

# ULUSLARARASI BİRİM SİSTEMİNİN (SI) KULLANIMI İÇİN BİLİM POLİTİKASI

# BİRİM SİSTEMLERİ

Aytaç Yalçın er \*

Uluslararası Birim Sistemi (SI), 1960'taki "Ağırlıklar ve Ölçümler" genel konferansında tanımlandı ve buna resmi bir statü verildi. Bilimde ve teknolojide kullanmak üzere önerilmiş olan bu sistemin genel kabulü, teknik iletişimi kolaylaştırmaya yöneliktir. Bu, karmaşık bir ödevdir. Çünkü, bilim adamlarının kendi aralarında ve mühendislerle, mühendislerin kendi aralarında ve teknik malzemeleri hazırlamakla görevli elemanlarla anlaşmaları için bunların dikkate alınması gerekir. Anlaşılmanın evrenselliği, bir tek uluslararası sistemin evrensel kullanımıyla desteklenmelidir. Uzmanlar arasındaki hızlı ve kolay iletişim, özelleştirilmiş dillerin kullanılmasıyla desteklenir. Özelleştirilmiş dilin bilimde daima bir yeri olduğundan, tüm bilim adamları, çalışmalarını alanları dışındakiler için de etkili kılmak zorundadırlar. Bu nedenle, tüm çalışmalarımızda SI birimlerini kullanmakta büyük yarar vardır. 40 yıl sonra bile, diğer birim sistemlerinin terk edilmemiş olması, SI birimlerine geçişin yavaş olduğunu gösterir. Bunun nedeniyse, genelde, olası karışıklıkları engelleme düşüncesi. Ancak tüm kitap-

ların SI birimleri kullanılarak yeniden ele alınması gerekebilir. Ya da öncelikle bilimsel yayınlarda sonra da öğretimde sıkı bir disiplinle SI birimleri yerine oturabilir.

Her ne kadar ABD'de ticaretle ve pratik mühendislikte "İngiliz" birim sistemi hâlâ kullanılmaktaysa da, ISO, tüm standartlarında SI birimlerini kullanmayı önermektedir. ASTM ve diğer ABD standartlarında hem alışılmış hem de SI birimleri kullanılmaktadır. Ancak amaç, bilimde ve tüm mühendislik dallarında SI birimlerini kullanmayı yaygınlaştırmaktır. Hiçbir birim sistemi statik olamaz; ölçüm teknikleri ve fiziksel olayların anlaşılmasına yönelik

fikirler geliştikçe SI birimlerinde de değişiklikler olacaktır. Bilimin bazı ileri alanlarında SI birimleri uygun olmayabilir. Böyle durumlarda, ilgili bilim alanında uygun birim sistemi kullanılabilir. Bununla birlikte, belli başlı bulgular, yazarın tercih ettiği sistemle birlikte, SI birimleriyle de verilmelidir.

SI, bağımsız nicelikler için alınmış yedi temel birimin yanı sıra iki ek birimden oluşmuştur. Bunların kombinasyonu olanlara da türeme birimler denir.

