

ANLAMLI RAKAMLAR

Bazı fiziksel büyüklükler ölçüldüğünde, ölçülen değerler, sadece deneysel belirsizliklerin sınırları içinde bilinir. Belirsizliğin değeri ölçümde kullanılan aletlerin kalitesi, deneycinin yeteneği ve yapılan ölçümlerin sayısı gibi değişik etmenlere bağlı olabilir.

Kurallar

- 1) 1, 2, 3, ... ,9'a kadar olan rakamlar anlamlıdır.
- 2) Ondalık ayıraçtan sonra sayının sonundaki sıfırlar anlamlıdır.
- 3) İki anlamlı rakam arasında kalan sıfırlar da anlamlıdır.

Ölçülen Değer	Anlamlı rakam sayısı		Ölçülen Değer	Anlamlı rakam sayısı		Ölçülen Değer	Anlamlı rakam sayısı
6.751 g	4		0.0230 cc	3		0.001008	4
0.157 ml	3		404	3		0.00010700	5
28.0 ml	3		70080	4		0.05070080	7
2500 m	2		8000	1		2.53×10^4	3
0.070 g	2		800	1		3.06×10^{-5}	3
30.07 kg	4		800.	3		1.000×10^8	4
0.106 cm	3		50060.	5		4.20×10^{-7}	3
0.0067 g	2		50060.00	7			

Sayıları Yuvarlama

Ölçülen D	ARS	Yuvarlama	Ölçülen D	ARS	Yuvarlama	Ölçülen D	ARS	Yuvarlama
4257.16	1	4000	158.1054	1	200	0.035047	1	0.04
4257.16	2	4300	158.1054	2	160	0.035047	2	0.035
4257.16	3	4260	158.1054	3	158	0.035047	3	0.0350
4257.16	4	4257	158.1054	4	158.1	0.035047	4	0.03505
4257.16	5	4257.2	158.1054	5	158.11	0.035047	5	0.035047
4257.16	6	4257.16	158.1054	6	158.105	0.035047	6	0.0350470

Sayı	ARS	Yuvarlama	Sayı	ARS	Yuvarlama
50000	1	5×10^4	36500000	1	40000000
50000	2	5.0×10^4	36500000	2	37000000
50000	3	5.00×10^4	36500000	3	36500000
50000	4	5.000×10^4	36500000	4	3.650×10^7
50000	5	5.0000×10^4	36500000	5	3.6500×10^7

Toplama Kuralı

Sayılar toplanırken sonuçtaki ondalık basamak sayısı, toplamdaki herhangi bir terimin en az ondalık basamak sayısına eşittir. Bu kural çıkarma için de geçerlidir.

$$123+5.35=128.35$$

$$\cong 128$$

$$1.0001+0.0003$$

$$= 1.0004$$

$$1.002-0.998$$

$$= 0.004$$

$$2.314+5.23=7.544$$

$$\cong 7.54$$

$$3.45+5.3=8.75$$

$$\cong 8.8$$

$$3.65+14.1+8.136=25.886$$

$$\cong 25.9$$

$$530. +4.63=534.63$$

$$\cong 535.$$

$$36500+143.56=36643.56$$

$$\cong 36600$$

$$350000+57000.1+42.68=407042.78$$

$$\cong 410000$$

$$72000+4300+160000$$

$$= 240000$$

$$(4.671) - (2.1) = 2.571$$

$$\cong 2.6$$

$$(7.463) - (3.58) = 3.883$$

$$\cong 3.88.$$

$$(200) - (28.14) = 171.86$$

$$\cong 2 \times 10^2$$

$$(5000) - (62.413) = 4937.587$$

$$\cong 5000 = 5 \times 10^3$$

$$\begin{array}{r} 123.?? \\ + 5.35 \\ \hline 128.35 \\ \text{128} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2.314 \\ + 5.23? \\ \hline 7.544 \\ \text{7.54} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3.65? \\ 14.1?? \\ + 8.136 \\ \hline 25.886 \\ \text{25.9} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 350000.?? \\ 57000.1? \\ + 42.68 \\ \hline 407042.78 \\ \text{410000} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4.671 \\ - 2.1?? \\ \hline 2.571 \\ \text{2.6} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 5000.??? \\ + 62.413 \\ \hline 4937.587 \\ \text{5000} \end{array}$$

