



Eski ve Yeni Uluslararası Birim Sistemi

Dr. Mahir E. Ocak [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Uluslararası Birim Sistemi'nde (SI) değişiklikler yapılmasına karar verildi. 20 Mayıs'tan itibaren geçerli olacak yeni birimlerde fiziksel nesnelere yapılan hiçbir referans kalmadı. SI'nın temelini oluşturan yedi temel birim, yedi sabit üzerinden tanımlanacak.

Uluslararası Birim Sistemi'nin temelleri 1790'larda, Fransız İhtilali'nin ilk yıllarında atılmıştı. Fransa Meclisi'nin aldığı kararla metre, Ekvator'la Kuzey Kutbu arasındaki mesafenin on milyonda biri; kilogram, bir metreküp saf suyun kütesinin binde biri olarak tanımlanmıştı. Her ne kadar bu tanımlar herhangi bir kişinin ya da kurumun tekelinde olmayacak şekilde yapıldıysa da pratik amaçlar için yeterli derecede hassas ve kullanışlı değildi. 1889'da toplanan ilk Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı'nda bir İngiliz firması tarafından üretilmiş 40'ar adet kilogram ve metre prototipinin standart olarak kullanılmasına karar verildi.

Prototiplerden ikisi uluslararası kilogram ve metre prototipleri olarak kabul edildi. Diğerleriyse ya Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı tarafından kullanımda olan kopyalar olarak tutuldu ya da konferansa üye ülkelere kendi ulusal standartları olarak kullanılmaları için verildi. Ulusal standartlar, uluslararası standartlar ile düzenli aralıklarla karşılaştırılarak kalibre ediliyordu.

Yıllar içinde SI'ya yeni birimler eklendi. Bugün SI'da yedi temel birim var: metre, saniye, kilogram, kandela, kelvin, mol ve amper. Joule, newton, pascal ve SI'daki diğer birimlerse bu yedi temel birim üzerinden tanımlanıyor.

Saniye

Saniyenin eski ve yeni tanımları şu şekilde:

Eski Tanım

Saniye, sezyum-133 atomunun temel durumunun iki aşırı ince seviyeleri arasındaki geçişe karşılık gelen radyasyonun 9.192.631.770 periyodunun süresidir.

Yeni Tanım

Sembölü s olan saniye, SI zaman birimidir. Sezyum frekansı $\Delta\nu_{Cs}$ 'nin (sezyum-133 atomunun temel düzey aşırı ince geçişinin frekansının) sabit sayısal değeri, hertz (s^{-1}) birimi ile ifade edildiğinde, 9.192.631.770 alınarak tanımlanır.



Saniyenin yeni tanımı eski tanımının neredeyse aynıdır. Sadece tanım daha özenli bir biçimde ifade edilmiştir. ■

Metre

Metrenin eski ve yeni tanımları şu şekilde:

Eski Tanım

Metre, 1 saniyenin 299.792.458'de biri zaman aralığında ışığın boşlukta katettiği yoldur.

Yeni Tanım

Sembölü m olan metre, SI uzunluk birimidir. Işığın boşluktaki hızının sabit sayısal değeri, ms^{-1} birimi ile ifade edildiğinde, 299.792.458 alınarak tanımlanır. Bu ifadede saniye sezyum frekansı üzerinden tanımlanır.

Metrenin yeni tanımı da, tıpkı saniyede olduğu gibi, eski tanımın neredeyse aynıdır. Sadece tanım daha özenli bir biçimde ifade edilmiştir. ■

Kilogram

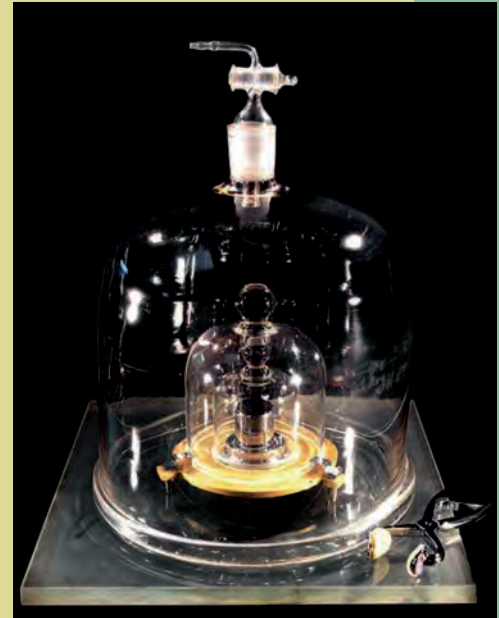
Kilogramın eski ve yeni tanımları şu şekilde:

Eski Tanım

Kilogram kütle birimidir. Uluslararası kilogram prototipinin kütlesine eşittir.

Yeni Tanım

Sembölü kg olan kilogram SI kütle birimidir. Planck sabiti h 'nin sabit sayısal değeri, J_s (kgm^2s^{-1}) birimi ile ifade edildiğinde, $6,62607015 \times 10^{-34}$ alınarak tanımlanır. Bu ifadede metre ve saniye, ışık hızı ve sezyum frekansı üzerinden tanımlanır.





Amper

Amperin eski ve yeni tanımları şu şekilde:

Eski Tanım

Amper; kesit alanları ihmal edilebilecek kadar küçük, sonsuz uzunlukta iki iletken tel boşlukta bir metre arayla paralel olarak konumlandırıldığında iletken tellerin her bir metresine 2×10^{-7} newtonluk kuvvet etki etmesine sebep olan sabit akımdır.

Yeni Tanım

Sembölü A olan amper, SI elektrik akımı birimidir. Temel elektrik yükü e 'nin sabit sayısal değeri, C (As) birimi ile ifade edildiğinde, $1,602176634 \times 10^{-19}$ alınarak tanımlanır. Bu ifadede saniye, sezyum frekansı üzerinden tanımlanır.

Eski tanımla ilgili en önemli sorun, laboratuvar ortamında hassas ölçümler yapmanın zorluğuydu. Ayrıca eski tanım, kuvvete atıfta bulunduğu için, temel kütle, zaman ve uzunluk birimlerine bağımlıydı. Yeni tanımdaysa sadece temel zaman birimi olan saniyeye atıfta bulunuluyor. ■

Eski tanımla ilgili en önemli sorun, kütleinin fiziksel bir nesne üzerinden tanımlanmasıydı. Periyodik kalibrasyonlar sırasında uluslararası kilogram prototipiyle ulusal kilogram prototiplerinin kütleleri arasında belirgin farklar tespit ediliyor, ancak hangi prototiplerin kütle kazandığı ya da kaybettiği belirlenemiyordu.

SI kütle birimi kilogram fiziksel bir sabit üzerinden yeniden tanımlanarak çok daha kararlı bir hale getirildi. Artık kütle prototiplerinde zamanla meydana gelen değişiklikler deneysel yöntemlerle tespit edilebilecek. ■

Kelvin

Kelvinin eski ve yeni tanımları şu şekilde:

Eski Tanım

Termodinamik sıcaklık birimi olan kelvin, suyun üçlü noktasının [katı, sıvı, gaz hallerin bir arada bulunabildiği basınç ve sıcaklık değeri] termodinamik sıcaklığının $273,16$ 'da biridir.

Yeni Tanım

Sembölü K olan kelvin, SI termodinamik sıcaklık birimidir. Boltzmann sabitinin sabit sayısal değeri, JK^{-1} ($kgm^2s^{-2}K^{-1}$) birimi ile ifade edildiğinde, $1,380649 \times 10^{-23}$ alınarak tanımlanır. Bu ifadede kilogram, metre ve saniye sırasıyla Planck sabiti, ışık hızı ve sezyum frekansı üzerinden tanımlanır.

Eski tanımla ilgili en önemli sorun, tıpkı amperin eski tanımında olduğu gibi, laboratuvar ortamında hassas ölçümler yapmanın zorluğuydu. Yeni tanımla bu sorun aşılmış oldu. Eski tanım diğer SI temel birimlerine bağımlı değildi. Yeni tanımdaysa temel kütle, uzunluk ve zaman birimlerine atıfta bulunuluyor. ■

Mol

Molün eski ve yeni tanımları şu şekilde:

Eski Tanım

Mol, 12 gram karbon-12'deki atom sayısı kadar sayıda temel tanecik içeren bir sistemdeki madde miktarıdır. Mol kullanılırken temel taneciklerin belirtilmesi gerekir. Bu temel tanecikler atomlar, moleküller, iyonlar, elektronlar, diğer parçacıklar ya da bu parçacıkların belirli grupları olabilir.

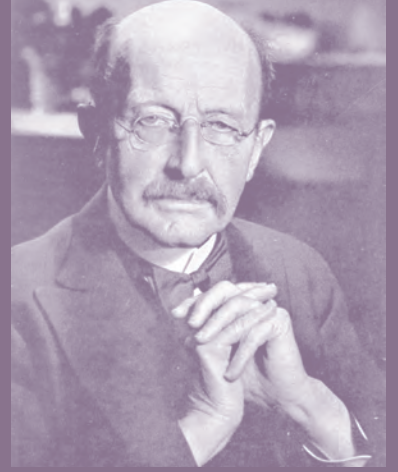
Yeni Tanım

Mol, SI madde miktarı birimidir. Bir mol tam olarak $6,02214076 \times 10^{23}$ sayıda temel tanecik içerir. Bu sayı Avagadro sabiti N_A 'nın mol^{-1} birimi ile ifade edildiğindeki sabit sayısal değeridir ve Avagadro sayısı olarak adlandırılır.