### Özel Kabuller:

1. Yukarıdaki tartışma, bir deneyin koşullarını ya da sonuçlarını nicel olarak ifade eden sayısal verilere dayanır.

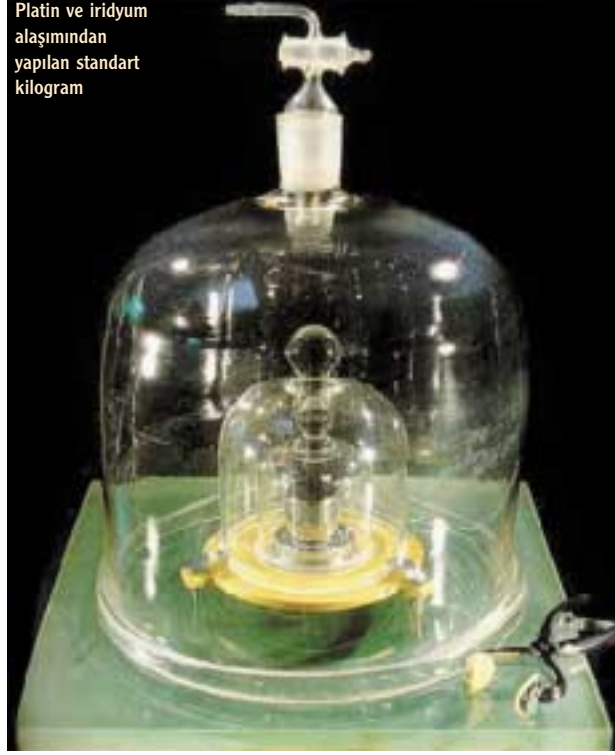
Sonuçların hesaplarına ya da ifadelerine girmeyen genel tanıtım bilginin kullanımı için herhangi bir zorlama yoktur. Buna göre bunlar "200 inch'lik bir teleskop", "1 ila 10 atmosfer arasındaki basınçlar" ya da "yaklaşık 1 mmHg basıncında" gibi ifadelerde yer alabilirler. Benzer şekilde, ticari amaçla ölçeklemede, matkap çapını verirken ve diğer benzer durumlarda tanıtım amaçlı kullanılabilirler.

2. SI birimlerinin tüm pozitif ya da negatif tam kuv-



Metre standardı olarak kullanılan platin ve iridyum alaşımı çubuğun dökümü.

vetleri (öneklerin SI birimleri ile kombinasyonları dahil), ister yalın, isterse diğer birimlerle birlikte olsun, kabul edilebilir. Üslü ifadeler örneklerde de kullanılabilir; yani  $\text{cm}^2$  ya da  $\text{mm}^3$ ,  $10^4 \text{ m}^2$  ve  $10^9 \text{ m}^3$  olarak gösterilebilir. Metre-kelvin gibi kombinasyonlarda milikelvin (mK) ile karıştırmamak için (m·K) deki gibi çarpmayı gösteren bir nokta kullanılmalıdır. Bazı birim sembolleri birden fazla harf içerdikleri için tüm birim çarpımlarında çarpma noktası kullanılmalıdır: örneğin weber için Wb, watt-barn için W·b gibi. Eğer bileşik bir birim, bir birimin diğer bir birime bölünmesiyle elde edilmişse ya kesir çizgisi ya da negatif üs kullanılır; örneğin saniyede metre için  $\text{m/s}$  ya da  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  olduğu gibi. Ancak ikiden fazla birimin kombinasyonunda birden fazla kesir bulunuyorsa, karışıklığa meydan vermemek için ardışık negatif üsler



Platin ve iridyum alaşımından yapılan standart kilogram

kullanılır; örneğin  $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

3. Celsius sıcaklığını (sembölü t),  $t = T - T_0$  eşitliği ile tanımlanmış olarak kullanmak kabul edilebilir. Burada T,

kelvin cinsinden termodinamik sıcaklık ve tanım olarak  $T_0 = 273,15 \text{ K}$ 'dir. Celsius sıcaklığı genellikle Celsius derecesi (sembölü °C) olarak ifade edilir. "Celsius derecesi" birimi, "kelvin" birimine eşittir ve bir Celsius sıcaklık aralığı Celsius derecesi cinsinden ifade edilebilir.

4. Termodinamik sıcaklık için kullanılan K sembolü diğer sembollerle karışacaksa, bunun yerine °K kullanılabilir.

5. Bazı logaritmik ölçekler, örneğin pH, dB ve Np kullanılabilir.

6. Kilogram'ın katları ve as katları, öneklerle birlikte gram kullanılarak ifade edilir.

7. Yazım sırasında, örneğin sıcaklığın eV ve enerjinin  $\text{cm}^{-1}$  şeklinde kullanılmasından kaçınılmalıdır. Tablolarda ve grafiklerde birimler daima ifade edilmek istenen fiziksel özelliklerle uyumludur. Örneğin, atomik terim değerleri  $\text{cm}^{-1}$  birimleriyle verilmişse, tablodaki

