Genel Fizik

Doç. Dr. Hasan H. Esenoğlu

2019

İçerik

1. Fizik ve Ölçme; Temel Büyüklükler; Kütle, zaman ve uzunluk; Birimler ve Boyut Analizi; Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar
2. Vektörler; vektörlerin toplanması ve çarpımı
3. Bir boyutta hareket, Yer değiştirme, Hız ve İvme, Serbest düşme
4. İki boyutta hareket , Eğik atış ve dairesel hareket
5. Newton Hareket Yasaları

Vize Haftası

6. Sürtünme kuvvetleri ve Newton yasalarının uygulamaları, İş ve kinetik enerji
7. Potansiyel Enerji ve Enerjinin korunumu, Doğrusal momentum ve çarpışmalar, momentumun korunumu
8. Katı Cismin Sabit Bir Eksen Etrafında Dönmesi, Eylemsizlik momenti
9. Yuvarlanma Hareketi , Dönme Enerjisi, Açısal Momentum ve Tork
10. Statik ve Denge
11. Titreşim Hareketi
12. Akışkanlar Mekaniği

Final Haftası

1 FİZİK ve ÖLÇME

Fizik, evreni basit prensipleri ile daha iyi anlamımızı sağlayan temel bilimlerden birisidir.

Astronomi, biyoloji, kimya ve jeoloji gibi çeşitli bilim dallarının da temelini oluşturur.

Fizik ile çevremizde gelişen fiziksel olaylar basit kavramlar, teoriler ve matematiksel eşitliklerle verilir.

Fiziğin konuları

1. Klasik mekanik, atoma göre çok büyük boyutlarda ve ışık hızına göre çok yavaş hareket eden cisimlerin hareketi ile ilgilenir.

2. Görelilik, herhangi bir yere göre cisimlerin hareketini inceler.

3. Termodinamik, birçok parçacıktan oluşan bir sistemin ısı, iş, sıcaklık ve istatiksel davranışlarını inceler.

5. Optik, ışığın malzeme ile etkileşmesini inceler.

6. Kuantum mekaniği, alt mikroskobik düzeyden makroskopik düzeye kadar malzemelerin davranışlarını inceler.

Temel Büyüklükler

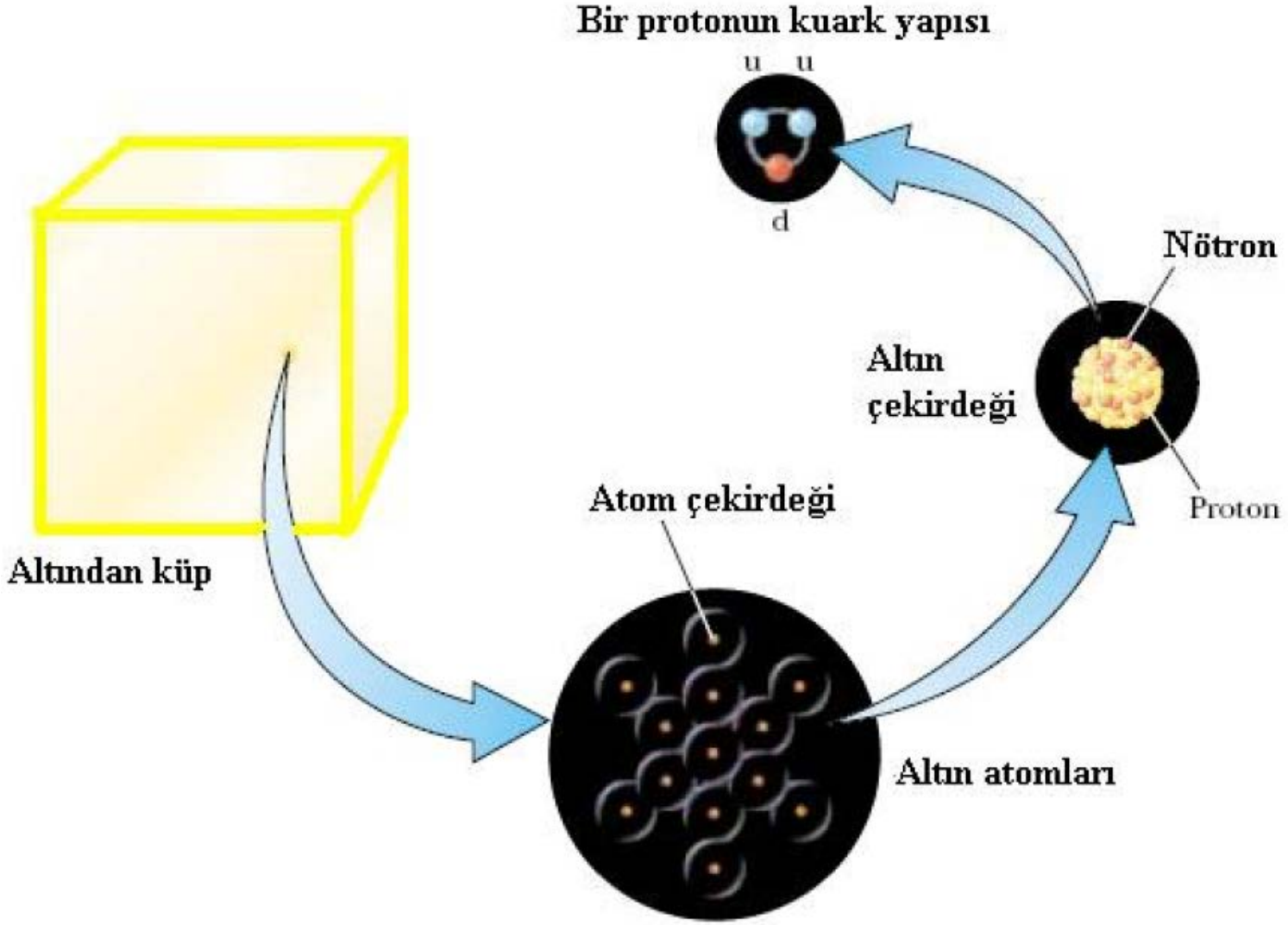
Madde ve modeli

Fizikçiler bazı kavramlarla doğrudan ilişki kuramazlarsa ilgilendikleri fiziksel sistemler hakkında fikir yürütürler, teori geliştirirler. Örneğin atomdaki elektronlar ve protonlar için yaptıkları gibi.

Gözlenebilen özelliklerden bu teorilerini daha sağlam temellere oturtmaya çalışırlar.

Yunanlılar parçalanamayan en küçük maddeye atomos demişlerdi. 1897'de J.J.Thomson'un yaptığı deneylerle atomun elektronlarının olduğu gösterildi. Daha sonraki yıllarda atomun çekirdeği parçalanarak alt parçacıklar (kuarklar) ortaya çıkarıldı.

Kübik altın parçalanmaya başlanırsa bu parçalama işi nereye kadar gidebilir?



Temel Büyüklükler

Yoğunluk ve atomik kütle

Yoğunluk (ρ) birim hacimdeki kütle miktarı olarak verilir:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Denklemdeki m-kütleyi (mass), V-hacimi (Volume) gösterir.

Atomların farklı yoğunluklara sahip olması onların fiziksel özelliklerini ayırt etmek için kullanılabilir bir özelliktir.

Örneğin, alüminyum $2.70\ \frac{g}{cm^3}$

kurşun $11.3\ \frac{g}{cm^3}$ yoğunluklara sahiptir.

Atomik kütleleri (birim);

Kurşunun: 207

Aluminyumun: 27.0

Atomik kütleleri oranı $\left(\frac{kurşun}{aluminyum}\right): \frac{207}{27} = 7.67$

Yoğunluklarının oranı $\left(\frac{kurşun}{aluminyum}\right): \frac{11.3}{2.7} = 4.19$

Aralarındaki fark nereden geliyor? Cevap: kristal yapılarındaki (katı haldeki) atomlar arası boşluklardan.