Eski tanım temel kütle birimi olan kilograma atıfta bulunuyordu. Yeni tanımdaysa başka herhangi bir SI birimine atıf yok. Yeni tanımın en önemli sonuçlarından biri, atomik kütle birimi olan dalton ile Avagadro sayısı ve mol arasındaki ilişkinin artık geçersiz hale gelecek olması. Bugün karbon-12 atomunun kütlesi tam olarak 12 dalton (Da) olarak tanımlanıyor.

Bu durumda bir gramın bir dalton oranının sayısal değeri tam olarak Avagadro sayısına eşit oluyor:
 $g/Da = N_A \text{ mol}$.

Gelecekte ya daltonun yeniden tanımlanması gerekecek ya da dalton, Avagadro sayısı ve mol arasındaki sayısal ilişki geçersiz olacak. ■



Max Karl Ernst Ludwig Planck

Alman fizikçi. 1918 Nobel Fizik Ödülü sahibi. Termodinamik yasaları üzerine çalıştı ve "Kuantum Kuramı"nı geliştirdi. Kendi adıyla bilinen "Planck sabiti" ile "Planck ışınım yasası"nı buldu.



Amedeo Avogadro

İtalyan kimyager, bilim insanı. Günümüzde derişim teorisi ve moleküler ağırlık alanındaki katkılarıyla anılır.

Kandela

Kandelanın eski ve yeni tanımları şu şekilde:

Eski Tanım

Kandela, belirli bir yönde 540×10^{12} Hz frekanslı monokromatik radyasyon yayan ve bu yöndeki radyant yoğunluğu $1/683$ watt/steradian olan bir kaynağın ışıltama şiddetidir.

Yeni Tanım

Sembölü cd olan kandela, belirli bir yöndeki SI ışıltama şiddeti birimidir. 540×10^{12} Hz frekanslı monokromatik radyasyonun ışıltama etkinliğinin (K_{cd} 'nin) lmW^{-1} ($\text{cdsrkg}^{-1}\text{m}^{-2}\text{s}^3$) birimindeki sabit sayısal değeri 683 alınarak tanımlanır. Bu ifadede kilogram, metre ve saniye; Planck sabiti, ışık hızı ve sezyum frekansı üzerinden tanımlanır.

Yeni tanım eskisinin neredeyse aynısı. Sadece daha özenli bir biçimde ifade ediliyor. ■

Özetle SI'daki yedi temel birimin hiçbirinde fiziksel nesnelere referans kalmadı. Yedi temel birimin yedi sabit üzerinden tanımlanmasıyla birim sistemi çok daha kararlı hale getirildi. Yeni SI birim sisteminde atıfta bulunan sabitler şunlar:

Planck sabiti

$$h = 6,2607015 \times 10^{-34} \text{ kgm}^2\text{s}^{-1},$$

Temel elektrik yükü

$$e = 1,602176634 \times 10^{-19} \text{ As}$$

Boltzmann sabiti

$$k = 1,380649 \times 10^{-23} \text{ kgm}^2\text{K}^{-1}\text{s}^{-2},$$

Avagadro sabiti

$$N_A = 6,02214076 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1},$$

Işık hızı

$$c = 299792458 \text{ ms}^{-1},$$

Sezyum frekansı

$$\Delta\nu_{Cs} = 9192631770 \text{ s}^{-1},$$

ışıltama etkinliği

$$K_{cd} = 683 \text{ cdsrs}^3\text{kg}^{-1}\text{m}^{-2}.$$

Temel birimlerden sadece saniye ve mol tek bir sabite atıfta bulunularak tanımlanıyor. Diğer temel birimlerin tanımlarındaysa birden fazla sabite atıfta bulunuluyor.

Tanımlar, farklı fiziksel sabitlere atıfta bulunularak da yapılabilirdi. Örneğin temel kütle birimi olan kilogram Planck sabiti yerine kütleçekim sabiti (G) üzerinden de tanımlanabilirdi. Ancak daha hassas ve daha kararlı bir birim sistemi oluşturmak amacıyla sayısal değerlerindeki belirsizliklerin en düşük olduğu sabitler seçilmiş. Ayrıca seçilen sabitlerin birbirinden bağımsız olmasına da dikkat edilmiş.

Yeni tanımlarda, temel birimlerin nasıl “gerçeğe dönüştürüleceği” ile ilgili herhangi bir şey belirtilmiyor. Ancak Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu (BIMP) her bir birim için çeşitli “pratik deneysel yöntemler” öneriyor.

Detaylı bilgi için BIPM'nin internet sayfasını yandaki karekodu okutarak ziyaret edebilirsiniz.

Kaynak

<https://www.bipm.org/en/measurement-units/>

