

# ÖLÇME TEKNİĞİ

Ders Öğretim Üyesi

Dr. Öğr. Üyesi. Nilhan ÜRKMEZ TAŞKIN

Kaynak Ders Kitabı

METROLOJİ, 1. BASIM, ŞUBAT 2013 , TÜBİTAK ULUSAL METROLOJİ ENSTİTÜSÜ

THE PHYSICS OF METROLOGY, Alexius J. Hebra, 2010 Springer-Verlag/Wien

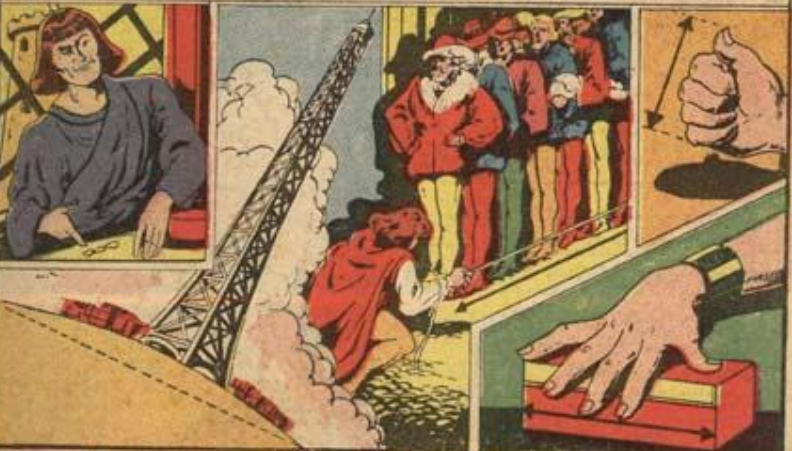
ÖLÇME TEKNİĞİ (Boyut, Basınç, Akış ve Sıcaklık Ölçmeleri), Prof. Dr. Osman GENÇELİ, Birsen yayınevi.

ÖLÇME TEKNİĞİ, Prof. Dr. Tezcan Şekercioğlu, Birsen yayınevi.

EGE ÜNİVERSİTESİ Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Makine Laboratuvarı I ders notları, Yard. Doç. Dr. M. Turhan ÇOBAN



# THE AMAZING STORY OF MEASUREMENT



PREPARED AND DISTRIBUTED BY **THE LUFKIN RULE CO.** SAGINAW, MICHIGAN.  
Copyright 1960

## SINCE TIME BEGAN...

MAN HAS ALWAYS MEASURED THE WORLD AROUND HIM. THE CAVE-MAN JUDGED DISTANCES BY EYE OR TIME, COMPARED SIZES BY PACES OR BY MATCHING OBJECTS WITH TREES, STONES OR MOUNTAINS THAT HE KNEW FROM MEMORY. HIS WORLD DEMANDED NO ACCURACY ---- ANY SIZE CAVE WOULD DO IF HIS FAMILY WOULD FIT INTO IT.



### HIS BODY BECAME HIS YARDSTICK--

AS HIS NEEDS REQUIRED GREATER ACCURACY, HIS HEIGHT, HIS ARMS OUTSTRETCHED, HIS FEET AND HIS HANDS BECAME ROUGH METHODS OF MEASURING CLOTHING, WEAPONS ETC.



NO STANDARDS WERE EVER RECORDED ---- EACH PERSON HAD HIS OWN METHODS OF MEASURING FOR HIS OWN NEEDS --- EACH PERSON WORKED ALONE WHEN MEASUREMENTS WERE INVOLVED.





## In 6,000 B.C.--

THE FIRST KNOWN STANDARDS OF MEASUREMENT WERE ESTABLISHED IN THE ADVANCED CIVILIZATIONS ALONG THE **NILE** AND ON THE PLAINS OF **CHALDEA!**

## THE CUBIT

BECAME THE PRIME MEASUREMENT. IT WAS THE BENT FOREARM FROM THE POINT OF THE ELBOW TO THE TIP OF THE MIDDLE FINGER OF THE OUTSTRETCHED HAND--ROUGHLY 18 TO 19 INCHES.

IN 4000 B.C., THE CUBIT WAS STANDARDIZED AT WHAT IS NOW 18.24 INCHES.



THE CUBIT WAS USED IN BUILDING ALL THE **PYRAMIDS!** --- EACH SIDE MEASURES 500 CUBITS, AND ALL MEASUREMENTS ARE IN MULTIPLES --- OR FRACTIONS OF CUBITS. THE **PERIMETER** OF THE PYRAMIDS MEASURES 2000 CUBITS --- OR  $\frac{1}{2}$  A **MERIDIAN MILE.**

(SEE PAGE 6)

## EARLY EGYPTIANS ALSO USED: THE SPAN--

THE LENGTH BETWEEN THE TIPS OF THUMB AND LITTLE FINGER OF THE OUTSTRETCHED HAND ---  $\frac{1}{2}$  A CUBIT OR 9 INCHES.



THE UNIVERSAL SIZE OF A BRICK IS A SPAN BY  $\frac{1}{2}$  SPAN BY A **NAIL** --- (THE LAST 2 JOINTS OF THE MIDDLE FINGER.)