Temel Büyüklükler

Bir küpte ne kadar atom var?

Soru: Alüminyumdan oluşmuş katı bir küpün (yoğunluğu $2.70\ \frac{g}{cm^3}$) hacmi $0.200 cm^3$ olarak verilmiştir. 27.0 gram alüminyum (atomik kütle birimi-akb) 6.02×10^{23} kadar atom içermektedir. Küpte ne kadar atom vardır?

Çözüm: Yoğunluk kütlenin hacime oranı şeklinde veriliyorsa $\left(\rho = \frac{m}{V}\right)$, bu küp içindeki atomların toplam kütlesi bulunur.

Kütle

$$m = \rho V = \left(2.70\ \frac{g}{cm^3}\right)(0.200 cm^3) = 0.540\ g$$

veya

$$m = kN$$

şeklinde yazılabilir. Denklemdeki m örneğin kütlesi ($0.540\ g$), N örnekteki atomların sayısı (?) ve k bilinmeyen orantı sabitidir.

$$m_{\text{örnek}} = kN_{\text{örnek}}$$
$$m_{27.0\ g} = kN_{27.0\ g}$$

Bu denklemler oranlanırsa,

$$\frac{m_{\text{örnek}}}{m_{27.0\ g}} = \frac{kN_{\text{örnek}}}{kN_{27.0\ g}}$$

Bilinmeyen k orantı sabiti sadeleşir.

$$\frac{0.540}{27.0} = \frac{N_{\text{örnek}}}{6.02\times10^{23}} \rightarrow N_{\text{örnek}} = 1.22 \times 10^{22} \text{ atom}$$

olarak bulunur.

Kütle, zaman ve uzunluk

Ekonomik, günlük, ticari vs hayatımızda kavga etmeden, anlaşmazlıklar çıkmadan alış-veriş yapabilmemiz için bazı standartları kabul etmek zorundayız.

1960'da uluslararası bir komite tarafından nicelikler için standartlar hazırlanmıştır.

SI (Système International) birim sistemi hepimizin kabul ettiği birimleri içerir. Bunlar uzunluk, kütle ve zaman gibi *metre*, *kilogram* ve *saniye'*dir.

Diğer standartlar ise sıcaklık için (*kelvin*), elektrik akımı için (*amper*), ışık şiddeti için (*candela*) ve madde miktarı için (*mole*).

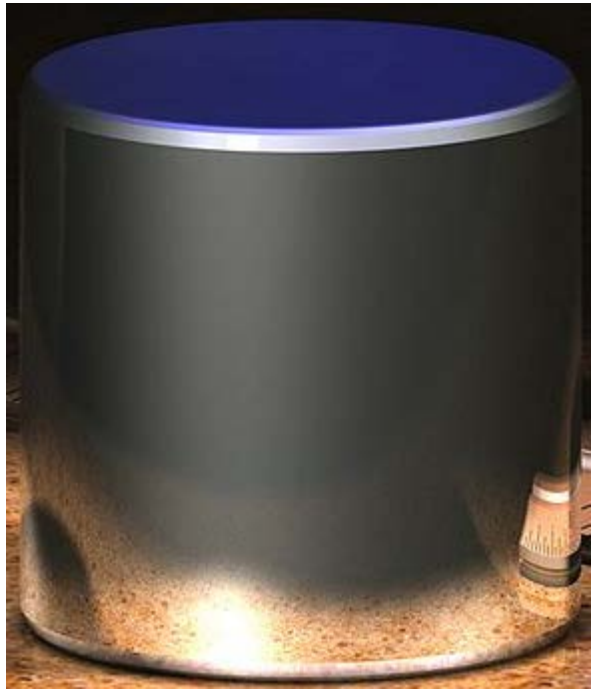
Kütle

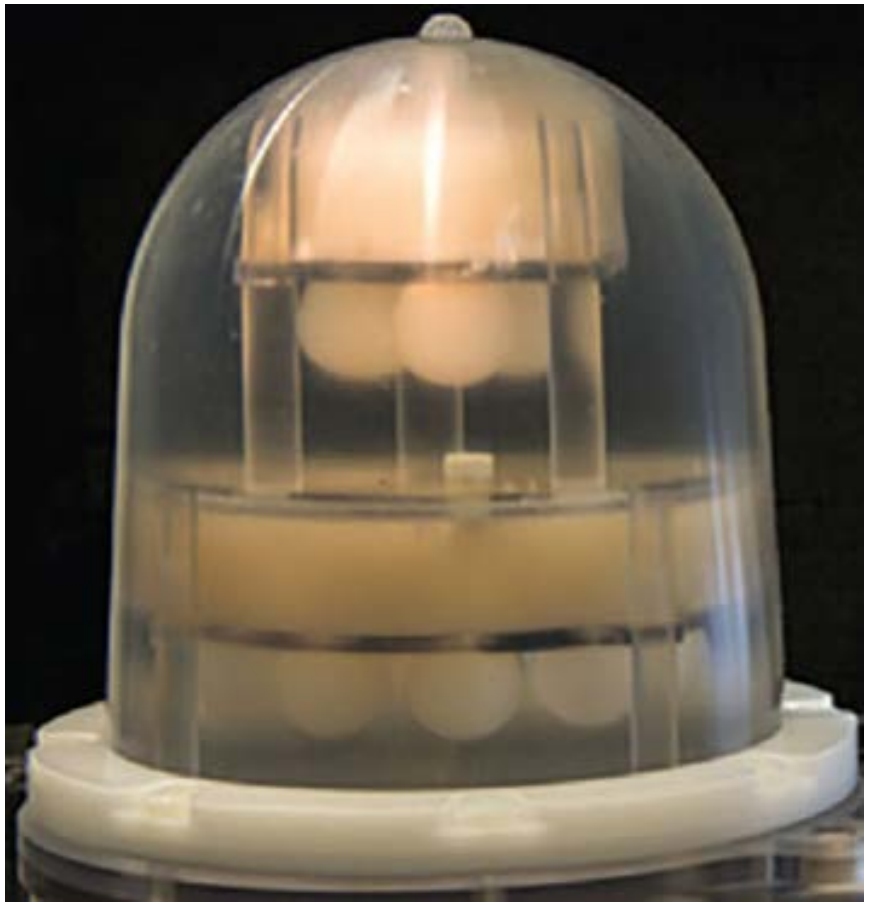
SI-birim sisteminde kütlenin birimi olarak kilogram (kg) kullanılmaktadır. Platinyum–iridyum alaşımından silindir şeklinde yapılmış ve International Bureau of Weights and Measures Sèvres'de (Fransa'da) saklanmaktadır. Bu kütle birimi 1887'de kabul edilmiş ve zamanla kütlesi değişmeyen kararlı bir alaşımdan yapılmıştır. Bu kütlenin diğer bir eşi National Institute of Standards and Technology (NIST) (Gaithersburg, Maryland'da) saklanmaktadır.

Kütle

Ulusal Kilogram Standardı Servisi (Fransa) ve Ulusal Standartlar Enstitüsü ve

Teknoloji (NIST) ’de saklanmaktadır.





Zaman

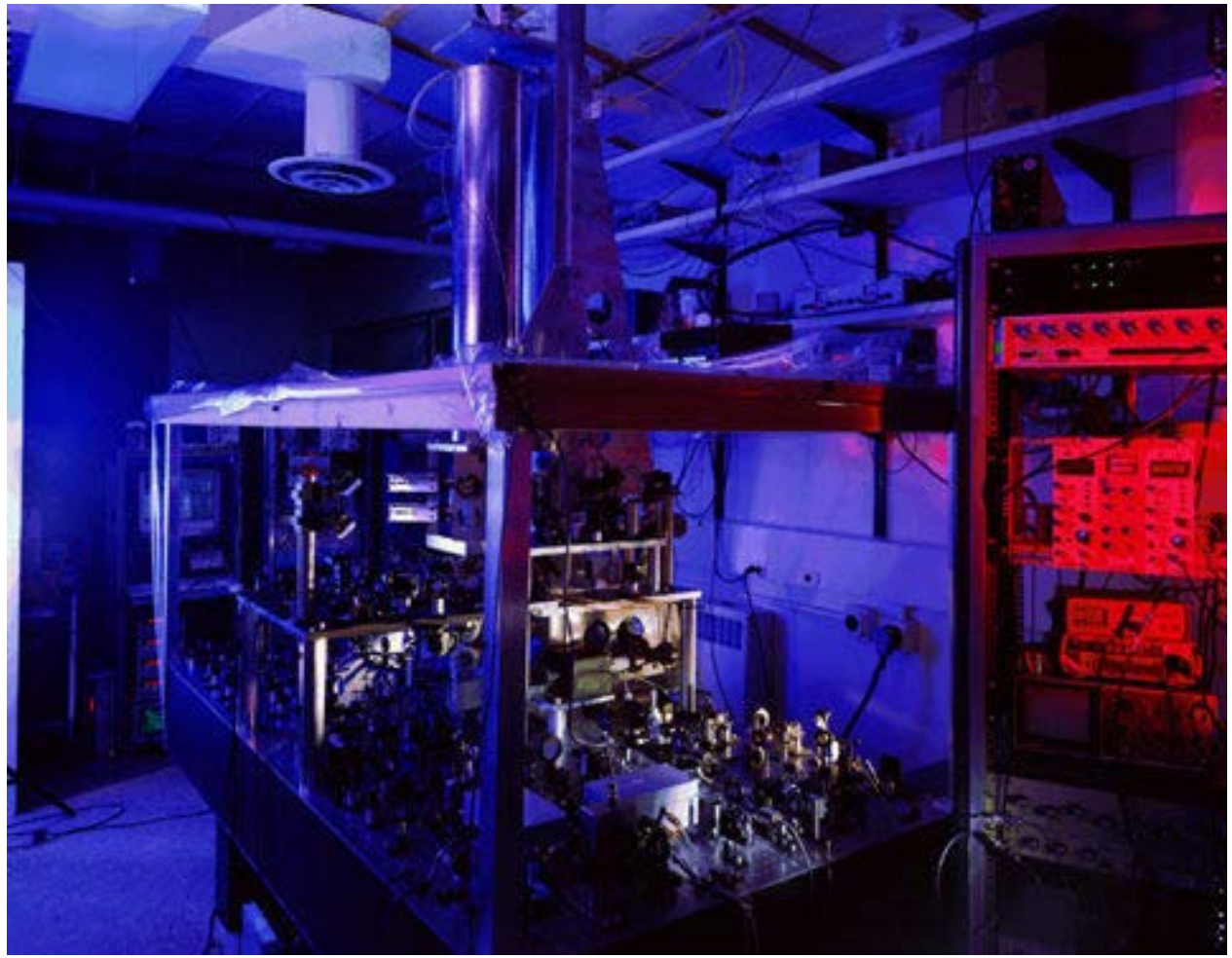
Zaman standardı için hazırlanmış atom saati

"National Institute of Standards and Technology" laboratuvarlarında (Boulder,

Colorado'da) bulunmaktadır.

Saat 20 milyon yılda 1 saniye ileri gidebilir veya geri

kalabilir.



Çeşitli zaman değerleri (saniye)

Evrenin yaşı:	5×10^{17}
Dünyanın yaşı:	1.3×10^{17}
Kolej öğrencisinin yaşı:	6.3×10^{8}
1 yıl:	3.2×10^{7}
1 gün:	8.6×10^{4}
Bir ders saati:	3×10^{3}

İki kalp atışı arasındaki zaman: 8×10^{-1}

Ses dalgaları arasındaki zaman: 10^{-3}

Radyo dalgaları arasındaki zaman: 10^{-6}

Bir katıdaki atom titreşimlerinin periyodu: 10^{-13}

Görünen ışığın periyodu: 10^{-15}

Nükleer çarpışmalar arası süre: 10^{-22}

Işığın bir protonu geçme süresi: 10^{-24}

Uzunluk

MS 1120'de İngiliz kralı uzunluk için burnunun ucundan kolunun açık durumda iken parmak uçlarına kadar olan mesafeyi birim uzunluk olarak "*yard*" ı seçmiştir.

Fransa kralı 14ncü Louis ise kendi ayak büyüklüğünü birim uzunluk olarak seçmiştir.

1799’dan itibaren Fransa’da birim uzunluk için *metre* kullanılmaya başlanmıştır. Ekvatordan kuzey kutbuna çizilen ve Paris’ten çizginin uzunluğunun on milyonda biri olarak alınmıştır.

1960’lı yıllarda Kripton-86 atomunun dalgaboyunun 1 650 763.73 katı olarak alınmış ve halen bu standart kullanılmaktadır.

Çeşitli uzunluk değerleri (metre)

Dünyaya en yakın kuazarın uzaklığı:	1.4×10^{26}
Dünyaya en yakın galaksi uzaklığı:	9×10^{25}
Bir ışık yılı:	9.46×10^{15}
Dünyanın güneş etrafındaki yörüngesinin yarıçapı:	1.5×10^{11}
Dünya ile ay arasındaki uzaklık:	3.84×10^{8}
Dünyanın yarıçapı:	6.37×10^{6}
Uyduların yerden yüksekliği:	2×10^{5}
Hidrojen atomunun çapı:	10^{-10}
Atom çekirdeğinin çapı:	10^{-14}
Protonun çapı:	10^{-15}

Birimler ve Boyut Analizi

Çok kullanılan fiziksel nicelikler ve birimleri

Nicelik	Sembol	Boyut	İngiliz birimi	SI
Uzunluk	L	L	feet, ft	metre, in
Kütle	m	M	slug	kilogram, kg
Zaman	T	T	saniye, s	saniye, s
Çizgisel hız	v	L/T	ft/s	m/s
Açısal hız	w	radyan/T	radyan/s	radyan/s

Nicelik	Sembol	Boyut	İngiliz birimi	SI
İvme-çizgisel	a	L/T^2	ft/s^2	m/s^2
İvme-açısal	α	radyan/T^2	radyan/s^2	radyan/s^2
Yoğunluk	ρ	ML^3	slug/ftkg/m^3	kg/m^3
Kuvvet	F	M(L/T^2)	pound, lb	newton, N
Kinematik akışkanlık	ν	L^2/T	ft^2/s	m^2/s

Nicelik	Sembol	Boyut	İngiliz birimi	SI
Moment (tork)	M	$M(L^2/T)$	ft-lb	N-m
Eylemsizlik momenti kütlesi	I	ML^2	lb ft-s^2	kg-m^2
Basınç	P	$M(L^2/T)$	lb/ft^2	N/m^2

Birimler ve Boyut Analizi

Boyut analizi

Sistem	**Alan** (L^2)	**Hacim** (L^3)	**Hız** $(\boldsymbol{L/T})$	**İvme** $(\boldsymbol{L/T^2})$
SI	m^2	m^3	m/s	m/s^2
ABD	ft^2	m^3	ft/s	ft/s^2

L: uzunluk (Length)

T: zaman (Time)

Hesaplama işlemlerinde sonucun doğruluğunu onaylamak yani sağlama yapmak için bazen boyut analizi yapılır. Eşitliğin bir tarafındaki boyutun diğer taraftakine eşit olması gerekir.

Örnek: $x = 0.5at^2$ sabit ivmeli harekette konum değerinin boyut analizi şu şekilde yapılabilir:

$$L = \frac{L}{T^2}T^2$$

Birimler ve Boyut Analizi

Birimler arası geçişler

Bazen bir ülkenin kullandığı birim sisteminden diğer ülkenin kullandığı birim sistemine geçiş yapmak gerekebilir:

1 mil = 1 609 m = 1.609 km
1 ft = 0.304 8 m = 30.48 cm
1 m = 39.37 in. = 3.281 ft
1 in. = 0.025 4 m = 2.54 cm (tam olarak)

Örnek:
15.0 in. = (15.0 in.) (2.54 cm / 1 in.) = 38.1 cm

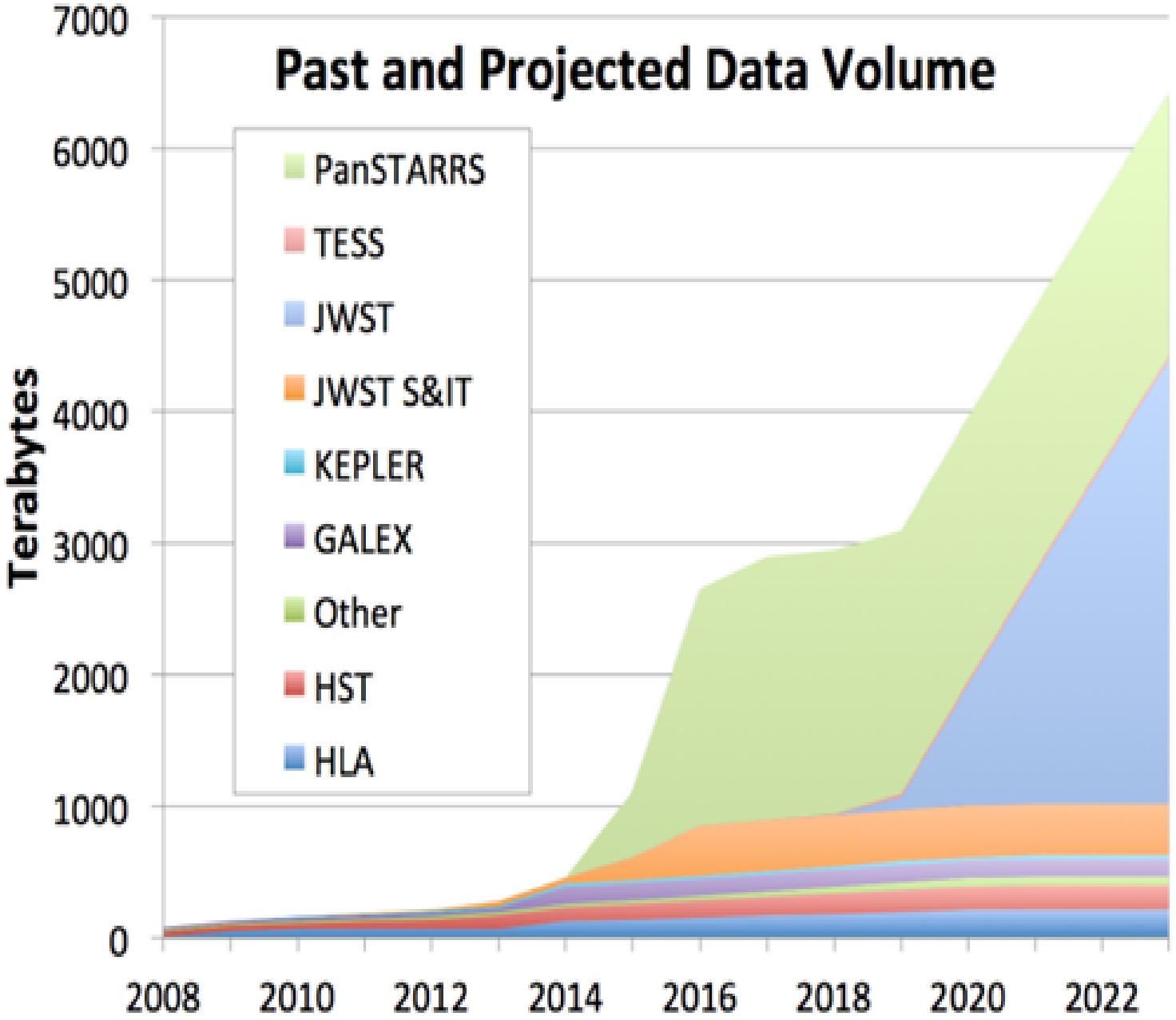
Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

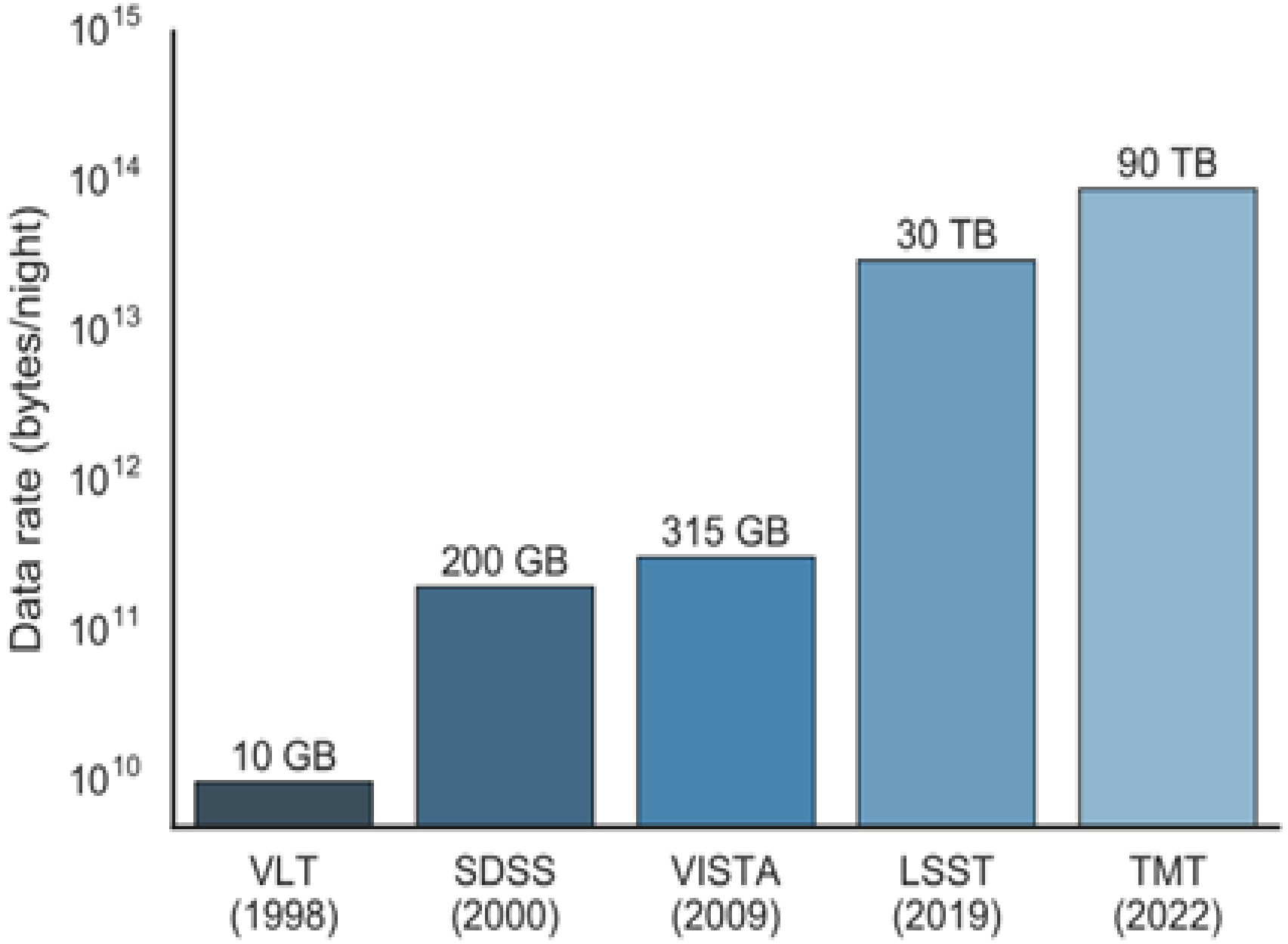
10'nun katları, okunuşu ve harfi

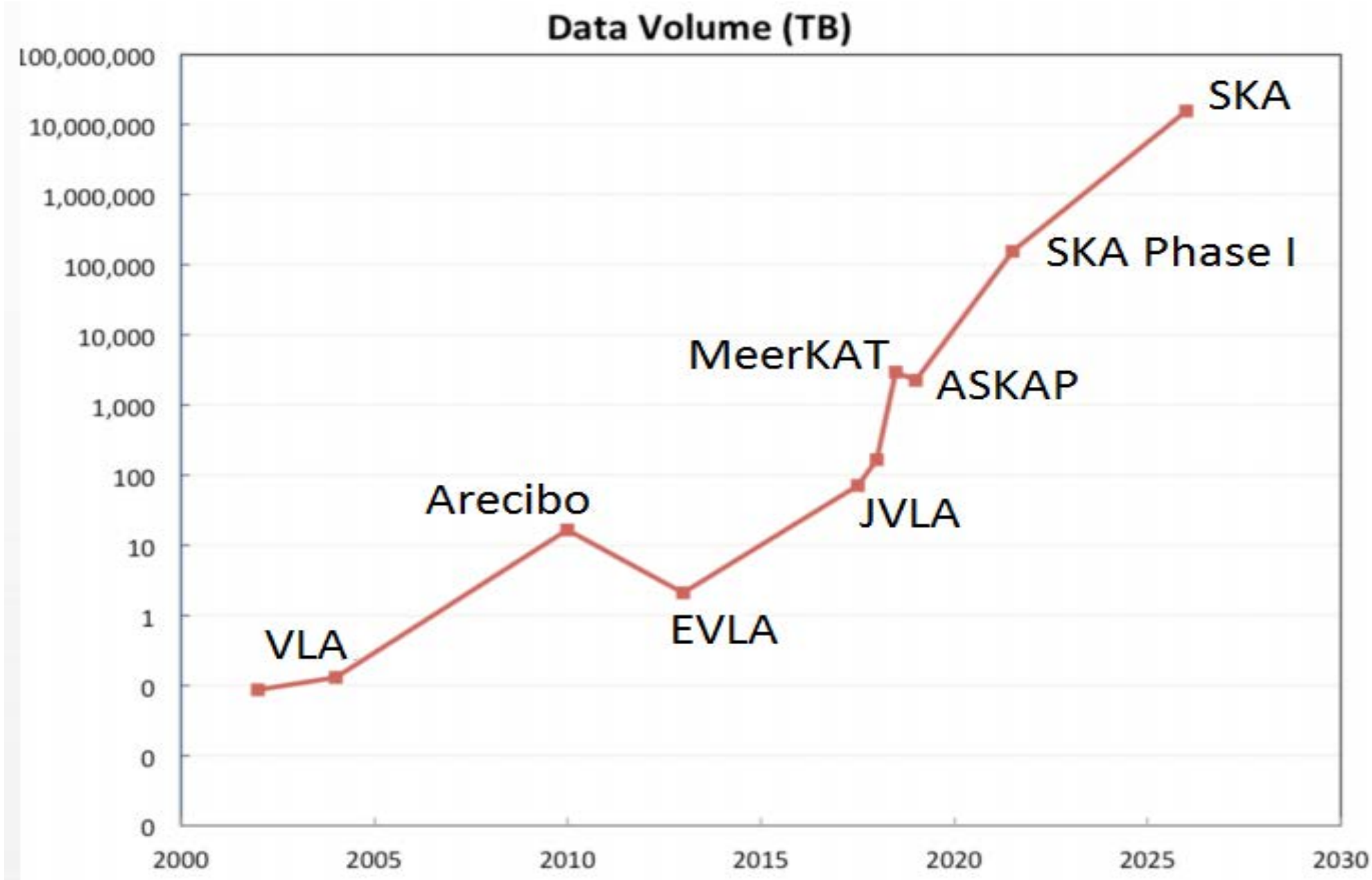
10^{-24}	yocto	y	10^{1}	deci	d
10^{-21}	zepto	z	10^{3}	kilo	k
10^{-18}	atto	a	10^{6}	mega	M
10^{-15}	femto	f	10^{9}	giga	G
10^{-12}	pico	p	10^{12}	tera	T
10^{-9}	nano	n	10^{15}	peta	P
10^{-6}	micro	μ	10^{18}	exa	E
10^{-3}	milli	m	10^{21}	zetta	Z
10^{-2}	centi	c	10^{24}	yotta	Y

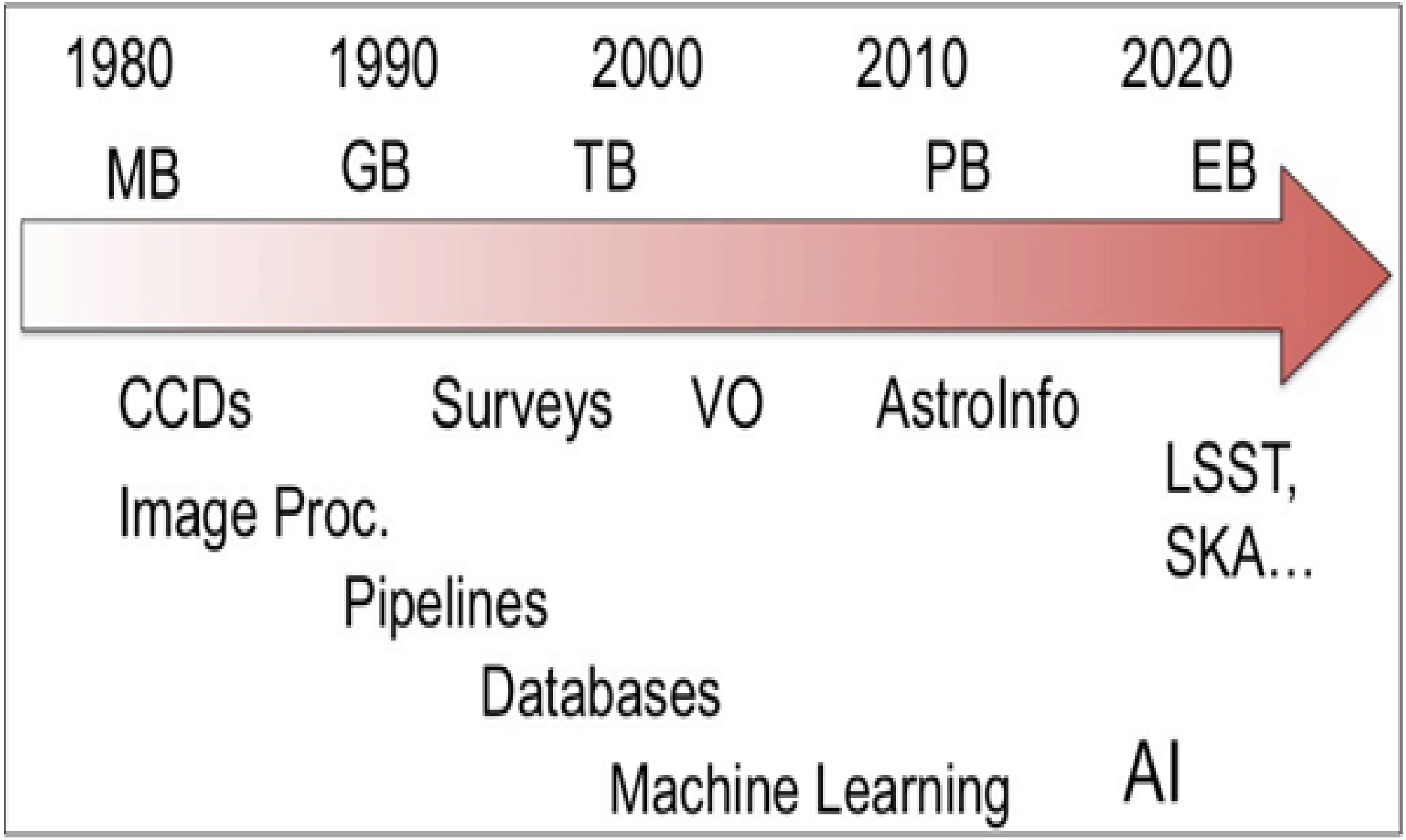
Table . Farklı gökyüzü araştırma projelerinin veri hacimleri

Sky Survey Projects	**Data Volume**
Very Large Telescope (VLT, per night in 1998)	10 GB
The Hubble Space Telescope (HST; per week)	20 GB
Visible and Infrared Telescope for Astronomy (VISTA, per night in 2009)	315 GB
GAIA satellite (since 2014.07.25)	69585 GB
The Polamar Digital Sky Survey (DPOSS)	3 TB
The Two Micron All-Sky Survey (2MASS)	10 TB
Green Bank Telescope (GBT)	20 TB
The Galaxy Evolution Explorer	30 TB
The Sloan Digital Sky Survey (SDSS; 200 GB per night in 2000)	40 TB
Thirty Meter Telescope (TMT; per night in 2022)	90 TB
Sky Mapper Southern Sky Survey	500 TB
The Panoramic Survey Telescope and Rapid Responce System (PanSTARRS)	~40 PB expected
Cherenkov Telescope Array (CTA; by 2030)	~100 PB expected
The Square Kilometre Array (SKA Observatory; 500 and 1000 GB per second for low and mid, respectively)	~300 PB expected
The Large Synoptic Survey Telescope (LSST; ~2 TB per hour, 15-30 TB per night)	~4.6 EB expected


Past and Projected Data Volume
Terabytes
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
2008
2010
2012
2014
2016
2018
2020
2022
PanSTARRS
TESS
JWST
JWST S&IT
KEPLER
GALEX
Other
HST
HLA


Data rate (bytes/night)
10^{15}
10^{14}
10^{13}
10^{12}
10^{11}
10^{10}
10 GB
200 GB
315 GB
30 TB
90 TB
VLT (1998)
SDSS (2000)
VISTA (2009)
LSST (2019)
TMT (2022)


Data Volume (TB)
100,000,000
10,000,000
1,000,000
100,000
10,000
1,000
100
10
1
0
0
0
2000
2005
2010
2015
2020
2025
2030
SKA
SKA Phase I
MeerKAT
ASKAP
JVLA
Arecibo
EVLA
VLA


1980
1990
2000
2010
2020
MB
GB
TB
PB
EB
CCDs
Surveys
VO
AstroInfo
LSST,
SKA…
Image Proc.
Pipelines
Databases
Machine Learning
AI

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Yaklaşık değerler

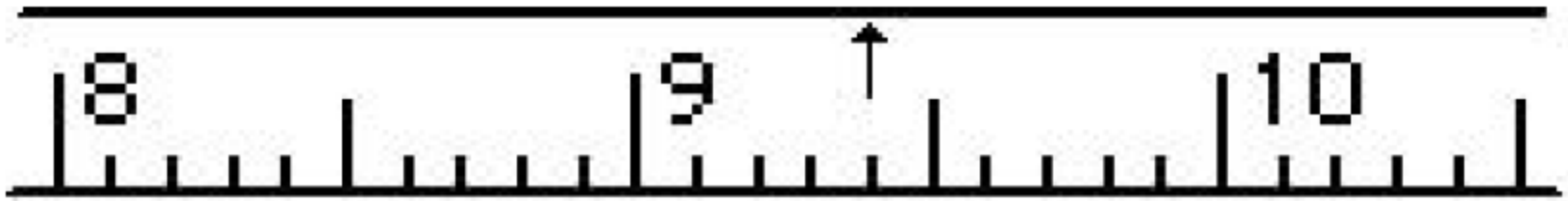
Miktarlar veya sayılar hakkında konuşurken ve bunlarla işlemler yaparken tahmini değerler belirtilir. Yani sayısını tam olarak sayamayacağımız miktarlar için yaklaşık değerlerden bahsedilir. Örneğin bir müzik konserindeki veya mitingdeki insanların sayısı, bir ormandaki ağaçların sayısı, günde aldığımız nefes sayısı verilebilir.

Bu tür yaklaşık değerleri $\sim$ simgesi ile gösteririz:
$0.023 \sim 10^{-2}$ veya $0.00012 \sim 10^{-4}$ gibi.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Uzunluk ölçümü

Uzunluğu ne olarak ölçersiniz?

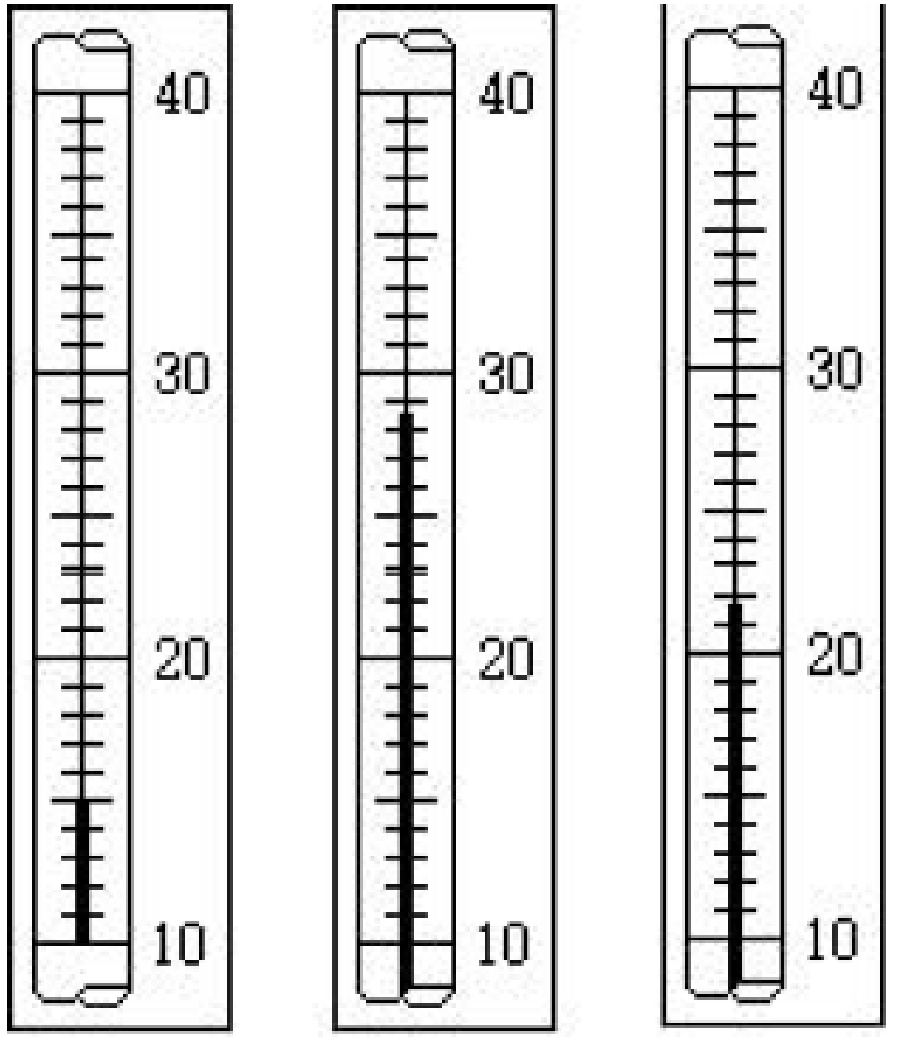


9.40 cm

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Sıcaklık ölçümü

Dereceler nedir?

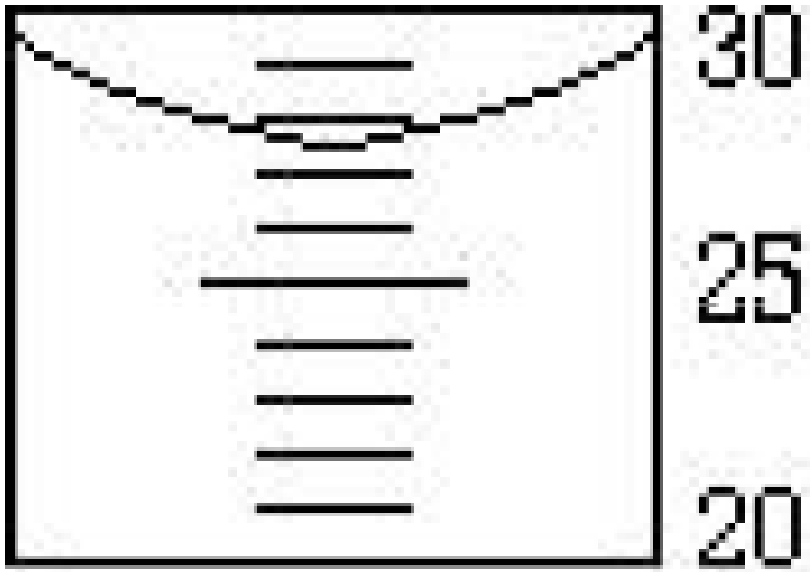


15.0°C 28.5°C 21.9°C

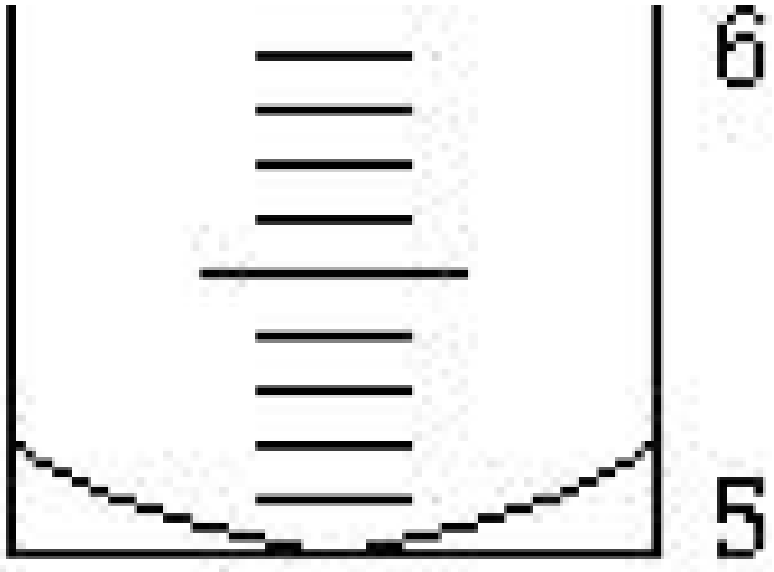
Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Seviye ölçümü

Sıvı seviyesini mL olarak ölçerken nereye bakacağız?



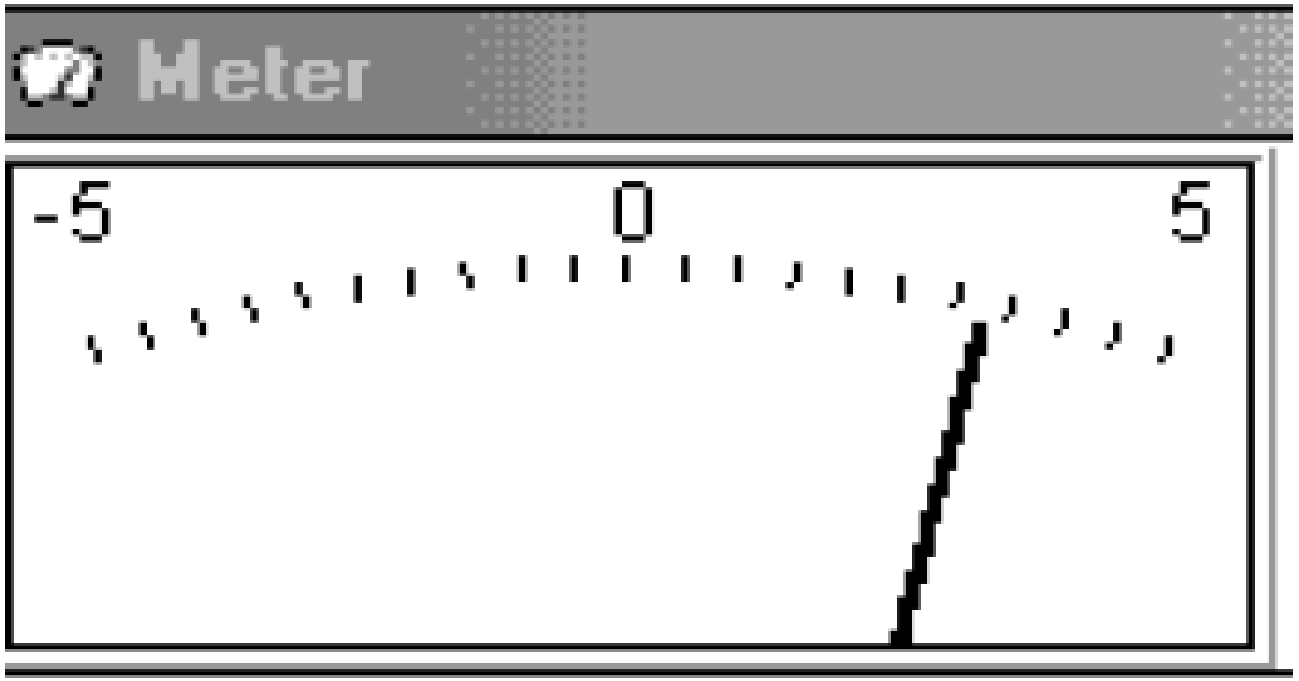
27.5 mL



5.00 mL

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Okuma hatalarının yuvarlatılması

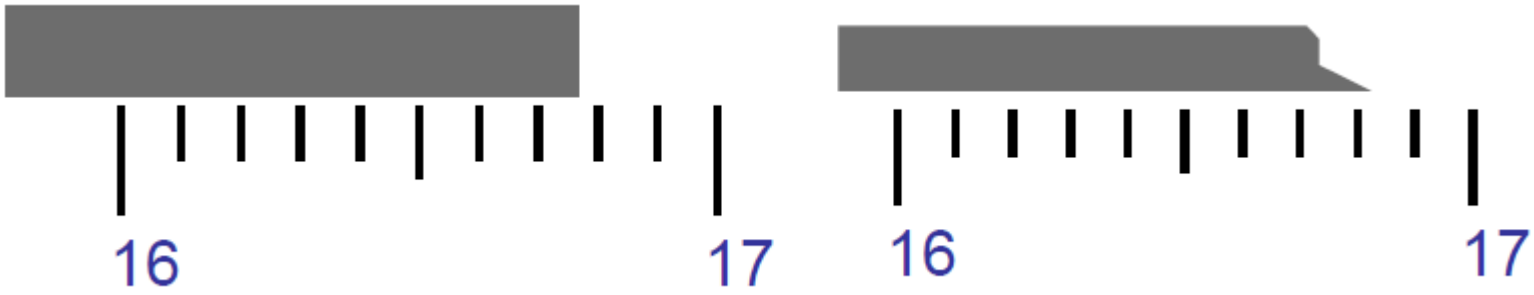


Analog ölçü aleti – hata ibrenin bulunduğu yerde 3.25V ve ibrenin kalınlığı 0.1V ise okunan değer (3.3±0.1)V olarak verilir.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Okuma hatalarının yuvarlatılması

Bu değer subjektif olarak



16.77±0.02 seçilebilir.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Anlamlı sayılar

Herhangi bir ölçüm yapılırken bulunan değer üzerinde çeşitli hatalar eklenerek sonuç yazılır.

Genel olarak bu tür değerleri anlamlı sayılarla ifade ederken sol taraftaki sıfırları dikkate almayız.

Sıfırdan farklı rakamların anlamlı olduğunu ve en sağdaki sıfırların aynı şekilde bir anlam içermediğini kabul ederiz.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Anlamlı sayılar

Aşağıdaki rakamların anlamlı hane sayıları ne kadardır?

(a) 78.9 = **3**

(b) 3.788×10^{9} = **4**

(c) 2.46×10^{-6} = **3**

(d) 0.0053 = **2**

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Anlamlı sayılar

	Anlamlı hane sayısı		Anlamlı hane sayısı
2.03	**3**	967000	**6**
1.0	**2**	5.10	**3**
2.00	**3**	0.000065	**2**
0.00860	**3**	0.005	**1**
1.0030	**5**	0.005670	**4**
0.00872	**3**	780	**3**
78000	**5**	780.000	**6**

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Uygulama: Anlamlı hane sayılarını belirleyiniz

0.0224		500		0.1110		0.00471	
3.000		0.90		54000		0.0089	
3000		4.530		708		230518	
0.004300		0.023		780.00		1000.1	
0.00800		0.00967		780.0		0.006007	
9.6700		7.0200		0.00005		0.000008	
70.164		0.090		0.0076009		0.908	
0.4900		670004		10.05		5000000	

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Anlamlı sayılarla aritmetik işlemler

Tamsayıların ve evrensel sabitlerin anlamlı hane sayıları belirsizdir.

Eğer iki sayı çarpılıyorsa elde edilen sonuç en düşük anlamlı sayıya sahip değerin rakam hanesi dikkate alınarak yazılır. Aynı kural bölme içinde geçerlidir.

Eğer iki değer toplanıyorsa elde edilen sonuç en düşük anlamlı değerin rakam hanesi ile verilir. Aynı kural çıkarma içinde geçerlidir.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Dikdörtgenin çevresi

Kenarları a = (5.5 ± 0.1) cm ve b = (6.4 ± 0.1) cm olan bir dikdörtgenin çevresi ne olmalıdır?

Çevre = 2(a + b)

= 2(5.5 cm + 6.4 cm)

= 2(11.9 cm) dir.

Anlamlı sayı olarak bu değer

Çevre = 2(12) = 24 cm olarak yazılır.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Anlamlı sayılarla çarpım

Aşağıdaki çarpımın sonucu ne olmalıdır?

16.3456 (6 anlamlı rakam haneli sayı)
x 3.43 (en düşük anlamlı rakam hanesine sahip sayı:3 anlamlı rakam)

56.065408
veya
56.1 Sonuç en az anlamlı haneye sahip 3 anlamlı haneye sahip sayıya göre yazılır.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Dikdörtgen alanı

Kenar uzunlukları a = (5.5 ± 0.1) cm ve b = (6.4 ± 0.1) cm olan bir dörtgenin alanı ne olmalıdır?

Dikdörtgen Alanı = a · b = 5.5 cm x 6.4 cm = 35.2 cm^2 ‘dir.

Kenar uzunlukları ölçülürken 2 (iki) anlamlı haneye kadar ölçülebilmişlerdir. Sonuç 2 (iki) haneli olarak anlamlı sayılar şeklinde şöyle yazılabilir:

Alan = 35 cm^2

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Odanın alanı

Duvardan duvara halı yerleştirilecek olan bir odanın uzunluğu 12.71 m ve genişliği 3.46 m olarak ölçülmüştür. Odanın alanını hesaplayınız.

Odanın Alanı = 12.71 m x 3.46 m = 43.9766 m^2 ‘dir.

En düşük anlamlı haneye sahip sayı 3.46’dır. Buna göre sonuç alan 3 haneli olmalıdır:

Alan = 44.0 m^2

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek

Bir dörtgen levhanın kenar uzunlukları (21.3 ± 0.2) cm ve (9.8 ± 0.1) cm olarak verilmektedir. Dörtgen levhanın alanını ve çevresini anlamlı sayılarla belirtiniz.

Alan = (21.3 ± 0.2) cm x (9.8 ± 0.1) cm

= 21.3 x 9.8 ± 21.3 x 0.1 ± 0.2 x 9.8 ± 0.1 x 0.2

= 208.74 ± 2.13 ± 1.96 ± 0.02

= 208.74 ± 4.11

Çarpmada en düşük anlamlı haneye sahip sayı (yani 9.8) dikkate alınırsa sonuç

= 209 ± 4 şeklinde tam sayı olarak yazılmalıdır.

Çevre = 2(21.3 + 9.8)±0.2±0.1 = 2(31.1) ±0.3

= 62.2±0.3

toplamada en düşük anlamlı haneye sahip sayı dikkate alınır (yani 9.8 iki hanesi anlamlı olan sayı)

= 62 ± 1

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Anlamlı sayılarla çarpma ve bölme

$(3.4617 \text{ x } 10^{7}) \div (5.61 \text{ x } 10^{-4})$ rakamların bölümü sonucu nasıl olmalıdır?

$(3.4617 \text{ x } 10^{7}) \div (5.61 \text{ x } 10^{-4}) = 6.1706 \text{ x } 10^{10}$ 'dur ve

$= 6.17 \text{ x } 10^{10}$ değerine 3 anlamlı sayıya yuvarlatılır.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Anlamlı sayılarla çarpma ve bölme

$[(9.714 \times 10^{5})\ (2.1482 \times 10^{-9})] \div [(4.1212)\ (3.7792 \times 10^{-5})]$ işleminin sonucunu anlamlı sayı şeklinde yazınız. Üstel değerlere dikkat ediniz.

Hesaplama sonucunda 1.3398×10^{1}

elde edilir ve bu değer 4 anlamlı hanesi olan

13.40'a yuvarlatılır.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Anlamlı sayılarla çarpma ve bölme

$(4.7620 \times 10^{-15}) \div [(3.8529 \times 10^{12})\ (2.813 \times 10^{-7})\ (9.50)]$ işleminin sonucunu yazınız.

Hesaplama sonucunda 4.625×10^{-22}

elde edilir. Bu değer 3 anlamlı hanesi olan

4.62×10^{-22} 'e yuvarlatılır.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Anlamlı sayılarla çarpma ve bölme

[(561.0) (34.908) (23.0)] ÷ [(21.888) (75.2) (120.00)] işleminin sonucunu yazınız.

Hesaplama sonucunda 2280.3972

elde edilir. Bu değer 3 anlamlı sayı olarak

2280 ‘e

yuvarlatılır veya bilimsel gösterimi

$2.28x10^3$ olarak yazılabilir.

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Alanları cm^2 cinsinden yazınız

uzunluk (cm)	genişlik (cm)	alan(cm^2)
a. 27.81	20.49	569.8269 = 569.8 (4 haneli)
b. 27.93	20.36	568.6547 = 568.7 (4 haneli)

Büyüklük mertebesi ve anlamlı rakamlar

Örnek: Hacimleri cm^3 cinsinden yazınız

Kalınlık (cm)	hacim (cm3)
a. 0.710	404.57709 = 405
b. 0.690	392.37181 = 392

Kübün veya cismin diğer kenar değerleri burada verilmemiş. Ama hacmin anlamlı olarak yazılması için kalınlıktaki hane sayıları ile belirlenmiştir.