SI Temel Birimleri		
Fiziksel Nicelik	Birimin Adı	Sembol
Uzunluk	metre	m
Kütle	kilogram	kg
Zaman	saniye	s
Elektrik Akımı	amper	A
Termodinamik Sıcaklık	kelvin	K
Aydınlanma Şiddeti	kandela	cd
Madde Miktarı	mol	mol

İkinci Grup Birimler			
Bugün artık SI birimleri cinsinden tam olarak tanımlanmış diğer birimler. Bu birimler, Uluslararası Birim Sistemine dahil değildir. Bunların kullanımı aşamalı olarak zorlaştırılacak ve bu birimler eninde sonunda terkedilecektir.			
Fiziksel Nicelik	Birimin Adı	Birim için Sembol	Birimin Tanımı (Tam)
Kuvvet	kilogram-kuvvet	kgf	9,80665 N
Basınç	atmosfer	atm	101325 N·m <sup>-2</sup>
Basınç	torr	Torr	(101325/760) N·m <sup>-2</sup>
Basınç	milimetre cıva	mmHg	13,5951·980,665·10 <sup>-2</sup> N·m <sup>-2</sup>
Enerji	kilowatt-saat	kWh	3,6·10 <sup>6</sup> J
Enerji	I.T. kalori	cal <sub>IT</sub>	4,1868 J
Aktiflik (radyoaktif nüklidler)	curie	Ci	3,7·10 <sup>10</sup> s <sup>-1</sup>
Poz(X ya da g ışınları) röntgen		R	2,58·10 <sup>-4</sup> C·kg <sup>-1</sup>

Uluslararası Sistem İle Kullanılan Birimler	
SI'nin bir parçası olmayan bazı birimler o kadar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ki bunları terketmek pratik olmaz. Bu nedenle aşağıdaki birimlerin SI ile birlikte kullanılmasına devam etmeleri kabul edilmiştir.	
Birim	Sembol
Dakika (zaman için)	min(dak)
Saat	h
Gün	d
Derece (açı için)	°
Dakika (açı için)	'
Saniye (açı için)	"
Litre (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> olarak tanımlanmıştır)	l

Dördüncü Grup Birimler			
Bazı fiziksel sabitlerin en iyi elde edilebilen deneysel değerleri cinsinden tanımlanmış birimler. Bu birimler uluslararası birim sistemine dahil değildir. Bununla birlikte, uygunlukları ve kullanımlarıyla ilgili kavramsal avantajları nedeniyle evrensel olarak kabul görürler. Bu birimlerin SI birimlerine çevirme çarpanları, bunları içeren sabitlerin yeni deneysel ölçümlerinin ışığında değişime uğrarlar. Bu birimler anlatıma açıklık getiriyorsa kullanılabilir, ancak bulguların SI birimleriyle ya da her ikisiyle birlikte verilmesi önerilir. Aşağıdaki liste fazla ayrıntılı olmamakla birlikte, dördüncü grup birimler hakkında bir fikir verebilir.			
Fiziksel Nicelik	Birimin Adı	Birimin Sembölü	Çevirme Çarpanı
enerji	elektron volt	eV	≈1,6021·10 <sup>-19</sup> J
kütle	birleşik atomik kütle birimi	u	≈1,66041·10 <sup>-27</sup> kg
elektriksel dipol momenti	debye	D	≈3,33564·10 <sup>-30</sup> A·m·s
uzunluk (astronomik)	parsek	pc	≈3,08568·10 <sup>16</sup> m
mol başına yük	Faraday	F	≈9,648·10 <sup>4</sup> C/mol

### Ek Birimler

1971'de yukarıdaki temel birimlere iki birim eklendi. Bunlar, düzlem açı radyan (rad) ve katı açı steradyan (sr) olup SI'de temel birimler kadar etkindirler.  
Bazı SI Türeme Birimleri İçin Özel İsimler ve Semboller:

