
Kuvvet	Strain gages, piezo elektrik elemanlar	Gerilim, basınç, kütle,mekanik hareketler
Isı	Thermo kapul, thermistor	Isıtıcılar
Tork	Torkmetre	Motor
Ses	Mikrofon	Hapörlör, dalga hareketleri
Işık	Fototransistor	Işık kaynağı, LED, dalga hareketleri

Transduzer: Transduzerler deplasman gibi mekanik değişimleri elektriksel çıkışlara çeviren cihazlardır Transduzerlerin tasarımında değişik sensörler kullanılır. Bunların başında potansiyometreler, diferansiyel değiştiriciler, strain gage'ler, piezoelektrik malzemeler vb leri kullanılır. Deplasman transduzerleride potansiyometre, LVDT-llinear variable differential transformer-doğrusal değişen ölçüm çeviricileri gibi çeşitlere ayrılırlar. Transduzerlerin uygulama yerlerinden iki örnek aşağıdaki şekilde verilmiştir. Lütfen çalışma prensibine dikkat ediniz. Transduzerlerin en önemli uygulama alanları arasında hız ölçme, deplasman, akış, kuvvet, nem ölçümü, seviye ölçümü, basınç, açı, sıcaklık, kalınlık, ivme, ışık, kimyasal özellikler, birim şekil değiştirmeler, tork vb. değerler vardır.

Boyutsal ve şekilsel ölçme

Endüstriyel uygulamaların büyük bir bölümünü boyut ve sekil ölçmeleri kapsamaktadır. Özellikle imalat sanayinde boyutsal ve şekilsel ölçmenin önemi büyüktür. Boyutsal ve şekilsel ölçmenin temelinde ölçülen parçaya ait boyut veya seklin bilinen bir uzunluklarla direk karsılaştırılması bulunmaktadır. Boyutsal ve şekilsel ölçmede kullanılan temel araçlar arasında Şerit metreler, Cetveller, Katlanabilir metreler, Açı ölçerler, Kumpaslar, Mikro-metre veya pasa-metreler, Mastarlar, Komparatörler sayılabilir. Bu araçlar olcumu yapılacak parçalar ile direk temas ile olcum yapan araçlardır. Direk temas ile olcumun yanında temassız ölçme yapabilen optik, akustik, x-ışınları ile çalışabilen ölçme araçları da mevcuttur.

İmalatta Ölçme ve Kontrol Araçları (I. Binici'den)

Ölçme araçları		Kontrol araçları	Ölçme-kontrol yardımcı araçları
Sabit	Hareketli	--Çatal mastar	--Johnson mastarları
--Cetvel	--Kumpas	--Tampon mastar	--Mikrometre mastarları
--Açı mastarları	--Mikrometre	--Gönyeler	
--Şerit metre	--Komparatör	--Vida mastarları	
	--Açı gönyeleri	--Radyus mastarları	
	--Paşametre	--Diş tarakları	

Kaynaklar

1. AKKUŞ, N., Temel Endüstriyel Ölçme Tekniği (Marmara Üniversitesi)
2. SAĞLAM, H.; İleri Ölçme Teknikleri (Selçuk Üniversitesi)
3. GENCELİ, O.F.; Ölçme Tekniği, (İ.T.Ü. Makine Fakültesi)
4. GENCELİ, O.F.; Optik Ölçme Metodları, (İ.T.Ü. Makine Fakültesi)
5. DAĞSÖZ, A.K.; Teknikte Sıcaklık Ölçülmesi, (İ.T.Ü. Makine Fakültesi)
6. BİNİCİ, İ.; Endüstriyel Ölçme ve Kalibrasyon (Marmara Üniversitesi)
7. GÜR, A.K.; Ölçme ve Kontrol
8. AY, İ; DEMİRCİOĞLU, K.; Ölçme Tekniği (Balıkesir Üniversitesi)
9. YILDIRIM, O.; Ölçme Tekniği (İTÜ)