



HAB 621 Biyomekanikte Cihazlanma ve Ölçme



Serdar Arıtan

serdar.aritan@hacettepe.edu.tr

Hacettepe Üniversitesi

www.hacettepe.edu.tr

Biyomekanik Araştırma Grubu

www.biomech.hacettepe.edu.tr



1. Hafta

- Sayılar
- Hassasiyet



Biyomekanikte sayıların doğru ifade edilmesi çok önemlidir.

Bu nedenle standart bir gösterim belirlenmelidir.

4.567,3 Avrupa

4,567.3 ABD

Ortak gösterim

4 567.3



602 213 670 000 000 000 000 000

Bu sayının daha anlaşılabilir gösterimi

6.0221367×10^{23} dür

Öte yandan bilgisayarlarda bu gösterim

```
>>> num=602213670000000000000000
```

```
>>> f"{num:E}"
```

```
'6.022137E+23'
```

Şeklini alır. Bu gösterime bilimsel gösterim (Scientific Notation) denir



Dikkat edilmesi gereken diğer bir yazım şekli

0.458

hiçbir zaman

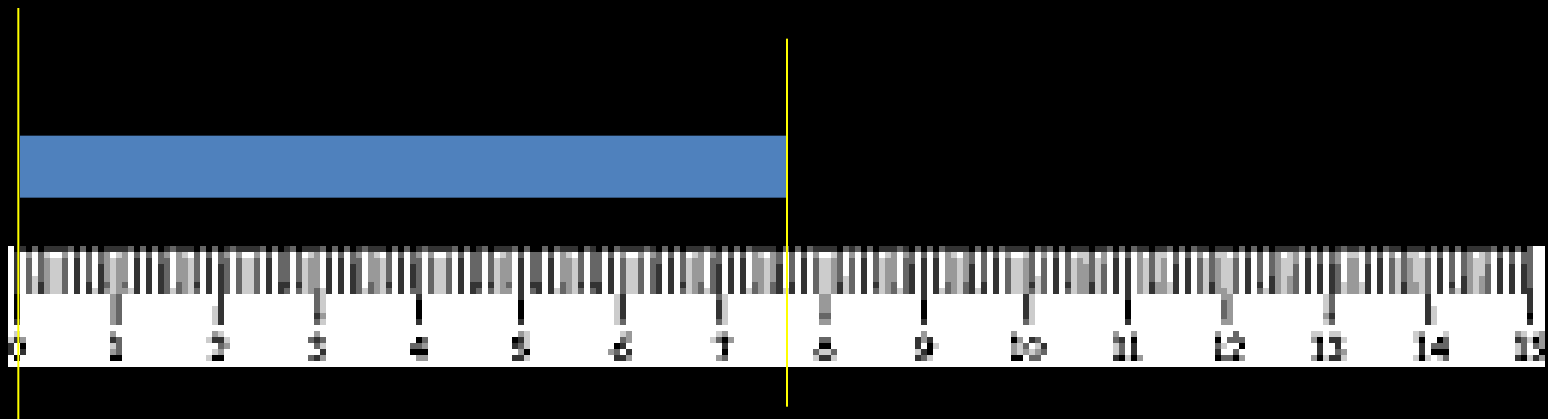
.458

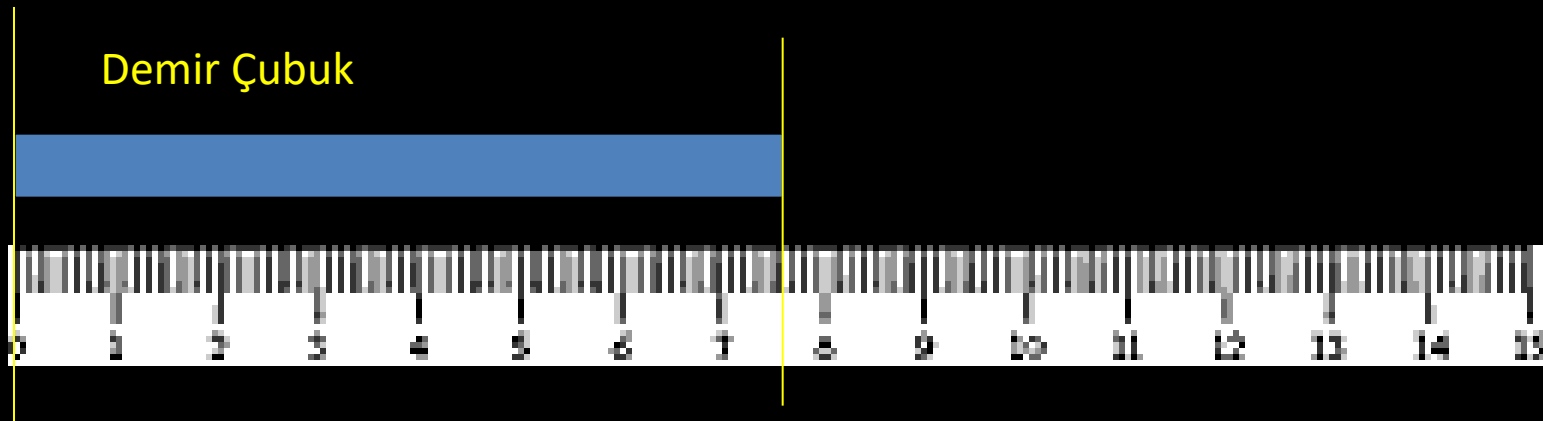
olarak gösterilmemelidir.