Çarpma Kuralı

İki sayı çarpıldığında sonuçtaki anlamlı rakam sayısı, çarpımdaki en az anlamlı rakam sayısına eşittir. Bu kural bölme içinde geçerlidir.

$$(9.6) \times (7) = 67.2 \cong 70 = 7 \times 10^1$$

$$(2) \quad (1) \quad (1) \quad (1)$$

$$(4.38) \times (2.3) = 10.074 \cong 10. = 1.0 \times 10^1$$

$$(3) \quad (2) \quad (2) \quad (2)$$

$$(8.315) \times (17.368) = 144.41492 \cong 144.4$$

$$(4) \quad (5) \quad (4)$$

$$(34.7) \div (3.1) = 11.193548 \cong 11$$

$$(3) \quad (2) \quad (2)$$

$$(536.3172) \div (13.2) = 40.63009091 \cong 40.6$$

$$(7) \quad (3) \quad (3)$$

$$(325) \div (75) = 4.33333333 \cong 4.3$$

$$(3) \quad (2) \quad (2)$$

$$(4000) \div (8.17) = 489.596083231334 \cong 500$$

$$(1) \quad (3) \quad (1)$$

$$\begin{aligned} (4.231 \times 10^{-5} + 7.6 \times 10^{-6} + 2.731 \times 10^{-4}) &= (0.4231 \times 10^{-4} + 0.076 \times 10^{-4} + 2.731 \times 10^{-4}) \\ &= (3.2301 \times 10^{-4}) = (3.230 \times 10^{-4}) \end{aligned}$$

Karışık İşlemler

$$(4.3) \times (5.23) + 6.814 = \underline{22.489} + 6.814 = \underline{29.303} \cong 29$$

$$(2) \quad (3) \quad (2)$$

$$(7.35) \times (4.265) + 7.34 = 31.\underline{34775} + 7.34 = 38.68775 \cong 38.7$$

$$(3) \quad (4) \quad (3)$$

$$\frac{8.46 - 5.312}{2.8} = \frac{3.\underline{148}}{2.8} = 1.\underline{124285714} \cong 1.1$$

$(14 \text{ insan}) \times (25.9 \text{ mil}) = 362.6 \cong 363$ sayılabilir olan niceliklerde anlam aranmaz.

(Sayılabilir)

$$(34) \quad \times \quad (3 \text{ elma}) = 102$$

$$(Sayılabilir) \quad (Sayılabilir)$$

ÖLÇME ÇEŞİTLERİ

- a) **Doğrudan ölçme (direkt):** Ölçü aletleri ile ölçülecek değerin doğrudan karşılaştırılması suretiyle yapılan ölçme işlemidir. Bu ölçme işleminde ölçü, doğrudan okunabilmektedir. Doğrudan ölçmeye örnek olarak; çelik cetvellerle, sürmeli kumpaslarla yapılan ölçme işlemi verilebilir.
- b) **Dolaylı ölçme (endirekt):** Bu ölçme işleminde ölçü aleti belli bir kıyaslama parçasına ayarlanır ve ölçme işlemi bu kıyaslama parçasına göre yapılır. Pergel, iç ve dış çap kumpasları ile yapılan ölçme işlemleri dolaylı ölçmelerdir.
- c) **Mutlak ölçme:** Ölçülecek değerin sayısal değeri ile ölçüm sonundaki diğer değerlerin sayısal değerleri arasındaki matematiksel ilişkiler dikkate alınarak yapılan ölçme işlemidir.