Fiziksel Nicelik	SI Biriminin Adı	SI Birimi İçin Sembol	SI Biriminin Tanımı
Kuvvet	newton	N	kg·m·s <sup>-2</sup>
Basınç	pascal	Pa	kg·m <sup>-1</sup> ·s <sup>-2</sup> (=N·m <sup>-2</sup> )
Enerji	joule	J	kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-2</sup>
Güç	watt	W	kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-3</sup> (=J·s <sup>-1</sup> )
Elektriksel Yük	coulomb	C	A·s
Elektriksel Potansiyel Farkı	volt	V	kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-3</sup> ·A <sup>-1</sup> (=J·A <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup> )
Elektriksel Direnç	ohm	Ω	kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-3</sup> ·A <sup>-2</sup> (=V·A <sup>-1</sup> )
Elektriksel İletkenlik	siemens	S	kg <sup>-1</sup> ·m <sup>2</sup> ·s <sup>3</sup> ·A <sup>2</sup> (=A·V <sup>-1</sup> ·W <sup>-1</sup> )
Elektriksel Sığa	farad	F	A <sup>2</sup> ·s <sup>4</sup> ·kg <sup>-1</sup> ·m <sup>-2</sup> (=A·s·V <sup>-1</sup> )
Manyetik Akı	weber	Wb	kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-2</sup> ·A <sup>-1</sup> (=V·s)
İndüktans	henry	H	kg·m <sup>2</sup> ·s <sup>-2</sup> ·A <sup>-2</sup> (=V·A <sup>-1</sup> ·s)
Manyetik Akı Yoğunluğu	tesla	T	kg·s <sup>-2</sup> ·A <sup>-1</sup> (=V·s·m <sup>-2</sup> )
Aydınlanma Akısı	lümen	lm	cd·sr
Aydınlanma	lüks	lx	cd·sr·m <sup>-2</sup>
Frekans	hertz	Hz	s <sup>-1</sup> (saniyede salınım)

### SI Birimleri Dışında Kalan Birimlerin Kullanılması

Bu birimler, özel isimleri olan SI birimlerinin ondalık kesirleri ve katları olup SI birimleri cinsinden tam olarak tanımlanmışlardır. Öte yandan hemen hemen terkedilmiş birimler de hâlâ bazı yayınlarda yer almaktadır. Doğal birimleri de bu çerçevede ele alabiliriz. Öte yandan, bazı fiziksel sabitlerin en iyi şekilde elde edildikleri deneysel değerler cinsinden tanımlanmış birimler de var.  
SI Birimlerinin Kesirleri ve Katları İçin Önekler

Kesir	Önek	Sembol	Katı	Önek	Sembol
10 <sup>-1</sup>	desi	d	10	deka	da
10 <sup>-2</sup>	santi	c	10 <sup>2</sup>	hekto	h
10 <sup>-3</sup>	mili	m	10 <sup>3</sup>	kilo	k
10 <sup>-6</sup>	mikro	μ	10 <sup>6</sup>	mega	M
10 <sup>-9</sup>	nano	n	10 <sup>9</sup>	giga	G
10 <sup>-12</sup>	piko	p	10 <sup>12</sup>	tera	T
10 <sup>-15</sup>	femto	f			
10 <sup>-18</sup>	atto	a			

Çoklu önekler, örneğin pF yerine μF kullanılmamalıdır.

