

KİLOGRAMIN TEKRAR TANIMI VE GELECEKTE İLETİM ÜZERİNE ETKİSİ

Sevda KAÇMAZ
Lenara KANGI

TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü PK. 54 41470 Gebze/KOCAELİ
Tel: 0262 679 50 00
E-Mail* : sevda.kacmaz@ume.tubitak.gov.tr

ÖZET:

Uluslar arası birim sisteminde temel kütle birimi kilogram, uluslar arası kilogram prototipin kütlesine eşittir. Açıkça, bu tanım bir kilogram olan uluslar arası kilogram prototipini sabitleme etkisine sahiptir. Bu çalışmada birimin tanımlanma ihtiyaçları ve onun gelecekteki tanımının etkileri bahsedilmiştir..

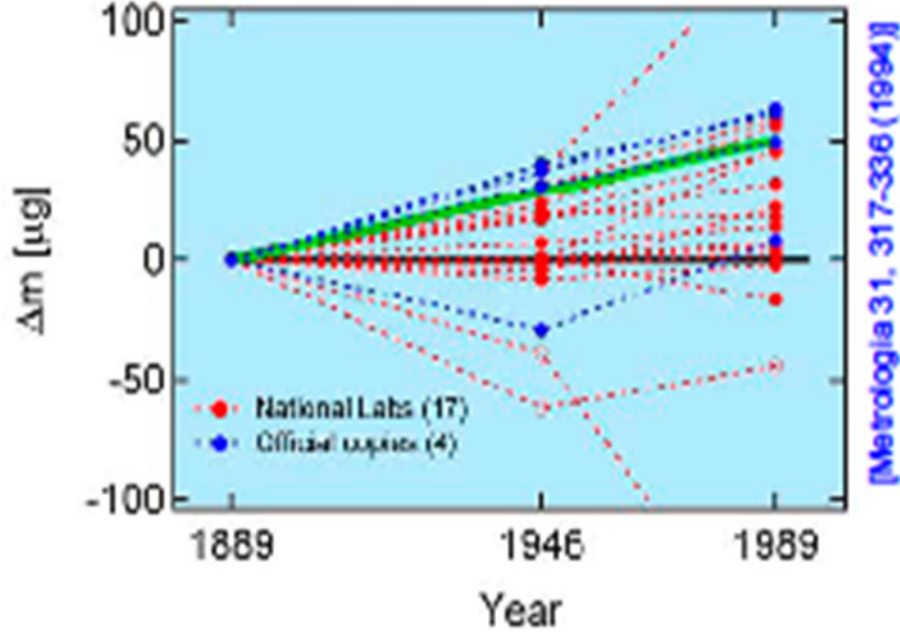
Anahtar Kelimeler: Avogadro sabiti, h Planck sabiti, kütle belirsizliği, kütle belirlemesi, uluslar arası kilogram prototipi

1.Giriş

Uluslar arası birim sisteminde (SI)yer alan yedi temel birimden biri olan kütle birimi kilogram, bu gün hala daha Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) da muhafaza edilen uluslar arası kilogram prototipine (IPK) *K* bağılı olarak tanımlanmaktadır. Metrik sistemde kütle birimi kilogramın tanımı 1901 yılında düzenlenen Genel Ölçüler ve Ağırlıklar Konferansı'nda (General Conference on Weights and Measures, CGPM) yapılmıştır. Kütle birimi kilogram, uluslar arası kilogram prototipin kütlesine eşittir [1].

Uluslar arası kilogram prototipi %90 platin ve %10 iridyum alaşımından yapılmış 39 mm çapında ve yüksekliğinde bir silindirdir. Uluslar arası kilogram prototipi,115 yıldır kütle standardı olarak bilim ve teknoloji alanında hizmet vermektedir ve önemli bir sınırlamaya sahiptir. BIPM'in yasal kopyaları da dahil olmak üzere uluslararası kilogram prototipi ile ulusal kilogram prototiplerin yapılan karşılaştırmalı ölçümlerinde zamana bağlı olarak anlamlı kaymalar olduğu gözlenmiştir.

Şekil 1. de görüldüğü gibi 100 yıllık periyottaki değişimin 5×10^{-8} ve bir yıldaki kayma değerinin yaklaşık 0,5 μg .olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. Uluslararası kilogram prototipine karşı ulusal kilogram prototiplerinin ortalama kütle kayması, 50 µg / 100 yıl.