Basit hata analizi

Tam sayıları sayarken hata yapma olasılığı yok denecek kadar azdır

Öte yandan bir ölçüm yaparken cetvelin veya ölçüm cihazının özelliklerine göre hatalar oluşabilir. Bir cetvelde hata olasılığı lazerle yapılan bir ölçüme göre daha fazladır.





Burada reel sayılar ölçülmektedir. İstenen hassasiyete göre ölçülebilir.

Profil 7 ile 8 cm arası dersek $7.5 \pm 0.5\text{cm}$

Profil 7.5 ile 7.6 cm arası dersek $7.55 \pm 0.05\text{cm}$

Profil 7.55 ile 7.57 cm arası dersek $7.56 \pm 0.01\text{cm}$

Daha hassas ölçüm için daha hassas cihazlar gerekmektedir.

Ölçümleri yaparken bazı terimler kullanırız:

Doğruluk (accuracy): Yapılan ölçümün gerçek değere yakınlık ölçüsü

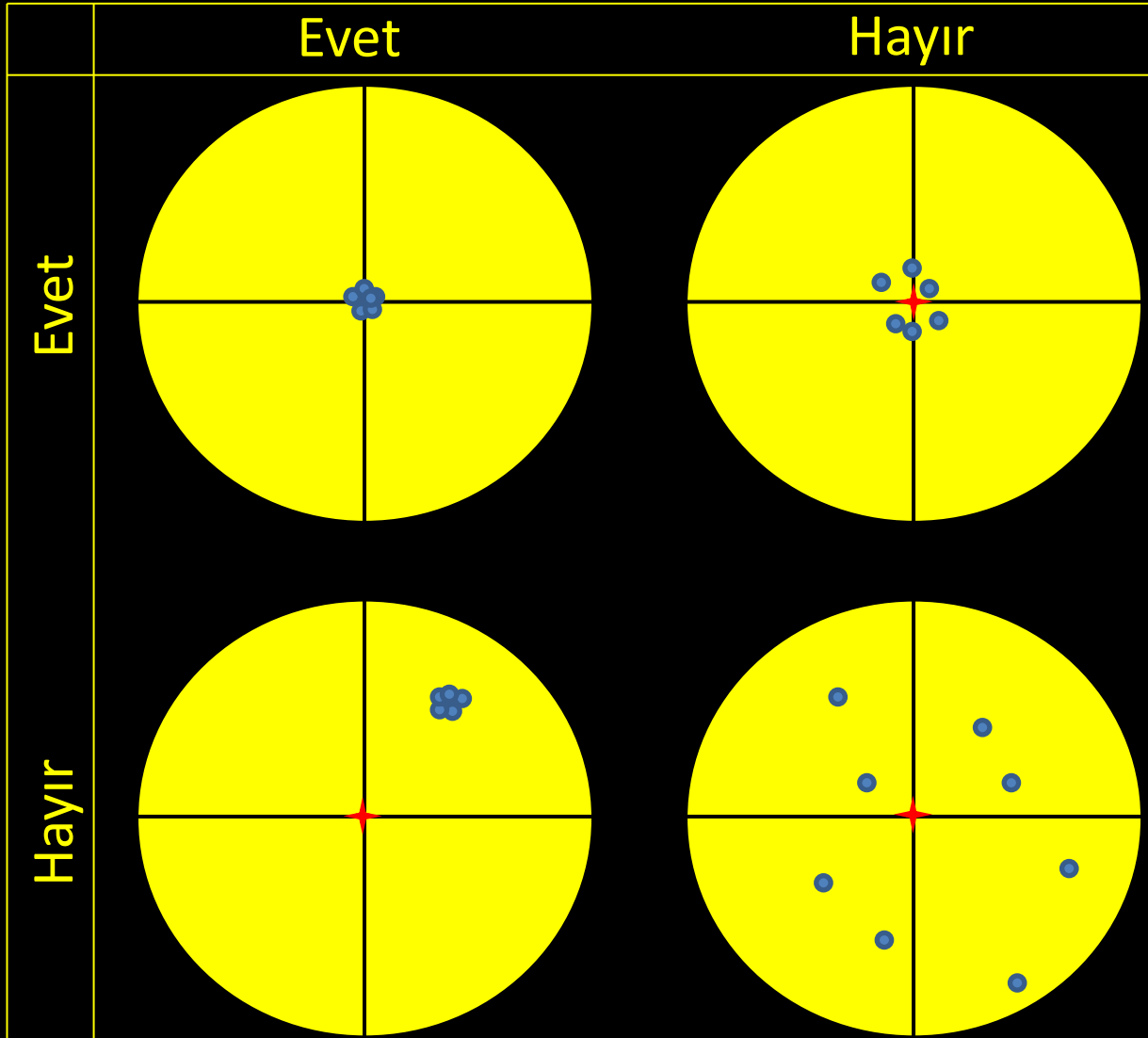
Hassasiyet (Precision): Yapılan ölçümün tekrarlanması halinde aynı sonucun elde edilme durumu

Rasgele hatalar (Random errors): Ölçümün tekrarlanabilirliğini etkileyen hatalar (gürültü, insan gözünün yanılgısı)

Sistemik Hatalar (systematic errors): Metodun veya ölçmede kullanılan cihazın bozukluğundan dolayı oluşan hatalar

Hassasiyet

Doğruluk



Dağınıklık artması hassalığın azaldığının göstergesi oluyor

Belirsizlik (Uncertainty): Rasgele hataların sonucu oluşur

Hesaplanması oransal olarak yada yüzdesel olarak yapılabilir.

Oransal Belirsizlik = belirsizlik / en iyi değer

Yüzdesel belirsizlik = (belirsizlik / en iyi değer) x 100%

Belirsizlik = 0.01; En iyi değer = 7.56 ;

Oransal belirsizlik = $0.01 / 7.56 = 0.001322$

Yüzdesel belirsizlik = $0.01 / 7.56 = 0.001322 \times 100 = \% 0.1322$

Hata ölçülen değer **ile** gerçek değer **arasındaki farktır.**

Oransal hata = hata / gerçek değer

Yüzdesel hata = (hata / gerçek değer) x 100%

**Gerçek uzunluğu 7.57 cm olan bir demir parçası
7.5843 cm uzunluğunda ise:**

Oransal hata = 0.0143 / 7.57 = 0.001889 = 0.0019

Yüzdesel hata = % 0.19

Anlamlı Basamaklar (Significant Figures)

Kullanılan anlamlı basamağın adedi bir değerin doğru ifade edilebilmesi açısından çok önemlidir.

Eğer rakam 10 da 1 doğruluk ile biliniyorsa 1 anlamlı basamak

Eğer rakam 100 de 1 doğruluk ile biliniyorsa 2 anlamlı basamak

Eğer rakam 1000 de 1 doğruluk ile biliniyorsa 3 anlamlı basamak

Eğer rakam 10000 de 1 doğruluk ile biliniyorsa 4 anlamlı basamak

Eğer rakam 100000 da 1 doğruluk ile biliniyorsa 5 anlamlı basamak



Biyomekanik ölçümleri 1000 de 1 hassasiyetle ölçülebilir 1 anlamlı basamak yeterli olur

0.00342	3 anlamlı basamak
342	3 anlamlı basamak
340	2(3) anlamlı basamak



Belirsizliği önlemek için bilimsel gösterim kullanılır

Sayı	Anlamalı Basamak
3.42×10^{-3}	3
3.42×10^2	3
3.40×10^2	3
3.4×10^2	2



Bir değer tam olarak ifade edildiği zaman o ifade içinde sonsuz anlamlı basamak olur

Örneğin

$$1 \text{ inch} = 2.54 \text{ cm}$$

dediğimiz zaman aslında

$$1 \text{ inch} = 2.540000000000000000000000^+$$

anlamına gelir.

Aynı şekilde bir formül hesaplandığı zaman elde edilen sonuçta sonsuz anlamlı basamaktan oluşur

$$Alan = \frac{\pi d^2}{4}$$

Bu şekilde pi sayısı zaten 3.14167⁺ dir.

Öte yandan 4 ve 2 sayıları da aslında

4.0000000000000000000⁺

2.0000000000000000000⁺

Olarak yazılmalıdır



Rakamları bu şekilde göstermek pratik olmadığı için
gerekenden fazla basamak **yuvarlanır** (*round*).

Yuvarlama işleminde

Rakam **5 ile 9** arasında ise **yukarı**
0 ile 4 arasında ise **aşağı yuvarlanır**

Yuvarlama işleminden dolayı bir hata oluşur;

Bilgisayarlarda bellek alanı sınırlı olduğu için bu hata kaçınılmazdır

Bir işlem yapılırken sonuçtaki belirsizlik işlemde kullanılan ve belirsizliği en fazla olan sayının belirsizliği ile orantılıdır.

Alt Limit	4.9×10.623	52.0527	
En iyi değer	5.0×10.624	53.1200	53 ± 1
Üst Limit	5.1×10.625	54.1875	

Toplama/ Çıkarma işleminde sonucun hesaplanması

1. Noktaları birbirleri ile hizala
2. Her sayıdaki en son anlamlı basamağı işaretle (**okla**)
3. İşlemi yap
4. En soldaki ok cevapta tutulacak son anlamlı basamağı belirler

Alt Limit	$4.9 + 10.623$	15.523	
En iyi değer	$5.0 + 10.624$	15.624	15.6 ± 0.1
Alt Limit	$5.1 + 10.625$	15.725	

$$\begin{array}{r} \downarrow \\ 04.9 \\ + 10.623 \\ \hline 15.523 \end{array}$$