ÖLÇME TEKNİĞİ İLE İLGİLİ TANIMLAR

- 1) **Okunabilirlik:** Ölçme cihazının okuma skalasının genişliğidir. Genelde okunabilirliği büyük olan aletler tercih edilmelidir. Örneğin; aynı alt ve üst okuma sınırları içinde skalası 30 cm olan bir cihaz, skalası 15 cm olan bir cihazdan daha iyidir.
- 2) **En küçük değerlendirme:** Ölçme cihazı skalasında okunabilen iki değer arasındaki en küçük fark olarak tanımlanır. Başka bir deyişle fiziksel büyüklükteki değişikliğin cihaz tarafından algılanabilen en küçük değeridir.
- 3) **Duyarlık:** Ölçme cihazı ibresinin doğrusal hareket ettiği varsayımı ile ibrenin hareket miktarının ölçülen fiziksel büyüklüğe oranıdır. Örneğin 25 cm skalalı bir hız ölçme aleti ile ölçülebilen en yüksek hız 10 m/s ise bu cihazın duyarlılığı, 2.5 cm/(m/s) değerindedir. Sayısal (digital) ölçme yapan cihazlarda duyarlık tanımı bu cihazların çeşitli kademe düğmelerine basıldıkça farklı değerlerde olabilir. Bu nedenle bu tip cihazlarda her bir kademe için farklı duyarlık değerleri verilebilir.
- 4) **Histerizis:** Genellikle bir ölçme cihazında ölçme yapılırken, herhangi bir değere artarak veya azalarak yaklaşılması durumunda histerizis olayı nedeniyle farklı değerler okunabilir.
- 5) **Doğruluk:** Ölçüm sonucunun gerçek değere ne kadar yakın olduğudur. Tek bir ölçümün kalitesini ifade eder. "Bu terazi 500 g ağırlığı 498 g gösterdi." Burada yapılan %0.4 hata ölçümün doğruluğu ile ilgilidir.
- 6) **Kesinlik:** Bir ölçme aletinin aynı bir fiziksel büyüklüğe ait tekrarlanan çeşitli ölçmeler esnasında aynı değeri verebilme özelliğidir.



Doğruluk ve kesinlik kavramlarının karşılaştırılması

7. **Hata:** Mutlak doğru ölçüm yapmak mümkün değildir. Ancak doğruya yakın ölçümler hassas ölçüm cihazları ile yapılır. Bir ölçü aletinin hatası dendiğinde ölçü aletinin gösterdiği değer ile göstermesi gereken değer arasındaki fark anlaşılır. Ölçüm sonucunda hatalar 2 sebepten kaynaklanır.

a) Sistematik hatalar: Genellikle ölçü aletinin yapısında ileri gelmektedir. Bunları önlemek mümkün değildir fakat ilave ölçü aletleriyle minimuma indirilebilir.

b) Tesadüfi hatalar: Ölçüm yapan kişinin yaptığı hatalardır. Bu da çok ölçüm yapılarak ve bunların ortalaması alınarak minimize edilir.

Hata kaynakları

- Ölçme İşlemini Yapan kişiden Kaynaklanan Hata** (Dikkatsizlik, yorgunluk, heyecan, eğitimsizlik vb.)
 - Ölçme Aracından Kaynaklanan Hata** (Hassasiyet, yanlış ölçüm cihazı seçme vb.)
 - Ölçme İşleminin Yapılacağı Ortamdan Kaynaklanan Hata** (Ortamın kirliliği, yetersiz aydınlatma, sıcaklığının uygun olmaması vb.)
 - Ölçülen cisimden kaynaklanan Hata** (Ölçülen iş parçasının fiziksel özellikleri)
- 8) **Kalibrasyon:** Bir ölçme aletinin doğruluğu bilinen değerler ile karşılaştırılarak hatalarının azaltılması işlemidir. Bütün ölçme aletlerinin zaman zaman kalibrasyonunu yapmak gereklidir. Bu işlem;

a) Standartlar enstitülerinin imkânları ile

b) Doğruluğu bilinen ve kanıtlanmış cihazlar ile

c) Bilinen bir kaynak ile karşılaştırılarak yapılabilir.

- 9) **Standart:** Ulusal veya uluslararası kuruluşlar tarafından kabul edilen belirli ölçülerdeki fiziksel büyüklük, ölçme yöntemi veya uyulması gereken kaidelerdir. Ülkemizde standartları yapan kuruluş, TSE (*Türk Standartlar Enstitüsü*); uluslararası kuruluş ise, merkezi Fransa'nın Sevr kentinde bulunan "International Bureau of Weights and Measures" birliğidir.

