

Bilimsel Metrolojide; Geleceğin Laboratuvarları, Laboratuvarların Geleceği *Lab of the Future and Future of the Lab in Scientific Metrology*

TÜBİTAK UME
Ulusal Metroloji Enstitüsü
National Metrology Institute

Dr. Erkan DANACI
21 Ekim 2022

The image shows two event posters. The first poster is for a seminar titled "Best Practices for Sustainable Laboratories" on 20 October 2022, 13:30-15:30 TRT, hosted by eurolab. The second poster is for an international conference titled "Lab of the Future, Future of the Labs" on 21 October 2022, 14:00-18:00 TRT, hosted by turklab. The conference is held at the Elite World Istanbul Hotel (Taksim, Istanbul, Turkey) and online. A circular inset image shows a mosque with a dome and minaret.

Değerli misafirler ve kıymetli katılımcılar.

Günümüzde mevcut enerji kaynaklarının hızla tükenmesi, buna bağlı olarak artan enerji maliyetleri, çevre ve iklim değişiklikleri, teknolojik gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan yeni ihtiyaçlar ve beraberinde getirdiği güvenlik sorunları, teknolojik gelişmeleri zorunlu kılmaktadır.

Bu gelişmelere bağlı olarak araştırma-geliştirme faaliyetlerinde yer alan test ve kalibrasyon laboratuvarlarında da değişimler meydana gelmektedir.

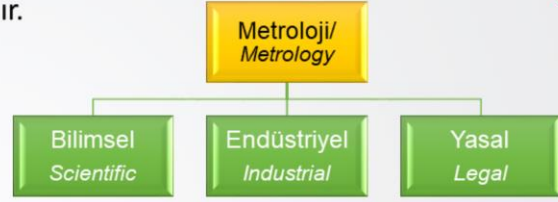
Kalibrasyon ve test laboratuvarlarının teknolojik değişimlerden etkilenmeleri de bu toplantının konusu olarak kabul edilmiş.

Bu konunun ele alınmasını sağlayan bu etkinliğin komite üyelerine teşekkürlerimi sunarken bir tanımlama yaparak konuşmama başlamak istiyorum.

Metroloji / Metrology

Ölçüm bilim manasına gelen Metroloji üçe ayrılır.

- Bilimsel (**Scientific**),
- Endüstriyel (**Industrial**)
- Yasal (**Legal**)



- Bilimsel metroloji (**Scientific Metrology**); ölçüm büyüklüğünün tanımlanması, birincil ve ikincil seviye ölçüm büyüklüğü düzeneklerinin kurulması ve bunların muhafazası ile uğraşırken,
- Endüstriyel metroloji (**Industrial Metrology**); ürünlerin belgelendirilmesi, piyasaya sürülmeden önceki testlerini ve test yapan laboratuvarların akreditasyon süreçlerini ele almaktadır.
- Yasal metroloji ise (**Legal Metrology**); tüketicilerin haklarını dikkate alarak ülkede ölçüme dayalı uyulması gereken kuralların belirlenmesi faaliyetleri ile ilgilenmektedir.

Ölçüm bilim manasına gelen Metroloji üçe ayrılır.

Bunlar; Bilimsel, Endüstriyel ve Yasal metrolojidir

Bilimsel metroloji; ölçüm büyüklüğünün tanımlanması, birincil ve ikincil seviye ölçüm büyüklüğü düzeneklerinin kurulması ve bunların muhafazası ile uğraşırken,

Endüstriyel metroloji; ürünlerin belgelendirilmesi, piyasaya sürülmeden önceki testlerini ve test yapan laboratuvarların akreditasyon süreçlerini ele almaktadır.

Yasal metroloji ise; tüketicilerin haklarını dikkate alarak ölçüme dayalı uyulması gereken kuralların belirlenmesi faaliyetleri ile ilgilenmektedir.

Teknolojik gelişim ve endüstrinin gereksinimlerin gereği değişimlerden Metrolojinin bilimsel, endüstriyel ve yasal tüm alt bileşenleri etkilenirken, ülkemizde Bilimsel metroloji görevi ile görevlendirilmiş Ulusal Metroloji Enstitüsü TÜBİTAK UME'den gelen biri olarak sizlere, bilimsel metrolojide bizi bekleyen değişimler ve bunun paralelinde gelecekteki kalibrasyon ve test laboratuvarlarını bekleyen değişimler hakkında bilgi aktarmaya çalışacağım.

İçerik / Content

1. Ölçüm büyüklüklerinin tanımlarının yeniden yapılması ile meydana gelecek değişimler (**SI Birim Tanımlamaları**),
Changes that will occur with the redefinition of the measurement variables (SI Units Definition)
2. Ölçüm cihazlarındaki gelişmeler sonucunda ölçüm metotlarındaki değişimler (**Cihazlar**),
Changes in measurement methods as a result of developments in measuring devices (Equipment)
3. Ölçüm sonuçlarının güvenliğine dair süreçlerdeki değişimler (**Güvenlik**),
Changes in processes regarding the safety of measurement results (Security)
4. Enerji verimliliği açısından laboratuvarı bekleyen değişimler (**Enerji**),
Changes in terms of energy efficiency of laboratory (Energy)
5. Otomasyonların artması ile laboratuvarları bekleyen değişimler (**Otomasyon**).
Changes in terms of automation of laboratories (Automation)

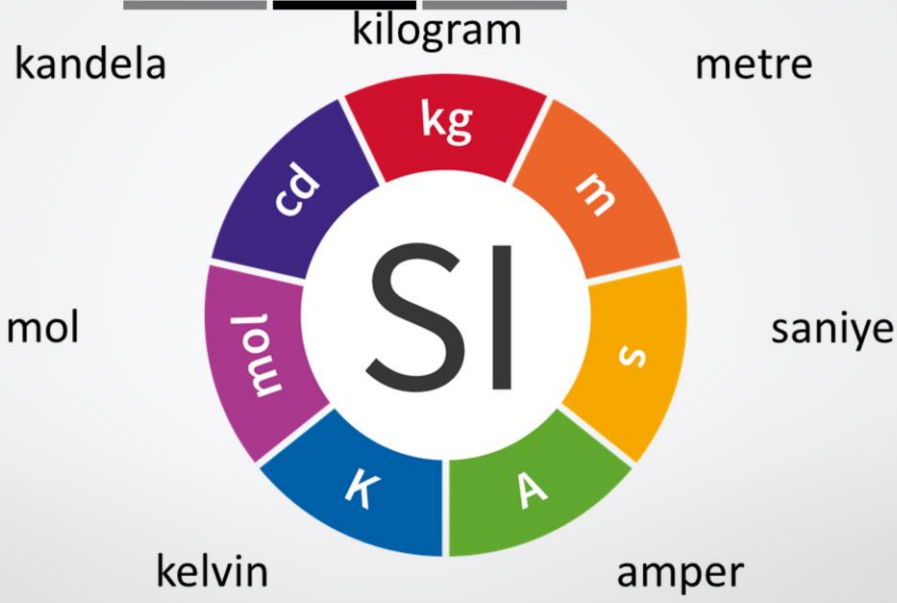


Sunumumda Kalibrasyon ve Test Laboratuvarlarını bekleyen geleceği 5 (beş) ana başlık altında sizlere aktaracağım;

Bunlar;

1. Ölçüm büyüklüklerinin tanımlarının yeniden yapılması ile meydana gelecek değişimler,
2. Ölçüm cihazlarındaki gelişmeler sonucunda ölçüm metotlarındaki değişimler,
3. Ölçüm sonuçlarının güvenliğine dair süreçlerdeki değişimler,
4. Enerji verimliliği açısından laboratuvarı bekleyen değişimler,
5. Otomasyonların artması ile laboratuvarları bekleyen değişimler.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition



Ölçüm büyüklüklerinin tanımlarının yeniden yapılması ile meydana gelecek değişimlerden başlayacak olursak,

Dünyada 7 adet uluslararası ölçüm büyüklüğü referans olarak Kabul edilmiştir.

Bunlar; kütle için kg, uzunluk için metre, zaman için saniye, akım için amper, sıcaklık için kelvin, madde miktarı için mol ve ışık şiddeti için kandeladır.

2018 yılı gibi yakın bir geçmişte yaşadığımız temel ölçüm büyüklüklerinin tanımı teknolojik gelişimlere paralel olarak yeniden yapılmış ve gelecekte de gerektiğinde yeni tanımlamalarının yapılması beklenmektedir.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition

14-16 Kasım 2018 tarihlerinde Uluslar arası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu'nun (BIPM) ev sahipliğinde Fransa'nın Versailles kentinde gerçekleştirilen 26. Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı'nda (CGPM) **kilogram, amper, kelvin ve mol** birimlerinin tanımlarındaki değişiklikler oybirliğiyle kabul edilmiştir.

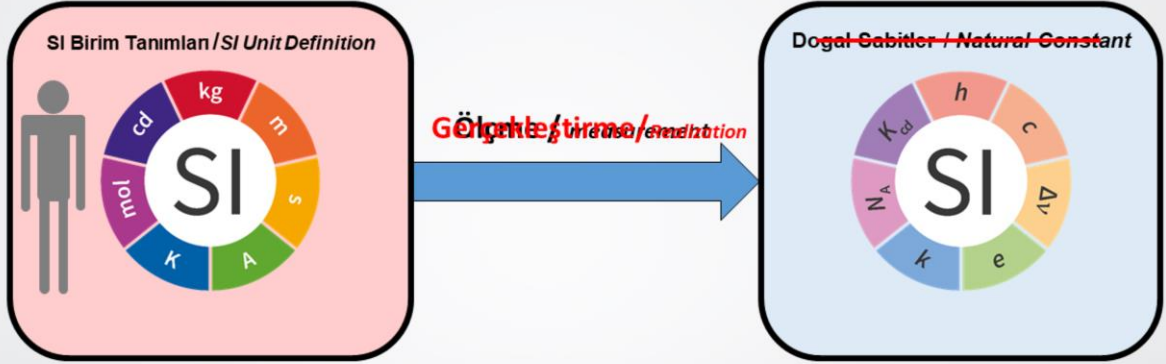
Ölçüm birimlerini tanımlamak için fiziksel nesnelerin kullanımına son verecek olan değişiklikler, 20 Mayıs 2019'dan itibaren yürürlüğe girmiştir.



14-16 Kasım 2018 tarihlerinde Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Bürosu'nun (BIPM) ev sahipliğinde Fransa'nın Versailles kentinde gerçekleştirilen 26. Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı'nda (CGPM) **kilogram, amper, kelvin ve mol** birimlerinin tanımlarındaki değişiklikler oybirliğiyle kabul edilmiştir. Ölçüm birimlerini tanımlamak için fiziksel nesnelerin kullanımına son verecek olan değişiklikler, 20 Mayıs 2019'dan itibaren yürürlüğe girmiştir.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition

SI Birim tanımları / SI Unit Definition



Türkiye dâhil 60 ülkenin oy kullanma hakkının olduğu ve 100'e yakın farklı ülkeden temsilcinin katıldığı konferansta kabul edilen karar ile, uluslararası ölçü birimlerinin (SI) tamamı artık doğanın sabitleri ile tanımlanmıştır.