### Birinci Grup Birimler

Bu birimler, Uluslararası Birim Sistemine dahil değildir. Bunların kullanımı zamanla terkedilecektir. "Zamanla" ifadesi, bu birimlerin her biri için aynı süreyi göstermediği gibi, her bilim dalı için de aynı olmayacaktır.  
Burada eğilim, zorlama olmaksızın bu birimlerin kullanımını azaltmaktır.  
Aşağıdaki liste çok ayrıntılı değildir.  
Özel İsmi Olan SI Birimlerinin Desimal Kesirleri ve Katları

Fiziksel Nicelik	Birimin Adı	Birim için Sembol	Birimin Tanımı
Uzunluk	Ångström	Å	10 <sup>-10</sup> m
Uzunluk	mikron (μ)*	μ	10 <sup>-6</sup> m = μm
Alan	barn	b	10 <sup>-28</sup> m <sup>2</sup>
Kuvvet	din	din	10 <sup>-5</sup> N
Basınç	bar	bar	10 <sup>5</sup> N·m <sup>-2</sup>
Enerji	erg	erg	10 <sup>-7</sup> J
Kinematik viskozite	stokes	St	10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup>
Viskozite	poise	P	10 <sup>-1</sup> kg·m <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup>
Manyetik akı**	maxwell	Mx	10 <sup>-8</sup> Wb
Manyetik akı yoğunluğu** (manyetik indüksiyon)	gauss	G	10 <sup>-4</sup> T
Soğurulan doz (iyonlaştırıcı radyasyon)	rad	rd	10 <sup>-2</sup> J·kg <sup>-1</sup>

\* Mikron sözcüğü ve μm için μ sembolünün kullanılması derhal terkedilmelidir.

\*\* Bu niceliklerin birimlerinin, cgs ve SI sistemlerinde özdeş olmadığına dikkat ediniz.

### Üçüncü Grup Birimler

Doğal birimler, maddenin mikroskopik yapısının özelliklerine doğrudan bağlı birimlerdir ya da doğanın temel Lorentz invariantlarının sabitleridir. Doğal birimlerin kullanımı kabul edilebilir. Bununla birlikte, hangi doğal birimlerin kullanılacağı belirtilmelidir. Eğer karşılıklı olamazsa, "atomik birimler" gibi geniş ifadelerden kaçınılmalıdır.

Doğal birimlere tipik örnekler şunlardır:

Birim	Sembol
elektronun yükü	e
elektronun kütlesi	m <sub>e</sub>
protonun kütlesi	m <sub>p</sub>
Bohr yarıçapı	a <sub>0</sub>
elektronun yarıçapı	r <sub>e</sub>
elektronun Compton dalga boyu	λ <sub>c</sub>
Bohr manyetonu	μ <sub>B</sub>
nükleer manyeton	μ <sub>N</sub>
ışık hızı	c
Planck sabiti	h ya da ħ
v.b.	

kolonun başlığı E/hc olmalı, basitçe E yazılmamalıdır.

8. Sözcükler ve semboller karıştırılmamalıdır. Matematiksel işlemlerde yalnızca semboller kullanılmalıdır. Örneğin, "mol başına joule", "J/mol" ve "J·mol<sup>-1</sup>" yazılmalı; "joule/mol" ya da "joule mol<sup>-1</sup>" yazılmamalıdır.

## Sonsöz

Değerli bilim adamları, mühendisler, teknik elemanlar ve öğrenciler... Bazı alışkanlıkların terkedilmesi hepimize mutlaka zor gelir. Ancak yazımın başında da belirttiğim gibi ortak bir dil kullanmak, her zaman anlaşılır olmak ve başkalarının ne ifade ettiğini anlamak o denli önemlidir ki, sıkı bir disiplin ile SI birimlerinin özümlemesi ve yukarıda belirtilen çerçevede kullanılması bizlere çok şeyler kazandıracaktır.

Artık günlük hayatta satın aldığımız ya da laboratuvarında kullandığımız bir cihazın teknik özelliklerini yalnızca SI birimleri cinsinden görmeye alışmalıyız.

Teknik ve bilimsel kitapları yazarken, yapmış olduğumuz bilimsel bir çalışmayı yayınlarken SI birimlerini yukarıdaki çerçevede kullanmak için gayret göstermeliyiz.

Gerek yurtiçi, gerekse uluslararası etkinlikler için SI birimlerinin bir ortak dil gibi kullanılması sayısız yararlar içermektedir.

\*Prof. Dr., Uludağ Üniversitesi,  
Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü