

BOYUTLAR VE BİRİMLER

Herhangi bir fiziksel büyüklük **boyutları** ile belirlenir. Boyutlar ise **birimlerle** ölçülür. Kütle m , uzunluk L , zaman t ve sıcaklık T gibi bazı temel boyutlar **birincil** veya **ana boyutlar** olarak seçilmişlerdir. Hız V , enerji E ve hacim V gibi bazı boyutlar ise ana boyutlar kullanılarak ifade edilir ve **ikincil boyutlar** veya **türemiş boyutlar** diye adlandırılır.

Eski zamanlardan beri değişik birim sistemleri kullanılmıştır. Tüm dünyada tek bir birim sisteminin kullanılması konusunda bilim ve mühendislik çevrelerinde verilen büyük uğraşlara rağmen bugün iki birim sistemi yaygın olarak kullanılmaktadır: USCS (*United States Customary System*) adıyla da bilinen **İngiliz Sistemi** ve *Uluslararası Sistem* adıyla da bilinen metrik **SI** sistemi (*Le Systeme International d'Unites*). SI sistemi, birimlerin onlu sisteme göre düzenlendiği, basit ve mantıklı bir sistem olup, İngiltere dahil birçok endüstrileşmiş ülkede bilim ve mühendislik çalışmalarında kullanılmaktadır. Buna karşılık İngiliz sisteminde birimler arasındaki ilişkiler düzenli bir yapıda değildir, örneğin 1 yarda'da 3 ayak (feet), 1 ayak'ta 12 parmak (inch) vardır. Bu da sistemin kullanımını zorlaştırır. Bugün tümüyle metrik sisteme geçmemiş tek endüstrileşmiş ülke Amerika Birleşik Devletleri'dir (ABD).

Tüm dünya tarafından kabul edilen bir sistemin geliştirilmesi için sistematik çabalar 1790 yılında Fransız Ulusal Meclisi'nin, Fransız Bilimler Akademisi'ne bu tür bir sistemin geliştirilmesi için verdiği görevle başlamıştır. Fransa'da kısa sürede geliştirilen metrik sistemin uluslararası bir kimlik kazanması, 1875 yılında *Metrik Konvansiyonu Anlaşması*'nin, aralarında ABD'nin de bulunduğu 17 ülke tarafından imzalanmasıyla gerçekleşmiştir. Bu uluslararası anlaşmada, metre ve gram, uzunluk ve kütle için metrik birimler olarak kabul edilmiş ve her altı yılda bir *Ağırlık ve Ölçüler Genel Konferansı*'nin (CGPM) toplanması kararlaştırılmıştır. 1960 yılında toplanan CGPM, 1954 yılındaki toplantıda kabul edilen altı ana boyut ve birime dayanan SI birim sistemini benimsemiştir. Bu boyut ve birimler; uzunluk için *metre* (m), kütle için *kilogram* (kg), zaman için *saniye* (s), elektrik akımı için *amper* (A), sıcaklık için *Kelvin* (°K) ve ışık şiddeti için *candela* (cd) olarak verilmiştir. 1971 yılında CGPM bu birimlere madde miktarının ölçüsü ve birimi olan *mol* 'ü (mol) eklemiştir.

1967 yılında kabul edilen notasyona göre, mutlak sıcaklığı gösterirken derece simgesinin kullanılması sona erdirilmiş ve birimlerin özel isimlerden türemiş olsa bile küçük harflerle yazılması benimsenmiştir (Çizelge 1).

Fakat birimlerin kısaltılmış yazımlarında, birim özel isimden kaynaklanıyorsa, büyük harf kullanılması uygun görülmüştür. Örnek olarak SI sisteminde kuvvet birimi ele alınsın. Bu birim Sir Isaac Newton'dan (1647-1723) kaynaklanmakta olup, *newton* veya kısaltılmış olarak N olarak yazılmaktadır. Bu notasyona göre birimlerin kısaltılmış yazımlarında nokta ve çoğul eki kullanılmamalıdır. Örneğin metre için kısaltma 'm.' değil 'm' dir.

Çizelge 1. Yedi ana boyut ve SI sistemindeki birimler, [1]

Boyut	Birim
Uzunluk	metre (m)
Kütle	kilogram (kg)
Zaman	saniye (s)
Sıcaklık	kelvin (K)
Elektrik akımı	amper (A)
Işık şiddeti	candela (cd)
Madde miktarı	mol (mol)

ABD'de metrik sisteme dönüşüm, 1968 yılında, Kongre'nin dünyadaki gelişmeleri gözönüne alarak Metrik Çalışma Yasası'nı çıkarmasıyla başlamıştır. Kongre metrik sisteme gönüllü dönüşümü 1975 yılında Metrik Dönüşüm Yasası'nı kabul ederek teşvik etmiştir. 1988 yılında Kongre'den geçen bir ticaret kararname ile tüm federal kuralların Eylül 1992'ye kadar metrik sisteme geçmeleri zorunlu kılınmıştır.

Otomotiv, meşrubat ve içki sanayileri gibi yoğun bir biçimde uluslararası ticaretin içinde olan endüstriler, metrik sisteme geçişi, tek bir tip oluşturma, daha küçük stoklar bulundurma ve benzeri ticari düşüncelerle karlı bulmuşlardır. Bugün ABD'de üretilen tüm otomobiller metrik ölçülere göre yapılmaktadır. Araba kullanıcılarının çoğu bu gerçeği eski bir anahtar civata sıkma için kullandıklarında görürler. Ancak, birçok sanayi dalı da metrik sisteme geçmemekte direnmiş, böylece metrik sisteme dönüşümü yavaşlatmıştır.

Bugün ABD'de her iki sistem de kullanılmakta olup, metrik sisteme dönüşüm tamamlanmaya kadar da böyle kalacaktır. Mühendislik öğrencileri, bir yandan İngiliz sistemini bilmek, diğer yandan SI birimlerinde çalışmak, düşünmek zorundadırlar. Bu da öğrenciler üzerinde fazladan bir yük oluşturmaktadır.

Daha önce belirtildiği gibi, SI sisteminde birimler arasında 10'un katlarına dayalı bir ilişki vardır. Birimlerin 10'un katlarıyla çarpımlarını simgeleyen ön ekler Çizelge 2'de verilmiştir. Bu ekler tüm birimler için geçerlidir ve yaygın olarak kullanıldıklarından dolayı ezberlenmelerinde yarar vardır, [1].

SI ve İngiliz Sistemlerinde Bazı Birimler

SI sisteminde, kütle, uzunluk ve zaman birimleri sırasıyla kilogram (kg), *metre* (m) ve saniye (s)'dir. Bu birimler İngiliz sisteminde aynı sırada libre-kütle (pound-mass, lbm), ayak (foot, Et) ve saniye (s) ile ifade edilmektedir. *lb* simgesi eski Roma'da ağırlık ölçüsü olarak kullanılan *libra*'yı göstermektedir. İngilizler bu simgeyi, Romalılar Britanya adasından 410 yılında ayrıldıktan sonra da kullanmışlardır. İki sistemde kütle ve uzunluk birimleri arasındaki ilişki aşağıda verildiği gibidir:

$$1 \text{ lbm} = 0.45359 \text{ kg}$$
$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m}$$

Çizelge 2.SI birimlerinde standart ön ekler, [2]

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

İngiliz sisteminde, kuvvet ana boyutlardan biri olarak kabul edilir ve temel bir birimle gösterilir. Bu uygulama birçok bağıntıda bir g_c çarpanının kullanılmasını zorunlu kıldığından karışıklığa veya hataya neden olabilir. Bunu önlemek için, kuvvet ikincil bir boyut olarak tanımlanmıştır ve birimi Newton'un ikinci yasasından belirlenmiştir. Böylece,

$$\text{kuvvet} = (\text{kütle})(\text{ivme}) \text{ veya} \\ F=ma \text{ (N)}$$

olur. SI birimlerinde, kuvvetin birimi newton (N) olup, 1 *kg kütle*ye 1 m/s^2 *ivme vermek için gerekli kuvvet* olarak tanımlanmıştır. İngiliz sisteminde kuvvetin birimi libre-kuvvet (pound-force, lbf) olup, 32.174 *lbm (1 slug) kütle*ye 1 ft/s^2 *ivme vermek için gerekli kuvvet* olarak tanımlanmıştır.

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg.m/s} \\ 1 \text{ lbf} = 32.174 \text{ lbm.ft/s}^2$$

Ağırlık terimi çoğu kez, hatalı olarak, kütle*yi ifade etmek için kullanılır. Kütlenin tersine ağırlık W, bir kuvvet olup, bir cisme etkiyen yerçekimi kuvvetini belirtir. Değeri Newton'un ikinci yasasından hesaplanır:*

$$W=mg \text{ (N)}$$

Burada m cismin kütle*si*, g yerel yerçekimi ivmesini göstermektedir. Deniz düzeyinde ve

45° enlemde g , 9.807 m/s² veya 32.174 ft/s²'dir. Bir maddenin birim hacminin ağırlığı özgül ağırlık (w) olarak tanımlanır ve ρ yoğunluk olmak üzere, $w = g\rho$ bağıntısıyla hesaplanır.

Bir cismin kütlesi uzayın her yerinde aynıdır, fakat ağırlığı yerçekimi ivmesine göre değişir. Yerçekimi ivmesi yükseklikle azaldığı için, bir cismin ağırlığı dağın tepesinde daha az olacaktır. Bir astronotun ay yüzeyindeki ağırlığı yeryüzündekinin altıda biri kadardır. Yerçekimi ivmesi deniz düzeyinde 9.807 m/s² olup, 1000, 2000, 5000, 10000 ve 20000 metre yüksekliklerde sırasıyla 9.804, 9.800, 9.791, 9.776 ve 9.745 m/s² değerlerini alır. Mühendislik hesaplarında yerçekimi ivmesi ortalama 9.8 m/s² olarak alınabilir.

SI birimlerinde, deniz yüzeyinde 1 kg kütlenin ağırlığı 9.807 N olacaktır. İngiliz birimlerinde 1 lbm kütlenin ağırlığı ise 1 lbf'dir. Bu sayısal eşitlik libre-kütle ve libre-kuvvet birimlerinin birbirinin yerini alabileceği ve libre (lb) ile gösterilebileceği izlenimini uyandırır. İngiliz birim sisteminin uygulanmasında hataya yol açan başlıca kaynaklardan biri budur.

İş, enerjinin bir biçimidir ve kuvvet ile kuvvetin uygulandığı yolun çarpımı olarak tanımlanır. Bu nedenle birimi newton-metre (N.m)'dir. Bu birime joule (J) adı verilmiştir:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N.m}$$

SI birimlerinde enerjinin daha çok kullanılan birimi kilojoule olup, $1 \text{ kJ} = 10^3 \text{ J}$ eşitliğiyle tanımlanır. İngiliz sisteminde enerjinin birimi Btu veya 'British thermal unit'dir. 1 Btu, 68°F sıcaklığındaki 1 lbm su kütlesinin sıcaklığını 1°F yükseltmek için gerekli ısı enerjisi eşittir. 1 kilojoule ve 1 Btu'nun temsil ettikleri ısı enerjisi değerleri birbirine çok yakındır ($1 \text{ Btu} = 1.055 \text{ kJ}$), [1].

Boyutların Uyuşması

Elmalarla armutların toplanamayacağı ilkokulda öğretilir. Fakat bu hata arada sırada farkına varmadan yapılır. Mühendislik problemlerinde tüm denklemlerin *boyutsal uyumu zorunludur*. Başka bir deyişle, denklemdeki terimlerin tümü aynı birimlerde olmak zorundadır. Eğer çözümlenmenin herhangi bir aşamasında farklı birimlere sahip iki büyüklüğü toplamak zorunda kalırsak bu, daha önceki aşamalarda hata yaptığımız anlamına gelir. Bu bakımdan birimlerin karşılaştırılması hataların bulunmasına yardımcı olur, [1].

Örnek

2 m³ hacmi olan bir depo, yoğunluğu 850 kg/m³ olan bir yağ ile doludur. Depodaki kütleyi hesaplayınız.

Çözüm

Yoğunlukla kütle arasındaki ilişkiyi veren formülü unuttuğumuzu düşünelim. Fakat kütlenin biriminin kg olduğunu biliyoruz. Bu nedenle, hesaplarımızın sonucunda birimin kg olması gerekir. Verilen bilgiyi gözden geçirirsek:

$$\rho = 850 \text{ kg/m}^3, V = 2 \text{ m}^3$$

olduğundan bu iki büyüklüğü çarparak kg birimini elde edeceğimiz açıkça görülür.

$$m = \rho V$$
$$m = (850 \text{ kg/m}^3) (2 \text{ m}^3) = 1700 \text{ kg}$$

Öğrenci, terimlerinin birimleri uyuşmayan bir bağıntının hatalı olduğunu bilmelidir. Fakat terimlerinin birimleri uyuşan her bağıntının da mutlaka doğru olması gerekmez, [1].

Kaynaklar

- 1.Çengel YA, Boles MA, Termodinamik-Mühendislik Yaklaşımıyla, Çeviri Editörü: A. Pınarbaşı, Editör Yardımcıları: E. Buyruk, C. Özalp, A. Bilgin, **H. Günerhan**, S. Basan, 5.Baskı'dan Çeviri, Güven Bilimsel, 2008, İzmir.
- 2.International System of Units from NIST: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>, October 2000.