2018'e kadar Uluslararası ölçü birimlerinin insan yapımı standartları kullanılarak evrenin sabit görünen doğal özelliklerini ölçerken, Doğal Sabitler kullanılıyordu. Ancak Doğal Sabitler, insan yapımı HERHANGİ BİR nesneden daha karardır, en karardlı insan eseri olan kilogramdan en az bir milyon kat daha karardlı olduğu bilinmektedir. (2018'den sonra SI Birimlerinin yeniden tanımlanması fikri ile, ölçüm birimi sistemimizdeki ölçüm standartları doğal sabitlere dayandırılmıştır.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition



Uluslararası Birimler Sistemi (SI) de kullanılan sabitler / *Natural Constants*

Doğal Sabit Adı / Natural Constant Name	Sembol / Symbol	Değeri / Value
Vakumdaki ışık hızı	c	299 792 458 m / s,
Planck sabiti	h	6.626 070 15 × 10 ⁻³⁴ J s
Elektron yükü	e	1.602 176 634 × 10 ⁻¹⁹ C
Boltzmann sabiti	k	1.380 649 × 10 ⁻²³ J / K
Avogadro sabiti	N_A	6.022 140 76 × 10 ²³ mol ⁻¹
Cs 133 atomun aşırı ince geçiş frekansı	Δν_{Cs}	9 192 631 770 Hz
Işık şiddeti	K_{cd}	540 × 10 ¹² Hz frekansındaki monokromatik radyasyonun ışık etkinliği 683 lm / W

<https://www.bipm.org/utis/en/pdf/si-revised-brochure/Draft-SI-Brochure-2019.pdf>



Uluslararası Birimler Sistemi (SI) de kullanılan sabitlere neler diye baktığımızda,
Vakumdaki ışık hızı **c**,
Planck sabiti **h**,
Elektron yükü **e**,
Boltzmann sabiti **k**,
Avogadro sabiti **N_A**,
Sezyum 133 atomun aşırı ince geçiş frekansı **Δν_{Cs}**,
Işık Şiddeti, **K_{cd}**
Olduğunu göreceğiz

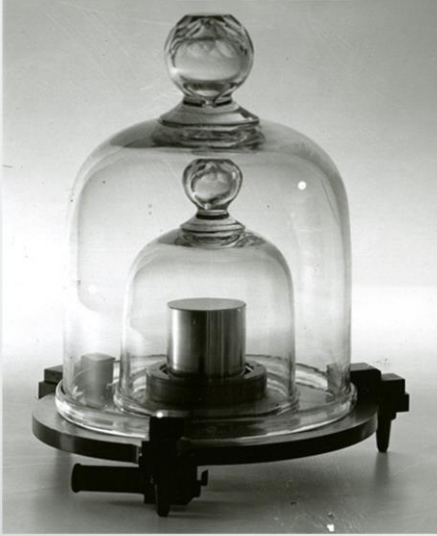
KÜTLE / mass

KİLOGRAM



Yeni tanımları değişen büyüklüklerden Kütle'ye göz attığımızda,

Kilogramın Eski Tanımı / Kg Old Definition



Kütle birimi kilogramdır ve uluslararası kilogram prototipinin kütlesine eşittir (CGPM, 1901).

- 4 °C de 1 dm³ maksimum yoğunlukta H₂O'nun kütlesini tanımlar.
- %90 Platin, %10 İridyum (1878, Johnson-Mathey)
- Silindir şekil: h= Ø = 39 mm
- BIPM 'de kontrollü çevre şartlarında muhafaza edilmektedir
- 6 yasal kopyası ve çalışma standartları



Kütlenin Eski Tanımı, BIPM CGPM'in 1901'deki kararı ile birimi kilogram ve uluslararası kilogram prototipinin kütlesine eşittir şeklinde yapılmıştır.

4 °C de 1 dm³ hacimdeki saf suyun kütlesidir. 1878 yılında Johnson-Mathey tarafından 1 dm³ lük kütlenin taşınmasını kolaylaştırmak için %90 Platin, %10 İridyumdan silindir şeklinde, yüksekliği ve çapı 39 mm olan kütle oluşturulmuş ve BIPM 'de kontrollü çevre şartlarında 6 yasal kopyası ve çalışma standartları muhafaza edilmektedir.

Bu tanımlamanın bir çok zayıf yönü bulunmaktadır. Bunlar:

- lokaldir,
- tekdir,
- hasara maruz kalma riski yüksektir.

Kilogramın Yeni Tanımı / New Kg Definition



2018
Kasım
16

26. Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı (CGPM) Toplantısı

SI kütle birimi kilogram (kg) Planck sabitinin (h) değeri
 $h = 6.626\ 070\ 150(69) \times 10^{-34} \text{ J s}$
alınarak tanımlanır.

2019
Mayıs
20



kg

Bu tanım 20 Mayıs 2019 tarihinden itibaren geçerlidir

$$h = 6.626\ 070\ 150(69) \times 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$$

Planck Sabiti

CODATA 2017

Kilogram Birimi

Sezyum-133 atomu
ince geçiş frekansı

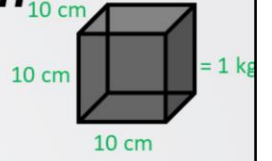
Işığın vakumdaki hızı



16 Kasım 2018'de 26. Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı (CGPM) Toplantısında SI kütle birimi kilogram Planck sabitinin değeri $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Joule.saniye kullanılarak yeniden tanımlanmıştır.

Yani kütle enerjiye dayandırılmıştır. Yani Kütleyi meydana getiren yer çekim ivmesinin enerji karşılığı planck sabiti ile tanımlanmıştır.

Kilogramın Yeni Tanımı / New Kg Definition

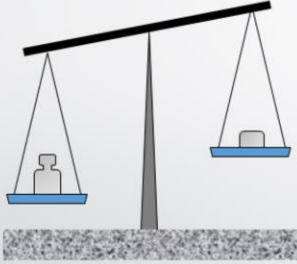


Tarihsel olarak

- Standart bir küpteki suyun ağırlığı

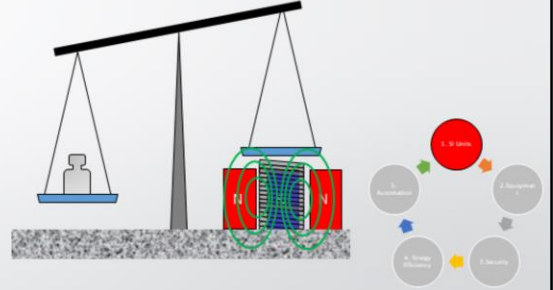
Eski SI tanımı...

- Uluslar arası kilogram prototipi
- Standart kütle ile karşılaştırılarak dengelenir



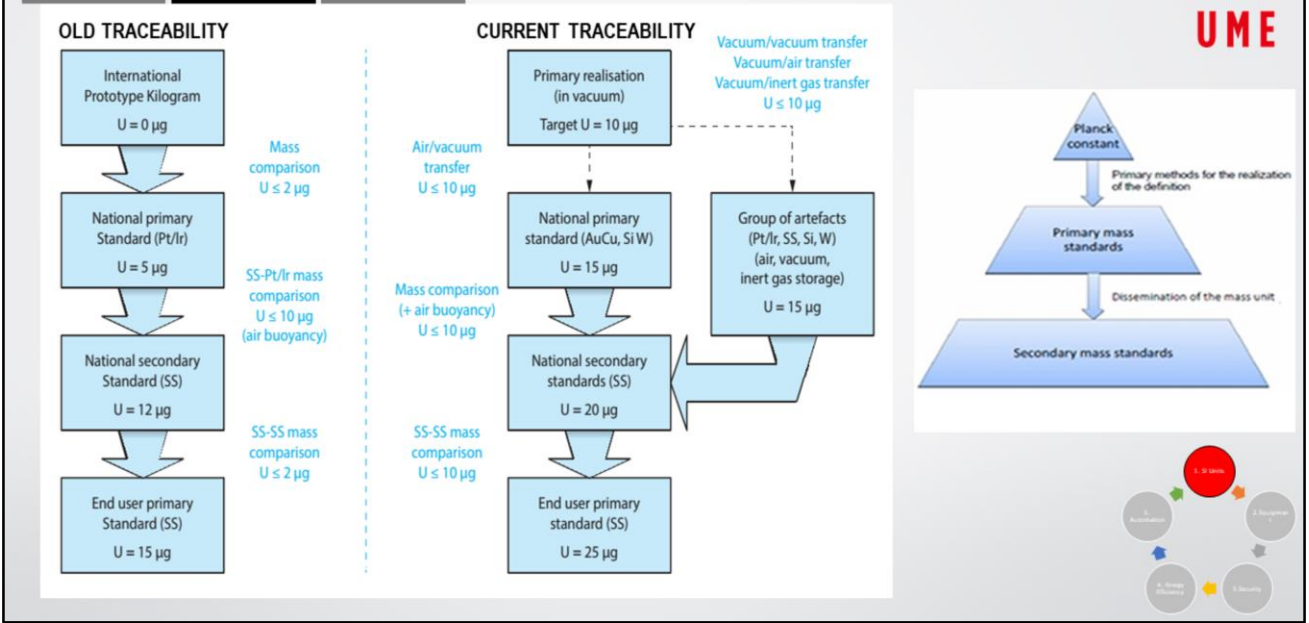
Güncel SI tanımı...

- $h = 6.626\ 070\ 15 \cdot 10^{-34} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-1}$
- Yerçekimi kuvveti, manyetik kuvvetle karşılaştırılarak dengelenmiştir
- Hesaplama terimi $\frac{h\Delta v_{Cs}}{c^2}$



Kütlenin eski ve yeni tanımları karşılaştırdığımızda, eskiden kütleleri referans kütlelerle karşılaştırarak tanımlamalar yapılmışken, şimdi kütleği doğal sabitlerle tanımlamaktayız.

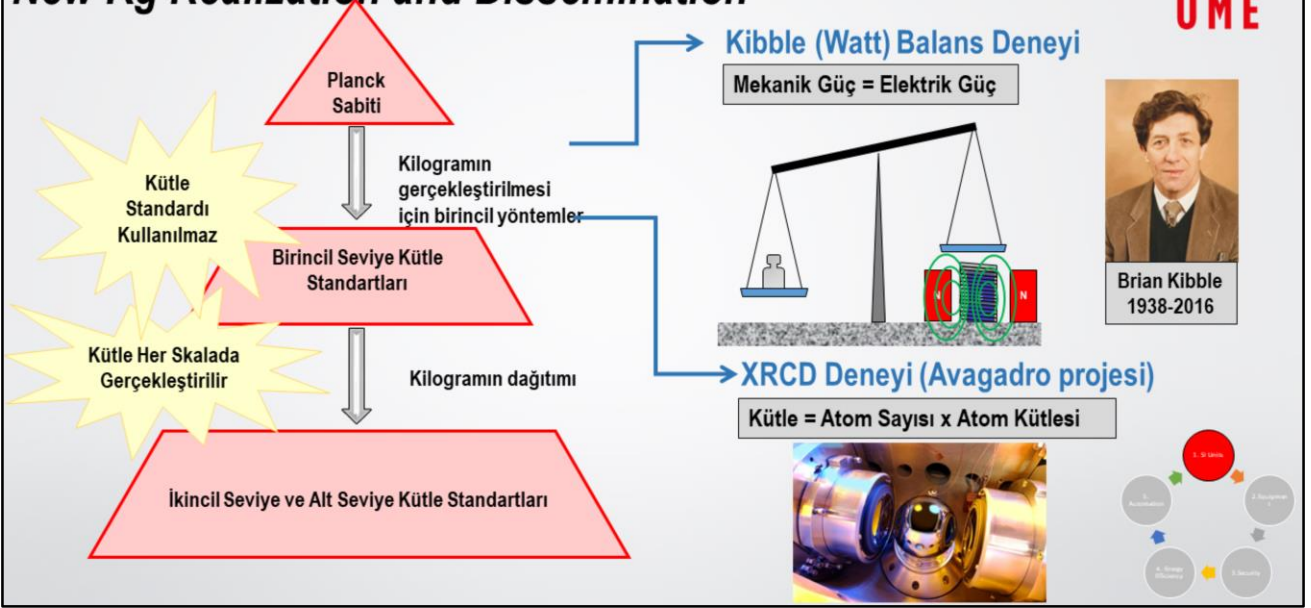
Kg İzlenebilirlik Zinciri / Traceability Chain



İzlenebilirlik zinciri açısından bakıldığında, mevcutta birincil seviyede uluslararası prototip ile ulusal prototipler karşılaştırılarak izlenebilirlik sağlanırken, yeni tanım ile Plank sabitine göre uluslararası ve ulusal prototiplerin tanımları yapılarak sabite göre kontrolleri ile izlenebilirlik sağlanacaktır.

Yeni Kg Gerçekleştirilmesi ve Dağıtımı

New Kg Realization and Dissemination



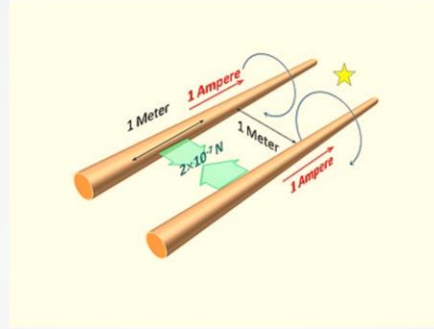
Kütlenin yeni tanımının ispatı için iki deney düzeneği planlanmış ve günümüzde bu deney düzenekleri üzerine araştırmalara devam edilmektedir. Bunlardan biri Kibble Balanstır. Bu deneyde kütlenin yer çekim ivmesinin zıttında oluşturulan manyetik alan enerjisi ile kütlenin ağırlığı tanımlanmaktadır. Diğer bir kütle tanımlama deneyinde ise 1 kg'lık tek Kristal silikonun atomları sayılarak avogadro sayısına dayalı atom ağırlığından kütleyle geçilmesidir.

ELEKTRİK AKIMI / current AMPER



Yeni tanımını değişen Amper'e göz attığımızda ise

Amper'in Eski Tanımı / Old Definition



Amper, boşlukta birbirlerinden bir metre uzaklıkta bulunan ve ihmal edilebilir dairesel kesitli sonsuz uzaklıktaki paralel iki doğrusal iletkenin sabit bir akım geçirildiğinde, bu iletkenler arasında metre başına 2×10^{-7} Newton'luk bir kuvvet oluşturan ve zamanla değişmez elektrik akım şiddeti olarak tanımlanır.



Amper'in Eski Tanımında

Boşlukta birbirlerinden bir metre uzaklıkta bulunan ve ihmal edilebilir dairesel kesitli sonsuz uzaklıktaki paralel iki doğrusal iletkenin sabit bir akım geçirildiğinde, bu iletkenler arasında metre başına 2×10^{-7} Newton'luk bir kuvvet oluşturan ve zamanla değişmez elektrik akım şiddeti 1 amper olarak belirlenmiştir.

Bu tanım, 1948'de kabul edilmiştir

Tanım kullanışlı değildir, düşünce deneyine dayanmaktadır

Tanımındaki kuvvet, kütleyle bağlı olduğundan, mevcut kg prototipin kararsızlığı Amper'in doğru hesaplanmasını engellemektedir

Amper, yedi temel ölçüm biriminden biri olmasına rağmen, pratikte Gerilim ve elektriksel Direnç birimi üzerinden elde edilmektedir



Amper'in Yeni Tanımı / New Definition



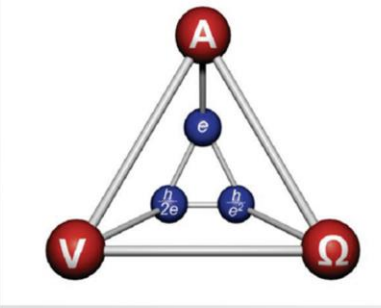
- 13-16 Kasım 2018 'de düzenlenen 26. Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı'nda (CGPM):

Birim elektron yükünün değeri aşağıdaki sabit değer olarak kabul edilmiştir.

$$\text{Birim elektron yükü (e) : } 1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Burada C değeri A·s değerine eşittir. Saniye değeri de zaman biriminin tanımı kullanılarak elde edilir.

- Böylece birim elektron yükü diğer sabitlerden elde edilen bir değer yerine evrensel sabitlerden biri olarak kabul edilmiştir.



Amper'in Yeni Tanımı ise;

Birim elektron yükünün değeri 1.602×10^{-19} Coulomb olarak Kabul edilerek, Coulomb değerinin A·s değerine eşit olduğu bilinerek, Akım birimi zaman tanımı kullanılarak elde edilmiştir.

Böylece birim elektron yükü, diğer sabitlerden elde edilen bir değer yerine, evrensel sabitlerden biri olarak Kabul edilmiştir.

TERMODİNAMİK SICAKLIK / thermodynamic temperature



KELVIN

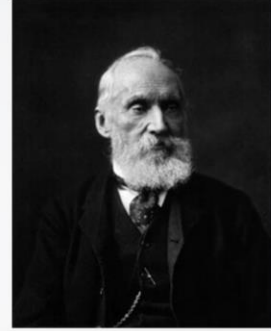


TERMODİNAMİK SICAKLIK'in birimi Kelvin'in tanımına baktığımızda;

Kelvin'in Eski Tanımı / Old Definition

Termodinamik Sıcaklık birimi olan Kelvin, Suyun Üçlü Noktası termodinamik sıcaklığının $1/273,16$ 'sı olarak tanımlanır.

13. CGPM Toplantısı (1967/68, 4 nolu Karar; CR, 104)



Lord Kelvin
1824 - 1907

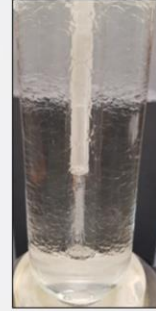
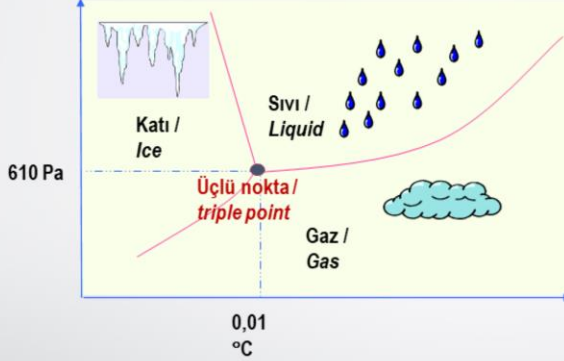


Kelvinin Eski Tanımı;

1967 yılındaki 13. CGPM toplantısında yapılmış ve Kelvin, Suyun Üçlü Noktası termodinamik sıcaklığının $1/273,16$ 'sı olarak belirlenmiştir.

Suyun Üçlü Noktası / Water Triple point

Suyun üçlü noktası (SÜN) sıcaklığı, üç fazın (katı, sıvı ve gaz) termodinamik denge halinde birlikte bulunduğu sıcaklıktır.



Suyun üçlü noktası ne diye baktığımızda ise, Suyun üç fazının, katı, sıvı ve gaz hallerinin termodinamik denge halinde birlikte bulunduğu sıcaklık diye bilinmektedir.

Kelvin'in Yeni Tanımı / New Definition

SI termodinamik sıcaklık birimi Kelvin (K) Boltzmann sabitinin (k) değeri
 $k = 1.380\,649 \times 10^{-23} \text{ J / K}$
alınarak tanımlanır.

Böylece termodinamik sıcaklık birimi Enerji SI birimi ($\text{kg.m}^2.\text{s}^{-2}.\text{K}^{-1}$)
üzerinden tanımlanmış olmaktadır.
Kelvin cinsinden sıcaklığın belirlenmesi, ortalama moleküler enerjiyi şu
şekilde ifade edilebilir, $[\frac{h\Delta\nu_{Cs}}{k}]$



Kelvin'in Yeni Tanımında;

Boltzmann sabitinin değeri $k = 1.380 \times 10^{-23} \text{ J / K}$ alınarak, termodinamik sıcaklık birimi Enerji birimi üzerinden tanımlanmıştır.

Kelvin cinsinden sıcaklığın belirlenmesi, ortalama moleküler enerji hesabını bir formüle dayandırmaktadır.

İzlenebilirlik Zinciri / Traceability Chain

Kelvin
Boltzmann Sabiti



Uluslararası Sıcaklık Ölçeği -1990
(Bağıl Birincil Sıcaklık Ölçüm
Yöntemi)



Transfer Standartları



Çalışma Standartları



Yeni tanımlamanın ardından Sıcaklığın izlenebilirlik zincirinde ise, Boltzman sabitine dayalı olarak Kelvin tanımı ile uluslararası sıcaklık ölçeği yeniden yapılmış ve transfer standartları bu tanıma göre sertifikalandırılmıştır.

MADDE MİKTARI / *material quantity*

MOL



Yeniden tanımı değişen, Madde Miktarı Mol'a baktığımızda

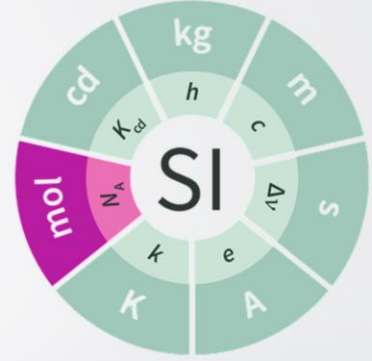
Mol'ün Eski Tanımı / Old Definition

Mol, (İng. mole) madde miktarı SI birimidir.

Herhangi bir maddenin karbon-12 (^{12}C) elementinin 0,012 kg kadarının içerdiği atom sayısına denk gelen bileşen sayısına Mol denir.

Bu sayı Avagadro sayısı (N_A) olarak tanımlanmıştır ve $6,022 \times 10^{23}$ sayısına eşittir.

Bu tanımda mol içeriği kararlı C elementinin ^{12}C izotopundaki miktara bağlanmıştır.



Eski Mol tanımında, herhangi bir maddenin karbon 12 elementinin 0,012 kg kadarının içerdiği atom sayısına denk gelen bileşen sayısı 1 mol olarak tanımlanmıştır.

Bu sayı Avagadro sayısı olarak tanımlanmış ve $6,022 \times 10^{23}$ e eşittir.

Bu tanımda mol içeriği kararlı Karbon elementinin 12. izotopundaki miktara bağlanmıştır.

Mol'ün Yeni Tanımı / New Definition

Avogadro sayısı ($N_A = 6,022\ 140\ 76 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$) kadar bileşen (atom, molekül vb) içeren maddeye 1 mol denir.

Tanım ^{12}C izotopunun miktarından (birim kütle kg'dan) bağımsızlaştırılmış ve bir sabit (N_A) olarak tanımlanmıştır.

6.022 x 10²³



Mol'ün Yeni Tanımında ise,

Avogadro sayısı kadar bileşen içeren maddeye 1 mol denmiştir.

Bu Tanımla mol, Karbon 12 izotopunun miktarından bağımsızlaştırılmış ve bir sabit olarak tanımlanmıştır.

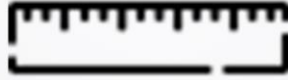
ZAMAN /
time

UZUNLUK /
length

İŞIK ŞİDDETİ /
Luminous intensity

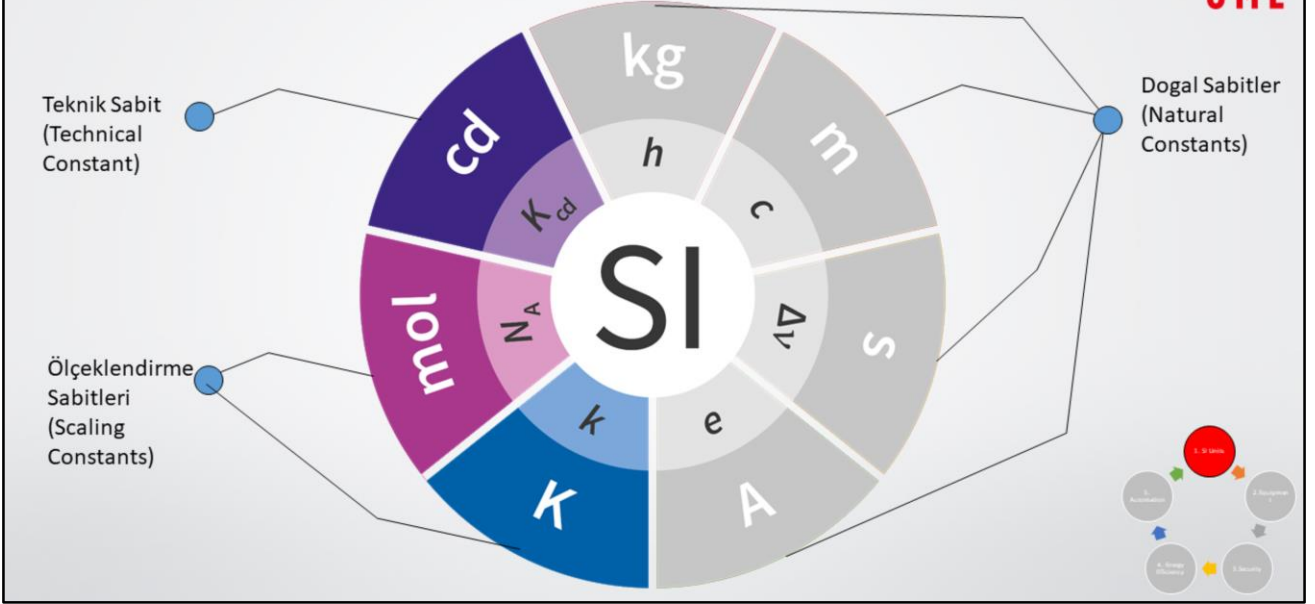


SANİYE, METRE, KANDELA



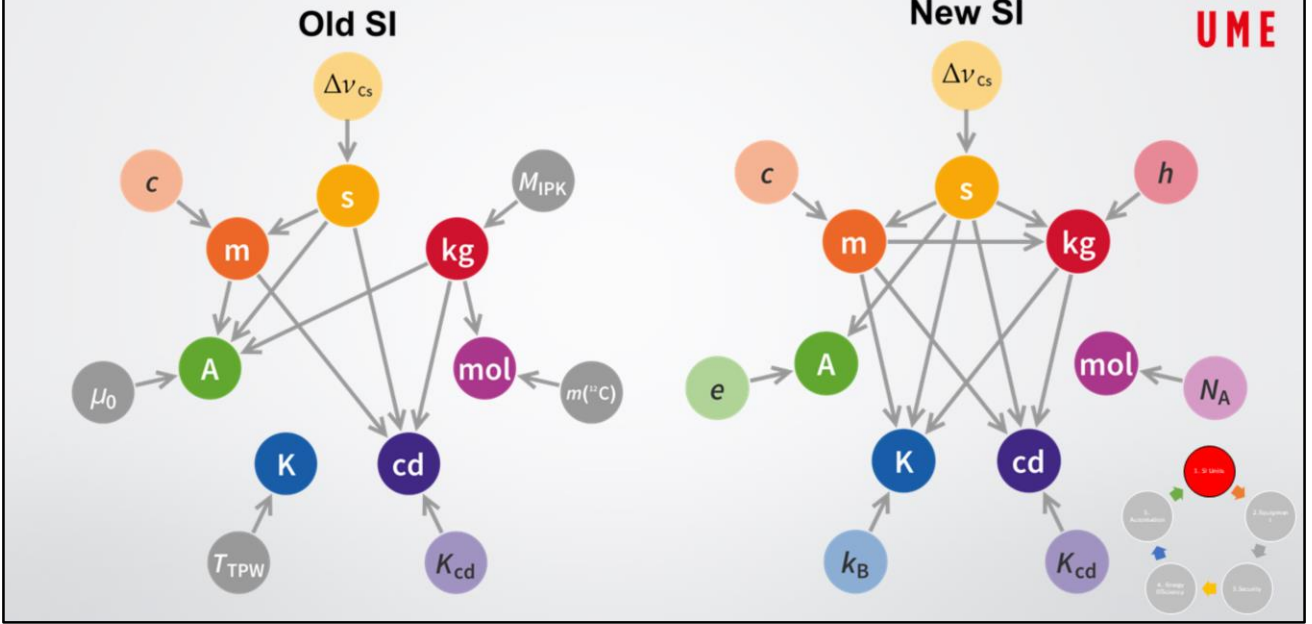
Geride kalan 3 uluslararası ölçüm büyüklüğünün tanımları eskisi gibi kalmıştır.
Yani zaman sezyum atomunun aşırı ince geçiş frekansına
Uzunluk ışık hızına ve
Kandela ışığın dalga boyuna bağlı olarak tanımlarını sürdürmektedirler.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition



Bu açıklamalar ışığında yeni tanımlamalarına göre 7 adet uluslararası ölçüm büyüklüklerini;
Doğal sabitlerle tanımlananlar,
ölçeklendirme sabitleri ile tanımlananlar ve
teknik sabitler ile tanımlananlar şeklinde sınıflandırabiliriz.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition



Yeni SI birimi tanımları ile ölçüm standartlarının ilişkiler zinciri değişmiştir.

Yine kilogram üzerinden örneklersek, kg tanımında uluslararası kilogram prototipinin yerini plank sabiti almıştır.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition



Yeni SI birimi tanımlamasının amacı neydi? / What is the purpose of defining the new SI unit?

- Uzun vadede **kilogramdaki** istikrarı ve dolayısıyla güvenilirliğini sağlamak
- **Amper**'in ve **Kelvin**'in yeni tanımları ile elektrik ve radyometrik sıcaklık ölçümlerinin doğruluğunu önemli ölçüde artırmak
- Ölçülen parlaklık ve **termodinamik sıcaklık** arasındaki dönüşüm faktörü (Stefan-Boltzmann sabiti), Kelvin ve Kilogramın yeni tanımları kullanılarak kesinleştirmek ve teknoloji geliştikçe daha iyi bir sıcaklık metrolojisi yapmak



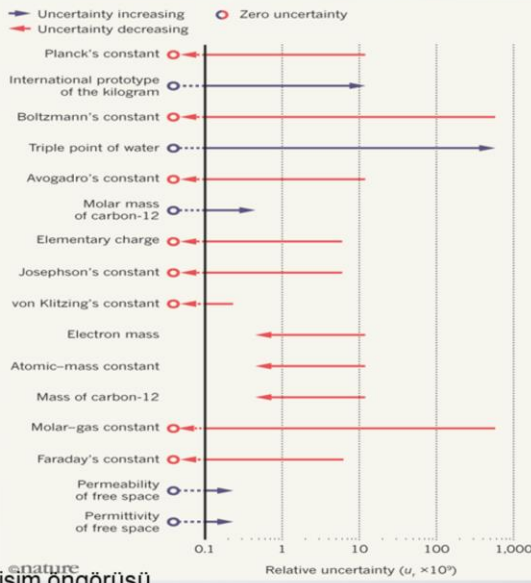
Yeni SI birimi tanımlamasının amacı neydi?

- Temel fiziksel sabitler açısından kilogramı tanımlamak, uzun vadeli kilogramın istikrarını ve dolayısıyla güvenilirliğini sağlayacaktır.
- Amper'in ve Kelvin'in yeni tanımları ile, elektrik ve radyometrik sıcaklık ölçümlerinin doğruluğu önemli ölçüde artacaktır.
- Ölçülen parlaklık ve termodinamik sıcaklık arasındaki dönüşüm faktörü, Kelvin ve Kilogramın yeni tanımları kullanılarak kesinleşecek ve teknoloji geliştikçe sıcaklık metrolojisi daha iyi olacaktır.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition

Yeni SI ölçüm birimi tanımının endüstriye etkisi nasıl olacaktır?

How will the new SI measurement unit definition impact the industry?



Gelecekte belirsizlik değerlerindeki değişim öngörüsü



Bu yeni tanımlamalar ile Gelecekte belirsizlik değerlerindeki değişimleri ne olacak diye baktığımızda

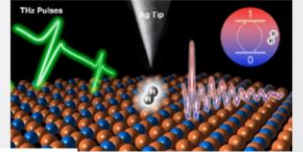
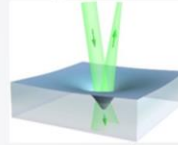
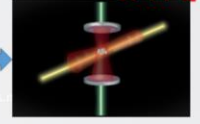
bazı ölçüm büyüklüklerinin belirsizliğinin artması, bazılarının da düşmesi beklenmektedir.

Özetle, Yapılan yeni tanım değişiklikleri, bilimsel metroloji ile ilgilenen Ulusal Metroloji Enstitülerinde uluslararası izlenebilir ölçüm metotlarını değiştirirken, ulusal metroloji enstitülerinden izlenebilirlik alan kalibrasyon ve test laboratuvarları arasındaki hizmet zincirinde değişikliğe neden olmamıştır.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition

Yakın Bir Gelecekte / In the Near Future

- Zaman birimi saniyenin 2030'da değişmesi beklenmektedir / *Time Definition*
- Kütlelen türetilmiş büyüklüklerin küçük değerlerinin (nano, piko) ölçümlerinde foton basıncı veya interferometrik yöntemler kullanılmaya başlanacak / *Photon Pressure and Interferometric Measurement.*
- Kuantum Sensorler ile ölçüm felsefesinde değişiklikler olacaktır / *Quantum Sensor*
- Ürün kalitesini artırmak için dinamik ölçümler artacak / *Dynamic Tests*



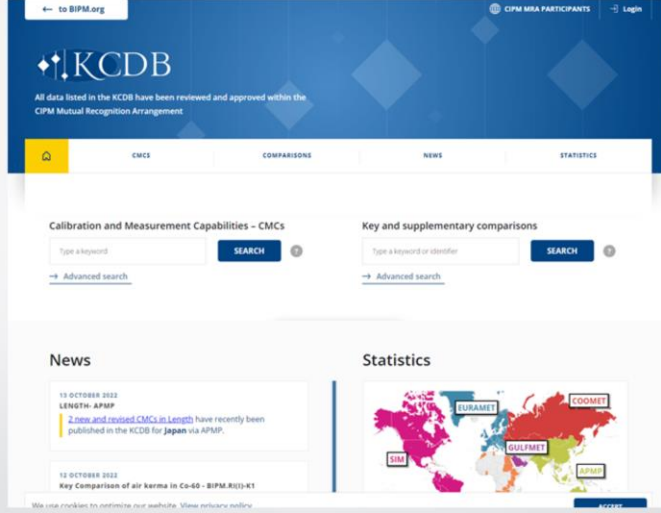
Yakın Bir Gelecekte bizleri neler bekliyor?

- Zaman birimi Saniye'nin 2030'da değişmesi beklenmektedir. Yeni zaman tanımında büyük ihtimalle optik atomik saat geçişi kullanılacaktır.
- Kütle, kuvvet, basınç, v.b. büyüklüklerin özellikle küçük değerlerinin ölçümünde foton basıncı veya interferometrik yöntemler kullanılmaya başlanacaktır.
- Ölçümün temeli sensördür ve Sensör teknolojilerinde kuantum sensörler ilerleyen süreçte her alanda karşımıza çıkacaktır. Bunun anlamı ilerleyen süreçte belki de bazı ölçüm cihazları için kalibrasyona (veya verifikasyona) ihtiyaç kalmayacaktır. Örneğin; Elektromanyetik dalga ölçümünde kullanılan antenlere bakıldığında, dalganın ana frekansıyla beraber harmoniklerini de antenler algılıyorlar. Ama atomik bir anten kullandığında, atomun enerji geçişleri sadece istenen frekansı ölçtüğünden ışın doğası gereği harmonikler ölçülmeyecektir. Bu da elektromanyetik dalga ölçüm felsefesini değiştirecektir.
- Teknoloji bizi her geçen gün sahada, fabrikada üretim bandında yani dinamik olarak ölçümlere zorlamaktadır. Ürün kalitesini artırmak için üretim bantlarından çıkmadan yapılan ölçümler ve bu ölçümlerin belirsizlik hesaplamaları başta savunma sanayi firmalarında olmak üzere çoğu işletmelerde dikkate alınmaya başlandı bile.

1. SI Birimlerin Tanımı / SI Units Definition

Yakın Bir Gelecekte / In the Near Future

Yeni alanlarda
CMC'ler
belirlenecek /
New CMCs



Özetle Yakın Bir Gelecekte SI Birimlerinin tanımları ile ilgili olarak Teknolojik gelişimler paralelinde yeni ölçüm alanlarında Ülkelerin ve Ulusal Metroloji Enstitülerin ölçüm kabiliyetlerinin sergilendiği BIPM CMC tablolarında değişiklikler ve eklemeler olacaktır. Plazma metrolojisi ve plazmada oluşan elektron sıcaklığının tespiti bunlara birer örnektir. Elektron sıcaklığı büyüklüğü henüz CMC tablosunda yer almıyor ancak yakın bir gelecekte yer alacaktır. **Sonuç olarak**, Uluslararası ölçüm büyüklüklerinin tanımlarındaki bu değişimler teknolojik değişimlere paralel olarak yapılmış ve gelecekte de yapılacaktır.

2. Cihazlar / Equipment

Ölçüm Cihazlarındaki Gelişmeler Sonucunda Ölçüm Metotlarındaki Değişimler *Changes in Measurement Methods as a result of Developments in Measurement Devices*

- Ölçüm cihazlarının dijital ikizleri (*Digital Twince*)
- Uzaktan test ve kalibrasyon hizmetleri (*Remote Calibration*)
- Ölçüm sistemlerinin yarı otonom bir sisteme doğru evrilmesi (*Autonom Systems*)
- Bilimsel verilere dayalı kalibrasyon süreç tayinleri (*Calibration Period Determination*)



2. Olarak Ölçüm cihazlarındaki gelişmeler sonucunda ölçüm metotlarındaki değişimleri

çok geniş bir yelpazede ele almak gerekiyor.

Bu yelpazeyi dört grupta katagorize edebiliriz

- Ölçüm Cihazlarının Dijital İkizlerinin oluşturulması
- Uzaktan Test ve Kalibrasyon Hizmetlerine geçilmesi
- Ölçüm sistemlerinin yarı otonom bir sisteme doğru evrilmesi
- Bilimsel verilere dayalı Kalibrasyon süreç tayinleri

2. Cihazlar / Equipment

- Ölçüm cihazlarının dijital ikizleri (*Digital Twince*)



Ölçüm cihazlarının giderek karmaşık içerikli cihazlar haline gelmesi ile, fiyatları yükselmekte ve uzman kullanıcı gerektirmektedir.

Cihazların yeterince bilinmeden kullanılması durumunda ise hatalar oluşmakta, cihazlara verilecek hasar riskleri artmaktadır.

Bu riskleri azaltmak için dijital ortamlarda cihazların çalışmasını öğrenmeyi sağlayacak yazılımlar ve cihaz gibi davranış sergileyen uygulamalar, kalibrasyon ve test laboratuvarını bekleyen geleceklere biridir.

Hepimizin bildiği gibi pilot yetiştirmek için uçak simülatörleri kullanılmaktadır. Benzer durum gelişen ölçüm cihazları için de giderek ihtiyaç haline gelmiştir.

2. Cihazlar / Equipment

- Ölçüm cihazlarının dijital ikizleri (*Digital Twince*)



- Dijital İkizlerin Oluşturulması (*Creating*)
- Deneme Ölçümerinin Dijital ikizlerle yapılması (*Testing*)
- Personel Deneyiminin Dijital İkizlerle Sağlanması (*Getting Experience*)

2022 yılında AB fonlarından desteklenen EPM (*European Partnership on Metrology*) proje çağrılarında dijital dönüşüm (*digital transformation*) konu başlığına yer verilmiş ve bu konuda seçilen projelerin desteklenmesine 2023 yılında başlanacaktır. (<https://www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership>)



Yani ölçüm cihazlarının emülatörlerinin ve dijital ikizlerinin oluşturulması ile cihazların kendileri ile değil dijital ikizleri ile çalışma fırsatları bulunulacak, cihazların çalıştırılması konusunda operatörler bu gereçler ile eğitilebilecektir.

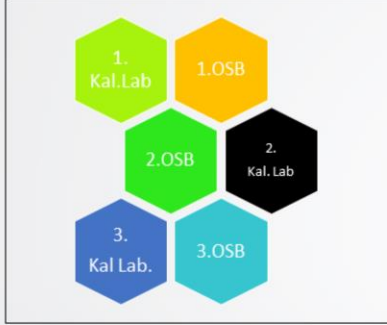
Hatta cihazların dijital ikizleri ile ölçüm düzenekleri kurulabilecek ve gerçek ölçümlere geçmeden oluşabilecek hatalar önceden tahmin edilebilecektir.

2022 yılında AB fonlarından desteklenen EPM (European Partnership on Metrology) proje çağrılarında dijital dönüşüm (digital transformation) konu başlığına yer verilmiş ve bu konuda seçilen projelerin desteklenmesine 2023 yılında başlanacaktır.

(<https://www.euramet.org/research-innovation/metrology-partnership>)

2. Cihazlar / Equipment

- Uzaktan Test ve Kalibrasyon Hizmetleri (*Remote Calibration and Test*)



Her organize sanayi bölgesinde tam teşekküllü bir kalibrasyon ve test laboratuvarı

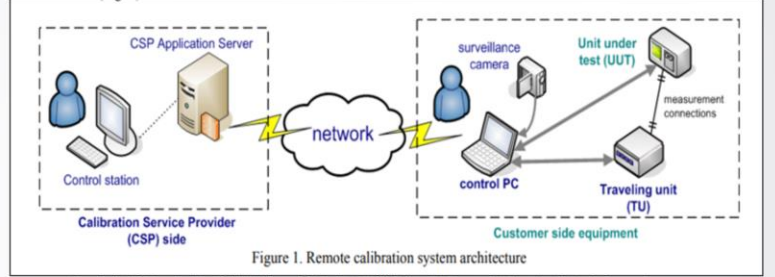


Figure 1. Remote calibration system architecture

Jurovic, Marko & Hegedus, Hrvoje & Malaric, Roman & Zeba, Hrvoje. (2008). Generic Environment for internet-enabled calibration services.

Buluttan erişilen cihazların yaygınlaşması ve bu cihazlar ile kalibrasyon ve testlerin yapılması



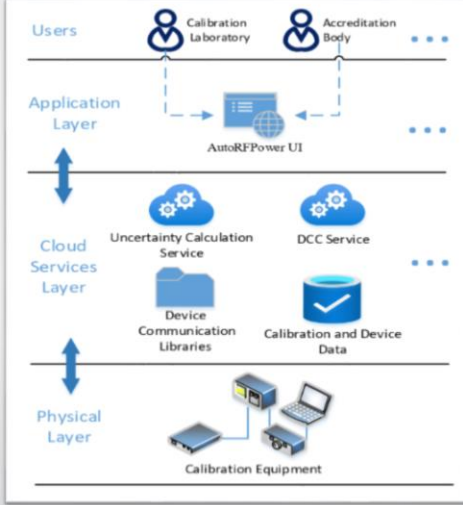
Test veya kalibrasyon amaçlı cihazların yaygın olarak her yerde bulunması, kalibrasyon ve test işlem süreçlerini ve bu işleme tabi olacak cihazların lojistiği ile kaybedilecek süreyi azaltacağı bilinen bir gerçektir.

Ancak her zaman her sanayi bölgesinde, her fabrikanın yanında tam teşekküllü bir kalibrasyon ve test laboratuvarı kurmak mümkün olmamaktadır.

Gelecekte, Kalibrasyon ve test laboratuvarı cihazlarına erişimler, oluşturulan bir bulut sistem üzerinden sağlanabilecek, böylelikle hem cihaz kullanımı kolaylaşacak hem de ölçüme tabi tutulacak cihazları yerinden hareket ettirmeden kalibrasyon ve testlerinin yapılması sağlanacaktır (Remote calibration).

2. Cihazlar / Equipment

- Uzaktan Test ve Kalibrasyon Hizmetleri (*Remote calibration and Test*)



Özetle, Ölçüm cihazlarının dijital ikizlerinin oluşturularak sanal ortamda ölçüm denemeleri yapabilmek ve personele deneyim kazandırılabilme mümkün olacaktır.



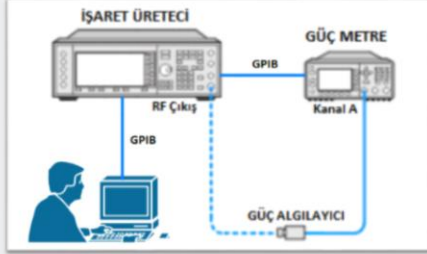
Bu konunun daha da ilerisinde, Artırılmış gerçeklik gibi görselleştirme araçları, laboratuvarlara uzaktan bağlanan kişi ve ekiplere laboratuvarların alt yapısındaki fiziksel teknolojiler ile sanal teknolojileri bütünleştirme imkanları sağlanacaktır.

Bulut üzerinden erişilen cihazların yaygınlaşması ve bu cihazların validasyonu yapılmış kontrol programları ile kontrolü, kalibrasyon ve test laboratuvarlarını bekleyen gelecekte bir diğeridir.

Özetle, gelecekte Ölçüm cihazlarının dijital ikizleri oluşturularak sanal ortamda ölçüm denemeleri yapabilmek ve personele deneyim kazandırılabilme mümkün olacaktır.

2. Cihazlar / Equipment

- Ölçüm Sistemlerinin Yarı Otonom Bir Sisteme Doğru Evrilmesi (*Autonom Systems*)



Ölçüm sistemleri, robotik ve yazılımlar ile yarı otonom bir sisteme doğru evrilecektir.



Elektriksel ve fiziksel büyüklükleri ölçmek için kullanılan cihazların çoğu otomatik ölçüm sistemlerine uygun ek aksesuarlar ile donatılmış iken, mekanik büyüklüklerin ölçümünde kullanılan bazı cihazların hala otomatik ölçüm sistemlerine uygun olmaması, çoklu ardışıl ölçüm işlemlerini zorlaştırmaktadır.

Bu tip cihazların otomatik ölçümlere uygun hale getirilmesi için yeni aksesuarların geliştirilmesi ve bilgisayar ile kontrollerinin sağlanabilmesi için yeni yazılım, yeni cihaz ve ara bağlantı aparatlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

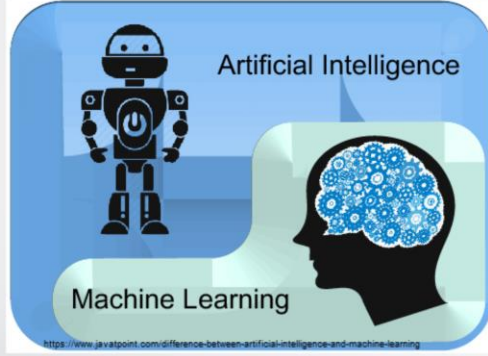
Yakın gelecekte laboratuvarlarımızı bekleyen süreçlerden biri de budur.

Ölçüm sistemleri, robotik ve yazılımlar ile yarı otonom bir sisteme doğru evrilecektir.

Otomasyon ve robotik sistemler ile ölçüm sistemlerinin kontrolü, hatta kimyasal numunelerin hazırlanması vb işlemler yapılacaktır.

2. Cihazlar / Equipment

- Bilimsel verilere dayalı kalibrasyon süreç tayinleri (*Calibration Period Determination*)



IMEKO TC1 TC2 TC3 TC4 TC5 TC6 TC7 TC8 TC9 TC10 TC11 TC12 TC13 TC14 TC15 TC16 TC17 TC18 TC19 TC20 TC21 TC22 TC23 TC24 TC25

IMEKO International Measurement Confederation

TC6 Digitalization

The aim of TC6 is to develop, organize and disseminate fundamental concepts of measurement science that relate to digitalisation and digital transformation in science, industry and society. The TC promotes the accumulation and curatorial of knowledge in various forms, relating to the digitalisation of measurement methodologies and measurement outcomes. Its purpose is to provide a robust body of knowledge to support digital transformation when measurement is involved. Digitalisation's multidisciplinary nature is expected to overlap with other IMEKO groups' interests. TC6 thus encourages collaborations and joint activities with other TCs.

TC6 Offices
Chairperson: Dr. Sascha Eichardt, Sascha.Eichardt@ifb.de
Vice-Chairperson: Dr. Hugo Garcia-Angón, hgarcia@sciem.es
Scientific Secretary: Zoltan Zelenka, z.zelenka@ipm.hu

TC6 is announcing

Save the Date!
19. - 21. September 2022

IMEKO TC6 International Conference on Metrology and Digital Transformation (M4Dconf2022)

TC6 M4Dconf2022: First International Conference on Metrology and Digital Transformation

Organizing MD: PTB
Chair of Organizing Committee: Sascha Eichardt (PTB)
Chair of International Programme Committee: Daniel Hatzichristou (PTB)
Conference website: <https://m4dconf2022.ptb.de>
Conference on IMEKO bridge platform: <https://conferences.imeko.org/m4d22/>

On 19. - 21. September 2022, the IMEKO TC6 "Digitalization" organizes the first international conference on metrology and digital transformation - the M4Dconf 2022. The conference will be organized as a hybrid event - with a limited number of places for physical attendance in Berlin.

Scope

1. AI Links
2. Security
3. Security
4. Security
5. Security

Ölçüm cihazlarının kullanım sıklıkları, ömürlerini belirleyen bir faktör olmakla birlikte ve periyodik kalibrasyon ve ara kontrol sürelerinin belirlenmesinde kullanılan bir parametredir.

Kalibrasyonları ve testleri yaparken kullanılan cihazları değerli kılan; üretim maliyetlerinin ötesinde, kaliteli ve güvenilir bir referans olarak kullanılmalarını sağlayan kalibrasyon sertifikalarına sahip olmalarıdır.

Kalibrasyon sertifikaları cihazların bir sonraki sertifikalanma süresine kadar ne kadar güvenilir olduğunu gösteren bir belgedir.

Ancak bir sonraki kalibrasyon süresinin tayini tüm kullanıcılar için sıkıntılıdır.

Bunu bilimsel yöntemlerle belirlemek gelecekte laboratuvarları bekleyen süreçlerden biri olarak önümüze çıkmaktadır.

Kalibrasyona tabi cihazların birden fazla raporlamalarından elde edilecek ölçüm sonuçlarından yola çıkarak, derin öğrenme ve makine öğrenmesi metotları kullanılarak cihazların ömrü hakkında bilgi edinmek mümkün iken, gelecek kalibrasyon tarihlerinin belirlenmesinde de kullanılabilir.

Bu konuda 2022 Eylül ayında dünyada ilk kez düzenlenen bir konferans ile (IMEKO TC6) bilimsel çalışmalara başlanmış ve konferansta bu konular masaya yatırılarak tartışılmıştır.

3. Güvenlik / Security

Ölçüm sonuçlarının güvenliğine dair süreçlerdeki değişimler (Güvenlik),
Changes in processes regarding the safety of measurement results (Security)

- Laboratuvar ve Sertifika Veri Güvenliği (*Data Security*)
- Bulut Bilişimde Sertifika Hazırlama (*Digital Calibration Certificate in Cloud*)
- Bulut Bilişimde Belirsizlik Hesaplanması (*Uncertainty Calculation in Cloud*)

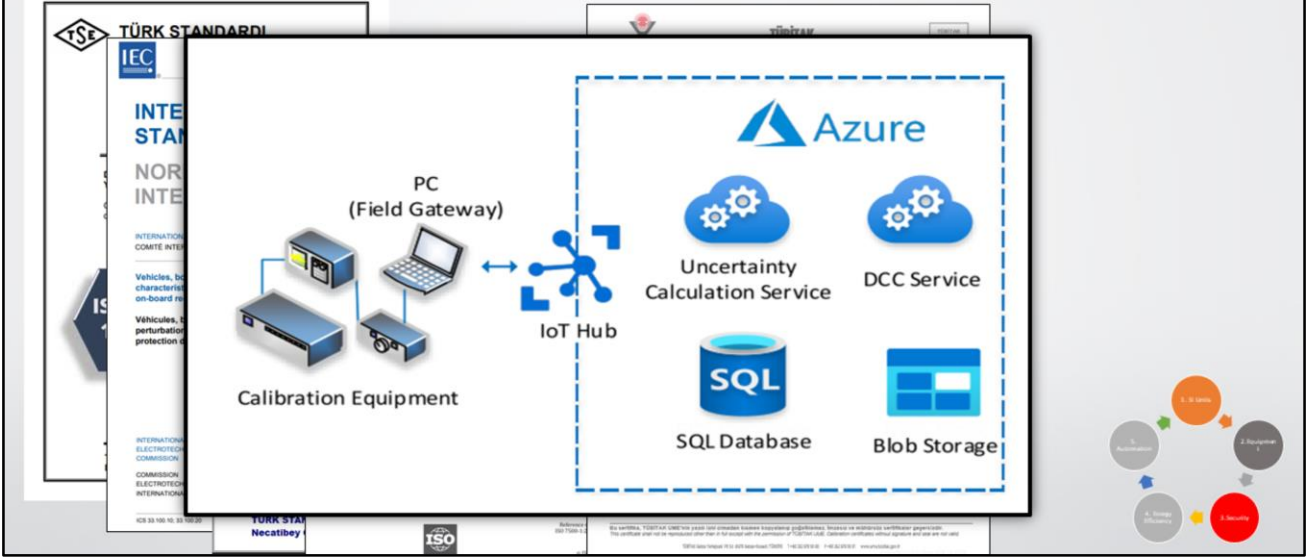


3. Olarak Laboratuvar ölçüm sonuçlarının, sertifika ve belirsizlik değerlerinin güvenliği ile ilgili konuları üç grupta ele alabiliriz.

- **Laboratuvar ve sertifika Veri güvenliği**
- **Bulut Bilişimde Sertifika Hazırlama**
- **Bulut Bilişimde Belirsizlik Hesaplama**

3. Güvenlik / Security

- Laboratuvar ve Sertifika Veri Güvenliği (*Data Security*)



Sertifikaların gerçek ve güvenilir bir veri olarak herkesin erişebileceği bir ortamda saklanması da yakın gelecekte kalibrasyon ve test laboratuvarlarını bekleyen değişimlerden biridir. Kalibrasyon ve test sertifikaları ISO 17025 standardında ve testler için CISPR, ISO 376, ISO 75000-1 gibi standartlarında belirtildiği gibi belli başlı bilgiler içermesi gereklidir. Bu bilgilerin güvenli bir veri bulutunda saklanması şuan ki araştırma geliştirme konularından biridir.

3. Güvenlik / Security

- Bulut Bilişimde Sertifika Hazırlama (*Digital Calibration Certificate in Cloud*)

The screenshot shows the EURAMET website page for the 'Working Group on Metrology for Digital Transformation'. The page features a navigation menu, a search bar, and a main content area. The main content area includes a title 'WORKING GROUP ON METROLOGY FOR DIGITAL TRANSFORMATION', a sub-header 'The EURAMET TC-IM working group: Metrology for Digital Transformation (M4D) brings together the expertise of EURAMET Members specialised in data management, digital certificates and processes, Internet of Things and sensor networks.', a paragraph about the European Commission's strategy, a paragraph about the working group's objectives, and a section titled 'OBJECTIVES OF M4D' with a list of goals. There are also sections for 'NEWS UPDATE', 'PROJECTS', and 'CASE STUDIES'. A red box highlights the text 'Ölçüm sonucu taksonomisi / Taxonomy of measurement results'.

<https://www.euramet.org/technical-committees/tc-im/metrology-for-digital-transformation>

Avrupa ulusal metroloji enstitüleri bölgesel metroloji organizasyonu EURAMET altındaki Disiplinlerarası Metroloji Teknik komitesinin «Metroloji için Dijital Dönüşüm» alt çalışma grubu «Dijital Kalibrasyon Sertifikası (DCC)» oluşturma kapsamında 5 yıldır bir çalışma sürdürülmekte ve belli bir aşamaya kadar gelmiştir.

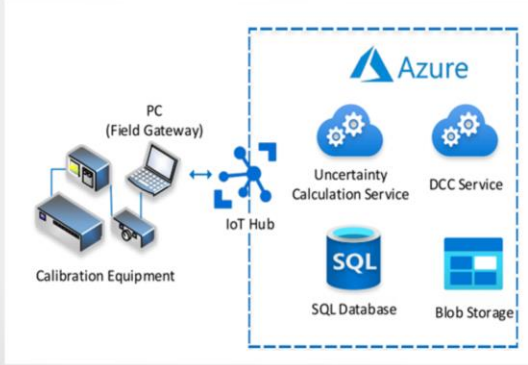
Yakın bir gelecekte sertifikalar güvenli erişilebilir bulutlarda oluşturulacaktır.

Ancak bunun için dijital sertifika oluşturmak isteyen her kullanıcının kendi ölçüm altyapısı ile ürettiği sertifikalardaki ölçüm büyüklüğü taksonomisini oluşturması gereklidir.

Taksonomi ölçüm büyüklüğünün SI birimlerinden türetilmiş ölçüm büyüklüklerine kadarki zincirde dönüşüm ve tablolama yapısını içermektedir.

3. Güvenlik / Security

- Bulut Bilişimde Belirsizlik Hesaplanması (*Uncertainty Calculation in Cloud*)



IMEKO TC6 International Conference on Metrology and Digital Transformation
September 19 - September 21, 2022, Berlin, Germany

UNCERTAINTY CALCULATION-AS-A-SERVICE: AN IOT APPLICATION FOR AUTOMATED RF POWER SENSOR CALIBRATION

Amel Crnković^{1,2}, M. Cagri Koca^{3,4}, Erkan Demirel⁵, Haldun Ögretir^{6,7}

¹Department of Computer Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Türkiye
²Department of Computer Engineering, Sakarya Technical University, Adapazarı, Türkiye
³RF and Microwave Laboratory, TÜBİTAK National Metrology Institute, Kocaeli, Türkiye
⁴Corresponding author. E-mail address: ocak@tmmob.net.tr

Abstract - Providing automated and networked solutions in the cloud with remarkably flexible response digitalization efforts in Metrology and the calibration industry. The AutoRFPower application was developed for automating the RF power measurement process and uncertainty calculation. This study presents our ongoing research on moving this application to a cloud environment and adapting it to perform power sensor calibrations. The cloud-based application initiates communication with calibration equipment, transmits test points to the client computer to perform measurement activities locally, and finally transfers the measurement data back to the cloud. Uncertainty calculations are performed on the cloud by a service. The calibration process provides a digital calibration certificate right on the server-side. The structure of the cloud-based application enables us to previously proposed format of Measurement Things architecture, paving the way for digitalization and standardization in Metrology and the calibration industry.

Keywords automated power measurement, digital calibration certificate, internet of measurement things, uncertainty calculation-as-a-service

1. INTRODUCTION

Evening technology and globalization require the improvements on every industry, including metrology, supporting its business processes, and saving human resources. Metrology and the calibration industry are experiencing a digital transformation to keep up with the necessities of the new era. Provision of automated and networked solutions and formalization and dissemination of data standards are essential aspects of this transformation. In this regard, AutoRFPower was developed as a desktop application to automate RF power measurements in our previous work [1]. The application can communicate with the calibration equipment, obtain measurement data from the user, and perform the uncertainty calculations according to the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) [2] and the Monte Carlo based method (MCM) method description. However, it is difficult to cover all stakeholders in the desktop level with a desktop application. Moreover, it is not easy to use and calibrate standards for data and pro-

cesses having separate copies of services that can be used in common. Therefore, we are adapting AutoRFPower to the cloud environment in the context of the Industrial Internet of Things (IIoT). Our previous work, the Internet of Measurement Things (IoMT) architecture [3], is shown as a guide for this transformation. The IoMT architecture is a specialized IIoT architecture that identifies the layers of physical equipment, cloud-based services and commonly used data, and applications. In this work, our ongoing efforts to adapt AutoRFPower to the IoMT architecture is presented. In our vision, initiating the calibration process through a cloud service, collecting data from the calibration setup and performing uncertainty calculations on the cloud-side, and publishing a digital calibration certificate (DCC) will be possible, once the migration of the application to the cloud is completed. Furthermore, having the IIoT perspective in preparing to increase productivity and efficiency, commonly used services are accessible through the cloud, data is stored continuously in the secure standards, and applications are available through internet connection.

A similar work making uncertainty calculations available on the internet is the NIST Uncertainty Machine (NUM) [4]. The web-based application calculates measurement uncertainty based on GUM and the MCM methods. NUM is similar to our proposed work in performing calculations on the server-side. However, our approach has a holistic view on the IIoT context covering physical equipment and their communication with the uncertainty calculation service and producing DCCs at the end of the process. Another handy tool is Metro OneLab for uncertainty calculations [5]. The application easily handles complex related and multi-variate quantities; therefore, it can be used for complex metrological problems. Metro OneLab is a desktop application, hence, it is different than our proposed approach.

The rest of the work is structured as follows: The AutoRFPower applications and the IoMT architecture are summarized in the Background section. The subsequent sections describe the proposed cloud-based application as stated by explaining its functionalities, components, workflow, and how the application fits the IoMT architecture as an IIoT implementation. Then, the context and possible future advantages of using the application are discussed, along with the potential research topics.



Tüm Kalibrasyon işlemlerinden sonra kalibrasyon sertifikaları hazırlanırken ve bazı test işlemlerinden sonra test raporu hazırlanırken belirsizlik hesaplamasının yapılması gerekmektedir.

Güvenilir belirsizlik hesaplamaları yapılması için valide edilmiş hesaplama yöntemlerinin ve hesaplama araçlarının kullanılması gereklidir.

Güvenilir belirsizlik hesaplama yapabilen araçların bulut bilişim üzerinden erişilebilir olması, günümüz metroloji Ar-Ge çalışmalarının başında gelmektedir.

Bulut bilişimdeki belirsizlik hesaplama aracı ile hazırlanmış kalibrasyon sertifikaları ve test raporlarının güvenilirliği, diğerlerine göre daha fazla olacaktır.

Bu konuda yaptığımız güncel bildirimizi IMEKO TC6 konferansı proceedinginde bulabilirsiniz.

4. Enerji / Energy

Enerji Verimliliği Açısından Laboratuvarı Bekleyen Değişimler (Enerji)
Changes in terms of energy efficiency of laboratory (Energy)



<https://epthinktank.eu>



4. Olarak enerji verimliliği açısından laboratuvarları bekleyen geleceğe baktığımızda

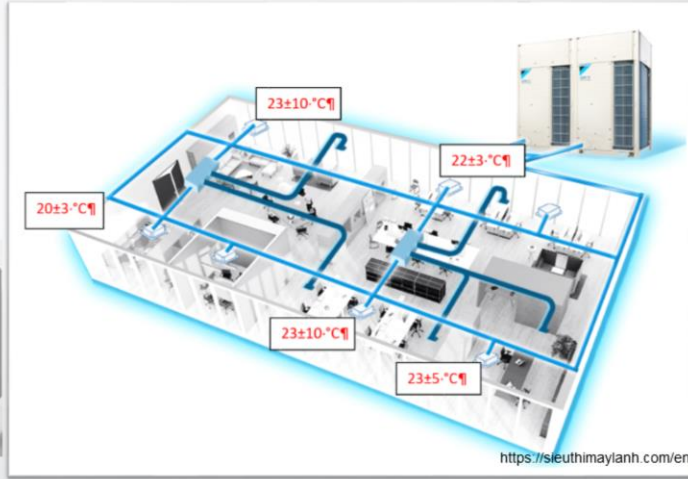
Sınırlı enerji kaynakları olan bir dünyamız var ve bu sınırlar içinde yaşamaya devam etmekteyiz.

Sınırlı enerji kaynaklarını düşündüğümüzde gelecekte, Laboratuvarın enerji verimliliğine çok daha fazla önem verilecek, elektrik tüketiminin azaltılmasına çalışılacak, yenilenebilir alternatif enerji kaynaklarının kullanımı sağlanacak, çevreye duyarlı daha az toksik malzemelerin kullanımları ön plana çıkacaktır

4. Enerji / Energy

Enerji Verimliliği Açısından Laboratuvarı Bekleyen Değişimler (Enerji)

Changes in terms of energy efficiency of laboratory (Energy)



Günümüzde kalibrasyon laboratuvarları herhangi bir validasyon yada doğrulama yapmalarına izin verilmeden değişik kalibrasyon kapsamaları için laboratuvar ortamlarını çok dar bir aralıkta çevresel şartlarda tutmaya zorlanmaktadır. Fiziksel referansların, özellikle sıcaklık bağımlılığı nedeniyle öngörülmüş olan bu yaklaşım, günümüz teknolojisi göz önüne alındığında birkaç SI ve alt SI birimleri haricinde çok elzem değildir.

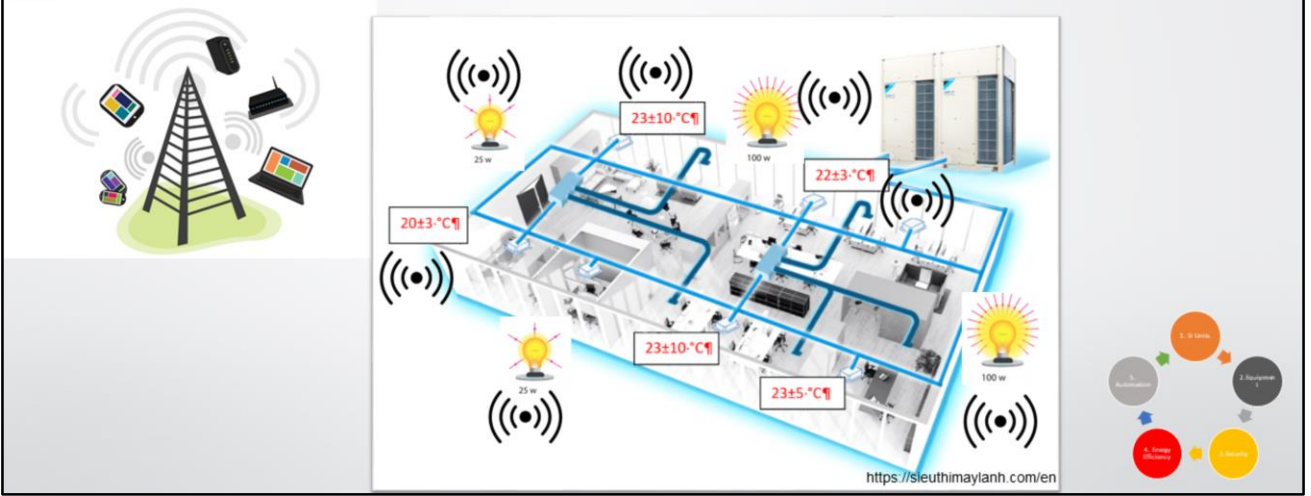
Örneğin, Sıcaklık, Nem, Gerilim, Empedans, Güç ve Enerji, Yüksek Gerilim, Manyetik, Elektromanyetik ve hatta kısmen RF Mikrodalga laboratuvarının referans cihaz ve sistemlerini çok daha geniş bir sıcaklık aralığı için karakterize etmek mümkünken, laboratuvarın tüm hacminin ± 1 °C gibi çok dar bir sıcaklık aralığında tutulmaya çalışılması,

klima harcamalarını çok üst düzeyde olmasına neden olmaktadır.

Gelecekte Ölçüm cihazları ve metodlarının gelişimi ile minimal bir ortam şartlandırması yeterli olabilecek ve ortalama ± 5 °C gibi geniş bir sıcaklık aralığının sağlanması ile enerji tüketimi belki 10 kat düşürülebilecektir. Sadece ülkemizdeki akredite kalibrasyon laboratuvar sayısının 150'nin üzerinde olduğu düşünüldüğünde bu tür bir uygulamayla kalibrasyon maliyetinde de dramatik bir düşüş söz konusu olabilecektir.

4. Enerji / Energy

Enerji Verimliliği Açısından Laboratuvarı Bekleyen Değişimler (Enerji) Changes in terms of energy efficiency of laboratory (Energy)



Laboratuvar çalışma şartlarını sağlarken enerji sarfiyatının en önemli kalemlerinden biri de aydınlatmadır. Gelecekte ihtiyaca göre aydınlatmanın sağlanabildiği, enerji tasarrufu amacı ile enerjinin analiz edilebildiği, elde edilen enerji verilerinin rapor olarak sunulabildiği ve bunların uzaktan ve mobil sistem üzerinden kontrolünün yapılabildiği laboratuvarlar bizleri bekleyen geleceklere bir diğeridir.

5. Otomasyon / Automation

Otomasyonların artması ile laboratuvarları bekleyen değişimler (Otomasyon).
Changes in terms of automation of laboratories (Automation)

Dijital Çağ ve Getirdikleri

- Akıllı şehirler (*Smart city*)
- Akıllı binalar (*Smart Building*),
- Akıllı Şebekeler (*Smart Grids*)
- Yapay Zekalar (*Artificial Intelligent*)
- Otomasyonlar (*Automation*)



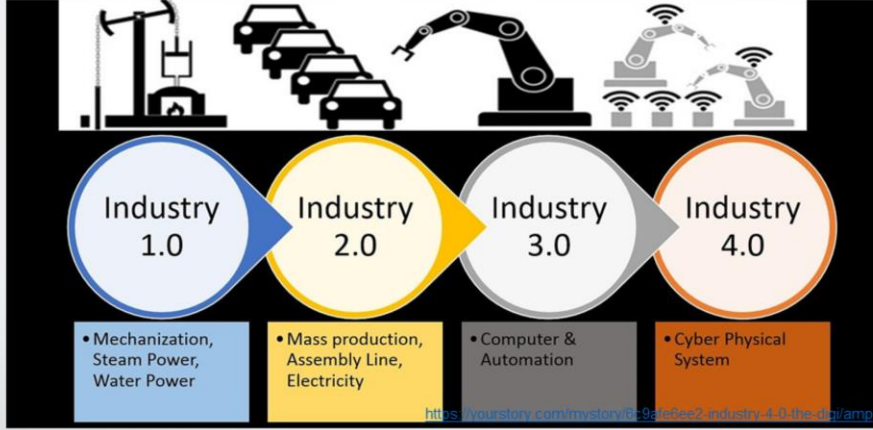
<https://netas.com.tr/netas-akilli-cozumlerini-smart-city-expo-world-congress-2017de-tanitiyor>



5. Olarak otomasyonun artması ile laboratuvarları bekleyen değişimlere baktığımızda; Dijital çağı yaşadığımız günümüz dünyasında birçok yenilik ardı ardına hayatımıza girmektedir. Son dönemlerde akıllı binalar, akıllı şehirler, yapay zeka vb. bir takım süslü kelimeler yaşantımız içinde yer almaya başlamıştır.

5. Otomasyon / Automation

Otomasyonların artması ile laboratuvarları bekleyen değişimler (Otomasyon).
Changes in terms of automation of laboratories (Automation)



Aslında bu kavram 18 yy. sonunda Endüstri 1.0 ile su ve buhar gücü ile çalışan üretim tesislerinin devreye girmesi ile yaşantımıza girmiştir.

Daha sonraları 20 yy. başlarında Endüstri 2.0, 20 yy. sonlarında Endüstri 3.0 ve günümüzde ise Endüstri 4.0 ile tanıştık.

Günümüz rekabet piyasasında kurum ve kuruluşlar endüstri devrimlerine paralel olarak çağa ayak uydurmaya başladılar bile.

5. Otomasyon / Automation

Otomasyonların artması ile laboratuvarları bekleyen değişimler (Otomasyon).
Changes in terms of automation of laboratories (Automation)



Endüstri 4.0 ile, Çalışanlar robotlar yerimizi alacak ve istihdam problemleri başlayacak diye düşünse de, insanlar işlerini kaybetmeyecek, sadece iş tanımları ve meslekleri değişecektir. Gelecekte çalışanlar için, ağır şartlar altında, beden gücünün sınırlarını zorlayarak çalışma ya da ofislerde oturup dirsek çürütme yerine, kendinden organize süreçler içinde kendi uygulamalarını takip etmek ve üretim stratejileri geliştirmek çerçevesinde olan işler ana çalışma kalemleri olacaktır. Tüm gelişen ve gelişmekte olan ülkeler, bu yolda hızla ilerlemeye çalışmakta, yeni çalışma alanlarını buna göre tasarlamaktadırlar.

5. Otomasyon / Automation

Otomasyonların artması ile laboratuvarları bekleyen değişimler (Otomasyon).
Changes in terms of automation of laboratories (Automation)



Gelecekteki laboratuvar otomasyonunda / *Laboratory automation in future*

- Ortam şartları otomasyonu / *Lab condition automation*
- Depo kontrol otomasyonu / *Stock control automation*
- İş/Süreç otomasyonu / *Process automation*
- Enerji tüketimi otomasyonu / *Energy consumption automation*
- Ergonomik donanım / *Ergonomic furniture*

Laboratuvarlar da tasarlanırken yeni çağa ayak uydurmak için “akıllı binalar” gibi “akıllı laboratuvarlar” olarak kurmak günümüz şartlarında zorunluluk haline gelmiştir. Bu sebeple Laboratuvar tasarlanırken oluşturulması gereken ekip içine otomasyondan anlayan meslek grubunu da dahil etmek şarttır.

Laboratuvarların altyapısı hem kullanıcı odaklı hem de çevre odaklı olmasına özen gösterilmelidir.

İhtiyaca göre laboratuvarların,

- Klimatize ortam şartlarının,
- Depo kontrollerinin,
- İş ve süreçlerinin,
- Enerji tüketiminin otomasyonu ve
- Çalışma ortamının ergonomik olarak donatılması gerekmektedir.

Sonuç / Conclusion

Laboratuvarların Geleceği, Geleceğin Laboratuvarlarında /

Lab of the future, Future of the Lab (LoF, FoL);

- Gerekğinde ölçüm büyüklüklerinin tanımları yeniden yapılabilecektir (**Yeniden SI Birim Tanımlamalar**),
SI Units will be redefined, If necessary (SI Units Redefinition)
- Ölçüm cihazları evrilecek ve ölçüm metotları değişecek (**Cihazlar**),
Measuring devices will be evolved and measurement methods will be changed (Equipment)
- Ölçüm sonuçları bulut bilişime taşınacaktır (**Bulut Güvenlik**),
Measurement results will be migrated to cloud computing (Cloud Security)
- Daha az enerji harcayan ve otonom laboatuvarlar geçiş yapılacak (**Enerji**),
Less energy-consuming and autonomous laboratories will be transitioned (Energy)



Sonuç olarak

Laboratuvarların Geleceği, Geleceğin Laboratuvarlarında

Gerekğinde ölçüm büyüklüklerinin tanımları yeniden yapılabilecektir (**Tanımlamalar**),

Ölçüm cihazları evrilecek ve ölçüm metotlarındaki değişecektir (**Cihazlar**),

Ölçüm sonuçları ve veri güvenliği bulut bilişime taşınacaktır (**Güvenlik**),

Daha az enerji harcayan ve otonom laboatuvarlara geçiş yapılacaktır (**Enerji**),



Metroloji ile değişen bir gelecek bizleri bekliyor

Beni dinlediđiniz için teşekkür ederim.