Zamana bağlı olarak K' 'nin değişiminin sebebi bilinmemektedir. Şuanda aynı malzemeden iki kütle standardının 1 µg belirsizlikle karşılaştırması mümkün olmasına rağmen, uluslararası kilogram prototipi sonuç belirsizliğine büyük katkı sağlamaktadır. 1988-1992 yıllarında yapılan son karşılaştırmalı ölçümde her bir prototip için verilen standard belirsizlik 2,3 µg iken, şuanda BIPM zamanın bir fonksiyonu olarak kalibrasyon belirsizliğini artırmıştır. Standard belirsizlik 6 µg'dır. Ulusal metroloji enstitüleri, Pt-Ir standardından paslanmaz çelikten imal edilen ikincil seviye kütle standartlarına ve çalışma standartlarına kütle birimini iletir. Amper biriminin tanımı kütle birimine bağlı olduğunda, kütle birimindeki zamana bağlı kaymalar, amper biriminin tanımı üzerinden elektriksel birimleri de etkilemektedir. 1990 yılında Josephson sabiti ve von Klitzing sabiti için KJ-90 ve RK-90'nın konvansiyonel değerlerinin belirlenmesiyle Josephson ve Quantum Hall etkisinde yer aldığı elektriksel referans standartları oluşturulmuştur. 1990 yılında belirtilen konvansiyonel değerlerin sonuçları, onların SI değerlerinden farklı olabilir. Ayrıca RK ve KJ değerlerinde uluslararası kilogram biriminin zamana bağlı kaymasından dolayı değişimler görülebilir. Şuandaki metroloji camiasındaki genel görüş, kilogram biriminin tekrar tanımlama zamanının geldiğidir.

2.Kütle ve ilgili büyüklükler için danışma kurulu kararları

Kütle birimi kilogramın Planck sabiti veya bir atomik kütle gibi fiziğin temel sabitine bağlı olarak tanımlanması muhteşem bir mücadeledir. Aynı mücadele mol, amper ve kelvin içinde söz konusudur. Yeni mol tanımının kütle birimine bağımlı kalmaksızın Avogadro sabitinin sabitlenen değerine göre tanımlanması, gelecekte Planck sabitiyle kilogramın yeni tanımından amper biriminin yeni tanımının elektron yükünün sabitlenen değerinden tanımlanması ve ayrıca Boltzman sabitinden de Kelvin biriminin tanımlanması önerilmektedir[2]. Bu tanımlama önerileri, yeni tanımlamalar için gerekli olan belirsizlikler ve birimlerin yeni tanımları için uygun olan zaman gibi konular örneğin, Kütle ve İlgili Büyüklükler için Danışmanlar Kurulu (CCM, Consultative Committee for Mass and Related Quantities), Elektrik ve Manyetizma için Danışmanlar Kurulu (CEM, Consultative Committee for Electricity and Magnetism, Birimler için Danışmanlar Kurulu (CCU, Consultative Committee

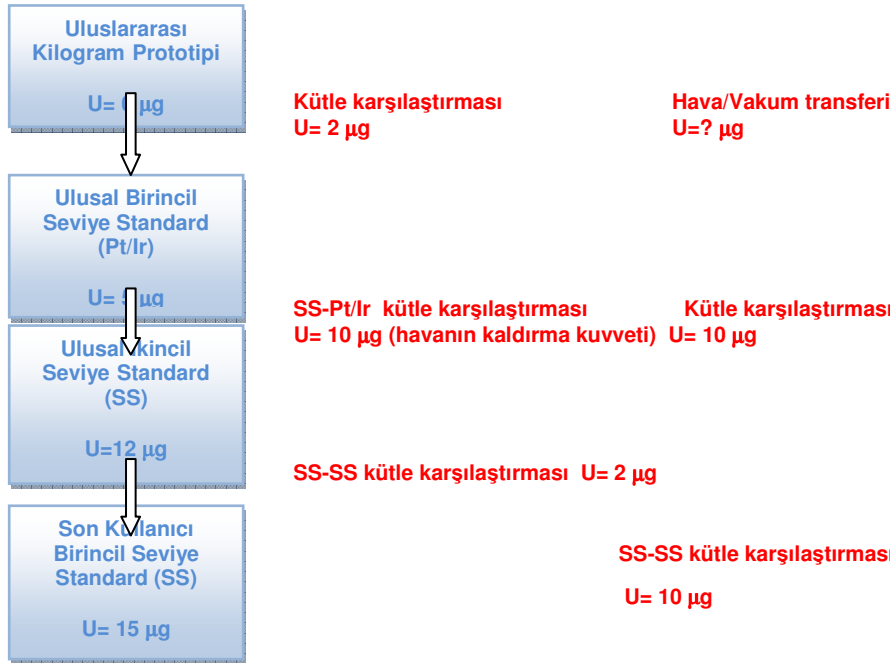
for Units), Uluslar arası Ölçüler ve Ağırlıklar Kurulu (CIPM, International Committee for Weights and Measures ve diğer organizasyonlarda tartışılmaktadır.

CCM 2005, 2007 ve 2010 yıllarında düzenlenen CIPM toplantılarında kilogram biriminin tekrar tanımı için gerekli kriterleri açıklamıştır[3]. Bu kriterler;

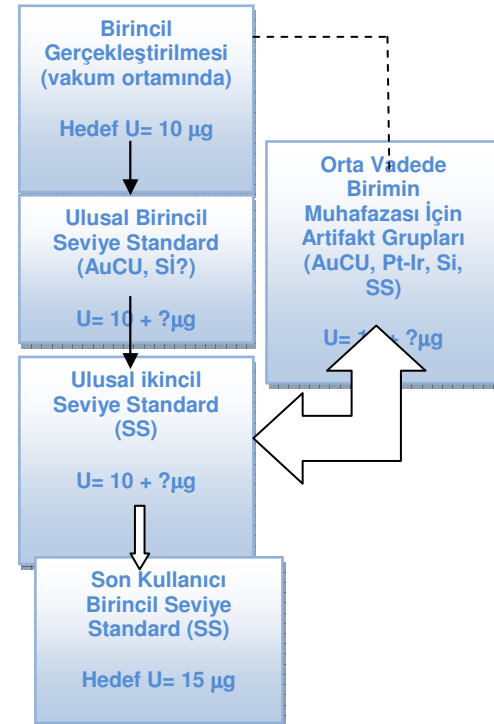
1. Her bir ilgili sabitler için, farklı deneylerden elde edilen (Avogadro ve watt balance) değerler %95 güvenilirlik seviyesinde tutarlı olmalıdır.
2. 1 kilogram için, en az bir deneysel çalışmadan elde edilen en iyi bağıl standard belirsizlik değeri 2×10^{-8} 'i geçmemelidir.(örneğin 20 μg).
3. % 95 güvenilirlik seviyesinde 5×10^{-8} 'den daha büyük bağıl belirsizliği sahip olmayan üç farklı bağımsız deneyler yapılmalıdır.

Bu kriterler 2010 yılında düzenlenen CCM toplantısında onaylanmıştır. Ayrıca 2007 yılında düzenlenen CGPM toplantısında tanım öncesi birimin en iyi iletimi için pratik çalışmaların yapılması kararı alınmıştır. Uluslar arası kilogram prototipine izlenebilir ölçümlerle Planck sabitinin sabitlenen değeriyle kütle skalasında sürekliliği sağlanması için kilogramın tanımı için bir prosedüre ihtiyaç duyulmuştur. Bu prosedürün oluşturulması için Haziran 2012 yılında JRP Projesi SIB05 NewKILO "Developing a practical means of disseminating the new kilogram" başlatılmıştır[4]. Bu proje kapsamında deneysel çalışmalardan elde edilmesi hedeflenen 2×10^{-8} belirsizlikle IPK 'ye izlenebilirliğin sağlanması için kütle standartlarının hava/vakum transferi ve vakum veya durağan gaz altına taşınım koşulları araştırılacak ve hata parametrelerinin minimize edilecektir. Şekil 2. 'de de kütle skalasının iletimi için izlenebilirlik zincirlerine bakıldığında bu proje kapsamında yapılacak deneysel çalışmalar ve hedef belirsizlikler çok net görülebilmektedir.

Mevcut izlenebilirlik



Gelecekteki izlenebilirlik



Şekil 2. SI kütle biriminin tanım öncesi ve sonrası izlenebilirlik zinciri

Kütle birimi kilogramın fiziksel sabite bağlı olarak yeni tanımlanmasıyla ilgili watt balance ve Avogadro deneyleri yapılmaktadır.

3.Kilogramın gerçekleştirilmesinden E₁ sınıfı ağırlıklara belirsizliğin aktarımı ve IPK'nin durumu

Kilogramın tekrar tanımlanması sırasında IPK 'nin kütlesi 1 kg olacaktır, fakat fiziksel sabite dayandırılarak tanımlanmasıyla ilgili yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen bir belirsizliğe sahip olacaktır. IPK'nin kayma değeri hakkında henüz daha yeterli bilgiye sahip olunmadığından, kütle biriminin tanımından sonra, IPK' den türetilen izlenebilirlik zincirindeki kütle standartlarının belirsizlikleri IPK' ye atfedilen belirsizlikten dolayı artmış olacaktır. IPK'nin kayma değerinin belirlenmesi için ilgili deneyler sonrası, IPK ile karşılaştırmalı ölçümler yapılmalıdır. Örneğin; birimin gerçekleştirilmesinde kullanılan üç kütle standardının ağırlıklı ortalamasından IPK 'nin veya ulusal metroloji enstitülerinin ulusal standartları kalibre edilebilecektir. Ayrıca kilogramın tanımından sonra ulusal metroloji enstitüsü, birimin gerçekleştirilmesinde kullanılan kütle standardının kütlesinden kendi ulusal standardının kütlesini belirleyebilir. Fakat en güvenilir ve en doğru değeri elde edebilmek için birimin gerçekleştirme deneylerini yapan tüm laboratuvarların sonuçlarının ağırlıklı ortalamasından elde edilir. Eğer bu şekilde bir yöntemle birimin iletimi yapılır ise, ikincil seviye kütle standartları arasındaki tutarsız değerler veya ofset hataları gibi problemler azalmış olur. Fakat belirsizlik değeri artmış olabilir.

Yasal metroloji gereğince kütle standardının kütle değeri yeri yerine konvansiyonel kütle değeri kullanılır. E₁ sınıfı kütle kalibrasyonunda, eğer standartlar benzer yoğunluk değerine sahip ise hacim belirsizliğinin konvansiyonel kütle belirsizliğine katkısı yaklaşık $1,5 \times 10^{-9}$ 'dur ve havanın kaldırma kuvveti belirsizliği ihmal edilebilir. Terazilerden kaynaklanan belirsizlik katkısı 4×10^{-8} ve ağırlıkların kararsızlığından kaynaklanan belirsizlik değeri ise 5×10^{-8} 'dir. E₁ sınıfı için verilebilecek olan maksimum konvansiyonel kütle belirsizlik değeri $8,3 \times 10^{-8}$ 'dir. Eğer gerçekleştirilen kilogram birimin bağlı standard sapması 2×10^{-8} 'den büyük ise (burada ima edilen kilogram birimini gerçekleştirme belirsizliği 3×10^{-8} veya 5×10^{-8} .), CMC (CMC; Calibration and Measurement Capability) verileri yaklaşık 3 kat yada 5 kat artabilecektir[6]. Eğer birimin gerçekleştirilmesinde elde edilen belirsizlikler CCM 'in öngördüğü belirsizlik değerinden büyük olması durumunda, ulusal metroloji enstitüleri mevcut durumda ($u \leq 4 \times 10^{-8}$) verdiği kalibrasyon belirsizliğini müşterilerine veremeyecektir. Birimin gerçekleştirme etkisi, kilogram biriminden türetilmiş olan birimleri de etkileyeceği tahmin edilmektedir, örneğin yoğunluk gibi. Sonuç olarak kg biriminin 2×10^{-8} 'den daha büyük bağlı belirsizlikle gerçekleşmemesi için deneysel çalışmalar devam etmektedir. Şuanda hem Avogadro sabiti hem de Planck sabitinin belirsizliklerini iyileştirmek için çok büyük çaba sarf edilmektedir ve anlamlı gelişmeler vardır. İstenilen hedef belirsizliğe ulaşılabilineceği tahmin edilmektedir[5].

2011 yılında düzenlenen CCM toplantısında IPK ve referans kütle standartları grubu için alınan kararlar[6];

1. IPK ve onun altı yasal kopyası muhafaza edilecek fakat kilogram biriminin iletimi kapsamında yapılan pratik uygulamalarda yer almayacaktır.
2. Birimin tekrar tanımından sonra IPK spesifik konuma sahip olmayacaktır ve onun kütle değerinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yapılabilecektir, fakat ileride IPK'nin kullanılmasına ihtiyaç olmayacaktır.
3. Pratik uygulamalar için yeni referans kütle standartları grubu olacaktır.

Kaynakça

- [1]. Manfred Kochsiek, Michael Glaser(eds.), Comprehensive Mass Metrology.
- [2]. Mills I M, Mohr P J, Quinn T J, Taylor B N and Williams E R 2006, Redefinition of the kilogram, ampere, kelvin and mole: a proposed approach to implementing CIPM Recommendation 1(CI-2005), Metrologia 43 227-46.
- [3]. BIPM 2010 CCM Report of the 12th meeting (2010) to the CIPM, Recommendation G1 (2010).
- [4]. Annex Ia-JRP-Protocol, SIB05 New KILO “Developing a practical means of disseminating the new kilogram”
- [5]. M Glaser, M Borys, D Ratschko and R Schwartz , Redefinition of the kilogram and the impact on its future dissemination, Metrologia 47 (2010) 419-428
- [6]. Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM), Report of the 13 th meeting 12-13 May 2011