## THE PALM --

THE BREADTH OF 4 FINGERS ---  $\frac{1}{6}$  OF A CUBIT -- OR ABOUT 3 INCHES. WIDELY USED BY MERCHANTS FOR MEASURING CLOTH.



## THE DIGIT --

$\frac{1}{24}$  CUBIT --- THE BREADTH AT MIDDLE OF MIDDLE FINGER ---  $\frac{3}{4}$  INCH.



FROM THIS DIVISION OF THE CUBIT INTO 24 DIGITS, AND THE DIVISION OF A SPAN INTO 12 DIGITS, CAME THE NUMBER OF HOURS IN A DAY AND MONTHS IN A YEAR!

## THE FOOT --

WAS ADOPTED QUITE LATE IN HISTORY. (JUST AS THE **PYRAMIDS** WERE BEING BUILT.) IT EQUALLED  $\frac{2}{3}$  OF A CUBIT, 4 PALMS, OR 10 DIGITS, MEASURED ABOUT 12.16 INCHES.





## GEODESY--

THE ART OF MEASURING THE EARTH AND ITS SHAPE INFLUENCED MEASUREMENT THROUGH THE 9<sup>TH</sup> CENTURY --- STANDARDS WERE NO LONGER BASED ON HUMAN MEASUREMENTS AS SUCH ---



## BUT

CUBIT  
20.64 INCHES



CUBIT  
18.24 INCHES

THE CUBIT AND OTHER ACCEPTED UNITS BEGAN TO VARY IN LENGTH WITH THE MERIDIAN ON WHICH PEOPLE LIVED. DIFFERENT MEASUREMENTS WERE BY LAW DECREED FOR DIFFERENT COUNTRIES --- ALL BASED ON ASTROLOGY AND THE MERIDIAN OF THE LOCALE.

## So--

THERE WAS A RETURN TO NATURAL AND HUMAN MEASUREMENT WHICH PERSISTED THROUGH---



## THE DARK AGES!

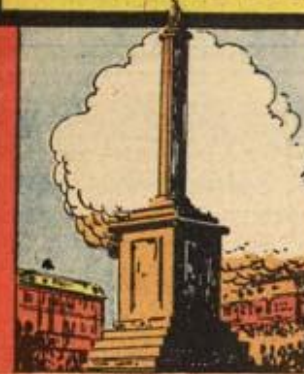
## THINGS BECAME SO CONFUSED--

BY THE 13<sup>TH</sup> CENTURY THAT ALL ENGLISH LAND MEASUREMENTS WERE MADE IN ACCORDANCE WITH THE FOOT STORED IN SAINT PAUL'S CHURCH, AND WITH THE IRON "ELL" IN THE KING'S PALACE.



## EVEN TODAY

YOU'LL FIND THE STANDARD MEASURES OF LENGTH IMBEDDED IN THE BASE OF THE NORTHERN WALL OF TRAFALGAR SQUARE, IN THE LONDON GUILD HALL AND IN CHIEF PUBLIC BUILDINGS ALL OVER ENGLAND, PLACED THERE TO HELP SETTLE DIFFICULTIES.



IN 1500 THE ENGLISH MILE WAS FINALLY ESTABLISHED LIKE THIS:

3	BARLEYCORN	(LENGTHWISE)	=	1	INCH
12	INCHES		=	1	FOOT
3	FEET		=	1	YARD
9	INCHES		=	1	SPAN
5	SPANS		=	1	ELL *
5	FEET		=	1	PACE
125	PACES		=	1	FURLONG
5½	YARDS		=	1	ROD
40	RODS		=	1	FURLONG
8	FURLONGS		=	1	ENGLISH MILE.
12	FURLONGS		=	1	LEAGUE

\* ORIGINAL CLOTH MEASURE.



# Ölçmenin tarihçesi

- Önemli mühendislik edimleri, bugünkü Irak'ta Dicle ve Fırat nehirleri arasındaki bölge olan Mezopotamya'nın eski sakinlerine çok şey borçludur. İlk tekerlekli arabanın bu bölgede görüldüğü söylenmektedir. Çok eski ve gizemli bir halk olan Sümerler, yazılı tarihin başlangıcında Güney Mezopotamya'da, dünyanın ilk mühendislik uygulamalarını oluşturan kanallar, tapınaklar ve surlar inşa etmişlerdir. Mezopotamyanın diğer sakinleri Babiller ve Asurlular ise yine mühendislik adına önemli eserler vermişlerdir.
- Bu döneme ait, bulunan kil tabletlerdeki kayıtlar M.Ö. 2000 yıllarında "usturlap" denen bir açı ölçüm aletinin astronomik gözlemlerde kullanıldığını göstermektedir. Bir dereceli daire ve bir görme kolundan ibaret olan bu alet, Mezopotamyalılar tarafından kullanılan 60'lık sayı sistemine dayalıydı. Bu sistem, zaman ve açı ölçümlerinde bugün hala kullanılmaktadır.





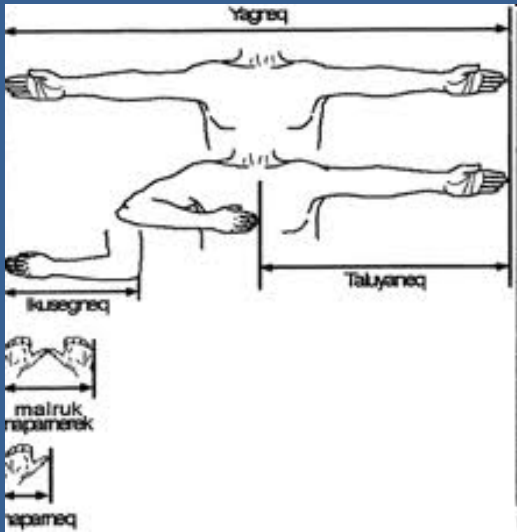


image credit: Jerry Lipka et al

Yupik (Alaska Yerli)  
uzunluk birimlerinin  
diyagramı



photo credit: Xavier de Jauréguiberry

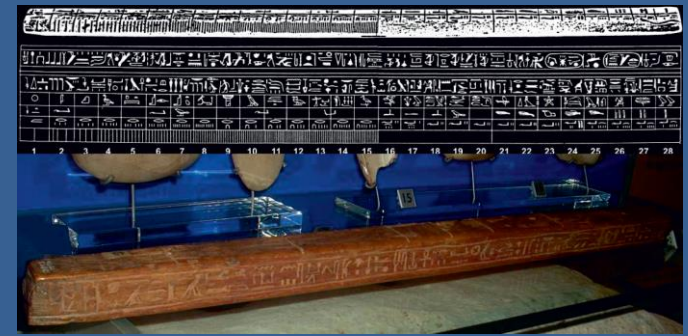
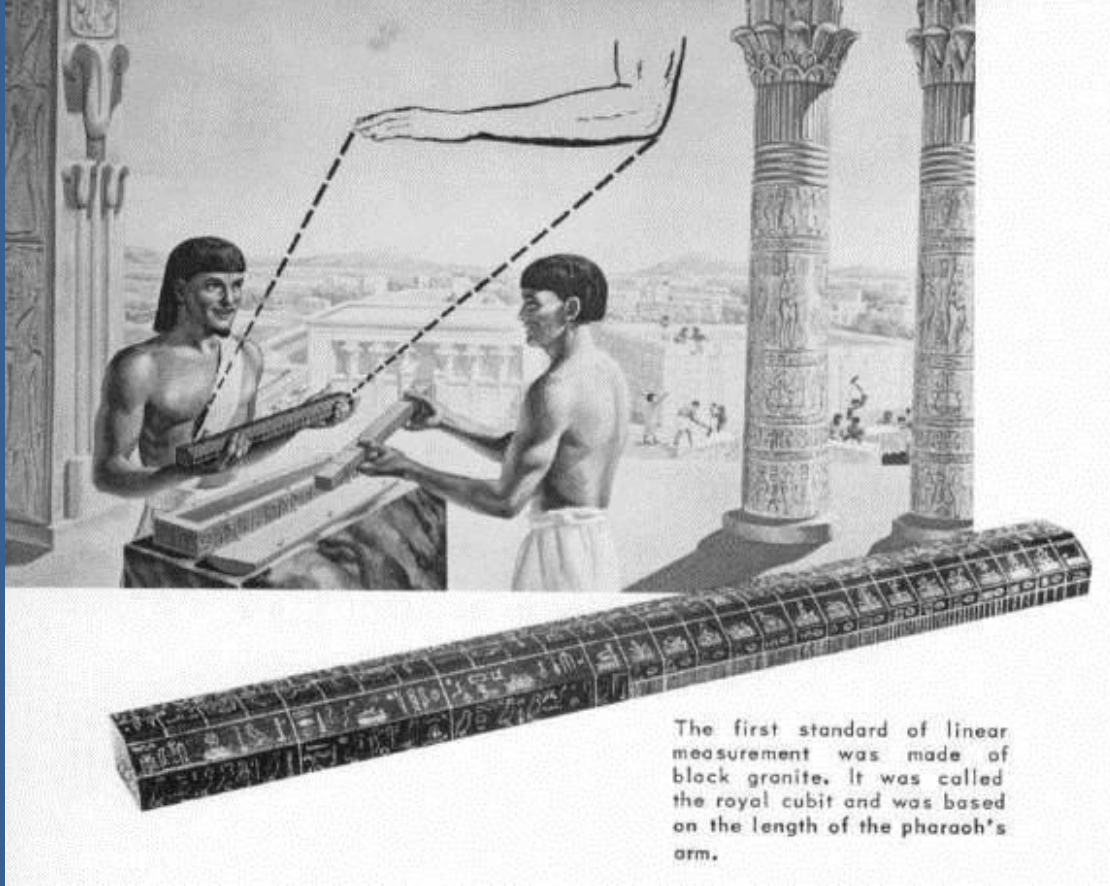
El açıklığı ve ayak ölçüleri kullanılarak  
yapılmış kabartma ve oyma Antik Yunan  
ölçü birimi



Mısır kübit ve palm  
tanımlarının şeması

İnsan vücuduna dayalı ölçü birimleri

"Kraliyet Mısır KÜBİT'i ", o dönemde hüküm süren Firavun veya Kralın elinin kıvrık dirsekten uzatılmış orta parmağının ucuna kadar olan önkolun uzunluğuna eşit olarak kabul edildi.



ROYAL KÜBİT





- Kesin ölçümün en eski kayıtlarından biri Mısır'dan. Mısırlılar, piramitlerin yapımında kendilerine yardımcı olmak için geometri bilimini incelediler. 3000 yıllarında Mısır uzunluk biriminin ortaya çıktığına inanılmaktadır.



- İlk plan ve inşaat uzmanları da Eski Mısır uygarlığında ortaya çıkmıştır. Mühendisliğin bu ilk habercileri Mısır krallarının güvenilir danışmanları olarak üst mevkilere sahiptiler. Bu mevkiye sahip bir adam ,”Bayındırlık şefi(1)” olarak bilinen bir genel inşaat uzmanıydı.
- Bu eski mühendisler / mimarlar, arazi ölçümünün (mesaha) bilinen ilk biçimini uygulamaya koydular. Mısırlılar ayrıca etkin sulama sistemleri geliştirdiler ve görkemli taş binalar inşa ettiler.

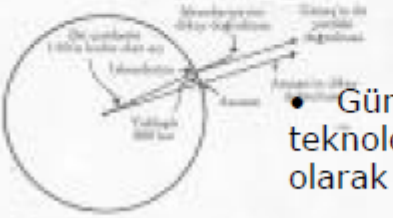


# Ölçmenin tarihçesi



• M.Ö. Üçüncü Yüzyıl'ın ikinci yarısında, Eratosthenes (M.Ö. 276–194) Dünya'nın çevresinin yaklaşık 40233 km olduğunu, basit geometrik ilişkilerle buldu.

•  $\frac{\text{Dünya çevresi}}{800 \text{ km}} = \frac{360^\circ}{7.2^\circ}$



• Günümüzün modern uydularla bu ölçüm; 40 075 km olarak bulunmuştur

Eratosthenes'in dünyayı ölçmesi. Gökyüzünde bir kuyruklu yıldızın görünmesiyle —bu bir kuyruklu yıldızın parladığı— Güneşle aynı açıyla görünen bir ölçüm.



• İlk kez  $\pi$ 'nin (pi) değeri, Antik Çağ'ın en büyük bilim adamı ve Eratosthenes'in çağdaşı Arkhimedes (Arşimet) tarafından hesaplanmıştır.

• Arkhimedes  $\pi$ 'nin değerinin  $3^{10/71}$  ile  $3^{1/7}$  arasında olduğunu göstermiştir.



Ölçme veya kıyaslama işleminin milattan önce 1 yüzyılda civarında şimdiki Suriye ve Lübnan civarında ve Akdeniz kıyılarında ticaret yapan Fenikelilere kadar geriye doğru takip etmek mümkündür. Bu insanlar ticaret yapmaları nedeniyle uygun kıyaslama ve değişim araçları geliştirmek zorunda idiler ve bu işlemleri belirli büyüklüğü esas alarak yapmakta idiler. Yani kendilerine göre mal değişim standartları oluşturmuşlardır.



**1576**

**foot = ayak**

**ft=0.3048m =30.48cm**

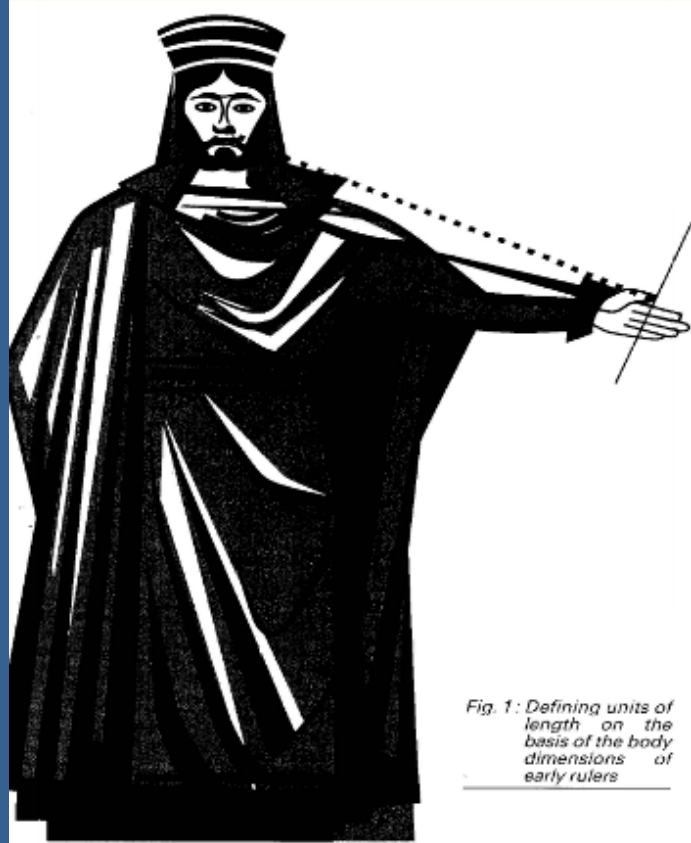
**1994**

**594mmx420mm**

**yerine 1.98x1.40ns**



Sekil 1. Ortalama ayak uzunluğunun belirlenmesi (1576)



*Fig. 1: Defining units of length on the basis of the body dimensions of early rulers*

**M.Ö.4000 yıllarında Firavun dirseği en yaygın uzunluk standardı olarak kullanılıyordu.**

**463.3mm =1 dirsek =1.5ayak =  
2 karış=6 el genişliği=24  
parmak**

**M.Ö. 1101 yılında Kral  
1.Henry' nin burnundan el  
başparmağı-na kadar olan  
mesafe YARD olarak  
tanımlanmaktaydı.**



**Digit** : Egyptians - breadth of forefinger

**Inch** : breadth of thumb

**Palm** : breadth of four fingers

**Span** : tip of thumb to tip of little finger (hand spread)

**Cubit** : Egyptians - elbow to tip of middle finger

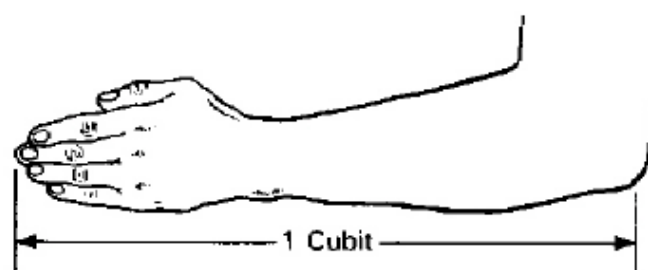
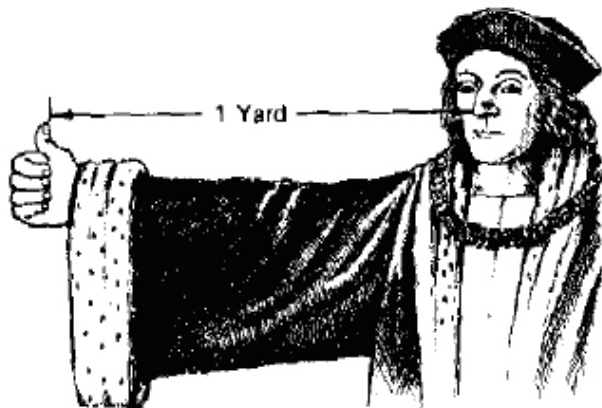
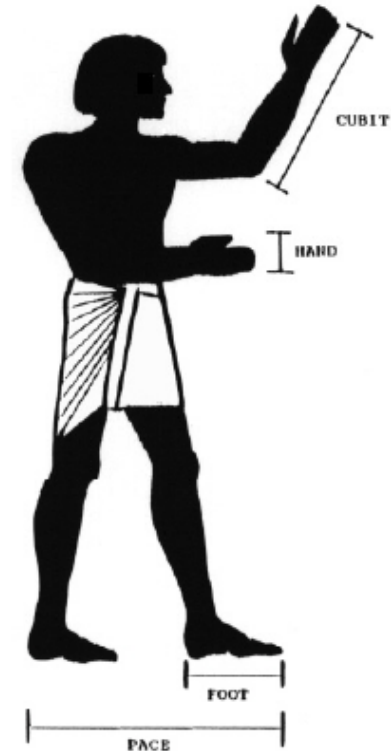
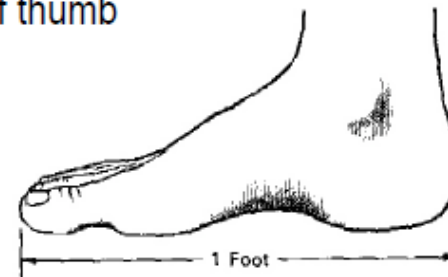
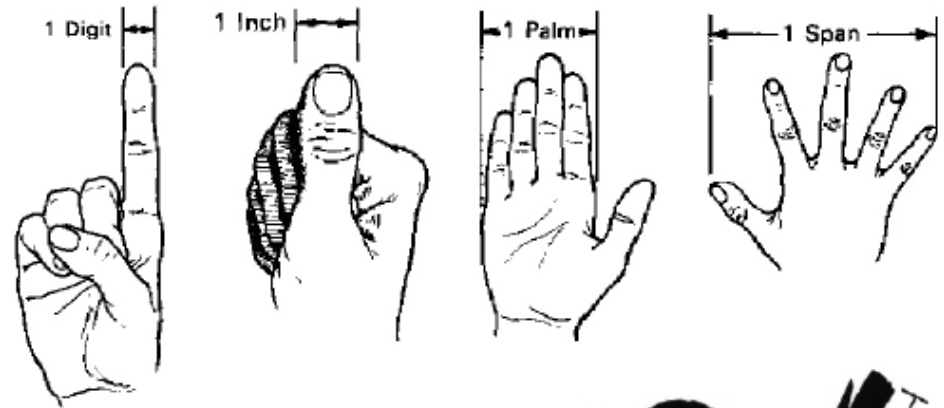
**Foot** : length of man's foot

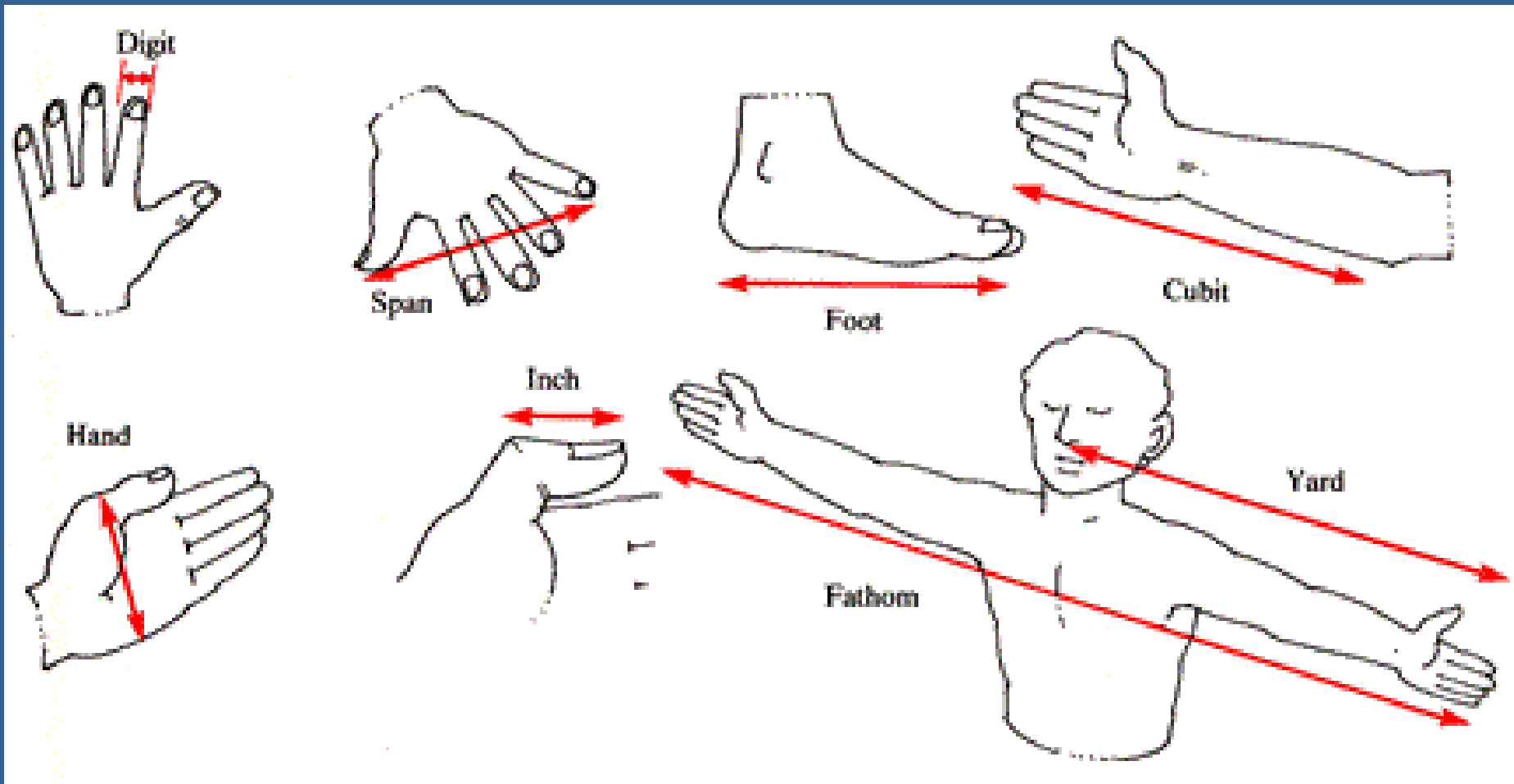
**Yard** : King Henry I of England - tip of his nose to end of thumb

**Mile** : 5000 Roman feet

**Pace** : Romans - a full stride

*and many others...*





Source: Ross Brodie and Stephen Swift, 1988, SMQ 8, Moreton Bay Publishing, 4 Bank Street West End Qld, p. 109.

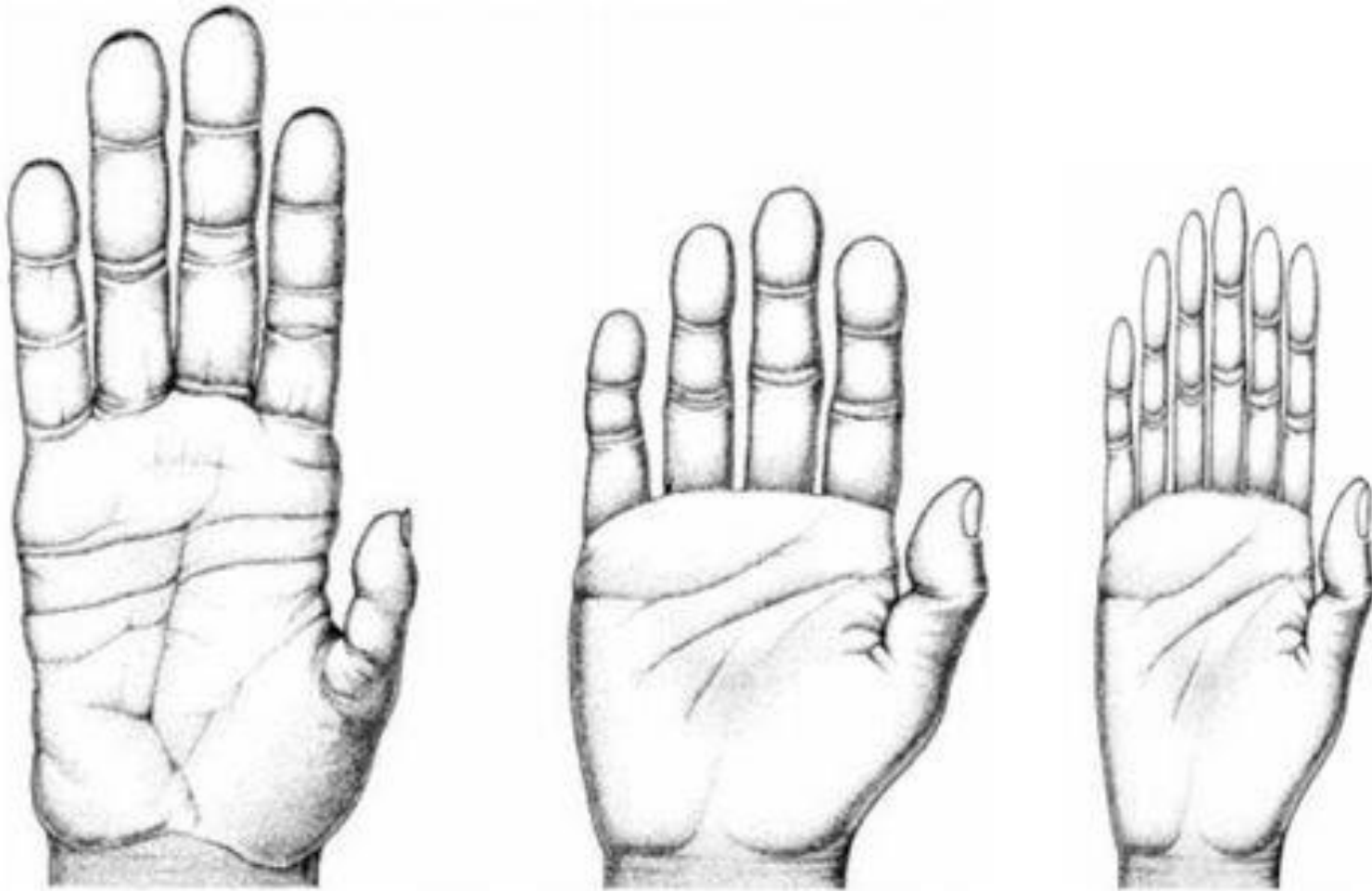


Figure 2: The evolvement of humans hands. Chimpanzee's hand (left), homo sapiens hand (middle), homo technicus hand (2039 A.D.) (right) based on [6].



- **MÖ 250 / Kurşun ağırlık** – Yunan tüccarlar genelde geleneksel olarak dörtgen şekilli kurşunları standart ağırlık olarak kullanırdı.
- **MÖ 1. yüzyıl / Roma gönyesi** – Tam kare bloklar oluşturmalarına yardımcı olan bronz alet Romalı inşaatçılar için önemliydi.
- **Yeşim taşı ağırlığı / Tarih belirsiz** – İlk Çin toplumunda yeşim taşı gibi kıymetli mineraller standart olarak kullanılırdı.
- **1676 / Sirkumferentor** – Teodolitin icadından önce mimarlar tarafından kullanılan bir alet olan sirkumferentor açıları ve üzerinde çalışılan dikey ve yatay uzaklıkları ölçmek için kullanılırdı.





Ticaret ve vergilendirmenin başlaması ile birlikte standart birimlere ihtiyaç duyuldu.

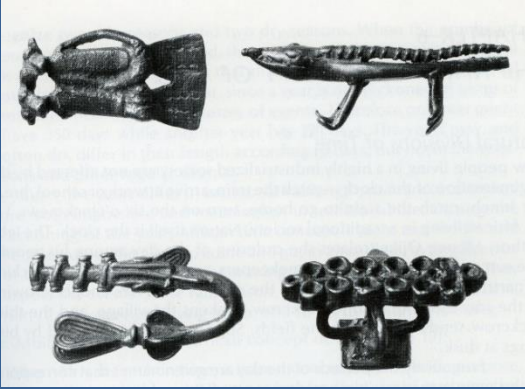


photo credit: Claudia Zaslavsky

Gana Asante tarafından kullanılan altın tozunu ölçmek için standart ağırlıklar



photo credit: Andrew Robinson

İndus nehri vadisinde bulunan standartlaştırılmış ağırlıklar

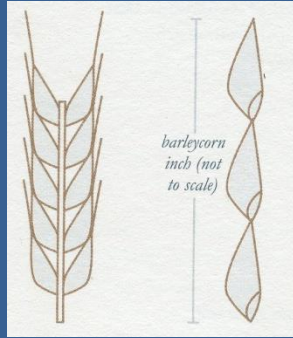


photo credit: John Hill creative commons

Çin'deki Han hanedanından bronz bir cetvel



# ABD'de yaygın olarak kullanılan ölçüm sistemleri: İngiliz veya İmparatorluk Sistemi



*image credit: Ian Whitelaw*

İlk İngiliz inç'i, uçtan uca serilen üç arpa tanesinin uzunluğu olarak tanımlanmıştır.



*photo credit: Andrew Robinson*

İngiltere Kralı III. George'un 1773'teki standart ağırlıkları.

# ABD'de yaygın olarak kullanılan ölçüm sistemleri: Metrik Sistem



Dünyanın çevresinin dörtte birini ölçen Fransız Cumhuriyeti'ni gösteren hatıra pulu - metrenin arkasındaki orijinal fikir



1983'ten beri metre, ışığın saniyenin 1299.792458'inde kat ettiği mesafe olarak tanımlanmıştır.

**18. yüzyıl / Yaylı kantar** – Aslen 18. yüzyılda ortaya çıkan yaylı kantar uygulanan kuvvetle -ağırlık- orantılı olarak sıkıştırılan bir yayla çalışıyordu. Kadran kütle (örneğin kilogram) ya da kuvvet (Newton) biriminde ayarlanabiliyordu.

**18. yüzyıl / Kılıflı tartı** – Denge kalası tıpta ve bilimde kullanılmaktaydı fakat ufak taşınabilir teraziler madeni paraları ölçmek için de kullanılıyordu.

**18. yüzyıl / Ölçme çubuğu** – Kraliyet ölçme çubuğu (0,9 m) inşaat işleri için popüler bir ölçü birimi olarak kullanılmıştır. Çoğu ölçme çubuğu cetvel olarak kullanılmıştır.

**18. yüzyıl / Tartı** – Terazi, bilinmeyen bir ağırlığın, bilinen ağırlıklar tarafından denge noktasına ulaşıncaya kadar dengelenmesine tanımlar.





**1.19. yüzyıl / Standart ağırlıklar** – Bugün çok sayıda ülke poundu kilogram ile değiştirmiştir.

**2.19. yüzyıl / Yarı dairesel piriç teodolit** – Bir teodolit dikey ve yatay açıları ölçmek için kullanılır ve mimarlar için önemli bir alettir. Aletin teleskopu konumu dikey ve yatay ölçeklere göre tanımlanan uzaktaki bir nesneye odaklanır.

**3.19. yüzyıl / Piriç mikrometre** – İlk mikrometreler hassas mühendislik dönemini başlatıyordu; bu ayarlanabilen vida benzeri aygıtlar küçük uzunlukların hassas ölçümünü olanaklı kılıyordu.

**4.19. yüzyıl / Mimar zinciri** – Arazi ölçümcüleri zincirleri 1600 yıllarında kullanmaya başladı.



## 19. yüzyıl / İç içe konulan fincanlar –

Mekanik terazilerde dengeleme ağırlığı olarak kullanılan fincan benzeri standart ağırlıklar çoklu bir şekilde iç içe geçebilmektedir.

## 20. yüzyıl / Vernier kumpası – 1631

yılında Paul Vernier küçük ölçümleri yüksek hassasiyette yapabilmek için kayan bir ölçek icat etti. Vernier ölçeğinin ilkesi, modern emsalleri için değişmeden kullanılmaktadır.

## 21. yüzyıl / Lazer uzaklık ölçer –

Bu alet uzaktaki bir nesneye bir lazer pulsu fırlatır ve pulsun cisimden yansıyarak geri dönme zamanını ölçer.

## 21. yüzyıl / Lazer su terazisi –

İnşaatlarda dikey açıları ölçmek için kullanılan bir alettir ve burada seviye, bir lazer demeti boyunca uzanan bir düzlemin seviyesini tanımlar.



**1.21. yüzyıl / Analitik tartı** – En karmaşık modern dijital tartı bir gramın ufak kesirlerini ölçebilir ve oldukça duyarlı olduklarından hava hareketlerinden, tozdan ve titreşimlerden korunmalıdır.

**2.21. yüzyıl / Modern mikrometre** – Bir nesnenin çevresini sarabilen çoğu modern mikrometre çok küçük mesafeleri ölçebilen bir kumpas olarak işlev görür.

**3.21. yüzyıl / Konik cam kap** – Bu cam kap, toplam hacmin kesin olarak bilinmediği deneylerdeki kimyasal reaksiyonların içinde gerçekleştiği ve elle tutulabilen bir kap olarak kullanılır.

**4.21. yüzyıl / Derecelendirilmiş pipet** – Milimetrik kesirlere bölünmüş cam pipetler sıvı hacimleri damla damla kesin olarak ölçebilir.





# İNCELEYİNİZ!!

<https://www.peramuzesi.org.tr/blog/buyuk-k%E2%80%99nin-seruveni/1553>

<https://www.peramuzesi.org.tr/koleksiyon/Anadolu-Agirlik-ve-Olculeri-Koleksiyonu/2>