10) Boyut ve Birim: Boyut bir sistemin veya bir cismin özeliği veya davranışını belirlemek üzere kullanılan fiziksel değişkenlere verilen genel addır. Birim ise boyut için seçilen keyfi bir karşılaştırma değeridir. Herhangi bir cisme veya sisteme ait uzunluk, alan, basınç, sıcaklık, kütle vb. gibi fiziksel özellikler boyuta; m, ft, arşın, m², dekar, bar, psi, °C, K, kg, g, lb, galon gibi büyüklükler ise birime örnektir.

Genellikle ülkeler Uluslararası Birim Anlaşması olan SI (*Système International d'Unité's*) birim sistemini kullanmaktadır.

TEMEL SI BİRİMLERİ

BÜYÜKLÜK	BİRİMİ	SEMBOLÜ
1 Kütle	Kilogram	(kg)
2 Uzunluk	Metre	(m)
3 Zaman	Saniye	(s)
4 Sıcaklık	Kelvin Derece	(K)
5 Elektrik Akımı	Amper	(A)
6 Işık Şiddeti	Candela	(cd)
7 Madde Miktarı	Mol	(mol)

Temel birimlerin çarpılması veya bölünmesi ile elde edilen birimlere **Türetilmiş Birimler** denir. Türetilmiş birimlerden bazıları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

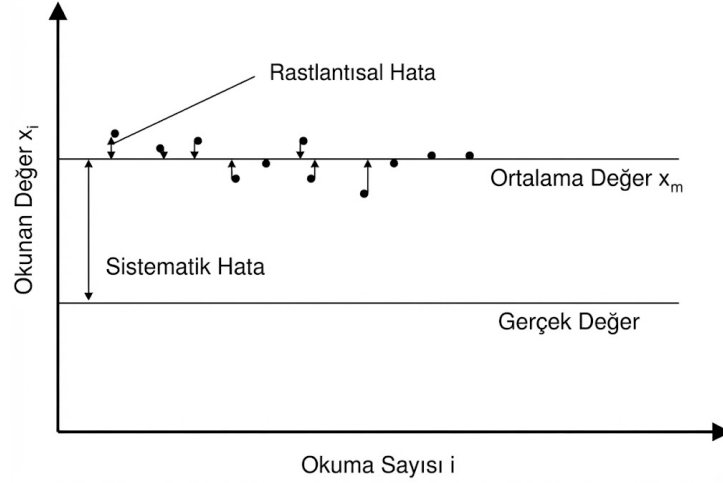
BÜYÜKLÜK	SEMBOLÜ	BİRİMİN ADI	AÇIKLAMA
Alan	S	Metrekare ²	En.Boy ² m*m = m ²
İvme	a	Metre/s ²	Hız/Zaman m/s*(1/s)=m/s ²
Kuvvet	F	Newton(N)	Kütle. İvme Kg*m/s ²
İş, Enerji, ısı miktarı	W	Joule(J)	Kuvvet.Yol=Güç. Zaman=Yük. Potansiyel Fark N*m=P*s=q*V
Güç, ısı akışı	P	Watt(W)	İş/Zaman Joule/s=N*m/s
Elektrik yükü	Q	Coulomb(C)	Akım*Zaman Amper*s
Gerilim, EMK, Pot. Farkı	V, U	Volt(V)	İş/Yük miktarı Joule/coulomb

Elektrik alan şiddeti	E	V/m, N/C	Kuvvet/Elektrik Yüğü=Potansiyel fark/metre Newton/Coulomb=Volt/metre
Elektriksel direnç	R	Ohm(Ω)	Gerilim/Akım Volt/Amper
Elektriksel kapasite	C	Farad(F)	Elektrik yüğü/Potansiyel fark Coulomb/V
İndüktans	L	Henry(H)	Manyetik akı/Akım şiddeti $Wb/A=Volt.saniye/Amper=kg*m^2/(A^2 * s^2)$
Manyetik akı	Φ	Weber(Wb)	Potansiyel fark.Zaman ^{2} Volt.saniye= $kg*m^2/(A*s^2)$
Manyetik akı yoğunluğu	B	Tesla(T)	Manyetik akı/Alan $Weber/m^2=Volt*s/m^2=kg/(A*s^2)$
Işık akısı	Φ	Lümen(Lm)	Candela(Cd)
Aydınlık şiddeti	E	Lüx(Lm)	Lm/m^2
Frekans	F	Hertz(Hz)	1/periyot veya s^{-1}

Uygulamada temel veya türetilmiş birimlerin hem kendileri hem de alt veya üst katları (*birim ön ekleri*) kullanılabilir. Bu dönüşümde kullanılacak çarpanlar ve isimleri aşağıdaki tabloda belirtilmiştir.

Birim Takısı	Çarpan	Sembol
Exa	10^{18}	E
Peta	10^{15}	P
Tera	10^{12}	T
Giga	10^9	G
Mega	10^6	M
Kilo	10^3	k
Mili	10^{-3}	m
Mikro	10^{-6}	μ
Nano	10^{-9}	n
Piko	10^{-12}	p
Femto	10^{-15}	f
Atto	10^{-18}	a

DENEYSEL BULGULARIN ANALİZİ (HATA ANALİZİ)



Aritmetik Ortalama: Aynı fiziksel büyüklük için yapılan n adet “ x_i ” ölçümünün **aritmetik ortalaması** (x_m) aşağıdaki gibi verilir.

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

Sapma: Her ölçüm değerinin ortalama değerden farkı ise “**sapma**” olarak tanımlanır ve $d_i = x_i - x_m$ şeklindedir. Yani; $d_1 = x_1 - x_m$; $d_2 = x_2 - x_m$; $d_3 = x_3 - x_m$; ... ; $d_n = x_n - x_m$

$$\text{Ortalama sapma} = \Delta d = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |d_i|$$

Örnek: Bir kütlenin belirli bir yükseklikten düşüş zamanı 12.24, 12.32, 12.25 ve 12.11s olarak ölçülmüştür. Zamanın ortalama değerini ve ortalama sapmasını bulunuz.

Çözüm:

$$\text{Zaman Ortalaması} = t_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{4} (12.24 + 12.32 + 12.25 + 12.11) = 12.23 \text{ s}$$

$$\text{Ortalama Sapma} = \Delta t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\Delta t_i| = \frac{1}{4} (0.01 + 0.19 + 0.02 + 0.12) = 0.06 \text{ s}$$

$$\text{Zaman} = (12.23 \pm 0.06) \text{ s}$$

Ölçüm (s)	Ortalama (s)	$d_i = (x_i - x_m)$	$ d_i $	Δd
12.24	12.23	0.01	0.01	0.06
12.32		0.09	0.09	
12.25		0.02	0.02	
12.11		- 0.12	0.12	

ÖLÇÜMDE BELİRSİZLİK

- Ölçümde belirsizlik (hata) kaçınılmazdır.
- “M” Ölçümdeki belirsizlik “ $\pm \Delta M$ ” ile gösterilir.
- Belirsizlik “mutlak belirsizlik veya kesirli belirsizlik” olarak ifade edilebilir.
- **Mutlak Belirsizlik:** Ölçülen nicelikle aynı birim kullanır. Örneğin (21.3 ± 0.2) cm
- **Kesirli Belirsizlik:** Ölçülen miktarın bir kesri veya yüzdesi olarak ifade edilir.

$$0.2 \text{ cm} / 21.3 \text{ cm} = 0.00939... \cong \% 0.9 \quad \rightarrow \quad (21.3 \text{ cm} \pm \% 0.9)$$

- Herhangi iki nicelik toplanır veya çıkarılırsa sonucun mutlak belirsizliğini bulmak için mutlak belirsizlikler toplanır.
- Herhangi iki nicelik çarpılırsa (veya bölünürse) sonucun kesirli belirsizliği çarpıma (veya bölme) katılan her bileşenin kesirli belirsizlikleri toplanır.

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta W}{W}$$

Örnek: Dikdörtgen şeklindeki bir plakanın uzunluğu (21.3 ± 0.2) cm ve eni (9.8 ± 0.1) cm’dir. Plakanın alanını hesaplayınız.

Çözüm:

$$Alan = A = L \times W = (21.3 \text{ cm}) \times (9.8 \text{ cm}) = 208.74 \text{ cm}^2 \cong 210 \text{ cm}^2$$

$$A \cong 210 \text{ cm}^2$$

$$Belirsizlik = \frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta W}{W} = \frac{0.2}{21.3} + \frac{0.1}{9.8} = 0.009389... + 0.010204... = \pm 0.0195937...$$

$$\frac{\Delta A}{A} = \pm 0.0195937... \cong \pm 0.02 \rightarrow \pm (0.02) \times 100 = \pm \%2 \rightarrow \frac{\Delta A}{A} \cong \pm \%2$$

$$\Delta A = \pm (0.0195937...) \times (A) = \pm (0.0195937...) \times (208.74) = \pm 4.09 \text{ cm}^2 \cong \pm 4 \text{ cm}^2$$

$$\Delta A \cong \pm 4 \text{ cm}^2$$

Standart formda

$$Alan = (210 \pm 4) \text{ cm}^2 \text{ veya } (210 \text{ cm}^2 \pm \% 2)$$

Örnek: Bir kürenin yarıçapı (6.50 ± 0.20) cm ve kütlesi de (1.85 ± 0.02) kg olarak ölçülüyor. Bu kürenin yoğunluğunu anlamlı rakamları dikkate alarak hesaplayınız.

Çözüm:

$$\text{Yarıçap} = (6.50 \pm 0.20) \text{ cm} = (6.50 \pm 0.20) \times 10^{-2} \text{ m}; \quad \text{Kütle} = (1.85 \pm 0.02) \text{ kg}$$

$$\text{Yoğunluk} = \rho = \frac{m}{\left(\frac{4}{3}\right) \pi r^3} = \frac{1.85 \text{ kg}}{\left(\frac{4}{3}\right) \pi (6.50 \times 10^{-2} \text{ m})^3} = 1.608211 \dots \times 10^3 \cong 1.61 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Yoğunluk} = \rho \cong 1.61 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Belirsizlik} = \frac{\Delta \rho}{\rho} = \frac{\Delta m}{m} + 3 \frac{\Delta r}{r} = \frac{0.02}{1.85} + \frac{3 \cdot (0.20)}{6.50} = 0.010810 \dots + 0.092307 \dots = \pm 0.103118 \dots$$

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} \cong \pm 0.10 \rightarrow \pm (0.10) \times 100 = \pm \%10.$$

$$\frac{\Delta \rho}{\rho} \cong \pm \%10.$$

$$\Delta \rho = \pm (0.103118 \dots) \times \rho = \pm (0.103118 \dots) \times (1.608211 \dots \times 10^3)$$

$$\Delta \rho = \pm (0.16583 \dots \times 10^3) \cong 0.17 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\Delta \rho \cong \pm 0.17 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

Standart formda

$$\text{Yoğunluk} = (1.61 \pm 0.17) \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \text{ veya } (1.61 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \pm \% 10.)$$

Örnek: Bir dairenin yarıçapı (10.5 ± 0.2) m olarak ölçülüyor. Bu dairenin a) Alanını ve b) Çevresini hesaplayınız.

a) $r = (10.5 \pm 0.2) \text{ m}$

$$\text{Alan} = \pi r^2 = \pi (10.5)^2 = 346.3605 \dots$$

$$\text{Alan} \cong 346 \text{ m}^2$$

$$\text{Belirsizlik} = \frac{\Delta A}{A} = 2 \frac{\Delta r}{r} = 2 \times \frac{(0.2)}{10.5} = 0.038095 \dots$$

$$\frac{\Delta A}{A} \cong \pm 0.04 \rightarrow \pm (0.04) \times 100 = \pm \%4$$

$$\frac{\Delta A}{A} \cong \pm \%4$$

$$\Delta A = \pm (0.038095 \dots) \times (A) = \pm (0.038095 \dots) \times (346.3605 \dots) = \pm (13.194689 \dots)$$

$$\Delta A \cong \pm 10 \text{ m}^2$$

Standart formda

$$\text{Alan} = (346 \pm 10) \text{ m}^2 \text{ veya } (346 \text{ m}^2 \pm \% 4)$$

b) $r = (10.5 \pm 0.2) \text{ m}$

$$\text{Çevre} = 2\pi r = 2\pi(10.5) = 65.97344 \dots$$

$$\text{Çevre} \cong 66.0 \text{ m}$$

$$\text{Belirsizlik} = \frac{\Delta\text{Ç}}{\text{Ç}} = \frac{\Delta r}{r} = \frac{(0.2)}{10.5} = 0.0190476 \dots$$

$$\frac{\Delta\text{Ç}}{\text{Ç}} \cong \pm 0.02 \rightarrow \pm(0.02) \times 100 = \pm \%2$$

$$\frac{\Delta\text{Ç}}{\text{Ç}} \cong \pm \%2$$

$$\Delta\text{Ç} = \pm (0.0190476 \dots) \times (\text{Ç}) = \pm (0.0190476 \dots) \times (65.97344 \dots) = \pm (1.25663 \dots)$$

$$\Delta\text{Ç} \cong \pm 1 \text{ m}$$

Standart formda

$$\text{Çevre} = (66.0 \pm 1) \text{ m veya } (66.0 \text{ m} \pm \%2)$$

2. Çözüm b)

$$\text{Çevre} = 2\pi r = 2\pi(10.5 \pm 0.2) = 65.97344 \dots \pm 1.256637 \dots = (66.0 \pm 1) \text{ m}$$

Standart Sapma

Deneyisel bulgular, aritmetik ortalama değerden olan sapmalarının dağılımını gösteren bir büyüklük, “*standart sapma*” veya “*sapmaların karelerinin karekökü*” olan σ aşağıdaki gibidir.

$$\sigma = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \right]^{1/2}$$

Örnek Standart Sapma

Deneyisel araştırma yapan araştırmacılar her zaman yeteri kadar bulgu toplayamazlar. Deneyisel bulguların uygun bir değerlendirmesinin yapılabilmesi için en az 20 adet ölçüm sonucunun olması gerekir. Bu durumdan daha az sayıdaki ölçme halinde *örnek standart sapma* aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\sigma_{\text{ö}} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \right]^{1/2}$$

Görüldüğü gibi bu ifadede n yerine $n-1$ bölüneni kullanılmaktadır. Örnek sayısının artması halinde yukarıdaki σ ve $\sigma_{\text{ö}}$ değerleri birbirine yaklaşmaktadır. Örnek sayısı sonsuza gitmesi halinde ise bu iki ifade aynı değeri vermektedir.

Örnek: Bir ocaktan çıkan kömür numunelerinin nem ölçümleri 10 kez ölçülmüştür. Bu değerlere göre aritmetik ortalamayı, sapmaların mutlak ortalamasını, standart sapmayı ve örnek standart sapmayı bulunuz.

Numune	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nem (%)	11.2	9.3	12.3	9.2	11.0	14.1	8.9	9.7	10.3	10.0

Çözüm:

Ölçüm	Nem (%)	$d_i = (x_i - x_m)$	$ d_i $	$(x_i - x_m)^2$
1	11.2	0.6	0.6	0.36
2	9.3	- 1.3	1.3	1.69
3	12.3	1.7	1.7	2.89
4	9.2	- 1.4	1.4	1.96
5	11.0	0.4	0.4	0.16
6	14.1	3.5	3.5	12.25
7	8.9	- 1.7	1.7	2.89
8	9.7	- 0.9	0.9	0.81
9	10.3	- 0.3	0.3	0.09
10	10.0	- 0.6	0.6	0.36
Toplam	106. <u>0</u>	0	12. <u>4</u>	23. <u>46</u>

Aritmetik ortalama;

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{10} (106. \underline{0}) = 10.6$$

Sapmaların mutlak ortalaması

$$|\bar{d}_i| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |d_i| = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - x_m| = \frac{1}{10} (12. \underline{4}) = 1. \underline{2}4 \cong 1.2$$

Standart sapma

$$\sigma = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \right]^{1/2} = \left[\frac{1}{10} (23. \underline{46}) \right]^{1/2} = 1. \underline{5}3166 \dots \cong 1.5$$

Örnek standart sapma

$$\sigma_{\bar{o}} = \left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - x_m)^2 \right]^{1/2} = \left[\frac{1}{9} (23. \underline{46}) \right]^{1/2} = 1. \underline{6}1451 \dots \cong 1.6$$