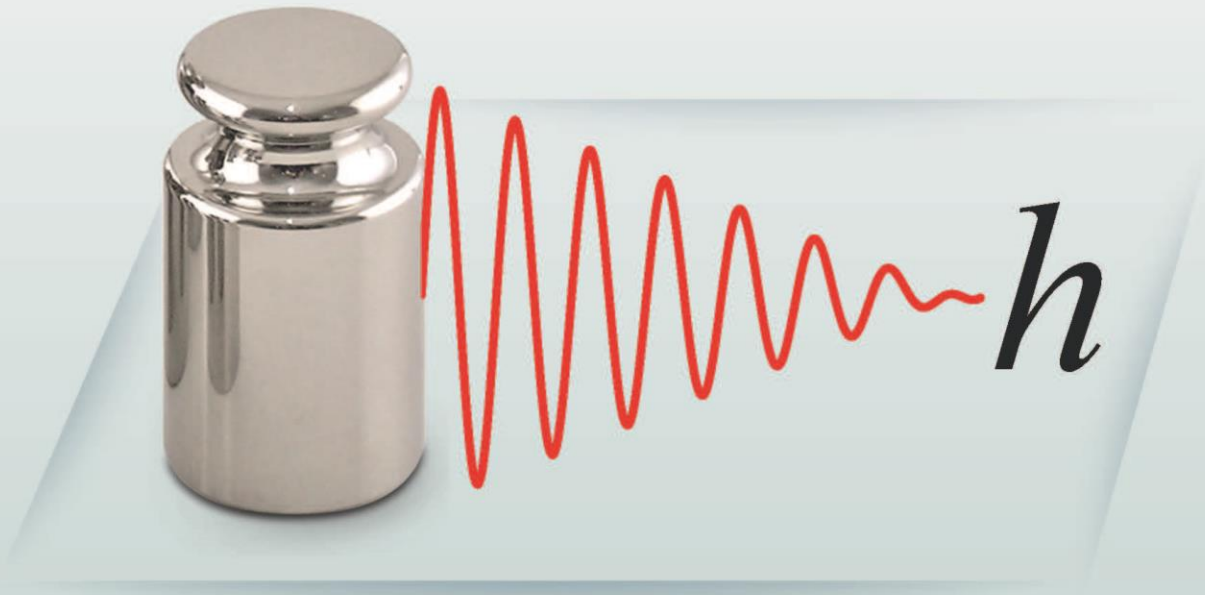
مجلس أبوظبي للجودة والمطابقة
ABU DHABI QUALITY AND CONFORMITY COUNCIL

الإمارات
THE EMIRATES

وحدات القياس

نشأتها وتطورها وتعريبها واستخداماتها ومتطلباتها القانونية وقواعد كتابتها



م. أسامة أحمد ملحم

الطبعة الثالثة
2020

طبعة خاصة على ضوء التعريفات الجديدة للنظام الدولي لوحدات القياس، التي أقرها المؤتمر العام السادس والعشرون للأوزان والمقاييس، بتاريخ 16 نوفمبر 2018، بشأن إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وصياغة الوحدات الأساسية السبعة بطريقة متجانسة ومرتبطة بالثوابت المحددة السبعة، والتي بدأ العمل بها اعتباراً من 20 مايو 2019.

صاحب السمو الشيخ خليفة بن زايد آل نهيان
رئيس دولة الإمارات العربية المتحدة
H.H.SHEIKH KHALIFA BIN ZAYED AL NAHYAN.
PRESIDENT OF THE UNITED ARAB EMIRATES

Late Sheikh Zayed Bin Sultan Al Nahyan

- جميع الحقوق محفوظة للمؤلف -

المحتويات

المقدمة

- مقدمة أمين عام مجلس أبوظبي للجودة والمطابقة 5
- مقدمة المؤلف 7

الفصل الأول – تطوروحدات القياس

1.1 تطور وحدات القياس عبر التاريخ 9
1.2 نظام وحدات بلانك 32
1.3 أهمية توحيد وحدات القياس 35
1.4 مستقبل المترولوجيا 37

الفصل الثاني – النظام الدولي لوحدات القياس والبادئات

2.1 مكونات النظام الدولي لوحدات القياس 41
2.2 الثوابت المحددة للنظام الدولي لوحدات القياس 42
2.3 الوحدات الأساسية 45
2.3.1 وحدة الطول (المتر) 46
2.3.2 وحدة الكتلة (الكيلوغرام) 48
2.3.3 وحدة الزمن (الثانية) 61
2.3.4 وحدة التيار الكهربائي (الأمبير) 65
2.3.5 وحدة درجة الحرارة الثيرموديناميكية (الكلفن) 67
2.3.6 وحدة كمية المادة (المول) 70
2.3.7 وحدة شدة الإضاءة (القنديلة) 72
2.4 الوحدات المشتقة المبنية على استخدام الوحدات الأساسية فقط 76
2.5 الوحدات المشتقة ذات الأسماء والرموز الخاصة 80
2.6 الوحدات المشتقة والتي أسماؤها ورموزها تحتوي على وحدات مشتقة بأسماء ورموز خاصة 93
2.7 الوحدات المشتقة اللابعدية 95
2.8 بادئات وحدات القياس 95
2.9 نظام كميات القياس 97
2.10 المصطلحات الخاصة بالقياسات ومعايير القياس وأدوات القياس 98
2.11 كيفية تحقيق تعاريف وحدات القياس 99
2.12 السلسلة المترولوجية للقياسات 99

2.13 المعاهد الوطنية للمترولوجيا 105
2.14 برامج المقارنة البينية للقياسات 108

الفصل الثالث - وحدات القياس المقبولة من خارج النظام الدولي للوحدات

3.1 المقدمة 111
3.2 وحدات القياس المقبولة بسبب كثرة استخدامها 111
3.3 وحدات قياس مقبولة مرحليا وضمن مواضيع محددة 112
3.4 وحدات قياس مقبولة حاليا ضمن مواضيع محددة، ويجب التوقف عن استخدامها بأسرع وقت ممكن 114
3.5 وحدات قياس مقبولة ضمن مواضيع محددة والتي تم تحديد قيمها بالتجربة العملية 116
3.6 وحدات القياس المحلية 116
3.7 تقدير الصاع النبوي وفق النظام الدولي للوحدات 117
3.8 المتطلبات القانونية لوحدات القياس 121

الفصل الرابع - قواعد تعريب ولفظ واستخدام وحدات القياس

4.1 المقدمة 123
4.2 قواعد تعريب أسماء الوحدات الدولية والبادئات 123
4.3 قواعد لفظ الوحدات الدولية للقياس 125
4.4 قواعد استخدام وحدات القياس والبادئات 125
4.5 قواعد كتابة وحدات القياس والرموز 137

المراجع 141

مقدمة
أمين عام مجلس أبوظبي للجودة والمطابقة

إيماناً بأهمية العلم والمعرفة في مواكبة التطور والنمو الذي تشهده دولة الإمارات العربية المتحدة ودعمًا لجهود حكومتنا الرشيدة الرامية إلى بناء اقتصاد متنوع وتنافسي مبني على المعرفة والابتكار يقود دولة الإمارات إلى مصاف الاقتصادات المتقدمة ويؤمن لأجيالها المستقبل الواعد، واتباعًا لخُطى قائدها المؤسس المغفور له الشيخ زايد بن سلطان آل نهيان «طيب الله ثراه» الذي أولى اهتمامًا جليًا لدعم العلم والمعرفة من أجل بناء الانسان والأوطان، وحثنا على بذل الجهد لترسيخ العلم والمعرفة في أمتنا قائلًا "الكتاب هو وعاء العلم والحضارة والثقافة والمعرفة والآداب والفنون، وأن الأمم لا تقاس بثرواتها المادية وحدها، وإنما تقاس بأصالتها الحضارية، والكتاب هو أساس هذه الأصالة والعامل الرئيسي على تأكيدها". لذلك أخذ مجلس أبوظبي للجودة والمطابقة، كونه يرعى معهد الإمارات للمترولوجيا والذي يعد المعهد الوطني للقياس، على عاتقه أمانة هذا الإرث وقام بالدور المنوط به في مجال البحث والتطوير في مناحٍ عدة منها علم وحدات القياس.

وفي هذا السياق يأتي هذا الكتاب ليضع لبنة هامة في مجال توحيد أسماء ورموز وحدات القياس المستخدمة في الوطن العربي، حيث يضم ملخصا لمعظم المواصفات القياسية العربية، ووثائق المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية، والمكتب الدولي للأوزان والمقاييس، ذات الصلة، وذلك على ضوء التعريفات الجديدة للنظام الدولي لوحدات القياس، التي أقرها المؤتمر العام السادس والعشرون للأوزان والمقاييس، بتاريخ 16 نوفمبر 2018، بشأن إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وصياغة الوحدات الأساسية السبعة بطريقة متجانسة ومرتبطة بالثوابت المحددة السبعة، والتي بدأ العمل بها اعتبارا من 20 مايو 2019.

والآن نحن نجني ثمار هذا الجهد الحثيث والعمل الدؤوب عبر نافذة علمية موحدة في مجال علم وحدات القياس والذي سوف يكون مرجعًا عليمًا يثري المكتبة العلمية في الوطن العربي ويستفيد منه الباحثين والطلبة الجامعيين والمعاهد الوطنية للقياس في وطننا العربي.

وأخيراً وجب علينا أن نشكر جهد مؤلف الكتاب المهندس/ أسامة أحمد ملحم، وفريق العمل بالمجلس، الذين جعلوا ظهور هذا المرجع العلمي الهام ممكنًا وجهدًا مكملًا لجهود "أبوظبي للجودة" للنهوض بالمعارف المتاحة في مجالات البنية التحتية للجودة.

د. هلال حميد ساعد الكعبي
أمين عام مجلس أبوظبي للجودة والمطابقة

مايو 2020

مقدمة المؤلف

يأتي هذا العمل ليسد ثغرة مهمة في مجال توحيد أسماء ورموز وحدات القياس المستخدمة في الوطن العربي، وذلك نظرا لما يعانيه الوطن العربي من حالة التشتت في هذا المجال، حيث نجد أن بعض الدول العربية، مثل الأردن، تستخدم وحدة الأوقية للدلالة على كتلة مقدارها 250 غراما، في حين أن نفس هذه الوحدة تساوي 200 غراما في سوريا. كما نجد أيضا أن الدونم في الأردن يساوي 1000 متر مربعاً، في حين انه يساوي 2500 متر مربعاً في العراق، والذي كان يعادل 919.3 متر مربعا أيام الإمبراطورية العثمانية، ناهيك عن الاختلاف في مقدار وحدة الرطل والصاع والجالون والفدان وغيرها الكثير من الوحدات.

أما في مجال رموز وحدات القياس، فنجد أن للكيلوغرام، على سبيل المثال، رموزا متعددة في الدول العربية، مثل الرمز كغ، والرمز كجم، والرمز كغم، وغيرها من الرموز التي تتفتق عنها أذهان التجار والصناعيين والمؤلفين وغيرهم. أما في مجال وحدات القياس، فحدث ولا حرج، حيث تعج الكتب المدرسية بالكثير من وحدات القياس غير المنسجمة مع النظام الدولي لوحدات القياس، فنجد في إحدى الكتب المنهجية تفريقا بين وحدة السعة ووحدة الحجم، حيث نصت هذه الكتب على أن وحدة السعة هي اللتر، وأن وحدة الحجم هي المتر المكعب، مضيفة بذلك وحدة جديدة للوحدات الأساسية للقياس. كما نصت هذه الكتب على أن وحدة قياس وزن الكميات الكبيرة هي الطن، أما الغرام، ويكتب أحيانا جرام، فهو وحدة قياس الذهب، وان وحدة قياس ارتفاع كمية الأمطار الساقطة على منطقة معينة هو المليلتر.

أما في مجال تعريف وحدات القياس، فنجد أن كثيرا من الطلبة، وعلى اختلاف مستوياتهم، لا يدركون تعريف الكيلوغرام أو المتر، ومما يحز في النفس، أن معظم طلبتنا الجامعيين، وأخص بالذكر، طلبة التخصصات العلمية، لا يستطيعون التفرقة بين الوحدات الأساسية والوحدات المشتقة.

أما في مجال معايير القياس ذات العلاقة بالأمور الشرعية، فإننا نجد أن قيمة الصاع مختلف عليها بين الأئمة، وتساوي حوالي 3 لترات عند الشافعي والمالكي والحنبلي، في حين أنها حوالي 4.5 لتر عند الإمام أبو حنيفة، وذلك على الرغم من أن توحيد معايير الحجم والوزن كان من المهام الأولى التي قام بها نبينا محمد (صلى الله عليه وسلم) بعد هجرته من مكة المكرمة إلى المدينة المنورة.

أما في مجال القوانين المترولوجية العربية، فما زلنا، وحتى هذا الوقت، نجد أن بعض القوانين المترولوجية العربية تنص على وجوب استخدام وحدات النظام المتري، علما أن هذا النظام قد تم استبداله عام 1948 بنظام (متر، كيلوغرام، ثانية، أمبير)، والذي يرمز له بالرمز (MKSA)، ثم استبداله أخيراً بالنظام الدولي لوحدات القياس، عام 1960، كما نجد أن بعض هذه الدول ما زالت تجيز استخدام وحدات القياس البريطانية وغيرها من الوحدات التي عفا عليها الزمن، في حين أن أصحاب هذه الوحدات، اقصد بريطانيا وأمريكا، قد بدؤا بالتخلي عن هذه الوحدات. أما في مجال مكونات النظام الدولي لوحدات القياس، فما نزال نشاهد مطبوعات جديدة صادرة عن جهات رسمية، تعج بالأخطاء الكبيرة في هذا المجال.

إن أهمية توحيد أسماء ورموز وتعاريف وحدات القياس، تتعدى ما يمكن أن يخطر على بال المواطن العادي، وذلك عندما نعلم أن مجلة الأوزان والمجتمع الهندية، تصرح بان من أسوأ ما فعله الاستعمار البريطاني في الهند، هو إيجاد ما يزيد على 150 نظام للقياس، مما يستحيل معها ازدهار الصناعة والتجارة، كما يؤدي إلى تفشي الغش والخداع بين المواطنين.

من هنا تبرز أهمية هذا العمل باعتباره خطوة أساسية لنشر المعرفة في مجال وحدات القياس، سيما أن ضبط المكاييل والأوزان هو واجب ديني وأخلاقي قبل أن يكون واجباً قانونياً، حيث اعتبر الإسلام العناية بالمكيال والميزان إحدى الركائز الرئيسية لاستقرار حياة الإنسان ونيل رضا الله تعالى.

تأتي هذه الطبعة الثالثة، على ضوء التعريفات الجديدة للنظام الدولي لوحدات القياس SI، التي أقرها المؤتمر العام السادس والعشرون للأوزان والمقاييس(CGPM)، الذي عقد في فرساي بفرنسا، بتاريخ 16 نوفمبر 2018، والتي تم بناء عليها إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وإعادة صياغة جميع الوحدات الأساسية السبعة بطريقة متجانسة ومرتبطة بالثوابت الطبيعية السبعة، على أن يتم العمل بهذه التعاريف ابتدأ من 20 مايو 2019.

وحيث أن الكمال لله وحده، وان النقص والسهو من طبيعة الإنسان، فإنني أرجو من خلال هذا العمل الذي ضم ملخصا لمعظم المواصفات القياسية العربية، ووثائق المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية، والمكتب الدولي للأوزان والمقاييس، ذات الصلة، أن يلقى حسن القبول عند ذوي الاهتمام، أملا أن يقوموا بتزويدي بمقترحاتهم البناءة للأخذ بها مستقبلاً.

-والله ولي التوفيق-

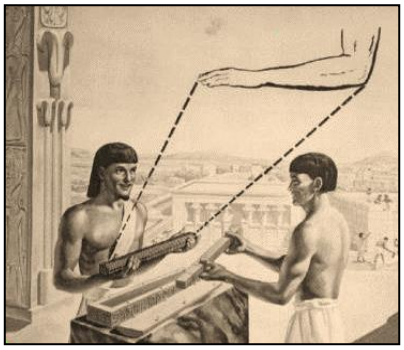
المهندس / أسامة أحمد ملحم
Osama.melhem@hotmail.com

6 مارس 2020

الفصل الأول
النظام الدولي لوحدات القياس والبادئات

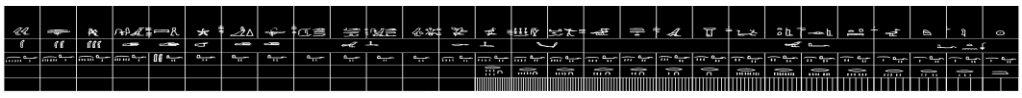
1.1 تطوروحدات القياس عبر التاريخ

لقد أدرك المصريون القدماء قبل حوالي 5000 عام أهمية القياس في البناء، حيث أصدر فرعون أمره لتكون المسافة من كوعه إلى نهاية إصبع يده الأوسط هي وحدة قياس الطول المعيارية التي يجب استخدامها، وهي ما عرفت بالذراع الملكي الفرعوني، وبالفعل فقد تم تصنيع الذراع الملكي الفرعوني المرجعي من مادة الجرانيت الأسود وفقا للقرار الفرعوني، والذي يعتبر حالياً أقدم معيار طول معروف بالتاريخ البشري (الشكل 1.1 و 1.2 و 1.3)، ومن ثم تم تصنيع أدوات قياس للعمال من قطع خشبية مساوية في الطول للذراع الملكي الفرعوني. وضمان دقة القياس لأدوات العمل بشكل مستمر، فقد أصدر فرعون أمره بأن على كل عامل لديه نسخة عن الذراع الملكي الفرعوني أن يقوم بمقارنته بالذراع الملكي الفرعوني المرجعي شهريا عند اكتمال البدر، وفي حال عدم القيام بذلك يتم معاقبة العامل بالإعدام، سواء كان ذلك بسبب النسيان أو الإهمال. لذلك لا نعجب حين نعلم أن المصريين القدماء قد استطاعوا بناء هرم الجيزة بخطأ مقداره 0.05 % من طول ضلعه البالغ 23.036 م، أي ما يعادل 12 مم عن القيمة المطلوبة[1].



الشكل (1.1): الذراع الملكي الفرعوني (Royal Cubit) والذي يعتبر أول معيار معروف في التاريخ البشري للطول، ويساوي طول ذراع يد فرعون من الكوع إلى نهاية الأصبع الوسطى، وقد تم صنعه من الجرانيت الأسود.

الشكل (1.2): مقارنة طول الذراع الملكي الفرعوني مع طول يد الإنسان حالياً.



الشكل (1.3): الذراع الفرعوني المصنوع من الجرانيت الأسود.

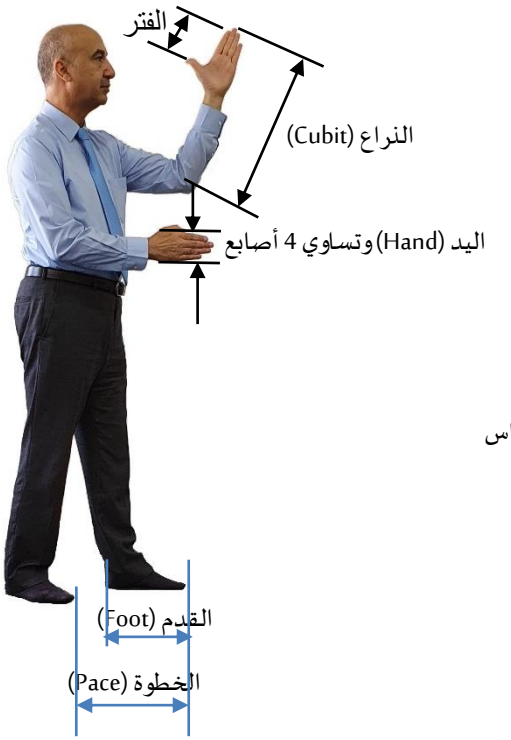
ووفقا للنسخة المحفوظة في متحف اللوفر، فإن طول هذا المعيار يبلغ 524 مم، إلا أن هنالك نسخ أخرى لهذا المعيار تتذبذب أطوالها من 457 مم إلى 531 مم نظراً لارتباط هذا المعيار بطول يد فرعون الحاكم في ذلك الوقت. وقد تم تقسيم الذراع الملكي الفرعوني إلى 28 تقسيمة موزعة على 7 أجزاء، ويبدو أن ذلك يعود لارتباط هذا المعيار بالشهر القمري.

[1] المرجع 12

وعلى الرغم من قدم النظام المترولوجي الفرعوني، إلا انه ما زال يعتبر نموذجا للأنظمة المترولوجية الحديثة التي نسعى لتطبيقها في شتى مجالات القياس، ويبين الشكل (1.4) هيكلية هذا النظام ابتدأ من تعريف وحدة القياس مرورا بتصنيع المعيار الأولي وانتهاء بمعايير العمل وأدوات القياس وبناء الأهرامات.

الشكل (1.4): النظام الفرعوني للقياس، والذي أدى إلى بناء الأهرامات بدقة عالية

كما قام المصريين القدماء باستخدام وحدات قياس أخرى مثل القدم والشبر واليد والخطوة، كما هو مبين بالشكل (1.5).



الشكل (1.5) استخدام أعضاء الجسم كوحدات قياس

ويبين الشكل (1.6) ساعة مائية قطرها 48.5 سم وارتفاعها 95 سم، تم صناعتها في عهد أمنحتب الثالث، يتم تحديد الوقت من خلال ارتفاع الماء بداخلها، حيث أنها مزودة بأحد عشر ثقبا لتسريب الماء خلال 12 ساعة.

وفي القرن الثالث قبل الميلاد، قام الإمبراطور الصيني **Qin Shi Huangdi** (من 259 ق.م إلى 210 ق.م)، بتوحيد الأوزان والمقاييس والعملة في الصين، ولهذا الإمبراطور تعزى الكثير من الأعمال مثل تحديد عرض أبواب المدينة، ووضع مواصفات الطرق، ومواصفات أنابيب المياه والأسلحة والعربات المدرعة، كما قام بالقضاء على نفوذ الإقطاعيين، وإنشاء حكومة مركزية قوية، ونظم الكتابة الصينية، وأمر بإكمال صور الصين العظيم الذي يبلغ طوله 2250 كم. (الشكل (1.7).

شكل (1.6) ساعة مائية من عهد أمنحتب الثالث، قطرها 48.5 سم وارتفاعها 95 سم

الشكل (1.7): الإمبراطور الصيني Qin Shi Huangdi (259 ق.م. إلى 210 ق.م.) الذي وحد الأوزان والمقاييس والعملة وكمل بناء صور الصين العظيم.

ونظراً لأهمية علم القياس وأثره على سلامة التبادلات التجارية بين الناس، فقد أرسل الله تعالى شعيب عليه السلام (القرن 13 ق.م إلى 14 ق.م) إلى قوم مدين، ليعظهم وينبههم إلى أهمية الميزان وعدم التلاعب به وعدم جواز استخدام أوزان للبيع وأوزان أخرى للشراء. قال تعالى:

" وَإِلَى مَدْيَنَ أَخَاهُمْ شُعَيْباً قَالَ يَا قَوْمِ اعْبُدُواْ اللّهَ مَا لَكُم مِّنْ إِلَـهٍ غَيْرُهُ وَلاَ تَنقُصُواْ الْمِكْيَالَ وَالْمِيزَانَ إِنِّيَ أَرَاكُم بِخَيْرٍ وَإِنِّيَ أَخَافُ عَلَيْكُمْ عَذَابَ يَوْمٍ مُّحِيطٍ ﴿84﴾ وَيَا قَوْمِ أَوْفُواْ الْمِكْيَالَ وَالْمِيزَانَ بِالْقِسْطِ وَلاَ تَبْخَسُواْ النَّاسَ أَشْيَاءهُمْ وَلاَ تَعْثَوْاْ فِي الأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴿85﴾ بَقِيَّةُ اللّهِ خَيْرٌ لَّكُمْ إِن كُنتُم مُّؤْمِنِينَ وَمَا أَنَاْ عَلَيْكُم بِحَفِيظٍ ﴿86﴾" (1)

ويبين الشكل (1.8) صورة من داخل مقام النبي شعيب في منطقة وادي شعيب بجانب مدينة السلط شمال العاصمة الأردنية عمان.

شكل (1.8)
مقام النبي شعيب عليه السلام في منطقة وادي شعيب بجانب مدينة السلط شمال العاصمة الأردنية عمان.
ويقف أمامه ولدي سيف الدين ملحم

1 سورة هود

ويمكن اعتبار هذه الرسالة من أقدم قانونين المترولوجيا القانونية وأهمها. كما أن العناية بالميزان قد لاقت جل الاهتمام في الكتب السماوية، حيث اعتبر العناية بالميزان واحدة من الوصايا العشر في القرآن الكريم. وقد ذكرت كلمة الميزان والوزن والمكيال والكيل في القرآن الكريم في الكثير من المواضع لأهميتها. قال تعالى:

وَلاَ تَقْرَبُواْ مَالَ الْيَتِيمِ إِلاَّ بِالَّتِي هِيَ أَحْسَنُ حَتَّى يَبْلُغَ أَشُدَّهُ وَأَوْفُواْ الْكَيْلَ وَالْمِيزَانَ بِالْقِسْطِ لاَ نُكَلِّفُ نَفْساً إِلاَّ وُسْعَهَا وَإِذَا قُلْتُمْ فَاعْدِلُواْ وَلَوْ كَانَ ذَا قُرْبَى وَبِعَهْدِ اللّهِ أَوْفُواْ ذَلِكُمْ وَصَّاكُم بِهِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿152﴾ ([1])

كما لقي الميزان أهمية بالغة في الكتب السماوية والديانات الأخرى حيث ورد في العهد القديم" لا يكن في كيسك أوزان مختلفة كبيرة وصغيرة ولا يكن في بيتك مكاييل كبيرة وصغيرة، وزن صحيح وحق يكون لك، ومكيال صحيح وحق يكون لك، تطول أيامك على الأرض"([2]).

يبين شكل (1.9) صورة نشرت على غلاف مجلة The Saturday evening post، بتاريخ 3 أكتوبر 1936، تبين تضارب المصالح بين البائع والمشتري، فيما يبين الشكل (1.10) صورة انتشرت عبر وسائل التواصل الاجتماعي للتاجر الفلسطيني، من مدينة الخليل، الحاج عبد الله عبد الفتاح السعيد (1895 – 1975)، وهو يقوم بتعويض وزن الكيس، خوفا من أن يصيب الحرام.

شكل (1.9) صورة نشرت على غلاف مجلة The Saturday evening post، بتاريخ 3 أكتوبر 1936، تبين تضارب المصالح بين البائع والمشتري

شكل (1.10) صورة انتشرت عبر وسائل التواصل الاجتماعي لتاجر فلسطيني، الحاج عبد الله السعيد وهو يقوم بتعويض وزن الكيس، خوفا من أن يصيب الحرام.

ولقد اهتم رسولنا محمد صلى الله عليه وسلم بدقة القياس، حيث أصدر أمره بعد هجرته من مكة المكرمة إلى المدينة المنورة بأن يعهد إلى أهل مكة بوحدة الوزن، ويعهد إلى أهل المدينة بوحدة الحجم (الصاع)، حيث قال عليه السلام "الوزن وزن أهل مكة، والمكيال مكيال أهل المدينة".([3])

1 سورة الأنعام

2 تثنية 15-25 : 13

[3] سنن أبو داوود كتاب البيوع

ونظرا للتفاوت الكبير في مقدار وتعريف الصاع، فقد قامت الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة بإصدار مواصفة خاصة بالصاع أطلقت عليها مواصفة الصاع النبوي المقدر (نظرا لعدم توفر الصاع النبوي الأصلي الذي يمكن معه البت بمقدار الصاع)، والتي تم تبنيها كمواصفة خليجية رقم GSO 2028:2010، قد بينت هذه المواصفة أن أصل قيمة الصاع هو أربع أمداد من أمداد الرسول صلى الله عليه وسلم وحدد قيمة الصاع بمقدار 3 لترات. الشكل (1.11).

وعلى الرغم من أهمية الصاع في الدين الإسلامي بسبب علاقته بالكفارات وصدقة الفطر، إلا أن قيمته قد تباينت كثيرا مع مرور الزمن، حيث تراوحت بين 1.5 لتر إلى حوالي 20 لترا، كما تراوح مفهومه بين كون الصاع وحدة حجم أم وحدة حجم، حيث نجد كثيراً من المراجع التي تذكر أن قيمة الصاع هي 2 أو 3 كغ أو خلافه.

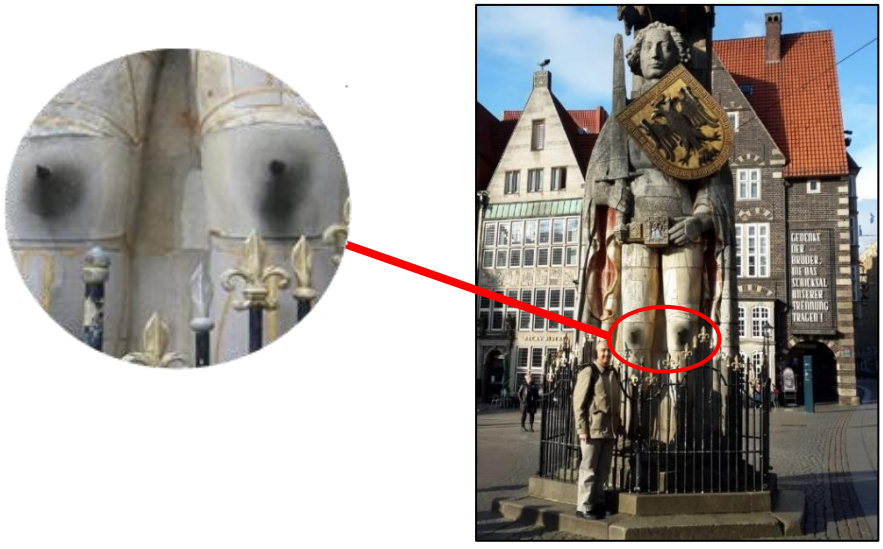
شكل (1.11) نسخة عن الصاع النبوي المقدر المحتفظ به في الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة في الرياض - السعودية

وهكذا استمر الأمر في الربط بين وحدات القياس وبين مقاسات ملوكهم وسلاطينهم وقادتهم، كما هو الحال أيضا في وحدة اليارد التي تم تحديدها بقرار من أن الملك هنري الأول (Henry I) الذي عاش خلال الفترة 1100 إلى 1135 م حين أصدر قرارا يقضي بأن اليارد يساوي المسافة من قمة أنف الملك إلى نهاية الإبهام الممدود (الشكل 1.12). وخلال فترة حكم الملك إدوارد الأول (Edward I) الذي عاش خلال الفترة 1272 إلى 1307 م فقد تم إصدار قرار ينص على أن الإنش يساوي 3 حبات من الشعير الجاف الدائري المقطع، وان كل 12 إنش تساوي قدم، وأن كل 3 أقدام تساوي اليارد أو ما يعرف بالولنا (ulna)، وأن كل 5.5 يارد أو ولنا (ulna) تساوي قصبة (perch) أو ما تدعى أيضا بالقضيب (rod)، وأن المساحة المساوية لـ (40 × 4) قصبة تساوي اكر (acre) والتي تعادل (4840) يارد مربع أو نحو 4000 م^2. ومن الطريف أن نعلم أن الأصل في تحديد طول القصبة (perch) قد تم تحديده من المسافة المناظرة لمجموع أطوال القدم اليسرى لأول 16 رجل يخرج من الكنيسة صبيحة يوم الأحد[1]، ومع مضي الزمن، فقد تغير تراوح طول القصبة من 16 قدم إلى 24 قدم.

[1] منشورات المختبر الوطني الفيزيائي البريطاني National Physical laboratory NPL

الشكل (1.12): الملك هنري الأول (Henry I)، 1100 إلى 1135، يصدر قراراً يقضي بأن اليارد يساوي المسافة من قمة أنفه إلى نهاية إبهامه الممدود، والذي يساوي 36 إنش (3 أقدام).

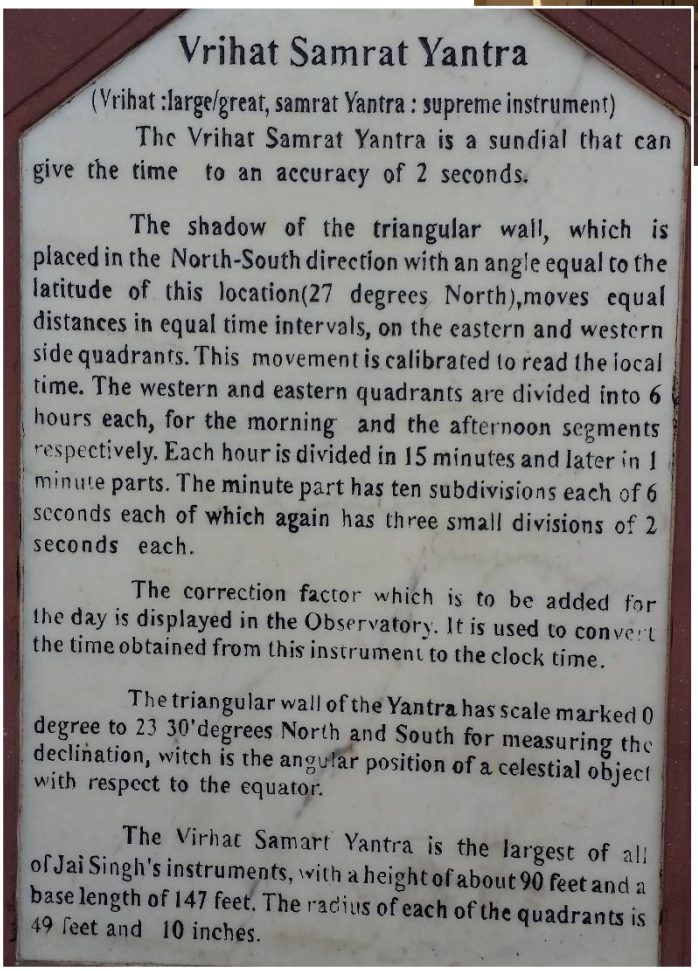
في عام 1404 تم بناء تمثال للثائر للألماني Roland في وسط مدينة Bremen شمال ألمانيا والذي يرمز للحرية، شكل (1.13)، وقد ثبت على ركبتيه مخروطين مدببين، وتمثل المسافة بين قمة هذين المخروطين الطول المعياري المستخدم



شكل (1.13) تمثال للثائر الألماني رولند في مدينة برمن في ألمانيا، حيث تعتبر المسافة بين ركبتيه المدببتين معياراً لوحدة الطول.

في ذلك الوقت، وبفضـــل هذا التمثال يتمكن المواطنون الألمان من إعادة التحقق من أطوال المواد والبضـــائع التي اشتروها من التجار.

أما في الهند، فقد تم في القرن الثامن عشـــر بناء العديد من المراصـــد الفلكية التي ضـــمت العديد من أدوات قياس الوقت ومواقع النجوم وميلان محور الأرض بالنســـبة للشـــمس، ويبين الشـــكل (1.14) أكبر ســـاعة زواليه (Sun dial) موجودة في المرصـــد الفلكي Jantar Mantar في مدينة جيبور Jaipor الهندية، والذي اكتمل بناؤه في عام 1734، وتستطيع هذه الساعة أن تقيس الوقت بدقة 2 ثانية، وتتكون من بناء يبلغ ارتفاعه 27.4 م ، وطول قاعدتها 44.8 م، ونصف قطر القرص 15.19 م.
فيما يبين الشـــكل (1.15) آلة حجرية أخرى في المرصـــد الهندي في جيبور، والتي تســـتخدم لقياس ميلان محور الأرض بالنسبة للشمس.



Vrihat Samrat Yantra

(Vrihat :large/great, samrat Yantra : supreme instrument)

The Vrihat Samrat Yantra is a sundial that can give the time to an accuracy of 2 seconds.

The shadow of the triangular wall, which is placed in the North-South direction with an angle equal to the latitude of this location(27 degrees North),moves equal distances in equal time intervals, on the eastern and western side quadrants. This movement is calibrated to read the local time. The western and eastern quadrants are divided into 6 hours each, for the morning and the afternoon segments respectively. Each hour is divided in 15 minutes and later in 1 minute parts. The minute part has ten subdivisions each of 6 seconds each of which again has three small divisions of 2 seconds each.

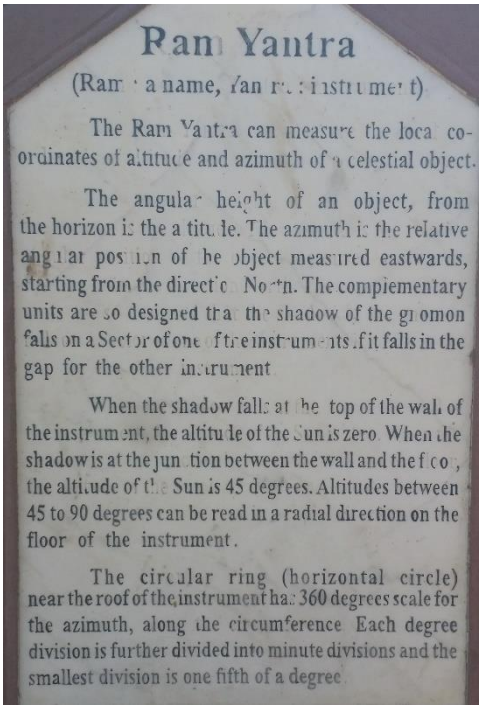
The correction factor which is to be added for the day is displayed in the Observatory. It is used to convert the time obtained from this instrument to the clock time.

The triangular wall of the Yantra has scale marked 0 degree to 23 30'degrees North and South for measuring the declination, witch is the angular position of a celestial object with respect to the equator.

The Virhat Samart Yantra is the largest of all of Jai Singh's instruments, with a height of about 90 feet and a base length of 147 feet. The radius of each of the quadrants is 49 feet and 10 inches.

شكل (1.14)

أكبر ساعة زواليه (Sun dial) موجودة في المرصد الفلكي Jantar Mantar في مدينة جيبور Jaipor الهندية، والذي اكتمل بناؤه في عام 1734، وتستطيع هذه الساعة أن تقيس الوقت بدقة 2 ثانية، وتتكون من بناء يبلغ ارتفاعه 27.4 م ، وطول قاعدتها 44.8 م، ونصف قطر القرص 15.19 م.



شكل (1.15): آلة حجرية في المرصد الهندي في جيبور، والتي تستخدم لقياس ميلان محور الأرض بالنسبة للشمس.

ولأهمية القياس في حياة الناس، فقد عمدت كل أمة على اعتماد معايير خاصة بها، حيث كانت معظم المقاييس مستمدة من البشر أنفسهم، مثل الذراع، والباع، والشبر، والبوصة، والقدم. ومع تقدم العلوم وازدياد حركة المبادلات التجارية فقد أصبح من الملّح إيجاد معايير مقبولة على مستوى العالم إلى أن جاء الفرنسي شارل موريس تاليران Talleyrand (1754إلى 1838)، شكل (1.16)، وهو سياسي ودبلوماسي وقائد عسكري فرنسي حيث لاحظ أن الحركة التذبذبية للبندول يتأثر بطول البندول والجاذبية الأرضية، وفقا للمعادلة

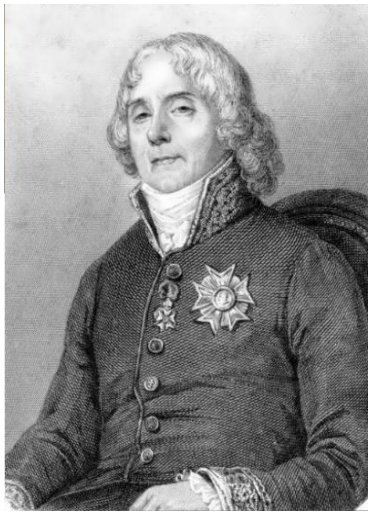
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$$

حيث:

T : الزمن الدوري

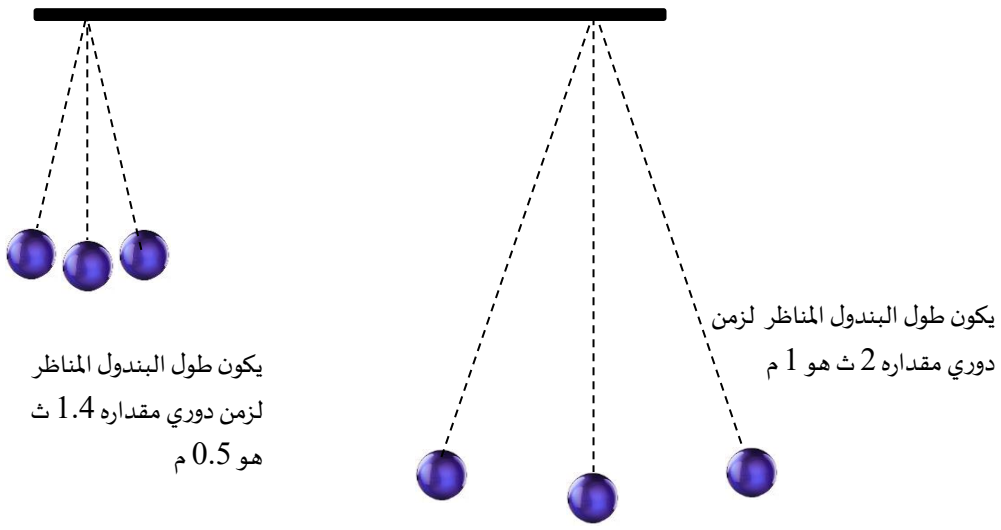
L : طول البندول

g : الجاذبية الأرضية



الشكل (1.16): الدبلوماسي الفرنسي شارل موريس تاليران Talleyrand (1754 إلى 1838)

وعليه فقد قام في عام 1790 بتثبيت كرة معدنية إلى خيط وبدأ بتغيير طول الخيط إلى أن حصـــل على الطول الذي يعطي زمن دوري مقداره ثانيتين (ثانية واحدة ذهابا، وثانية واحدة إياباً)، واقترح أن يكون طول البندول المناظر لهذه الفترة الزمنية هو وحدة المتر، كما هو مبين بالشـكل (1.17)، إلا أن اقتراحه لم يلق موافقة العلماء الآخرين باعتبار أن هذا الطول ما زال مقترنا بالجاذبية الأرضية لمكان إجراء التجربة.



شكل (1.17): العلاقة بين طول البندول والزمن الدوري

وعليه فقد واصـــل العلماء الفرنســـيين العمل على إيجاد معايير قياس مبنية على الطبيعة أو على ظواهر طبيعية، بحيث تكون مقبولة لدى جميع الأمم، إلى أن اعتمد النظام العشـري المتريDecimal Metric System في فرنســا، وفي عام 1790 طلب التجمع الوطني التأســيســي National Constituent Assembly، من الأكاديمية الفرنســية للعلوم French Academy of Science، إيجاد وحدة طول مرتبطة بالطبيعة، وعليه فقد اتفق على أن المتر الطولي هو مقدار

جزء واحد من عشـــرة ملايين جزء من ربع محيط الكرة الأرضـــية، بافتراض أن محيط الكرة الأرضـــية المار بالقطبين يساوي 40000 كم، وهو قريب فعليا من القيمة المتوسطة المعروفة حاليا والبالغة 40075 كم.

وقد تم تنفيذ القياسات خلال الفترة 1792 إلى 1798، من قبل الفلكيين Jean-Baptiste Delambre و Pierre Méchain، (الشكل 1.18)، من نقطتين على مستوى سطح البحر، الأولى هي Dunkerque في شمال فرنسا، وتحديدا من Beffroi Dunkerque، والأخرى في برشلونة Barcelona – إسبانيا، وتحديدا من Castell de Montjuïc (Barcelona)، واللتان تفصلهما مسافة مقدارها 1100 كم، وتقعان على نفس خط الطول الذي يمر بقطبي الكرة الأرضية. حيث نفذ Jean-Baptiste Delambre القياسات من Dunkerque إلى Rodez، فيما نفذ Pierre Méchain القياسات من Rodez إلى Barcelona. وكانت نقطة الالتقاء هي كاتدرائية رودز Rodez Cathedral. شكل (1.19).

ونظرا لطبيعة الأرض، فلم تكن القياسات على شكل خط مستقيم، وإنما على شكل طريق متعرج من الخطوط المستقيمة،

المساح والفلكي الفرنسي
Pierre Méchain
1804 - 1744

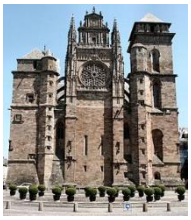
الرياضي والفلكي الفرنسي Jean-Baptiste Delambre
1822-1749

الشكل (1.18)

ومما يذكر في هذا المجال أن المسح الميداني اللازم لتحديد المتر كان شاقا وطويلا وتضمن الكثير من التضحيات، حيث أن الحرب بين فرنســا وأشــبانيا كانت على الأبواب، وبما أن مســار تحديد وحدة الطول بدأت من مدينة دنكرك Dunkirk في فرنســا إلى مدينة برشــلونة Barcelona في إســبانيا، فقد قبض على الأشـخاص الذين قاموا بإجراء هذا المسح، لعدة مرات، بتهمة التجسس لصالح فرنسا. ([1])

[1] منشورات المختبر الوطني الفيزيائي البريطاني National Physical laboratory NPL

Beffroi Dunkerque



Rodez Cathedral

Castell de Montjuïc (Barcelona)

شكل (1.19): المسافة التي تم قياسها لتعريف وحدة المتر

وبتاريخ 7 ابريل 1795، وخلال فترة المسح التي كان ينفذها الفلكيين Jean-Baptiste Delambre و Pierre Méchain، ونظرا للصعوبات الكبيرة التي واجهت عملية المسح، فقد قامت اللجنة المشكلة من الأكاديمية الفرنسية للعلوم French Academy of Science بتحديد قيمة المتر، بشكل مؤقت، بناء على مسوحات سابقة. (الشكل 1.20).

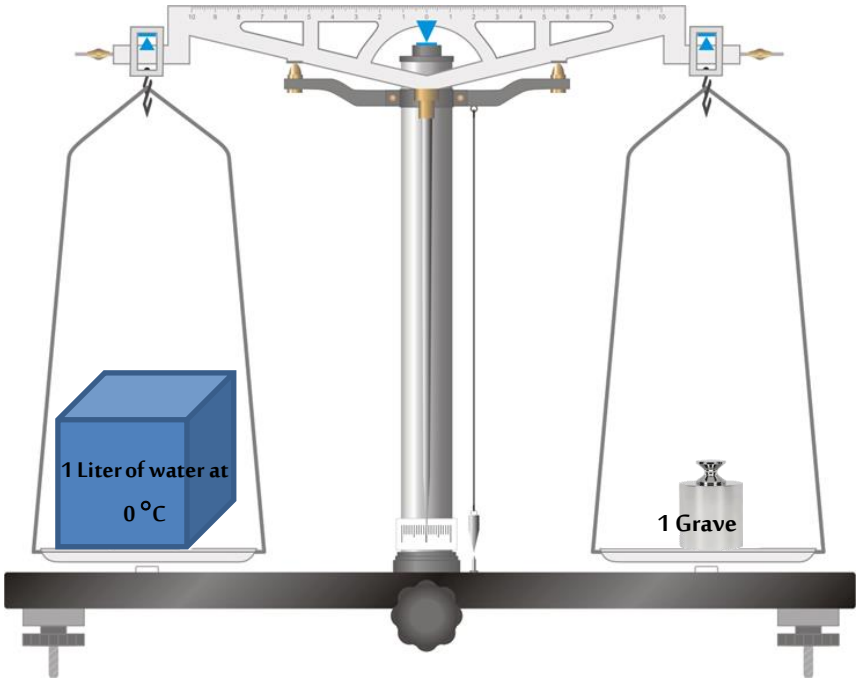
الشكل (1.20): نسخة عن المتر المؤقت لذي تم إقراره في عام 1795، والمثبت على جدار العمارة 36 rue de Vaugirard, Paris خلال الفترة 1796 إلى 1797

وفي عام 1798 تم الانتهاء من تصنيع النموذجي الأولي للطول، من سبيكة البلاتين، وحفظه كمرجع أساسي في فرنسا بتاريخ 22 يونيو 1799. (الشكل 1.21).

شكل (1.21): طابع تذكاري فرنسي بمناسبة إقرار النظام المتري بتاريخ 7 ابريل 1795، الذي يعتمد على اعتبار أن المتر يساوي جزء واحد من عشرة ملايين جزء من ربع محيط الكرة الأرضية.

أما فيما يتعلق بوحدة الكتلة، كانت وحدة "Grave" والتي يعود أصلها لليونانية وتعني الجاذبية "Gravity" هي وحدة الوزن السائدة الاستخدام في فرنسا. وبهدف إنشاء نظام قياسات مبني على ظواهر فيزيائية ثابته، فقد أصدر الملك الفرنسي لويس السادس عشر (1754 –1793) قراره بتشكيل لجنة ملكية لإنشاء نظام عشري لوحدات القياس والتي ضمت العالم الكيميائي الأرستقراطي الشهير "أنطوان لافوازييه" Antoine Lavoisier (1743-1794)، والذي بدأ

عمله في هذا المجال عام 1787 إلى أن توصـل في عام 1793 إلى تحديد قيمة ال "Grave" بكتلة ديسـيمتر مكعب (لتر) من الماء عند درجة حرارة ذوبان الجليد (صفر سلسيوس) نظراً للاستقرار العالي لهذه الدرجة. أنظر الشكل (1.22).
وبعد قيام الثورة الفرنسـية (1789إلى 1799)، أعدم أنطوان لافوازييه بتاريخ 8 مايو 1794بتهمة ترطيب تبغ الجيش وتحصيل الضرائب خلال عمله في لجنة المعايير المترية، وذلك على الرغم من عدم ثبوت التهمة عليه، وما زالت العبارة التـي قيلت له في قاعة المحكمة: "الجمهورية ليست بحاجة إلى علماء بل بحاجة إلى عدالة" وصمة عار في تاريخ القضاء



شكل (1.22): في عام 1793 تم تعريف قيمة ال "Grave" بكتلة ديسـيمتر مكعب (لتر) من الماء عند درجة حرارة ذوبان الجليد (صفر سلسيوس) نظراً للاستقرار العالي لهذه الدرجة

الفرنسي.
بتاريخ 7 إبريل 1795 أصدرت الحكومة الفرنسية الجديدة بإصدار قرارها باعتبار الغرام (gramme) الوحدة الرسمية للكتلة، وتسـاوي كتلة واحد سـنتمتر مكعب من الماء عند درجة ذوبان الجليد، إلا أن هذه الوحدة لم تكن من الناحية العملية مقبولة لصغرها، لذلك بقي استخدام ال Grave مستمرا باعتباره مساويا لألف غرام.
وفي العام نفسـه (1795) قام العلماء الفرنسـيين بإعادة تحقيق وحدة ال Grave بناء على كتلة لتر من الماء عند درجة حرارة 4 سلسيوس، والتي يكون الماء عندها ذو أعلى كثافة له.
ونظرا لارتباط كلمة Grave باللقب الألماني الأرسـتقراطي (Graf) الـذي كان يمنح للنبلاء والملوك الألمان، حتى عـام 1919، وكذلك بسـبب ارتباط كلمة Grave بالعالم أنطوان لافوازييه، فقد رفضـت الحكومة الفرنسـية الجديدة، التي ترفع شـعار المسـاواة للجميع، هذه التسـمية واسـتبدلته باسـم (kilogram)، وهذا هو السـبب التاريخي لوجود البادئة (Kilo) مع وحدة القياس (gram).
بتـاريخ 22 يونيو 1799 أقرر أول كيلوغرام من مـادة البلاتين، والـذي أطلق عليـه بـالفرنسـيـة " Kilogramme des Archives" أي "الكيلوغرام المحفوظ"، كما أقر أول متر مرجعي الشكل (1.23).

شكل (1.23): "Kilogramme des Archives" أي "الكيلوغرام المحفوظ" ومعيار الطول

في عام 1832 استطاع العالم جاوس Gauss تحديد القوة المطلقة للمغناطيسية الأرضية باستخدام نظام (الغرام، المليمتر، الثانية). وفي السنوات التالية استطاع العالم جاوس مع العالم فيبر Weber توسيع هذه الوحدات لتشمل الظواهر الكهربائية. حيث طبقت هذه الوحدات في مجال الكهرباء والمغناطيسية حتى عام 1860، وذلك بواسطة العالمين ماكسويلMaxwell وتوماسون Thomason، وذلك من خلال الاتحاد البريطاني لتقدم العلوم(BAAS) ([1])، الذي صاغ متطلبات إنشاء نظام وحدات القياس المتجانس System of units، الذي يضم وحدات قياس أساسية ووحدات قياس مشتقة.

وعلى الرغم من أن الشكوك لم تساور العلماء الفرنسيين بأن هذا النظام سيتم تبنيه بسهولة من قبل المجتمع الدولي لما له من صبغة عالمية، إلا أن هذا النظام قد بقي يواجه بعض المعارضات من داخل وخارج فرنسا، إلى أن دعت الحكومة الفرنسية في عام 1870 ممثلين عن 15 دولة للحضور إلى باريس لاطلاعهم على هذا النظام، وفي عام 1872 دعي إلى اجتماع آخر حضره ممثلين عن 30 دولة منهم 11 مثلاً من القارة الأمريكية.

وفي عام 1874 قام الاتحاد البريطاني لتقدم العلوم (BAAS) بإدخال نظام (Centimeter, Gram, Second) أو ما يعرف بنظام (CGS)، وكذلك بإدخال البادئات من الميكرو (micro) إلى الميغا (mega).

بتاريخ 20 مايو 1875، والذي يعرف حالياً باليوم العالمي للمترولوجيا، وقعت اتفاقية المتر من قبل 17 دولة، هي:

1- فرنسا
2- ألمانيا
3- إيطاليا
4- النمسا
5- بلجيكا
6- الدنمارك
7- الأرجنتين
8- فنزويلا
9- البرتغال
10- رومانيا
11- روسيا

[1] British Association for the Advancement of Science = BAAS

12- إسبانيا
13- السويد
14- سويسرا
15- تركيا (الإمبراطورية العثمانية)
16- الولايات المتحدة الأمريكية

حيث التزمت هذه الدول بتبني النظام المتري أساساً لوحدة الطول والكتلة (انظر شكل 1.24). وعلى إثر هذه الاتفاقية تأسس المكتب الدولي للأوزان والمقاييس **BIPM** ([1]) (انظر شكل 1.25)، لحل جميع المشاكل المتعلقة بالمترولوجيا العلمية. ويبلغ حالياً عدد الدول الموقعة على هذه الاتفاقية، لغاية 6 أغسطس 2019، 61 دولة أعضاء (Member states)، إضافة إلى 41 دولة واقتصاديات منتسبة (Associate states and economies)، يمثلون المؤتمر العام للأوزان والمقاييس **CGPM** ([2]) **والذي** ويعقد اجتماعاً دورياً بواقع مرة واحدة كل أربع سنوات بهدف اعتماد أو مراجعة الوحدات الدولية بناء على آخر ما توصلت إليه المترولوجيا الأساسية. وتقوم اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس **CIPM** ([3]) والمكونة من 18 ممثلاً من الدول الموقعة على الاتفاقية بالإشراف على أعمال المكتب الدولي للأوزان والمقاييس **BIPM**.

شكل (1.24): طابع تذكاري فرنسي بمناسبة توقيع اتفاقية المتر بتاريخ 20 مايو 1875م من قبل 17 دولة. ويدعى هذا اليوم باليوم العالمي للمترولوجيا.

شكل (1.25): شعار المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM).

وحيث أن هذه الوحدات لم تلبي الاحتياجات المطلوبة في مجال الكهرباء والمغناطيسية، فقد قامت في عام 1880 كل من BAAS والكونجرس الدولي للكهرباء International Electrical Congress (IEC) والذي هو سلف اللجنة الدولية الكهروتقنية International Electrical Commission (IEC) بإقرار نظام متجانس للوحدات يحتوي على وحدة الأوم (Ohm) والفولت (Volt) والأمبير (Amper).

ونظراً لانخفاض صلابة معدن البلاتين فقد تم العمل على إيجاد سبيكة ذات صلابة أعلى ولها نفس الصفات الأخرى من حيث مقاومة الصدأ والتآكل، وفي عام 1879 صنع كيلوغرام من أسطوانة قطرها وارتفاعها يساوي حوالي 38 مم، من سبيكة البلاتين (90 %) مع الراديوم (10 %) في مسكبة Hatton Garden في منطقة الصاغة (jewelry district) في لندن، وتم نقلها بعد ذلك لتحفظ في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس International Bureau of Weights and

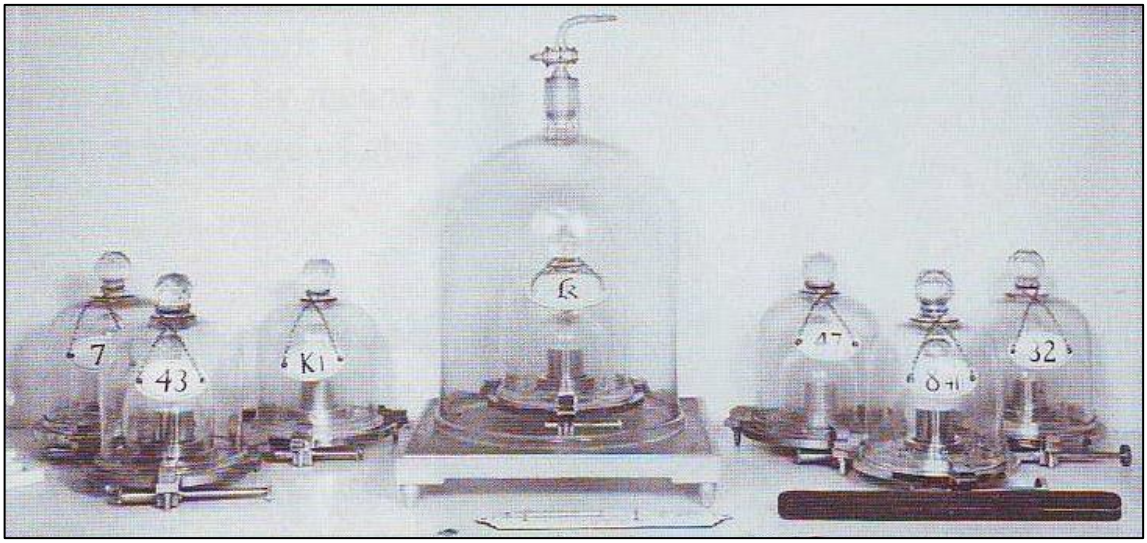
[1] Bureau International des Poids et Mesures = BIPM
[2] Conference Generale des et Mesures = **CGPM**
[3] Comite Internationale des Poids et Mesures = **CIPM**

Measures (BIPM) في مدينة سـيفير في ضـواحي باريس، في عام 1889 تم إقرار هذا الكيلوغرام وأطلق عليه اسـم International Prototype Kilogram أي النموذج الدولي للكيلوغرام، وتم إعطاؤه الرمز (K) لتعتبر بذلك هي وحدة الكتلة المساوية تماما للكيلوغرام، الشكل (1.26).

شكل (1.26): النموذج الدولي للكيلوغرام
International Prototype Kilogram
IPK

ومن الجدير بالذكر أنه عندما تصنيع النموذج الدولي للكيلو غرام فقد صنعت أربعون نسخة أخرى من نفس سبيكة البلاتين والراديوم، وترقيمها، وتم الاحتفاظ بسـتة نماذج منها، تسـمى النسـخ الرسـمية (official copies)، وتحمل الأرقام 7 و (41)8 و 32 43 و 47 و K1 ، فيما وزع نسـخة عن هذا النموذج للدول الأعضـاء خلال أول اجتماع عقد للجنة الدولية للأوزان والمقاييس CIPM عام 1889 لتكون عبارة عن المعيار الوطني لتلك الدول، وذلك بعد تدوين الفروقات بين هذه النماذج والنموذج الدولي للكيلوغرام.

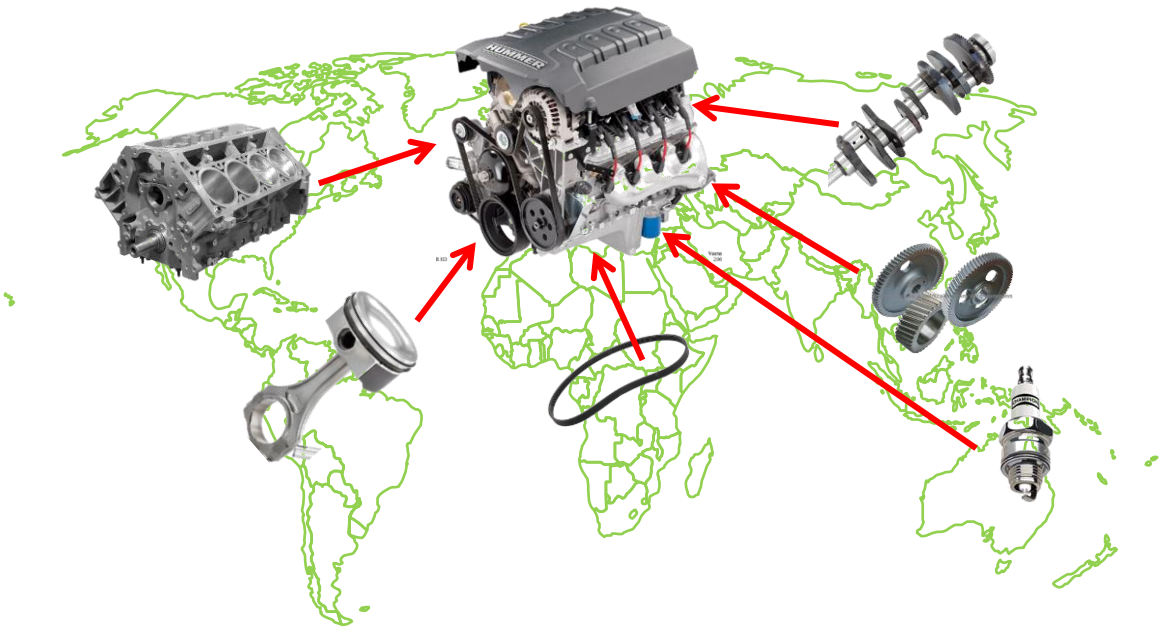
وما زال النموذج الدولي للكيلوغرام داخل ثلاثة أوعية زجاجية، بالإضـافة للسـتة نماذج المنسـوخة عنه، داخل خزنة لها ثلاثة مفاتيح في التسـوية الأرضـية للمكتب الدولي للأوزان والمقاييس في ضـواحي باريس، الشـكل (1.27)، ويحتفظ بهذه المفاتيح ثلاث مندوبين من ثلاث دول.



شكل (1.27): النموذج الدولي للكيلوغرام الذي يحمل الحرف (K) بالمنتصف ويحيط به النسخ الرسمية الست (7, 43, K1, 32), 8(41), 47 إضافة لموازين قياس درجة الحرارة

في عام 1901 بين العالم Giorgi إمكانية إضـافة الوحدات الكهربائية إلى النظام الثلاثي (المتر، الكيلوغرام، الثانية) لتكوين نظام رباعي الأبعاد، وذلك باستخدام إما وحدة الأوم أو الفولت أو الأمبير.

وخلال الحرب العالمية الأولى (1914 إلى 1918)، والحرب العالمية الثانية (1939 إلى 1945) ظهرت الحاجة بشكل كبير لتوحيد القياسات، بسبب الحاجة للإنتاج الكمي الكبير Mass production، وما رافقه من الحاجة لتجميع المعدات المصنعة من قبل جهات متعددة، وظهور الحاجة لخاصية التبادل للقطع المصنعة Interchangeability parts. شكل (1.28) والتي تعني أن أي قطعة مصنعة ضمن المواصفات المطلوبة، يمكن أن يتمر تركيبها ضمن النظام الذي سيتم تجميعه، دون الحاجة لإعادة ضبط أبعاده.



شكل (1.28): أدت الحرب العالمية الأولى والثانية لظهور الحاجة لتوحيد القياسات والمواصفات للقطع لضمان تبادلها بشكل عشوائي دون الحاجة لأداة لضبط مقاساتها.

في عام 1948 اعتمدت وحدتين إضافيتين للنظام المتري من قبل الدول الموقعة على الاتفاقية، وهما الثانية والأمبير فيما يعرف بنظام MKSA أي (meter, kilogram, second, ampere). كما وجه طلب من الاتحاد الدولي للفيزياء International Union of Physics بتبني نظام دولي عملي لوحدات القياس، مبني على نظام Meter, Kilogram, Second والذي يرمز له بالرمز MKS، بالإضافة إلى وحدة قياس كهربائية. إلا أن الاتحاد الدولي للفيزياء لم يطلب من الفيزيائيين التخلي عن نظام centimetre, gram, second والذي يرمز له بالرمز CGS.

بالإضافة إلى ذلك فقد تلقى المؤتمر العام التاسع للأوزان والمقاييس، عام 1948، طلبا مماثلا من الحكومة الفرنسية، بالإضافة إلى تقديمها مسودة يمكن استخدامها كأساس لمناقشة تأسيس مواصفة كاملة لوحدات القياس، وعليه طلب من اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس CIPM دراسة إمكانية تأسيس قواعد كاملة لوحدات القياس، وتقديم التوصيات لتأسيس نظام دولي للوحدات قابلا للتطبيق، ويمكن أن يتم تبنيه من قبل البلدان الموقعة على اتفاقية المتر. وفي المؤتمر نفسه، وضعت المبادئ الأساسية لكتابة وحدات القياس ورموزها.

في المؤتمر العام العاشر للأوزان والمقاييس CGPM والذي عقد في عام 1954، أقرت وحدة درجة الحرارة الثيرموديناميكية (degree Kelvin [1]) والقنديلة (candela) والأمبير (Amper).

[1] في المؤتمر العام الثالث عشر للأوزان والمقاييس، عام 1967-1968، تم تغيير هذه الوحدة إلى Kelvin

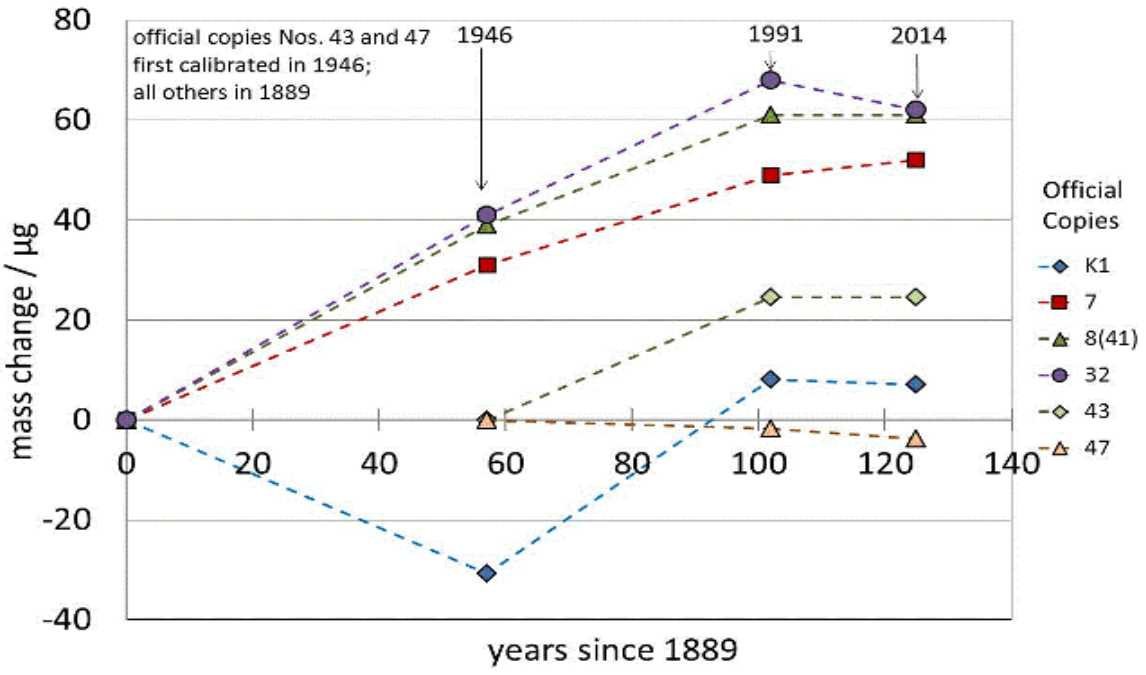
في المؤتمر الحادي عشـــر للأوزان والمقاييس، عام 1960، تم إعادة تعريف المتر بحيث تم ربطه بالطول الموجي لذرة الكربيتون (Kr 86)، بهدف تحقيق دقة عالية لقياسات الأبعاد، وربط المتر بمادة طبيعية ثابته. وفي المؤتمر ذاته 1960 تم الاتفاق على نظام الدولي للوحدات وذلك من خلال المؤتمر العام الحادي عشـــر للأوزان والمقاييس **CGPM**، والذي أصـــبح يعرف بالنظام الدولي للوحدات (**SI**) Le System International d' Unites، شـــكل (1.29)، والذي يضـــم الوحدات الأســـاســـية التي تم تبنيها في المؤتمر العام العاشـــر للأوزان والمقاييس، عام 1956، بالإضـــافة إلى رموزها، والوحدات المشـــتقة، والبادئات، التي أطلق عليها فيما بعد ببادئات النظام الدولي للوحدات (SI prefixes). ومنذ ذلك الحين تم عقد العديد من اللقاءات بين CGPM وCIPM لإجراء التعديلات اللازمة على النظام الدولي للوحدات SI وذلك لمراعاة التقدم العلمي واحتياجات المستخدمين.

شكل (1.29):
في عام 1960 تم إقرار النظام الدولي للوحدات، والذي يشمل ست وحدات أساسية

شكل (1.30):
في عام 1971 تم إضافة المول (mole) كوحدة قياس دولية لمقدار المادة ليصبح بذلك عدد الوحدات الدولية للقياس مساوياً لسبع وحدات أساسية.

وفي المؤتمر العام الرابع عشر للأوزان والمقاييس CGPM والذي عقد في عام 1971توسعت هذه الوحدات لتشمل المول (mole) كوحدة قياس دولية لمقدار المادة ليصبح بذلك عدد الوحدات الدولية للقياس مساوياً لسبع وحدات أساسية. شكل (1.30).

ومع مرور الســنوات واجه العالم مشـكلة في تغير وزن النسـخ الســتة المحفوظة مع النموذج الدولي للكيلوغرام بمقدار تجاوز 60 ميكروغرام بعد حوالي 125 عاما من حفظه في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس عام 1889، كما هو مبين بالشـــكل (1.31)، وعليه فقد بدأ العلماء يعملون على إيجاد حل لهذه المشـــكلة من خلال ربط هذه المعايير بالظواهر بالثوابت الفيزيائية مثل ثابت بلانك (h) ومقدار وحدة الشـحنة الكهربية (e) وعدد أفوجادرو NA وسـرعة الضـوء C وغيرها.



شكل (1.31): تغير أوزان النسخ الست المحفوظة في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس، مقارنة بالنموذج الدولي للكيلوغرام الذي يحمل الحرف (K)

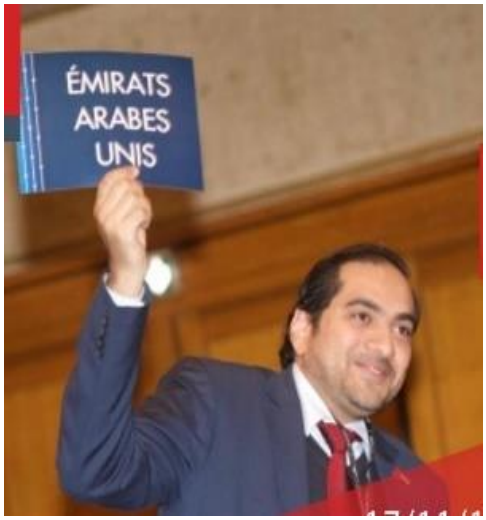
في عام 1999، أقر المؤتمر العام الحادي والعشـــرين للأوزان والمقاييس GCPM أن تقوم المعاهد الوطنية للمترولوجيا بإيجاد بديل عن النموذج الدولي للكيلوغرام (International Prototype of the kilogram) المحفوظ في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس، يرتبط بمعايير طبيعية ثابته.

عام 2007 تقدمت اللجنة الاستشارية لقياس الحرارة (CCT) Consultative Committee for Thermometry بتقرير إلى اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس CIPM يبين أن التعريف الحالي لدرجة الحرارة غير كاف ولا سيما لدرجات الحرارة الأقل 20 كلفن وأكبر من 1300 كلفن، وأشارت اللجنة أن ثابت بولتزمان Boltzmann Constant يعطي أساساً أفضل لقياس درجة الحرارة من النقطة الثلاثية لماء.

في عام 2011، اتخذ المؤتمر العام للأوزان والمقاييس (CGPM)قرارا بإحاطة الأعضـــاء بالعلم بنيته لمراجعة النظام الدولي لوحدات القياس ووضع خريطة طريق مفصلة نحو التغييرات المستقبلية.

في نوفمبر 2014، اتخذ المؤتمر العام للأوزان والمقاييس (CGPM) قراراً بشـــأن المراجعة المســـتقبلية للنظام الدولي لوحدات، والتي ستشمل 4 وحدات أساسية، هي الكيلوغرام استنادا على القيمة العددية لثابت بلانك (h)، والأمبير استنادا على القيمة العددية الثابتة الشحنة الأولية (e)، والكلفن استنادا على القيمة العددية ثابت بولتزمان (kB)، والمول استنادا على القيم العددية لثابت أفوغادرو (N_A). كما سيتم إعادة صياغة جميع تعاريف الوحدات الأساسية بشكل متناسق باستخدام العلاقات الرياضية للثوابت الطبيعية اللازمة لتحقيق هذه الوحدات بطريقة عملية.

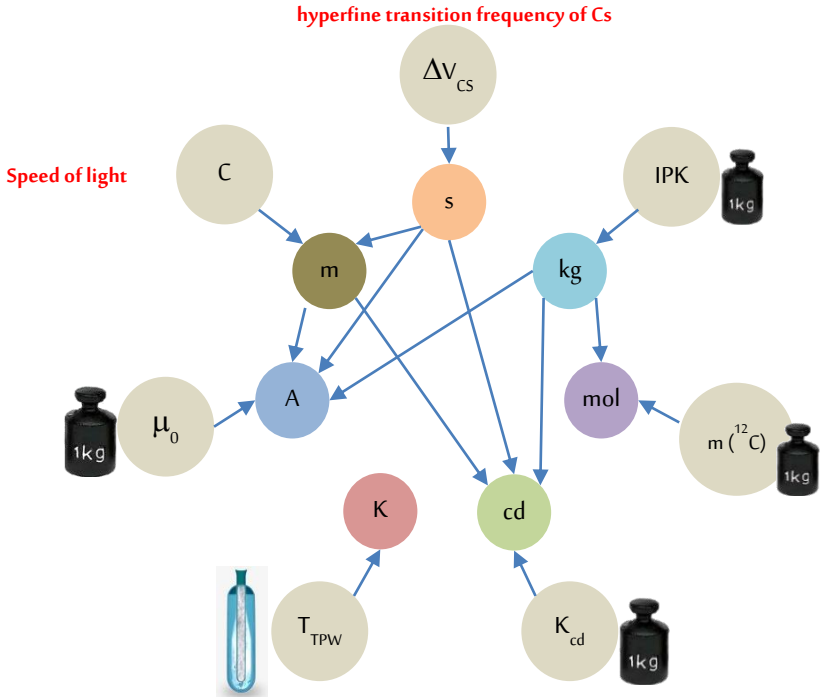
بتاريخ 16 نوفمبر 2018 أقر المؤتمر العام الســـادس والعشـــرون للأوزان والمقاييس(CGPM)، والذي عقد في فرســـاي بفرنســـا، إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وإعادة صـياغة جميع الوحدات الأســـاســـية الســـبعة بطريقة متجانســـة ومرتبطة بالثوابت الطبيعية الســـبعة، على أن يتم العمل بهذه التعاريف ابتدأ من 20 مايو 2019. ويبين الشكل (1.32) صورة لتصويت الإمارات العربية المتحدة لصالح القرار.



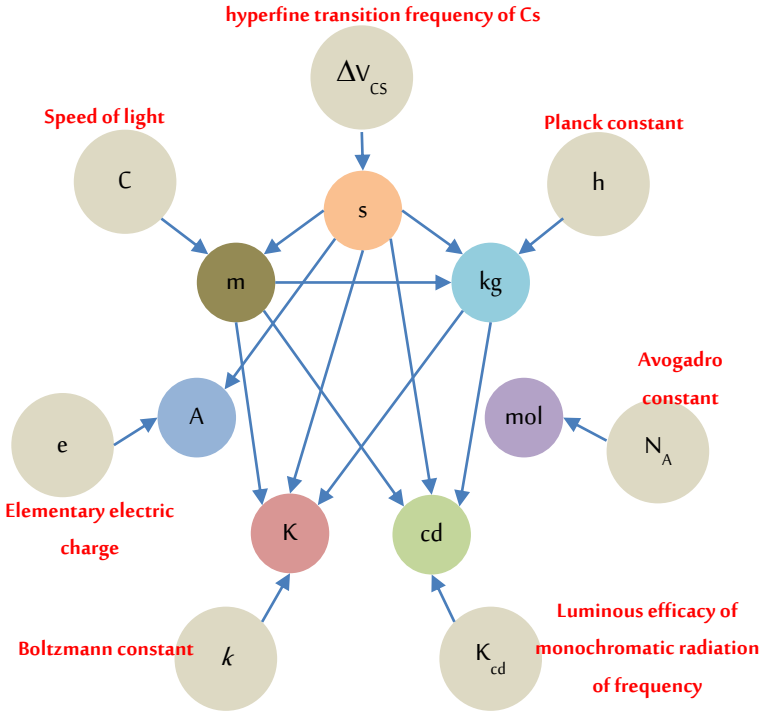
شكل (1.32): بتاريخ 16 نوفمبر 2018، مندوب الإمارات العربية المتحدة، السيد عبدالله المعيني، مدير عام هيئة الإمارات للمواصفات والمقاييس، يصوت لصالح إعادة تعريف وحدات القياس الدولية، برفقة الوفد الإماراتي المرافق المكون من أمينة حسن، مديرة المقاييس، و د. رحاب العامري، مديرة النظام الإماراتي للاعتماد.

ويبين الشـــكل (1.33) كيفية ارتباط وحدة الكيلوغرام، والأمبير، والمول بالنموذج الدولي للكيلوغرام (KPI)، في حين ترتبط وحدة الكلفن بدرجة الحرارة الثلاثية للماء Triple point of water، وذلك منذ تأسـيس النظام الدولي لوحدات القياس عام 1960 حتى 2019، وكيفية ارتباط جميع وحدات القياس، منذ 20 مايو 2019، بالثوابت الطبيعية.

وفقا للنظام الدولي لوحدات القياس الذي تم تأسيسه عام 1960 ولغاية 20 مايو 2019، فإن 4 وحدات ترتبط بالنموذج الدولي للكيلوغرام (الكيلوغرام، والمول، والقنديلة، والمول)، فيما ترتبط وحدة الكلفن بدرجة الحرارة الثلاثية للماء



بتاريخ 20 مايو 2019 تم ربط جميع وحدات النظام الدولي للقياس بالثوابت الطبيعية



شكل (1.33): يبين ارتباط وحدات النظام الدولي للقياس بالثوابت الطبيعية قبل وبعد 20 مايو 2019

وبمناسبة إعلان النظام الدولي للوحدات، كتب الشاعر المترولوجي، عساف حداد، قصدية بعنوان "المتر والنظام المتري الحديث (SI)" قال فيها:

يا متر فيك خلاص الناس والأمم ... من سيئات نظام الإنش والقدم
تقسيم سطحك بالأعشار معجزة ... بها تحقق حلم الناس من قدم
طغى نظامك في دنيا القياس على ... كل المقاييس والأكيال والنظم
يستعملونك في صين وفي يمن ... وفي جميع بلاد العرب والعجم
فيك السهولة والإتقان قد وجدوا ... فاستخدموك بلا خوف ولا ندم
بفضلك الكل صاروا يحصلون على ... نفس النتائج والأرقام والقيم
ويفهمون رموزا أصبحت لغة ... دولية سهلة باليسر تتسم
وحدت يا متر أهل الأرض مبتعثا ... حب التعاون بين الخلق والأمم
ليت الورى هكذا دوما قد اتفقوا ... وناقشوا أمرهم بالحلم دون دم
يحيون في عالم لا يشعرون به ... بالبؤس والظلم والأحقاد والألم
الله يحرسهم والحب يجمعهم ... والعلم يرفدهم بالخير والنعم
يا متر وحدت أهل الأرض قاطبة ... فوحد اليوم أهل الشام والهرم

1.2 نظام وحدات بلانك Planck Units

يختص نظام بلانك للوحدات بوحدات القياس على المستوى الكمي، ويتكون من خمس وحدات أساسية Base Planck Units، المبينة بالجدول (1.1)، ووحدات مشتقة Derived Planck Units، المبينة بالجدول (1.2)، وتتميز معظم وحدات نظام بلانك بصغر ها أو عظمها الفائق، ووجود معنى فيزيائي لها، عادة ما يعبر عن حدود

جدول (1.1): الوحدات بلانك الاساسية Base Planck Units

الرقم	الوحدة	الرمز	المعنى الفيزيائي	القيمة
1	طول بلانك Planck length	L_P	المسافة التي يقطعها الضوء في زمن بلانك، وهي أصغر طول له معنى فيزيائي، بحيث لا يمكن الحصول على أي شيء أصغر منه. وكذلك فإن أصغر طول موجي يمكن الحصول عليه هو طول بلانك.	$1.616255(18) \times 10^{-35}$ m
2	كتلة بلانك Planck mass	m_P	هي وحدة الكتلة في نظام بلانك الوحدات الأساسية والعالمية وتساوي تقريبًا كتلة بيض البراغيث. وليس لهذه الوحدة معنى من حيث الصغر أو الكبر، كما هو الحال في طول بلانك	21.76435(24) µg
3	وقت بلانك Plank time	t_P	وحدة زمن بلانك هي الوقت اللازم للضوء ليقطع مسافة 1 طول بلانك في الفراغ	$5.391\ 247(60) \times 10^{-44}$ s
4	شحنة بلانك Planck charge	q_P	إن الطاقة الكهربائية الكامنة electrical potential energy لشحنة بلانك واحدة على سطح كرة قطرها طول بلانك هي طاقة بلانك واحدة. أو بعبارة أخرى، فإن الطاقة اللازمة لتكديس شحنة بلانك داخل كرة قطرها طول بلانك ستجعل الكرة أثقل بمقدار كتلة بلانك	$5.21.876 \times 10^{-18}$ coulombs
5	درجة حرارة بلانك Plank temperature	T_P	يمكن حساب الطول الموجي للضوء المنبعث من جسم ما بواسطة درجة حرارته، فإذا وصل جسم ما إلى 1 درجة حرارة بلانك، فإن الإشعاع الذي ينبعث منه سيكون طوله 1 طول بلانك	1.417×10^{32} kelvin

جدول (1.2): وحدات بلانك المشتقة Derived Planck Units

الرقم	الوحدة	الرمز	المعنى الفيزيائي	الرقم
.1	مساحة بلانك Planck area		مربع طول بلانك	$2.61228 \times 10^{-70}\ m^2$
.2	حجم بلانك Planck volume		مكعب طول بلانك	$4.222111 \times 10^{-105}\ m^3$
.3	سرعة بلانك Planck speed		سرعة الضوء	$2.99792 \times 10^{8}\ m/s$
.4	تسارع بلانك Plank acceleration	a_P	هو التسارع من السكون إلى سرعة الضوء خلال وقت بلانك	$5.560817 \times 10^{51}\ m/s^2$
.5	زخم بلانك Planck momentum		هو حاصل ضرب كتلة بلانك في سرعة الضوء	$6.524^{89}\ kg{\cdot}m/s$
.6	قوة بلانك Planck force	F_P	قوة الجذب بين جسمين كتلة كل منهما كتلة بلانك وتفصل بينهما مسافة مقدارها طول بلانك	$1.210^{29} \times 10^{44}\ N$
.7	طاقة بلانك Plank energy	E_P	تشكل هذه الوحدة أكبر كطاقة يمكن للفوتون أن يحملها، والتي تعادل تقريبا	$1.9561 \times 10^{9}\ J$
.8	قدرة بلانك Planck power			$3.62837 \times 10^{52}\ W$
.9	حث الجاذبية بلانك Planck gravitational induction			$5.560817 \times 10^{51}\ m/s^2$
.10	الطاقة النوعية بلانك Planck specific energy			$8.98755 \times 10^{16}\ m^2/s^2$
.11	زاوية بلانك Planck angle			1 rad
.12	التردد الزاوي بلانك Planck angular frequency			$1.85489 \times 10^{43}\ rad/s$
.13	التسارع الزاوي بلانك Planck angular acceleration			$3.44061 \times 10^{86}\ rad/s^2$
.14	القصور الدوراني بلانك Planck rotational inertia			$5.53631 \times 10^{-61}\ kg{\cdot}m^2$
.15	الزخم الزاوي بلانك Planck angular momentum			$1.05457 \times 10^{-34}\ kg{\cdot}m^2/s$
.16	عزم الدوران بلانك Planck torque			$1.9561 \times 10^{9}\ N{\cdot}m$
.17	كثافة بلانك Plank density		كتلة بلانك مقسومة على حجم مكعب طول ضلعه يساوي طول بلانك، والتي يعتقد أنها تساوي كثافة أصغر ثقب أسود يمكن الحصول عليه.	$5.15518 \times 10^{96}\ kg/m^3$

الرقم	الوحدة	الرمز	المعنى الفيزيائي	الرقم
			ويوجد كثافة أخرى لبلانك تساوي كتلة بلانك مقسومة على كرة قطرها يساوي طول بلانك.	
.18	كثافة الطاقة بلانك Planck energy density			$4.633 \times 10^{113}\ \mathrm{J/m^3}$
.19	شدة بلانك Planck intensity			$1.38901 \times 10^{122}\ \mathrm{W/m^2}$
.20	ضغط بلانك Planck pressure			$4.633 \times 10^{113}\ \mathrm{Pa}$
.21	معدل التدفق الحجمي بلانك Planck volumetric flow rate			$7.83 \times 10^{-62}\ \mathrm{m^3/s}$
.22	لزوجة بلانك Planck viscosity			$2.498 \times 10^{70}\ \mathrm{Pa{\cdot}s}$
.23	التيار الكهربائي بلانك Planck current			$3.4789 \times 10^{25}\ \mathrm{A}$
.24	جهد الكهربائي بلانك Planck voltage			$1.04296 \times 10^{27}\ \mathrm{V}$
.25	المقاومة الكهربائية بلانك Planck impedance			$29.9792458\ \Omega$
.26	السعة الكهربائية بلانك Planck capacitance			$1.7983 \times 10^{-45}\ \mathrm{F}$
.27	الحث بلانك Planck inductance			$1.616 \times 10^{-42}\ \mathrm{H}$
.28	الحث الكهربائي بلانك Planck electric induction			$6.4530 \times 10^{61}\ \mathrm{V/m}$
.29	الحث المغناطيسي بلانك Planck magnetic induction			$2.1525 \times 10^{53}\ \mathrm{T}$
.30	التدفق الكهربائي بلانك Planck electric flux			
.31	بلانك التدفق المغناطيسي Planck magnetic flux			
.32	سماحية بلانك Planck permittivity			$1.11265 \times 10^{-10}\ \mathrm{F/m}$
.33	نفاذية بلانك Planck permeability			$1.00000 \times 10^{-7}\ \mathrm{H/m}$
.34	انتروبيا بلانك Planck entropy			$1.38065 \times 10^{-23}\ \mathrm{J/K}$
.35	بلانك القدرة الحرارية النوعية			$6.34352 \times 10^{-16}\ \mathrm{J/kg{\cdot}K}$

الرقم	الوحدة	الرمز	المعنى الفيزيائي	الرقم
	Planck specific heat capacity			
.36	الموصلية الحرارية بلانك Planck thermal conductivity			

1.3 أهمية توحيد وحدات القياس

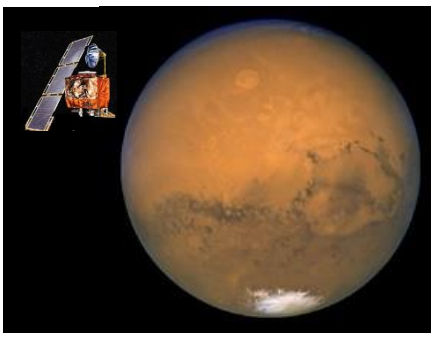
لقد بينت الدراسة التي أجريت في أوروبا مؤخراً بأن الإنفاق على الوزن والقياس يعود على الاقتصاد الوطني بأضعاف مضاعفة، كما أدرك العالم أن الاهتمام بالمقاييس يؤدي إلى زيادة الربح، وأن زيادة الربح تؤدي إلى رقي المجتمع، وأن المجتمع كلما ارتقى، كلما اهتم أكثر بالمقاييس، وهكذا دواليك. كما بينت مجلة الأوزان والمجتمع الهندية ([1]) بأن من أسوأ ما خلفه الاستعمار البريطاني بعد رحيله عن الهند هو إيجاد ما يزيد عن 150 نظام للأوزان في الهند، ولزيادة الطين بلة فقد ساهم الاستعمار البريطاني بإطلاق نفس اسم الوحدة على قيم مختلفة، فعلى سبيل المثال فقد وجد أكثر من 100 نوع من الأوقية الهندية تتراوح بين 280 توله (وحدة كتلة هندية) إلى 8320 توله، علماً أن الأوقية الهندية المعيارية كانت تساوي 3200 توله. ونجد أننا في الأردن أيضاً نتعامل بالأوقية التي تساوي 250 غرام في جميع محافظات المملكة باستثناء محافظتي اربد والرمثا، حيث تزن الأوقية فيهما 200 غرام. ونجد أيضاً أن الدونم في الأردن يساوي 1000 م^2 في حين أنه يساوي 200 م^2 في العراق، بالإضافة إلى وحدة الفدان في مصر وغيرها.

ويبين الشكل (1.34) صورة لجهازي فحص سكري الدم، المستخدمة في أحد المستشفيات، في يوليو 2009، يظهران تحليل نقطة من دمي أخذت بنفس اللحظة من الجهازين، ويظهر الفرق الكبير بين الجهازين.

شكل (1.34): صورة لجهازين فحص سكري الدم، المستخدمة في أحد المستشفيات، في يوليو 2009، يظهران تحليل نقطة من دمي أخذت بنفس اللحظة من الجهازين، ويظهر الفرق الكبير بين الجهازين التعديلات اللازمة.

[1] Weights & the Society

ومن القصص المشهورة عن أهمية توحيد أنظمة ووحدات القياس، هو انفجار عربة الفضاء المدارية Mars Climate Orbiter المبينة في الشكل (1.35)، والتي أرسلتها وكالة الفضاء الأمريكية NASA بتاريخ 11 ديسيمبر1998، لمراقبة جو ومناخ وحركة كوكب المريخ، وأخذ الصور لسطحه، والتغيرات الفصلية لمدة سنة مريخية التي تعادل تقريبا 1.8 سنة أرضية.



شكل (1.35): عربة الفضاء المدارية التي تحطمت على سطح كوكب المريخ نتيجة استخدام وحدات قياس مختلفة بين إجراء التعديلات اللازمة.

وفي صباح يوم 23 مارس 1999 وصلت العربة الفضائية المدارية إلى المريخ، وبعد خمس دقائق من إشعال المحرك الرئيسي للدافع لتثبيت القمر الصناعي في مداره حول كوكب المريخ على ارتفاع 140-150 كم، دخلت العربة الفضائية خلف كوكب المريخ، وفقد الاتصال بها ولم تظهر بعد ذلك. وعلى الفور شكلت NASA لجنة للتحقيق في سبب الحادث وبتاريخ 30 سبتمبر 1999 حيث أصدرت اللجنة تقريرها بأن سبب الحادث يعود لخطأ حسابي بسيط ناتج عن استخدام الشركة المصممة لبرنامج الحاسوب لوحدات القياس الدولية، في حين أن الشركة التي صممت الدافع (thruster) استخدمت وحدات القياس البريطانية مما أدى إلى دفع العربة بمقدار 4.45 مرات أكبر من القيمة التصميمية، وهي النسبة بين وحدة باوند قوة ووحدة النيوتن (1 باوند قوة = 4.45 نيوتن) وبالتالي إلى انحراف العربة الفضائية عن مسارها المحدد ووصولها إلى مدار يبعد عن سطح المريخ بمقدار 57 كم وبالتالي إلى احتمالية تحطمها على سطح مركب المريخ بدلا من الدوران حوله. وفي 10 نوفمبر 1999 أصدرت اللجنة تقريرها المفصل الذي أوصى باستخدام NASA لوحدات القياس الدولية لتخفيض نسبة حدوث مثل هذه المشكلة مستقبلا. وبهذا خسر العالم عربة فضائية بكلفة 125 مليون دولار بالإضافة إلى حوالي عشرة أشهر من مراقبة رحلة هذه العربة التي سارت مسافة مقدارها 670 مليون كيلومتر دون جدوى. ([1])

[1] Isbell, D., M. Hardin, and J. Underwood, Mars Climate Orbiter Team Finds Likely Cause of Loss. NASA news release, September, 1999. 30: p. 1999

1.4 مستقبل المترولوجيا

لا شك أن المترولوجيا قد قطعت شوطا كبيرا من التطور، وما زال أمامها الكثير لتفعله، حيث نشهد اليوم الحاجة إلى قياسات

- غاية في الصغر yocto-Metrology
- غاية في الكبر yotta-Metrology
- غاية في التعقيد والتركيب والتداخل والتنوع Complex Metrology
- غاية في تداخل التقنيات لتحقيق قياسات أفضل Hybrid Metrology
- غاية في الصحة True Metrology
- غاية في السرعة Instant Metrology
- غاية في الرخص وسهولة التطبيق Practical Metrology
- غاية في التوفر والانتشار Telemetry and Telemetrology
- غاية في الذكاء (Smart Metrology)

نعم، نحن نسعى للوصول إلى:

قياس ما لا يمكن قياسه، بأقل وقت، وفي كل مكان، وفي كل زمان، وبدون أخطاء، أو تكلفة تذكر

وما زلت أذكر أثناء عملي في مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، كيف استطعنا وبإمكانيات محلية أن نحقق ما يلي:

1- في سبتمبر 2009، وعلى إثر انتشار مرض انفلونزا الخنازير، والنقص الذي رافقه في أعداد موازين الحرارة الطبية المتوفرة في السوق الأردنية، وبسبب أن موازين الحرارة التي تم استيرادها في تلك الفترة كانت تحتوي على نسبة جيدة من الموازين غير مطابقة للمواصفات الأردنية، فقد أصبحنا أمام أمرين، إما رفض معظم موازين الحرارة الموردة للأردن، وبالتالي ستعاني الدولة من نقص حاد في موازين الحرارة، أو فحص جميع الموازين الواردة بنسبة % 100، ولكن ذلك كان أيضا غير ممكن، بسبب ارتفاع تكاليف المعايرة، التي كانت بحدود 30 دينار أردني لكل ميزان حرارة، وكذلك أن كل ميزان سيتطلب ساعة على الأقل لمعايرته. ومن هنا بدأنا التفكير بضرورة إيجاد حل لتخفيض الوقت والكلفة اللازمة لمعايرة موازين الحرارة الطبية، إلى أن توصلنا إلى طريقة إنتاجية استطعنا من خلالها معايرة الميزان خلال نصف دقيقة فقط، وبتكلفة 0.02 دينار أردني. شكل (1.36).

شكل (1.36): الحوض المائي الذي تم تعديله للقيام بعملية معايرة 2000 ميزان حرارة طبية بنفس الوقت، وخلال نصف دقيقة لكل ميزان.

2- وفي نفس الفترة، 2008 إلى 2009، وعلى ضوء التغيرات العديدة في أسعار المحروقات، وما رافقه من حاجة لتعديل أسعار عدادات السيارات بشكل متكرر، فقد قمنا في إدارة المقاييس في مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، بالتعاون مع شركة محلية، لتطوير جهاز مرتبط بشبكة الاتصالات، يمكن ربطه بعدادات السيارات، ويمكن تعديله من خلال رسالة نصية ترسل من جهاز حاسوب، يحمل شيفرة التسعيرة الجديدة، وبالتالي إجراء إعادة المعايرة لجميع عدادات السيارات في المملكة خلال ساعة. إلا أن هذا المشروع لم يطبق للأسف خوفا من رفع التكلفة. شكل (1.37).

الجهاز الذي يتم تثبيته
في كل سيارة

شكل (1.37): جهاز تعديل تسعيرة عدادات السيارات عن بعد.

3- كما استطعنا من خلال التعاون مع العالم الكيميائي الأردني الفذ، الدكتور "محمد حسين" "محمد رسول" الكيلاني، شكل (1.38)، الوصول إلى طريقة للكشف عن التلاعب في غش المحروقات، الناتجة عن خلط البنزين ذو الرقم الاوكتاني المنخفض، مع البنزين ذو الرقم الاوكتاني المرتفع، حيث قام بتطوير طريقة تمكن الجهات الرقابية من الكشف عن الغش خلال دقيقة وبخطأ لا يزيد عن 0.5 %، مقارنة بالطريقة التقليدية التي كانت تتطلب عدة أيام لإجراء الفحص، وبخطأ يزيد عن 20 %.

وتتمثل الطريقة باستخدام صبغ خاص لكل نوع بنزين بالبنزين، وأثناء التفتيش الميداني يتم فحص هذه الاصباغ باستخدام كواشف مصممة لكل نوع، وفي حال وجود أكثر من صبغ في البنزين، فإن ذلك يعني وجود خلط في أنواع البنزين المختلف. وهي طريقة مشابهة لكواشف الحمل عند السيدات.

وقد تم فعلا تبني هذه الطريقة من قبل شركة مصفاة البترول الأردنية، وبعد صدور تشريعات رسمية بذلك من قبل وزارة الطاقة، ومؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية، وقيام شركة مصفاة البترول بشراء مواد مشابهة من جهات أخرى.

شكل (1.38): العالم الكيميائي الأردني الفذ،
الدكتور "محمد حسين" "محمد رسول" الكيلاني

اقتباسات

"إذا كانت التكاليف المباشرة للقياسات الدقيقة مرتفعة، فان التكاليف غير المباشرة للقياسات السيئة أعظم وأكبر".

NIST

" إذا اســتطعت أن تقيس ما تتكلم عنه وان تعبر عنه بالأرقام، فأنت تعرف شــيئاً عنه. أما إذا عجزت عن قياس ما تتكلم عنه والتعبير عنه بالأرقام، فان معرفتك عنه ســتبقى ســطحية وغير كافية."

اللورد كلفن

القياس فن، وقلبه الارتياب

Measurement is an art. Uncertainty is its heart.

م. وليد فارس

المعايرة علم وفن

Calibration is an Art and Science

لا يمكنك أن تصنع ما لا يمكنك قياسه

You cannot manufacture, what you cannot measure

الفصل الثاني
النظام الدولي لوحدات القياس والبادئات

2.1 مكونات النظام الدولي للوحدات

يتكون النظام الدولي للوحدات مما يلي:

1- الثوابت المحدد للنظام الدولي لوحدات القياس (Defining constants):

2- الوحدات الأساسية (Base unit):

3- الوحدات المشتقة (Derived unit):

الوحدات المشتقة، فهي تلك الوحدات التي تتشكل كحاصل ضرب قوى الوحدات الأساسية وفقا للعلاقات الجبرية التي تربط الكميات المتعلقة بها، وتقسم الوحدات المشتقة إلى المجموعات التالية:

1) الوحدات المشتقة المبنية على استخدام الوحدات الأساسية فقط.

2) الوحدات المشتقة ذات الأسماء والرموز الخاصة.

3) الوحدات المشتقة التي أسماؤها ورموزها تحتوي على وحدات مشتقة بأسماء ورموز خاصة.

4) الوحدات المشتقة اللابعدية.

وتشكل وحدات النظام الدولي، SI، المكونة من الوحدات الأساسية والوحدات المشتقة، مجموعة مترابطة من الوحدات، التي ترتبط بعلاقات الضرب والقسمة بينها بعامل عددي مقداره واحد.

ومن المهم التأكيد على أن لكل كمية فيزيائية، وحدة قياس واحدة ضمن النظام الدولي للوحدات. إلا أن العكس غير صحيح، حيث أن بعض وحدات النظام الدولي تستخدم للتعبير عن قيم كميات مختلفة. ومن الأمثلة على ذلك، أن وحدة الجول لكل كلفن (J/K)، هي وحدة مشتقة ضمن النظام الدولي للوحدات، تستخدم للتعبير عن كمية السعة الحرارية، وكمية الانتروبيا، كما أن وحدة الأمبير (A)، هي كمية أساسية للتعبير عن التيار الكهربائي، وهي أيضا كمية مشتقة للتعبير عن القوة الدافعة المغناطيسية (magnetomotive force).

ومن الجدير بالذكر أن المؤتمر العام الحادي عشر للأوزان والمقاييس، عام 1960، قد اعتبر وحدتي النظام الدولي الراديان (radian)، والستيراديان (steradian) وحدات مكملة (Supplementary units)، أي بمعنى أنها مكملة للوحدات الأساسية، إلا أن هذه الوحدات قد ألغيت في المؤتمر العام العشرون للأوزان والمقاييس، عام 1995، واعتبارهما وحدات مشتقة لا بعدية.

كما يتضمن النظام الدولي للوحدات بادئات وحدات القياس العشرية، ورموزها، التي أطلق عليها فيما بعد ببادئات النظام الدولي للوحدات(SI prefixes) .

2.2 الثوابت المحددة للنظام الدولي لوحدات الأساسية Defining constants

يتكون النظام الدولي للوحدات من سبع قيم عددية دقيقة، ليس لها ارتياب قياس، والمبينة في الجدول (2.1).

الجدول (2.1): الثوابت السبعة المحددة للنظام الدولي لوحدات القياس (SI) ووحدات القياس التي تحددها هذه الثوابت

الثابت المحدد Defining constant	رمز الثابت المحدد Symbol	القيمة العددية للثابت المحدد Numerical Value	وحدة القياس التي يحددها الثابت Unit
تردد الانتقال فائق الدقة لذرة السيزيوم hyperfine transition frequency of Cs	$\Delta\nu_{Cs}$	9 192 631 770	هرتز Hz
سرعة الضوء في الفراغ Speed of light in vacuum	c	299 792 458	متر لكل ثانية $m\ s^{-1}$
ثابت بلانك Planck constant	h	$6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$	جول ثانية J s
الشحنة الأولية elementary charge	e	$1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$	كولوم C
ثابت بولتزمان Boltzmann constant	K	$1.380\ 649 \times 10^{-23}$	جول لكل كلفن $J\ K^{-1}$
ثابت أفوجادرو Avogadro constant	N_A	$6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$	مول$^{-1}$ Mol^{-1}
كفاءة الإضاءة Luminous efficacy	K_{cd}	683	لومن لكل واط $lm\ W^{-1}$

وفيما يلي شرحاً لأهم الثوابت الطبيعية المستخدمة في النظام الدولي لوحدات القياس:

1- ثابت بلانك Planck constant

هو عبارة عن ثابت فيزيائي، له قيمه ثابته مع مرور الوقت، يرمز له بالرمز h، يمثل النسبة بين الطاقة التي يحملها الفوتون وتردده، وقد تم تحديد قيمة ثابت بلانك Planck constant، بقيمة دقيقة exact value مقدارها

$H = 6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ J·s

$h = 4.135\,667\,696 \times 10^{-15}$ eV.s

في نهاية القرن التاسع عشر ، لم يتمكن الفيزيائيون من تفسير سبب اختلاف القياسات الحقيقية لطيف إشعاع الجسم الأسود spectrum of black body radiation عند الترددات المرتفعة، عن القيم التي تنبأت بها النظريات الموجودة، حيث افترض الفيزيائيون وقتها أن الذرات يمكنها تهتز عند أي تردد، إلى أن جاء العالم الالماني ماكس بلانك Max Planck، شكل (2.1)، في عام 1900، واشتق بشكل تجريبي صيغة للطيف المرصود. حيث افترض وجود مذبذب افتراضي مشحون كهربائيا hypothetical electrically charged oscillator في تجويف يحتوي على إشعاع الجسم الأسود لا يمكن أن يغير طاقته إلا وفق تدرجات صغيرة جدا تتناسب مع تردد الموجة الكهرومغناطيسية المرتبطة بها. وأن الذرات يمكنها أن تهتز عند ترددات معينة لعدد صحيح أطلق عليه ثابت بلانك، بمعنى أن الذرات يمكن أن تهتز عند ترددات مقدارها 1 h، أو 2 h، أو 3 h، وهكذا، ولكن لا يمكن أن تهتز عند قيم كسرية لثابت بلانك، مثل 2.5 h.

شكل (2.1): الفيزيائي الألماني ماكس بلانك Max Planck
1858 إلى 1947، حصل على جائزة نوبل عام 1918

وقد استفاد العالم اينشتاين من ثابت بلانك، حيث توصل إلى أن طاقة الضوء نفسه ليست مُتصلة (مستمرة) كما كان يعتقد في السابق، بل إن طاقة الضوء تطلق على هيئة كُمّات (نبضات) صغيرة جداً من الطاقة، والتي يتم حسابها من خلال معادلة بلانك-اينشتاين Planck-Einstein relation التي تربط طاقة الفوتون E مع تردده الموجي f:

$$E = h f$$

وحيث أن

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

فإن

$$h = \frac{E\ c}{\lambda}$$

حيث

f = wave frequency تردد الموجة

h = Planck constant ثابت بلانك

E = photon energy طاقة الفوتون

c = speed of light سرعة الضوء

λ = wavelength الطول الموجي

2- ثابت بولتزمان Boltzmann constant

ثابت فيزيائي يعطي العلاقة بين متوسط الطاقة الحركية النسبية للجزيئات في الغاز مع درجة حرارة الغاز. ويرمز له بالرمز (k_B أو k)، وقد سمي هذا الثابت بثابت بولتزمان نسبة لمكتشفه الفيزيائي والفيلسوف النمساوي بولتزمان Ludwig Boltzmann، 1844 –1906. شكل (2.2).

شكل(2.2): الفيزيائي النمساوي بولتزمان Ludwig Boltzmann، 1844 إلى 1906

3- عدد أفوجادرو Avogadro constant

كمية المادة التي تحتوي على عدد يساوي بالضبط $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ من الوحدات الأولية التي قد تكون ذرات أو جزئيات أو ايونات أو الكترونات أو مجموعة منها،

ويعود اكتشاف هذا العدد إلى العالم الإيطالي أفوجادرو Amedeo Carlo Avogadro (1776 – 1856)، شكل (2.3).

شكل (2.3): العالم الإيطالي أفوجادرو Amedeo Carlo Avogadro (1776 إلى1856).

2.3 وحدات القياس الأساسية Base Units

إن تقسيم وحدات القياس وفقا للنظام الدولي لوحدات القياس، إلى وحدات أساسية ووحدات مشتقة، يعتبر من وجهة النظر العلمية، أمرا اعتباطيا إلى حد ما، حيث أن إقرار السبع وحدات الأساسية:

1- المتر
2- الكيلوغرام
3- الثانية
4- الأمبير
5- الكلفن
6- المول
7- القنديلة

والتي تدعى بوحدات النظام الدولي SI units)، باعتبار ها وحدات مستقلة بعديا عن بعضها البعض.

إن التعاريف الرسمية لجميع وحدات القياس الأساسية أقرت من خلال المؤتمر العام للأوزان والمقاييس، حيث أقر أول هذه التعاريف عام 1889، وأخرها عام 2018. ولكن تعاريف وحدات القياس قد تطورت وتعدلت عدة مرات على ضوء التطورات التقنية التي شهدتها أجهزة القياس والتي سمحت بتطوير معايير القياس بدقة أعلى لتحقيق تعاريف الوحدات الأساسية للقياس. وفيما يلي التطورات التي طرأت على هذه التعاريف:

2.3.1 وحدة الطول (المتر)

- في المؤتمر العام الأول للأوزان والمقاييس، عام 1889، أقر النموذج الدولي للمتر الذي صنع من مادة البلاتين بنسبة % 90 بالإضافة إلى الايريديوم بنسبة % 10، وبدقة مقارها 1 0.000 ، ومن ثم صنعت المعايير الوطنية للمتر، حيث كان الفرق بين المعايير الوطنية والمعيار الدولي 0.01 مم، وذلك عند درجة حرارة ذوبان الجليد.

- في المؤتمر العام السابع للأوزان والمقاييس، عام 1927، عرف المتر على النحو التالي:
"المتر: هو المسافة بين مركزي العلامتين الموسومتين على قضيب البلاتين-ايريديوم، النموذج الأصلي للمتر، والمحفوظ في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس، والمصرح به من قبل المؤتمر لعام الأول للأوزان والمقاييس، وذلك عند درجة حرارة الصفر سلسيوس، والضغط الجوي القياسي، والمحمول فوق سطح أفقي مستو، وعلى دعامتين أسطوانيتين لا يقل قطر الواحدة منهما عن سنتيمتر واحد، والمسافة بينهما 571 مم، والمسافة بين الأطراف والأسطوانات متماثلة أيضا".
- في المؤتمر الحادي عشر للأوزان والمقاييس، عام 1960، ونظرا لان النموذج الدولي لا يعرف المتر بدقة مناسبة للاحتياجات المطلوبة في تلك الفترة، فقد أصبح من المرغوب به إيجاد معيار طبيعي للمتر غير قابل للتلف، وعليه فقد تم تعريف المتر على النحو التالي:
"المتر: هو المسافة المساوية لـــ 1650763.73 طول موجي للإشعاع المناظر للانتقال بين المستوى $2p_{10}$ والمستوى 5d5 في ذرة الكريبتون 86 (Krypton 86) في الفراغ".
وبهذا تم إلغاء التعريف السابق للمتر، وتم الاتفاق على استمرار حفظ النموذج الدولي للمتر في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس (BIPM) تحت الظروف المعيارية التي أقرها المؤتمر العام الأول للأوزان والمقاييس عام 1889.

- في المؤتمر العام الخامس عشر للأوزان والمقاييس، عام 1975، تم تقدير الارتياب الناتج عن التعريف الجديد للمتر بقيمة $4 \times 10^{-9} \pm$، كما أوصى المؤتمر باعتبار سرعة انتشار الأمواج الكهرومغناطيسية مساوية لـ 299 792 458 م\ث.

- في المؤتمر العام السابع عشر للأوزان والمقاييس، عام 1983، تم من جديد مناقشة عدم تلبية التعريف المعمول به للمتر للمتطلبات التي تحتاجها تلك الفترة، ونظرا للتطورات التي سمحت بالحصول على شعاع الليزر بثباتيه أعلى بكثير من شعاع لمبة الكريبتون 86 (krypton 86 lamp)، ونظرا للتطورات التي سمحت بقياس التردد والطول الموجي لهذه الأشعة، قد أدت إلى تحديد سرعة الضوء بناء على التعريف الجديد للمتر الذي يتعامل مع سرعة الضوء على اعتباره كمية مضبوطة. إضافة إلى أن تكرارية وإعادة قياس التردد والطول الموجي للضوء يعتبر أدق بكثير من تكرارية وإعادة القياس لشعاع الكر يبتون 86. كما أن تثبيت قيمة سرعة الضوء له فوائد واضحة في علم الفلك (astronomy) وعلم قياسات الأرض (geodesy). وعليه تم تثبيت سرعة الضوء على اعتباره 458 792 299 م\ث بالضبط، وتم إعادة تعريف المتر على النحو التالي:

"المتر: هو طول المسار الذي يقطعه الضوء في الفراغ خلال فترة زمنية تساوي 458 792 299 / 1 من الثانية "

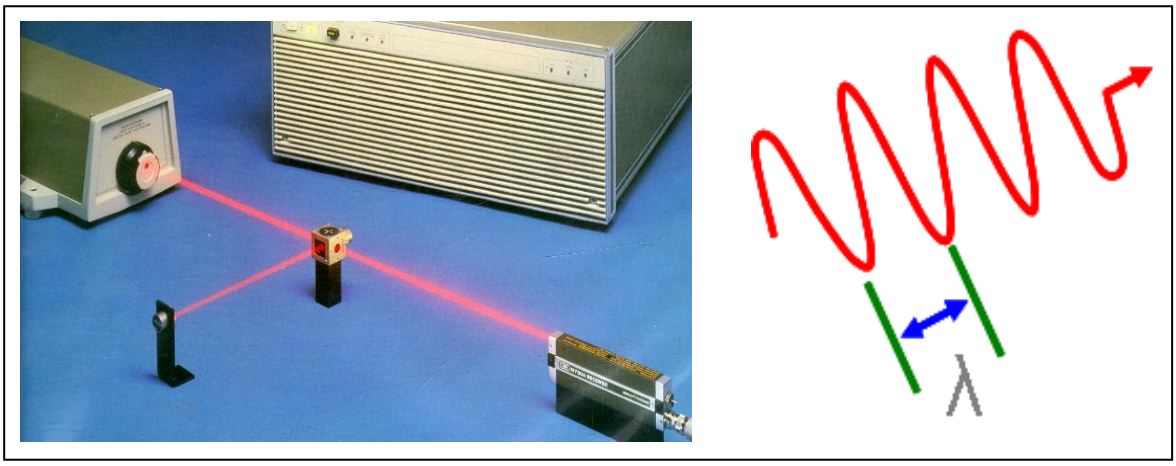
- بتاريخ 16 نوفمبر 2018 أقر المؤتمر العام السادس والعشرون للأوزان والمقاييس(CGPM)، والذي عقد في

فرســـاي بفرنســـا، إعـادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وإعـادة صـيـاغـة جميع الوحـدات الأسـاسـية السـبعة بطريقة متجانسـة ومرتبطة بالثوابت الطبيعية السـبعة، على أن يتم العمل بهذه التعاريف ابتدأ من 20 مايو 2019.

وعليه فقد تم تعريف وحدة الطول على النحو التالي:

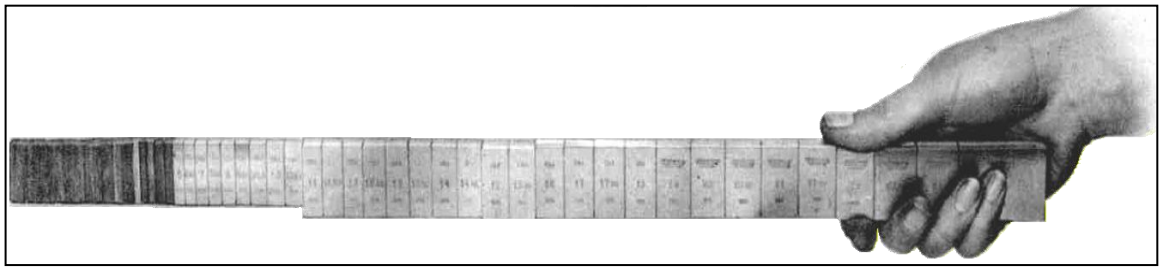
Quantity : Length	**الكمية : الطول**	
Unit : The meter	**الوحدة : المتر**	
Symbol : m	**الرمز : م**	
It is defined by taking the fixed numerical value of the speed of light in vacuum c to be 299 792 458 when expressed in the unit m s^{-1}, where the second is defined in terms of $\Delta\nu_{Cs}$.	يعرف المتر من خلال أخذ قيمة عددية ثابتة لسرعة الضوء في الفراغ c مقدارها 299792458 m s^{-1}، حيث تعريف الثانية من خلال $\Delta\nu_{Cs}$	
This definition implies the exact relation c = 299 792 458 m s^{-1}	يتضمن هذا التعريف العلاقة الدقيقة c = 299792458 m s^{-1}	
Inverting this relation gives an exact expression for the meter in terms of the defining constants c and $\Delta\nu_{Cs}$:	والتي تعطي عند عكسها تعبيراً دقيقاً للمتر من خلال الثوابت c و $\Delta\nu_{Cs}$	
$$1\ m = \left(\frac{c}{299\ 792\ 458}\right) s$$ $$= \frac{9\ 192\ 631\ 770}{299\ 792\ 458}\frac{c}{\Delta\nu_{c_s}}$$ $$\approx 30.663\ 319\frac{c}{\Delta\nu_{C_s}}$$		
The effect of this definition is that one meter is the length of the path travelled by light in vacuum during a time interval with duration of 1/299 792 458 of a second.	وعليه فإن المتر هو طول المسار الذي يقطعه الضوء في الفراغ خلال فترة زمنية مدتها 1/299792458 من الثانية.	

ومن هنا نجد أن إعـادة تعريف المتر قـد أحـدث انخفـاضـــاً في الارتيـاب في تحـديـد المتر من 10^{-7} إلى 10^{-11} من المتر، أي بتحســين مقداره 10 000 مرة. ويبين الشــكل (2.4) جهاز قياس الحيود الضــوئي (Interferometry) الذي يســتخدم حاليا كمعيار أولي لتحديد المتر، وذلك من خلال معرفة الطول الموجي للضوء (λ).



شـــكل (2.4): جهاز قياس الحيود الضـــوئي (Interferometry) الذي يســـتخدم كمعيار أولي لتحديد المتر، وذلك من خلال معرفة الطول الموجي للضوء (λ).

كما يبين الشـكل (2.5) صـورة فريدة لقوالب القياس المسـتخدمة في عمليات المعايرة لأدوات قياس الأبعاد، وذلك عن طريق تكوين المســـافة المطلوبة من قوالب القياس المختلفة وتزليقها (wringing) فوق بعضـــها البعض، مما يحدث تداخلا بين مداراتها الإليكتروني وبالتالي التصاقها فوق بعضها البعض



شـكل (2.5): صـورة فريدة لقوالب القياس المسـتخدمة في معايرة أدوات القياس الخطية، وقد تم تجميعها فوق بعضـها البعض بواسطة عملية التزليق.

2.3.2 وحدة الكتلة (الكيلوغرام)

في المؤتمر العام الأول للأوزان والمقاييس، عام 1889، تم إقرار النموذج الدولي للكيلوغرام، والذي تم صنعه من مادة البلاتين بنسبة % 90 بالإضافة إلى الايريديوم بنسبة % 10، وبدقة مقدارها 1 0.000، ومن ثم تم تصنيع المعايير الوطنية للكيلوغرام، حيث كان الفرق بين المعايير الوطنية والمعيار الدولي مليغرام واحد.

في المؤتمر الثالث للأوزان والمقاييس، عام 1901، وبهدف إنهاء اللبس في استخدام كلمة وزن (weight) بدلا من الكتلة (mass)، فقد اقر هذا المؤتمر أن **الكيلوغرام هو وحدة الكتلة، وهو مساو لكتلة النموذج الدولي للكيلوغرام المحفوظ في المكتب الدولي للأوزان والمقاييس في فرنسا**. وان كلمة "وزن" هي كمية من نفس طبيعة كمية "القوة"، وتمثل مقدار جذب الأرض للمادة. كما تم إقرار القيمة المرجعية لتسارع الجاذبية الأرضية 980.665 سم\ث. وتم اعتماد هذه القيمة في القوانين المترولوجية لبعض الدول.

في عام 1948، تم استدعاء المعايير الوطنية للكتلة ليتم مقارنتها مع النموذج الدولي للكيلوغرام والنسخ الستة له، حيث تبين أن هنالك فروقات قد بدأت تظهر بين هذه النماذج.
في عام 1967، أوصت اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس، انه على الرغم من أن بادئات وحدات القياس يجب أن تطبق على وحدات القياس، إلا انه في حالة الوحدة الأساسية للكتلة، فان هذه البادئات يجب أن تستعمل مع الوحدة غرام (gram).
في عام 1988 تم استدعاء المعايير الوطنية للكتلة لمقارنتها مرة أخرى مع النموذج الدولي للكتلة حيث تبين أن الفروقات بينهما قد ارتفعت إلى حوالي 50 ميكروغرام بسبب عدم ثباتية سبيكة البلاتين-راديوم مع مرور الزمن، خصوصاً أنه لا يمكن الجزم فيما إذا كان هذا الاختلاف قد حصل في النموذج الدولي للكيلوغرام أم في النسخ الستة المحفوظة معه أو بالمعايير الوطنية.

بتاريخ 16 نوفمبر 2018 أقر المؤتمر العام السادس والعشرون للأوزان والمقاييس(CGPM)، والذي عقد في فرساي بفرنسا، إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وإعادة صياغة جميع الوحدات الأساسية السبعة بطريقة متجانسة ومرتبطة بالثوابت الطبيعية السبعة، على أن يتم العمل بهذه التعاريف ابتدأ من 20 مايو 2019.

وعليه فقد تم تعريف وحدة الكتلة على النحو التالي:

Quantity	**:**	**mass**	**:**	**الكمية**
Unit	**:**	**The kilogram**	**:**	**الوحدة**
Symbol	**:**	**kg**	**:**	**الرمز**

يعرف الكيلوغرام من خلال أخذ قيمة عددية ثابتة لثابت بلانك h مقدارها $6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ J s، حيث $J\ s = kg\ m^2\ s^{-1}$ ، ويعرف المتر والثانية من خلال c و $\Delta\nu_{Cs}$

It is defined by taking the fixed numerical value of the Planck constant h to be $6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ when expressed in the unit J s, which is equal to kg m^2 s^{-1}, where the meter and the second are defined in terms of c and $\Delta\nu_{Cs}$.

يتضمن هذا التعريف العلاقة الدقيقة

$h = 6.626\ 07015 \times 10^{-34}\ kg\ m^2\ s^{-1}$

والتي تعطي عند عكسها تعبيراً دقيقاً للكيلوغرام من خلال الثوابت h و $\Delta\nu_{Cs}$ و C

This definition implies the exact relation

$h = 6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}\ kg\ m^2\ s^{-1}$

Inverting this relation gives an exact expression for the kilogram in terms of the three defining constants *h*, $\Delta\nu_{Cs}$ and *c*:

$$1\ kg = \left(\frac{h}{6.626\ 070\ 15\ \times 10^{-34}}\right) m^{-2} s$$

والتي تساوي

Which is equal to

$$1\ kg = \frac{(299\ 792\ 458)^2}{(6.626\ 070\ 15\ \times 10^{-34})(9\ 192\ 631\ 770)} \frac{h\ \Delta v_{c_s}}{c^2}$$

$$\approx 1.475\ 5214\ \times 10^{40}\ \frac{h\ \Delta v_{C_s}}{c^2}$$

وعليه فإن هذا التعريف يؤدي إلى تعريف الوحدة kg m^2 s^{-1} (وحدة الكميات الفيزيائية والزخم الزاوي)، والتي تؤدي مع تعريف الثانية والمتر إلى تعريف وحدة الكتلة معبراً عنها بثابت بلانك h.

The effect of this definition is to define the unit kg m^2 s^{-1} (the unit of both the physical quantities action and angular momentum). Together with the definitions of the second and the meter this leads to a definition of the unit of mass expressed in terms of the Planck constant *h*.

ونظراً لأهمية الكيلوغرام وارتباطه بثلاث وحدات أساسية أخرى في النظام الدولي للوحدات (المول والقنديلة والأمبير) وما ينبثق عنها من وحدات مشتقة مثل النيوتن والجول والفولت والواط، فان الاعتماد على وحدة قياس تتغير مع مرور الوقت لن يكون أمراً مقبولاً على الصعيد العلمي والتطبيقي.

وعليه فقد بدأ العلماء بالعمل على إيجاد تعريف جديد لوحدة الكتلة يعتمد على ظاهرة طبيعية مستقرة، إلى أن استقر الرأي على إعادة تعريف الكيلوغرام من خلال طريقتين:

1- الكيلوغرام المستند لعدد افوجادرو باستخدام كرة من السيليكون -28
2- الكيلوغرام المستند لثابت بلانك باستخدام ميزان واط، أو ما يعرف حاليا بميزان كابل Kibble Balance

وفيما يلي شرحا لمبدأ عمل الطريقتين:

طريقة تصنيع الكيلوغرام بالاستناد إلى عدد افوجادرو باستخدام كرة من السيليكون -28

تستخدم في هذه الطريقة كرة مثالية (perfect sphere) من مادة السيليكون – 28 النقي والخالية من العيوب والفجوات (voids) والانخلاعات (Dislocations)، وبعد تحديد قطر الكرة بدقة عالية بواسطة الليزر يتم حساب حجمها، ومن ثم تحديد عدد الذرات التي تحتويها تلك الكرة حيث أن البعد الذري (Atomic spacing) للسيليكون-28 معروف بدقة عالية، الشكل (2.6).

شكل (2.6): السيد Achim Leistner من المركز الأسترالي للبصريات الدقيقة يحمل كرة السيليكون 28 التي تزن 1 كغ والخاصة بمشروع أفوجادرو

الكيلوغرام المستند لثابت بلانك باستخدام ميزان واط Watt balance، أو ما يعرف حاليا بميزان كابل Kibble Balance

ميزان واط هو عبارة عن جهاز إلكتروميكانيكي، يدعى ميزان كيبل Kibble balance نسبة للفيزيائي البريطاني Bryan Peter Kibble المولد عام 1938، والمتوفى في 28 إبريل 2016، شكل (2.7)، والذي قام باختراعه عام 1975، أثناء عمله في المختبر الوطني الفيزيائي البريطاني National Physical Laboratory NPL. ويعتبر ميزان واط نسخة محدثة عن ميزان التيار Current balance أو ما يعرف أيضا بميزان كلفن Kelvin balance. وقد تم تطوير هذا الميزان من قبل المعهد الوطني للمعايير والتكنولوجيا الامريكي National Institute of Standards and Technology NIST، والذي تم تشغيله بشكل كامل عام 2015، وسمي NIST-4 Kibble balance، حيث استخدم لقياس ثابت بلانك بدقة 13 جزء للمليون، مما جعل إمكانية إعادة تعريف الكيلوغرام ممكنة.

تقوم فكرة ميزان واط على فكرة بسيطة من حيث المبدأ، تتم على مرحلتين:

1- مرحلة الوزن (Weighing mode)
2- مرحلة الحركة (Moving mode)

ومن ثم يمكن حساب الكتلة بطريقة مباشرة عن طريق مقارنة القدرة الميكانيكية المقاسة بالواط، مع القدرة الكهربائية المقاسة أيضا بالواط، ومن هنا سميت التجربة بميزان واط.

شكل (2.7):
الفيزيائي البريطاني Bryan Peter Kibble ، مخترع ميزان واط، أو ما يعرف حاليا بميزان كبل.
المولد عام 1938، والمتوفى في 28 إبريل 2016).

وفيما يلي، شرحاً مبسطاً لمراحل عمل ميزان واط:

1- مرحلة الوزن (weighing mode):

قبل البدء بهذه العملية يتم وضع كتلة معاكسة Counter weight مقدارها (m_0) والتي تساوي كتلة كفة التوزين والملف الكهربائي والحوامل والعامود.

يتم وضع الكتلة (m)، المراد قياسها، على كفة الميزان، التي تكون محمولة على ملف مغناطيسي، له طول سلك مقداره (L)، ويمر به تيار (I) يكفي لتوليد مجال مغناطيسي كثافته (B)، بحيث يولد قوة كهرومغناطيسية مقدارها ($F_e = I L B$)، مساوية ومعاكسة لقوة جذب الأرض للكتلة ($F_m = m g$)، والتي تحافظ على طفو الكتلة في الفراغ بشكل مستقر وثابت، كما هو موضح بالشكل (2.8).

$$F_m = F_e$$

$$m\ g = I\ L\ B$$

$$\frac{m\ g}{I} = L\ B \qquad \text{.....} \qquad (1)$$

حيث:

F_m = قوة جذب الأرض للكتلة

F_e = القوة الكهرومغناطيسية

m = mass الكتلة

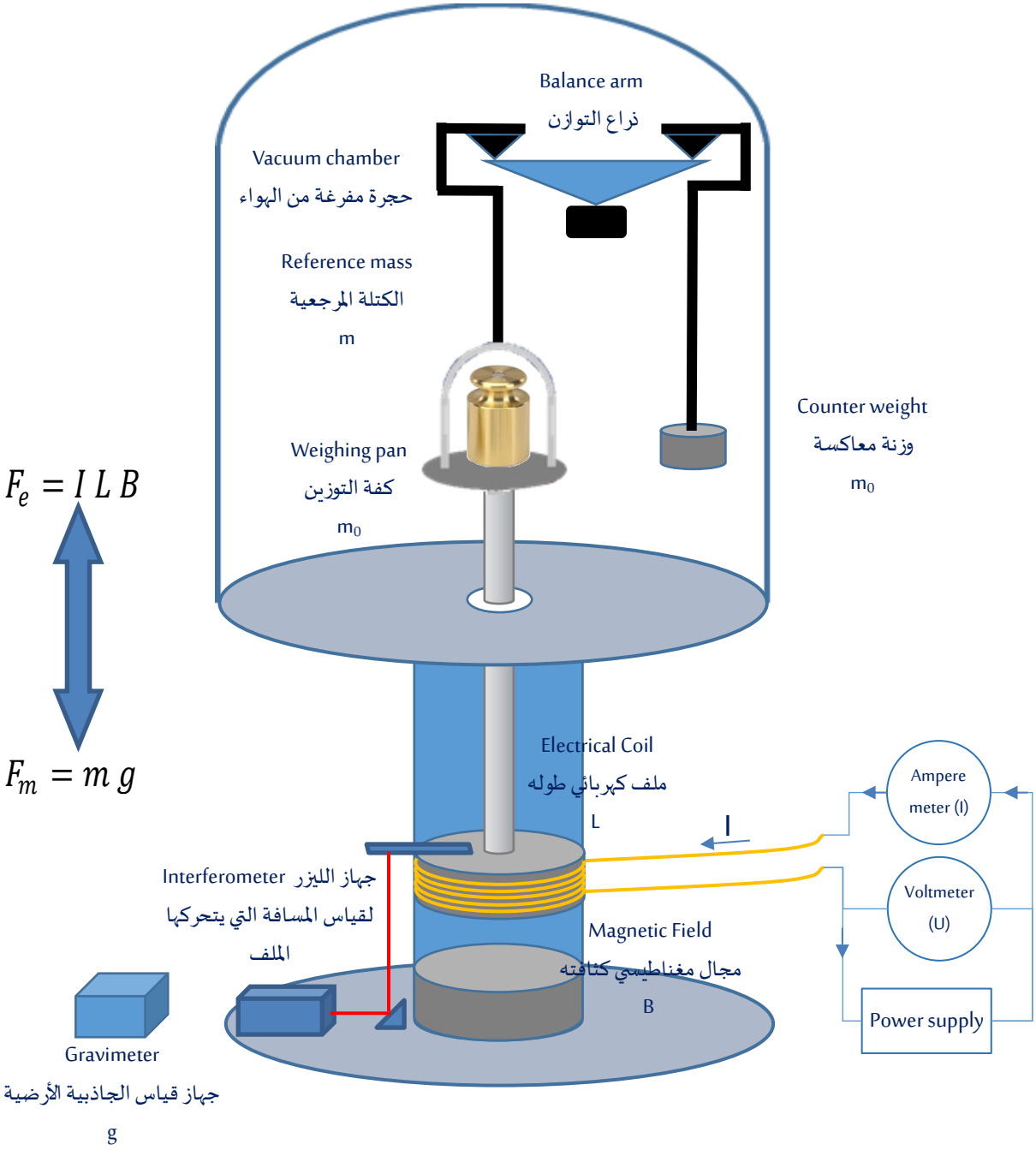
g = acceleration due to gravity تسارع الجاذبية الأرضية

I = current التيار الكهربائي

L = length of the wire طول سلك الملف

B = magnetic flux density كثافة التدفق المغناطيسي

ونظرا لعدم إمكانية قياس كثافة التدفق المغناطيسي (B) وطول السلك (L) بدقة، فإنه يجب القيام بالمرحلة الثانية من العملية (مرحلة الحركة) لإلغاء تأثير كثافة التدفق المغناطيسي (B) وطول السلك (L)،



شكل (2.8): المرحلة الأولى (مرحلة التوزين) حيث تطفو الكتلة والملف فوق المجال المغناطيسي، وعندها تتساوى قوة الجاذبية مع القوة الكهرومغناطيسية

2- مرحلة الحركة (moving mode):

في هذه المرحلة يتم رفع الكتلة عن كفة الوزن، كما هو مبين بالشكل (2.9)، وفصل التيار الكهربائي عن الملف الكهربائي الذي يقع تحت الكتلة، الأمر الذي يسمح للكتلة بالارتفاع، نتيجة جذب الكتلة المعاكسة، مما سيؤدي إلى توليد جهد

كهربائي مستحث (U)، ويتم استبدال الوزنة المعاكسة بمحرك السرعة، الذي يقوم بالتحكم بسرعة الملف المغناطيسي لضمان الحصول على سرعة ثابتة مقدارها (v)، ويكون مقدار الجهد الكهربائي المستحث وفقا للمعادلة التالية:

$$U = v\,L\,B$$

$$\frac{U}{v} = L\,B \qquad \ldots\ldots \qquad (2)$$

حيث

U = induced voltage الجهد الكهربائي المستحث

v = velocity سرعة الملف الفارغ من الكتلة المراد توزينها داخل المجال المغناطيسي

L = length of wire طول سلك الملف

B = magnetic flux density كثافة التدفق المغناطيسي

وفي هذه المرحلة تتساوى القدرة الكهربائية المتولدة من الملف الكهربائي (Electrical power)، المقاسة بوحدة الواط، مع القدرة الميكانيكية المتولدة من حركة الملف الفارغ من الكتلة المراد توزينها (Electrical power)، المقاسة بوحدة الواط، وفق المعادلة التالية:

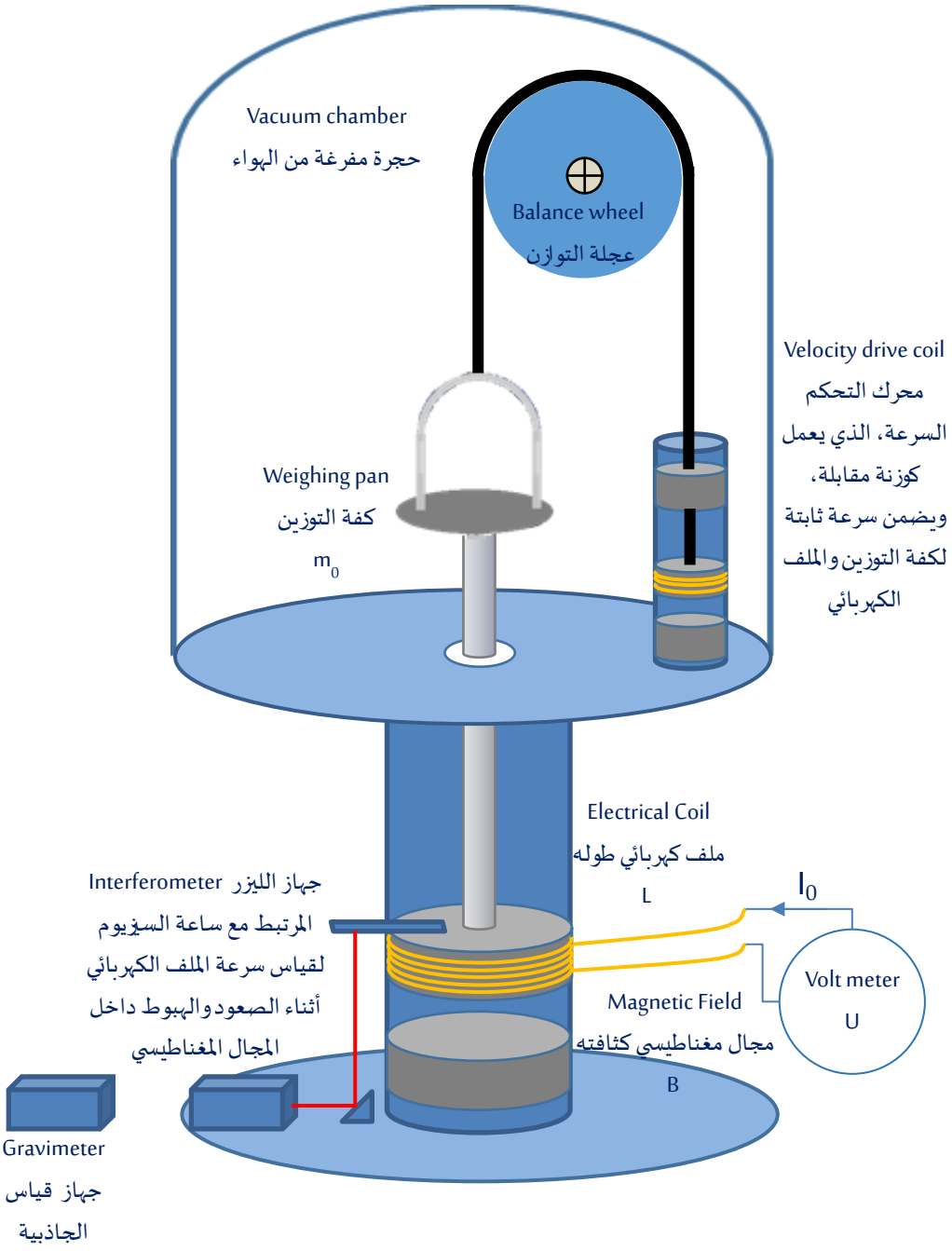
Mechanical power = Electrical power

$$m_0\,g\,v = I_0\,U$$

حيث

m_0 = كتلة الملف الفارغ من الكتلة المراد توزينها

I_0 = التيار الكهربائي المتولد نتيجة حركة الملف الفارغ من الكتلة المراد توزينها



شكل (2.9): المرحلة الثانية (مرحلة الحركة) حيث يتناسب الجهد الكهربائي المستحث مع سرعة الملف وطول سلك الملف وكثافة المجال المغناطيسي

وحيث أن B و L ثابتين في التجربة، فإنه من المعادلة (1) و (2):

$$\frac{m\,g}{I} = \frac{U}{v} \qquad \ldots\ldots \qquad (3)$$

ويمكن إعادة صياغة المعادلة (3) على النحو

$$m = \frac{I\,U}{g\,v} \qquad \ldots\ldots \qquad (4)$$

في هذه المرحلة يمكننا معرفة الكتلة المراد وزنها من خلال قياس التيار والنسبة بين الجهد الكهربائي وسرعة الملف، ومعرفة الجاذبية الأرضية في موقع الوزن. ولإجراء قياسات دقيقة فإنه يمكن قياس التيار من خلال فرق الجهد ومقاومة الملف الكهربائي، حيث تصبح المعادلة (4)

$$m = \frac{U^2}{R\,g\,v} \qquad \ldots\ldots \qquad (5)$$

ولقياس الجهد الكهربائي بطريقة دقيقة فإنه يمكن استخدام سلسلة من وصلات جوزيفسون Josephson Junctions، كما هو مبين بالشكل (2.10) والشكل (2.11)، حيث

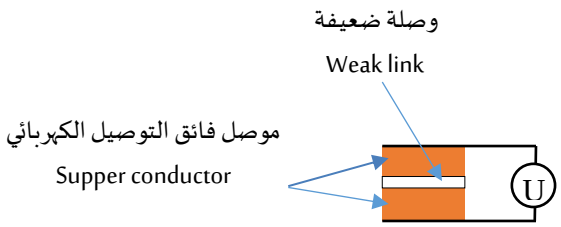
$$U = \frac{n\,h\,f}{2\,e} \qquad \ldots. \qquad (6)$$

n = number of Josephson junctions عدد وصلات جوزفسون

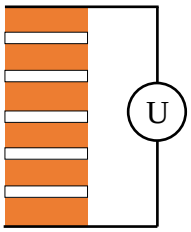
h = Plank constant ثابت بلانك

f = frequency تردد التيار الكهربائي المستخدم في وصلة جوزفسون

e = elementary charge الشحنة الأولية



شكل (2.10): وصلة جوزيفسون



شكل (2.11): سلسلة من وصلات جوزيفسون

وبتعويض المعادلة (6) في المعادلة (5) ينتج أن

$$m = \frac{n^2\,h^2\,f^2}{4\,e^2\,R\,g\,v} \qquad \ldots\ldots \qquad (7)$$

ولقياس المقاومة بشكل دقيق فإنه يمكن استخدام معادلة تأثير هول الكمي Quantum Hall effect حيث

$$\sigma = \frac{I_{channel}}{U_{Hall}}$$

$$\sigma = \frac{w\, e^2}{h} \qquad \ldots\ldots \qquad (8)$$

حيث

σ = Hall conductance موصلية هول

$I_{channel}$ = Channel current تيار القناة

U_{Hall} = Hall voltage فولتية هول

h = Plank constant ثابت بلانك

e = elementary charge الشحنة الأولية

W = filling factor معامل الملء

ويمكن لمعامل الملء (W) أن يأخذ أي عدد صحيح (integer number) مثل

$$w = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \ldots$$

ويسمى بتأثير هول الكمي للأعداد الصحيحة integer quantum Hall effect، كما يمكن لمعامل الملء (W) أن يأخذ أي عدد كسري (fractional number) مثل

$$w = \frac{1}{3}, \frac{2}{5}, \frac{3}{7}, \frac{3}{5}, \frac{1}{5}, \frac{2}{9}, \frac{3}{13}, \ldots$$

ويسمى بتأثير هول الكمي للأعداد الكسرية fractional quantum Hall effect

وحيث أن المقاومة الكهربائية هي مقلوبة الموصلية الكهربائية، فإن

$$R = \frac{1}{\sigma}$$

وبالتعويض بالمعادلة (8) ينتج أن

$$R = \frac{h}{w\, e^2} \qquad \ldots\ldots \qquad (9)$$

وبتعويض المعادلة (9) في المعادلة (7) ينتج أن

$$m = \frac{n^2\, h\, f^2\, w}{4\, g\, v} \qquad \ldots\ldots \qquad (10)$$

ولقياس السرعة بشكل دقيق يستخدم جهاز الليزر interferometer لقياس حركة الملف الرأسية، المرتبط بوسيلة لقياس الزمن وبالتالي قياس السرعة، كما يجب قياس الجاذبية الأرضية في مكان القياس محددة بدقة عالية باستخدام Gravimeter، يبين الشكل (2.12) مثال لأحد أجهزة قياس الجاذبية في الموقع.

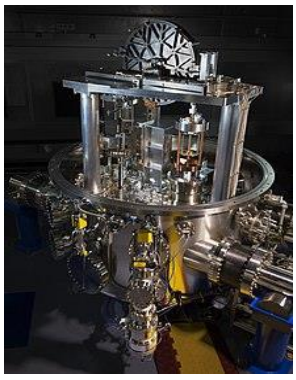
شكل (2.12): مثال لأحد أجهزة قياس الجاذبية
الأرضية Gravimeter

وبهدف الغاء قوى الطفو للكتلة في الهواء air buoyancy، والتي تعادل وزن الهواء المزاح بواسطة الكتلة، فإنه يتم إجراء عملية الوزن داخل غرفة مفرغة من الهواء.

وحيث أن وحدات الجهد الكهربائي والتيار والسرعة والجاذبية الأرضية تعرف على أساس الثوابت الفيزيائية المتمثلة بثابت بلانك (h) وسرعة الضوء (C) وتردد الانتقال فائق الدقة لذرة السيزيوم $\Delta\nu_{Cs}$، وبالتالي فإن الكيلوغرام يساوي

$$1\ kg \approx 1.475\ 5214\ \times 10^{40}\ \frac{h\ \Delta v_{C_s}}{c^2}$$

وهو ما يعطي للكيلوجرام تعريفا آخر بدلالة الثوابت الفيزيائية المطلقة.
يبين الشكل (2.13) الشكل الحقيقي لميزان واط، المعروف بميزان NIST 4 Kibble، الذي بدأ التشغيل الكامل في أوائل عام 2015، قام بقياس ثابت بلانك إلى 13 جزءا في البليون في عام 2017، والذي كان دقيق بما يكفي للمساعدة في إعادة تعريف الكيلوجرام .



شكل (2.13): ميزان NIST 4 Kibble

فائدة إعادة تعريف وحدة الكيلوغرام:

1- ربط الكيلوغرام بثابت طبيعي وهو ثابت بلانك، وبالتالي عدم الخوف من تأثر النموذج الدولي للكيلوغرام المحفوظ في فرنسا بالعوامل الطبيعية.
2- تمكين معاهد المترولوجيا والجهات المختصة بتصنيع وحدة الكتلة دون الحاجة لمعيار دولي للكيلوغرام.
3- أصبح بالإمكان تصنيع أي كتلة، مهما كانت قيمتها الاسمية، دون الحاجة لسلسلتها للكيلوغرام الوطني أو الدولي، مما سيفتح المجال على مصراعيه لتصنيع أوزان غاية في الصغر، أو غاية بالكبر، بمقدار ارتياب صغير.

4- في الوقت الحاضر سيتمكن المهتمين من تصنيع كيلوغرام بارتياب مقداره 0.1 ميكروغرام، إلا أن هذا الارتياب سيتحسن (سيصبح أصغر) مع تطور الإمكانيات التقنية ودون الحاجة لإعادة تعريف الكيلوغرام.

2.3.3 وحدة الزمن (الثانية)

- عرفت الثانية، قديما، على أنها 1/86 400 من اليوم الشمسي المتوسط (mean solar day)، المستند إلى النظريات الفلكية الذي يعتبر أن اليوم الشمسي المتوسط يساوي بالضبط 24 ساعة، في كل منها 60 دقيقة، وفي كل دقيقة 60 ثانية. إلا أن القياسات قد بينت أن هذه النظرية لم تأخذ بعين الاعتبار الدوران غير المنتظم للأرض، وبالتالي فانه لا يمكن من هذا التعريف تحقيق الدقة المطلوبة.

- في عام 1945، قام البروفسور الفيزيائي Isidor Rabi والذي كان يعمل في جامعة كولومبيا Columbia University باقتراح تصنيع ساعة وفقا لتقنية طورها في عام 1930 تدعى atomic beam magnetic resonance.

- في عام 1948، تم اعتماد وحدة الثانية، من قبل المؤتمر العام التاسع للأوزان والمقاييس.
- في عام 1949 وباستخدام تقنية Rabi، قام المكتب الوطني للمواصفات الأمريكية (NIST) بالإعلان عن أول ساعة ذرية باستخدام جزيء الأمونيا كمصدر للاهتزازات.

- في عام 1952 أكملت NIST تصنيع أول آلة لقياس تردد السيزيوم cesium clock resonance، حيث سميت هذه آلة NBS-1 والمبينة في الشكل (1.21).

- في عام 1956، قررت اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس تعريف الثانية على النحو التالي:

"الثانية: هي عبارة عن 1 / 31 556 925.974 7 من السنة الاستوائية للعام 1900 شهر كانون الثاني، اليوم صفر، الساعة 12 بالتوقيت الفلكي".

"The second is the fraction 1/31 556 925.974 7 of the tropical year for 1900 January 0 at 12 hours ephemeris time."

- في عام 1960، قام المؤتمر العام الحادي عشر للأوزان والمقاييس بالمصادقة على هذا التعريف، الذي جاء بناء على قرارات الاجتماع العام الثامن للاتحاد الفلكي الدولي (International Astronomical Union) عام 1952.
- في المؤتمر العام الثاني عشر للأوزان والمقاييس، عام 1964، تم مناقشة الاستفادة من الفترة الزمنية اللازمة لانتقال ذرة أو جزيء بين مستويين من الطاقة، في تحقيق تعريف أفضل وأدق للثانية.
- وفي عام 1964، أعلنت اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس أن التعريف الجديد للثانية سيعتمد على انتقال الإلكترون بين المستويين $M=0$,$F=4$ و $M=0$,$F=3$ من الحالة المرجعية $^2S_{1/2}$ لذرة السيزيوم 133 (cesium 133)، وغير المشوش عليها من مصادر خارجية، وان تردد هذا الانتقال له القيمة 9 192 631 770 هرتز.
- في المؤتمر الثالث عشر للأوزان والمقاييس، عام 1967-1968، تم إقرار التعريف الجديد للثانية، على النحو التالي:

"الثانية: هي الزمن المناظر لعمل 9,192,631,770 دورة إشعاع صادر عن انتقال إلكترون بين مستويين محددين من الحالة المرجعية لذرة السيزيوم 133."

- وبما أن الثانية التي تم إقرارها عام 1967، تعتمد على التردد الطبيعي لذرة السيزيوم، وليس لها علاقة بالحركة الفلكية، فقد برزت الحاجة إلى إيجاد مقياس ذري دولي للزمن International Atomic Time (TAI) وتم الطلب

من الجهات العلمية المختصة متابعة العمل لتعريف الـ TAI.

- في المؤتمر العام الخامس عشر للأوزان والمقاييس، عام 1975، ناقش المؤتمر الاستخدام الواسع لنظام التوقيت المسمى "الوقت الدولي المتناسق" (UTC) "Coordinated Universal Time" على أجهزة بث الوقت الرادارية (أجهزة الراديو)، والذي يوفر للمستخدمين معايير تردد والزمن الذري الدولي TAI والتقريب للوقت الدولي المتناسق (UTC)، أو الوقت الشمسي المتوسط mean solar time والذي يمثل الأساس للوقت المدني civil time والذي يعتبر استخدامه أمراً قانونيا في معظم الدول.
- خلال الاجتماع المنعقد للجنة الدولية للأوزان والمقاييس (CIPM)، عام 1997، تم التأكيد على أن تعريف الثانية يشير إلى ذرة السيزيوم في حالتها المرجعية(ground state) وعلى درجة حرارة صفر كلفن.
- بتاريخ 16 نوفمبر 2018 أقر المؤتمر العام السادس والعشرون للأوزان والمقاييس(CGPM)، والذي عقد في فرساي بفرنسا، إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وإعادة صياغة جميع الوحدات الأساسية السبعة بطريقة متجانسة ومرتبطة بالثوابت الطبيعية السبعة، على أن يتم العمل بهذه التعاريف ابتدأ من 20 مايو 2019.

وعليه فقد تم تعريف وحدة الزمن على النحو التالي:

Quantity	**:**	**Time**	**:**	**الزمن** **الكمية**
Unit	**:**	**The second**	**:**	**الثانية** **الوحدة**
Symbol	**:**	**s**	**:**	**ث** **الرمز**

It is defined by taking the fixed numerical value of the cesium frequency $\Delta\nu_{Cs}$, the unperturbed ground-state hyperfine transition frequency of the cesium 133 atom, to be 9 192 631 770 when expressed in the unit Hz, which is equal to s^{-1}.

تعرف الثانية من خلال أخذ قيمة عددية ثابتة، مقدارها 9192631770 Hz، لتردد انتقال فائق الدقة للحالة الأساسية غير المضطربة لذرة السيزيوم 133 $\Delta\nu_{Cs}$، حيث $Hz = s^{-1}$.

This definition implies the exact relation $\Delta\nu_{Cs} = 9\ 192\ 631\ 770$ Hz.

يتضمن هذا التعريف العلاقة الدقيقة التالية $\Delta\nu_{Cs} = 9192631770$ Hz

Inverting this relation gives an expression for the unit second in terms of the defining constant $\Delta\nu_{Cs}$:

والتي تعطي عند عكسها تعبيراً دقيقاً للثانية من خلال الثابت $\Delta\nu_{Cs}$

$$1\ Hz = \frac{\Delta V_{CS}}{9\ 192\ 631\ 770}$$

Or

أو

$$1\ s = \frac{9\ 192\ 631\ 770}{\Delta\nu_{C_s}}$$

The effect of this definition is that the second is equal to the duration of 9 192 631 770 periods of the radiation corresponding to the transition between the two hyperfine levels of the unperturbed ground state of the ^{133}Cs atom.

وعليه فإن الثانية تساوي مدة مقدارها 9192631770 فترة من الإشعاع المقابلة للانتقال بين مستويين فائقي الدقة من الحالة الأساسية غير المضطربة لذرة السيزيوم 133.

The reference to an unperturbed atom is intended to make it clear that the definition of the SI second is based on an isolated cesium atom that is unperturbed by any external field, such as ambient black-body radiation.

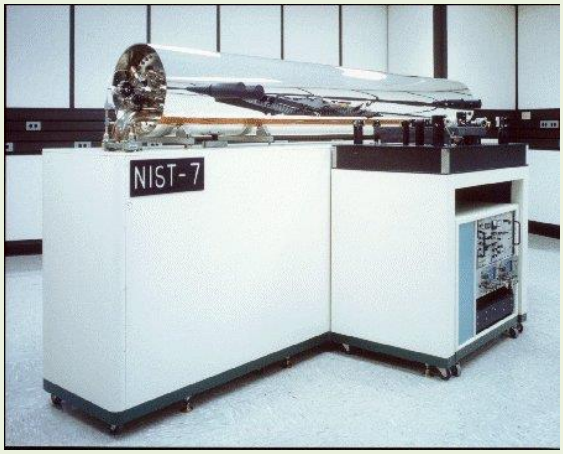
ويقصد بالإشارة إلى الذرة غير المضطربة توضيح أن تعريف النظام الدولي للوحدات (SI) للثانية يستند إلى ذرة السيزيوم المعزولة التي لا تتأثر بأي مجال خارجي، مثل إشعاع الجسم الأسود المحيط.

ويبين الشكل (2.14) بعض الأجهزة التي تم استخدامها لقياس الزمن خلال فترات مختلفة.

عام 1949

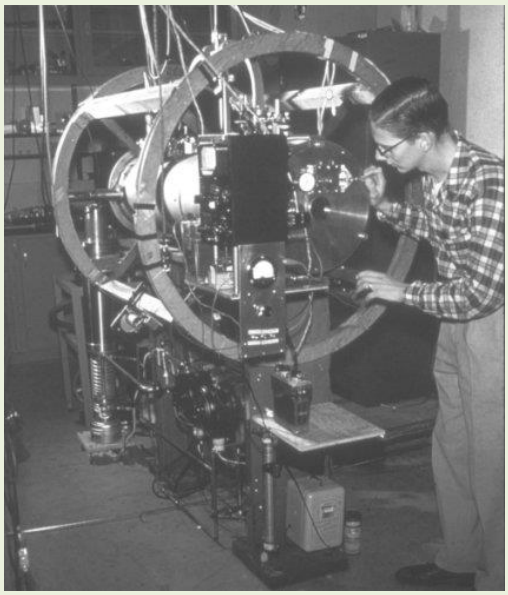
مرنان الأمونيا (Ammonia resonator)

بخطأ مقداره ثانية واحدة لكل 300 سنة

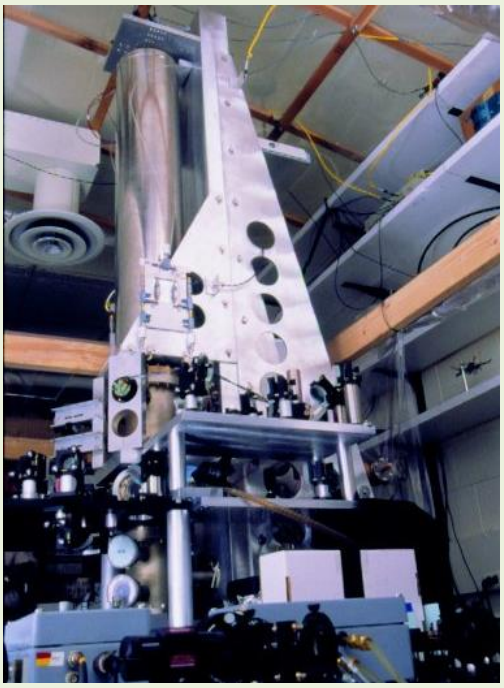


عام 1993: ساعة (NIST 7)

بخطأ مقداره ثانية واحدة لكل ست ملايين سنة

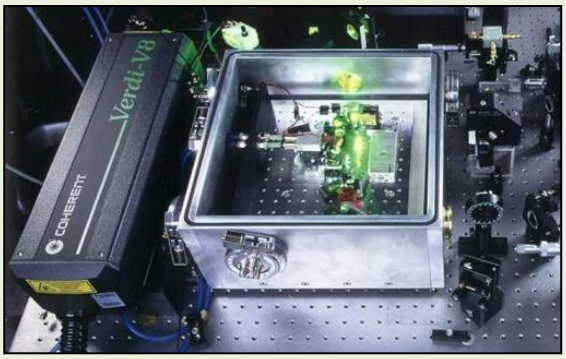


عام 1952: أول ساعة تعمل على قياس تردد عنصر السيزيوم



عام 1999: ساعة (NIST F1)

بخطأ مقداره ثانية واحدة لكل عشرين مليون سنة



الساعة البصرية (Optical clock)

بخطأ مقداره ثانية واحدة لكل ثلاثون بليون سنة

شكل (2.14): يبين بعض الأجهزة التي تم استخدامها لقياس الزمن خلال فترات مختلفة

2.3.4 وحدة التيار الكهربائي (الأمبير)

- في عام 1893 ومن خلال اجتماع الاتحاد الدولي للكهرباء (International Electrical Congress) الذي عقد في شيكاغو، تم إدخال وحدتي الأمبير الدولي (International ampere) والأوم الدولي (International ohm)، وتم التصديق عليهما بواسطة الاجتماع الدولي في لندن عام 1908.
- على الرغم من وجود رغبة عامة لدى المؤتمر العام الثامن للوزان والمقاييس، عام 1933، باستبدال هذه الوحدات الدولية بوحدات مطلقة (absolute units)، إلا أن هذا القرار لم يتم اتخاذه إلا في المؤتمر العام التاسع للأوزان والمقاييس، عام 1948، الذي تبنى وحدة الأمبير كوحدة للتيار الكهربائي على النحو التالي:

"الأمبير هو ذلك التيار الثابت، الذي إذا مر في موصلين مستقيمين ومتوازيين وبطول لا نهائي، ومقطع دائري مهمل، ووضعا على مسافة متر واحد في الفراغ، أحدث بين الموصلين قوة تساوي 2×10^{-7} نيوتن لكل متر طولي".

- إن المختصر (MKS) الدال على وحدة القوة، والموجود في النص الأصلي عام 1946، قد تم استبداله بالاسم (newton)، الذي تم تبنيه من قبل المؤتمر العام التاسع للأوزان والمقاييس، عام 1928، والذي على إثره تم تثبيت قيمة النفاذية في الفراغ (permeability of vacuum) بمقدار مضبوط قدره ($4\pi \times 10^{-7}$ H/m).
- بتاريخ 16 نوفمبر 2018 أقر المؤتمر العام السادس والعشرون للأوزان والمقاييس(CGPM)، والذي عقد في فرساي بفرنسا، إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وإعادة صياغة جميع الوحدات الأساسية السبعة بطريقة متجانسة ومرتبطة بالثوابت الطبيعية السبعة، على أن يتم العمل بهذه التعاريف ابتدأ من 20 مايو 2019.

وعليه فقد تم تعريف وحدة التيار الكهربائي على النحو التالي:

Quantity	**:**	**electric current**	**الكمية**	**:**	**التيار الكهربائي**
Unit	**:**	**The ampere**	**الوحدة**	**:**	**الأمبير**
Symbol	**:**	**A**	**الرمز**	**:**	**أ**

It is defined by taking the fixed numerical value of the elementary charge e to be 1.602 176 634 × 10^{-19} when expressed in the unit C, which is equal to A s, where the second is defined in terms of $\Delta\nu_{Cs}$.

يعرف الأمبير من خلال أخذ قيمة عددية ثابتة للشحنة الأولية e مقدارها 1.602176634 × 10^{-19} C، حيث C = A s ، وتعرف الثانية من خلال $\Delta\nu_{Cs}$

This definition implies the exact relation

e = 1.602 176 634 × 10^{-19} A s

يتضمن هذا التعريف العلاقة الدقيقة

e = 1.602 176 634 × 10^{-19} A s

Inverting this relation gives an exact expression for the unit ampere in terms of the defining constants e and $\Delta\nu_{Cs}$:

والتي تعطي عند عكسها تعبيراً دقيقاً للأمبير من خلال الثوابت e و $\Delta\nu_{Cs}$

$$1\ A = \left(\frac{e}{1.602\ 176\ 634\ \times 10^{-19}}\right) s^{-1}$$

Which is equal to

والتي تساوي

$$1\ A = \frac{1}{(9\ 192\ 631\ 770)(1.602\ 176\ 634\ \times 10^{-19})} \Delta v_{Cs} e$$

$$\approx 6.789\ 687\ \times 10^{8} \Delta v_{Cs} e$$

The effect of this definition is that one ampere is the electric current corresponding to the flow of

1/(1.602 176 634 × 10^{-19}) elementary charges per second.

وعليه فإن الأمبير هو التيار الكهربائي المناظر لتدفق 1/(1.602176634 × 10^{-19}) شحنة أولية لكل الثانية.

2.3.5 وحدة درجة الحرارة الثيرموديناميكية (الكلفن)

- في المؤتمر العام التاسع للأوزان والمقاييس، عام 1948، تم مناقشة أن النقطة الثلاثية للماء triple point of water قادرة على إعطاء نقطة مرجعية حرارية بدقة أعلى من تلك التي يمكن الحصول عليها من درجة ذوبان الثلج. وكنتيجة لذلك فقد تم الاتفاق على أن الصفر في مقياس الحرارة المئوي يساوي 0.0100 درجة تحت الدرجة الثلاثية للماء. ويبين الشكل (2.15) خلايا من الماء المقطر التي تستخدم لمعايرة أدوات قياس درجة الحرارة اعتمادا على درجة الحرارة الثلاثية للماء.

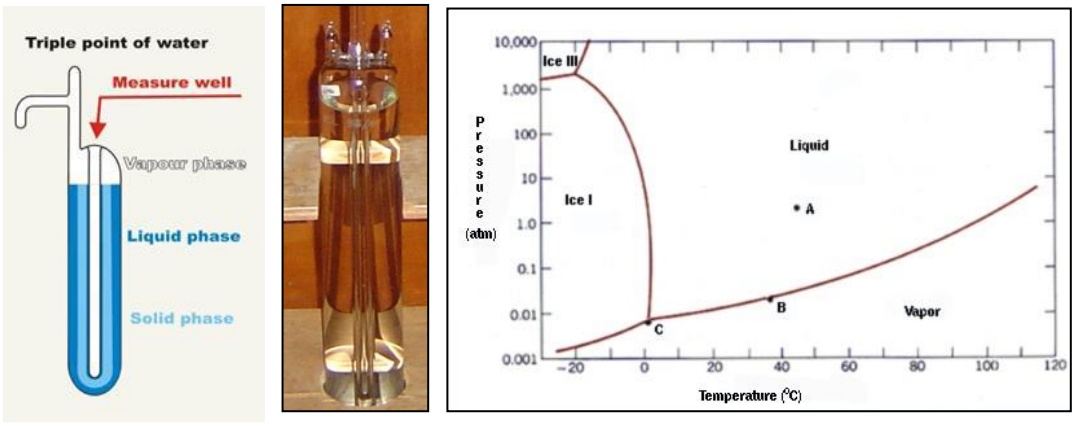
- في المؤتمر العام التاسع للأوزان والمقاييس، عام 1948، تم اختيار الوحدة "درجة سلسيوس" "degree Celsius" من بين ثلاثة أسماء مقترحة لدرجة الحرارة، هي: "centesimal degree", "degree centigrade" ("degree Celsius")

- في المؤتمر العام العاشر للأوزان والمقاييس، عام 1954، تم تعريف مقياس درجة الحرارة الثيرموديناميكية thermodynamic temperature scale بواسطة اختيار درجة الحرارة الثلاثية للماء كنقطة أساسية ثابتة تساوي 273.16 درجة كلفن (Degree Kelvin ورمزها ($^{\circ}$K)).

- في المؤتمر العام العاشر للأوزان والمقاييس، عام 1954، تم تعريف الضغط الجوي المعياري على انه

1 standard atmosphere = 1 013 250 dynes per square centimeter

أي ما يساوي 101 325 N/m^2



الشـــكل 2.15): خلايا من الماء المقطر التي تســـتخدم لمعايرة أدوات قياس درجة الحرارة اعتمادا على درجة الحرارة الثلاثية للماء المبينة في المخطط عند النقطة (c).

- في المؤتمر العام الثالث عشـــر للأوزان والمقاييس، عام 1967-1968، تم إقرار الوحدة "kelvin" ورمزها (K) وحدة لدرجة الحرارة الثيرموديناميكية، وان الوحدة والرمز نفسهما يتم استخدامهما للتعبير عن فرق درجات الحرارة، وتم تعريف الكلفن على أنه:

"الكلفن: هو وحدة قياس درجة الحرارة الثيرموديناميكية وهو يســـاوي 273.16 / 1 من درجة الحرارة الثيرموديناميكية للنقطة الثلاثية للماء.".

- بسبب الاستخدام الشائع لتدريج درجة الحرارة بالاستناد إلى درجة حرارة تجمد الماء (T_0 = 273.15 K) كنقطة مرجعية، تم تســـمية الفرق عن درجة حرارة تجمد الماء بدرجة حرارة ســـلســـيوس(Celsius temperature) ووحدتها "درجة سلسيوس" degrees Celsius ورمزها (°س) أو (°C)، وبما إن مقدار درجة سلسيوس تساوي الكلفن، فقد اقر المؤتمر العام الثالث عشـــر للأوزان والمقاييس، عام 1967-1968، بجواز التعبير عن فرق درجات الحرارة بأي منهما. كما أن درجة ســـلســـيوس والكلفن هما الوحدات المســـتخدمة في المقياس الدولي لدرجات الحرارة International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) كما ورد في التوصية الخامسة للجنة الدولية للأوزان والمقاييس (CIPM)، عام 1989.
- بتاريخ 16 نوفمبر 2018 أقر المؤتمر العام الســـادس والعشـــرون للأوزان والمقاييس(CGPM)، والذي عقد في فرســـاي بفرنســـا، إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وإعادة صـــياغة جميع الوحدات الأساسية السبعة بطريقة متجانسة ومرتبطة بالثوابت الطبيعية السبعة، على أن يتم العمل بهذه التعاريف ابتدأ من 20 مايو 2019.

وعليه فقد تم تعريف وحدة درجة الحرارة الديناميكية على النحو التالي:

Quantity	**:**	**thermodynamic**	**الكمية**	**:**	**درجة الحرارة الديناميكية**
Unit	**:**	**temperature**	**الوحدة**	**:**	**الكلفن**
Symbol	**:**	**The kelvin**	**الرمز**	**:**	**ك**
		K			

It is defined by taking the fixed numerical value of the Boltzmann constant k to be 1.380 649 × 10^{-23} when expressed in the unit J K^{-1}, which is equal to kg m^2 s^{-2} K^{-1}, where the kilogram, meter and second are defined in terms of h, c and $\Delta\nu_{Cs}$.

يعرف الكلفن من خلال أخذ قيمة عددية ثابتة لثابت بولتزمان k مقدارها 1.380649 × 10^{-23} J K^{-1} ، حيث J K^{-1} = kg m^2 s^{-2} K^{-1} ، ويعرف الكيلوغرام والمتر والثانية من خلال h و c و $\Delta\nu_{Cs}$

This definition implies the exact relation

k = 1.380 649 × 10^{-23} kg m^2 s^{-2} K^{-1}

Inverting this relation gives an exact expression for the kelvin in terms of the defining constants k, h and $\Delta\nu_{Cs}$:

يتضمن هذا التعريف العلاقة الدقيقة

k = 1.380 649 × 10^{-23} kg m^2 s^{-2} K^{-1}

والتي تعطي عند عكسها تعبيراً دقيقاً للكلفن من خلال الثوابت k و h و$\Delta\nu_{Cs}$

$$1\ K = \left(\frac{1.380\ 649}{k}\right) \times 10^{-23} kg\ m^2\ s^{-2}$$

Which is equal to

والتي تساوي

$$1\ K = \frac{1.380\ 649\ \times 10^{-23}}{(6.626\ 070\ 15\ \times 10^{-34})(9\ 192\ 631\ 770)} \frac{h\ \Delta\nu_{Cs}}{K}$$

$$\approx 2.266\ 6653 \frac{h\ \Delta\nu_{Cs}}{K}$$

The effect of this definition is that one kelvin is equal to the change of thermodynamic temperature that results in a change of thermal energy kT by 1.380 649 × 10^{-23} J.

وعليه فإن الكلفن يساوي التغير في درجة الحرارة الديناميكية الذي يؤدي إلى تغيير الطاقة الحرارية kT بمقدار 1.380649 × 10^{-23} J

2.3.6 وحدة كمية المادة (المول)

- بعد اكتشـاف القوانين الأسـاسـية للكيمياء، تم اسـتخدام وحدات مثل "غرام-ذرة" "gram-atom" و "غرام-جزيء" "gram-molecule" وذلك لوصـف كمية العناصـر والمركبات الكيميائية. وحيث أن لهذه الوحدات علاقة مباشـرة بالوزن الذري (atomic weight) والوزن الجزيئي (molecular weight)، والتي هي في حقيقة الأمر كتل نسـبية (relative masses)، مسـتمدة من الوزن الذري للأوكسـجين، والذي اتفق بالإجماع على انه يساوي 16.
- بعد أن استطاع الفيزيائيين فصل نظائر الأوكسجين (isotopes of oxygen) بواسطة المطياف الكتلي (mass spectrometer)، وخصـصـوا القيمة 16 لأحد هذه النظائر، فقد قام الكيميائيين، مع بعض التعديل، بتخصـيص نفس القيمة لخليط النظائر 16 و17 و18، باعتبار أن هذه النظائر مجتمعة تشـكل عنصـر الأكسجين في الطبيعة.
- في عام 1959-1960، تم الاتفاق بين الاتحاد الدولي للفيزياء النظرية والتطبيقية International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP) والاتحاد العام للكيمياء النظرية والتطبيقية International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) على وضـع حد لهذه الازدواجية، حيث تم الاتفاق على اعتبار أن الوزن الذري (التعبير الصحيح للوزن الذري هو الكتلة الذرية النسـبية) لنظير الكربون ذو الرقم الكتلي (mass number) 12 يسـاوي 12 بالضـبط. وهكذا تم الحصـول على المقياس الموحد (unified scale) الذي يحدد الكتل الذرية النسبية لبقية العناصر.
- وهكذا بقي تحديد وحدة كمية المادة، وذلك بتحديد الكتلة المقابلة لنظير الكربون 12 (^{12}C, carbon 12)، حيث تم الاتفاق الدولي على اعتبار هذه الكتلة تساوي 0.012 كغ، وان وحدة كمية المادة هي المول (mole)، ورمزها "مول" (mol).
- عام 1967، قامت اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس (CIPM) وبناء على اقتراح من المنظمات الدولية الثلاثة: IUPAP و IUPC و ISO، بإعطاء هذا التعريف للمول، والمصادقة عليه عام 1969، وتم تبنيه من المؤتمر العام الرابع عشر للأوزان والمقاييس عام 1971، على النحو التالي:

1- المول هو كمية المادة في منظومة تحتوي عدد من المكونات الأولية التي تسـاوي عدد الذرات الموجودة في كتلة مقدارها 0.012 كغ من نظير الكربون 12.

2- عند اسـتخدام المول، فإن المكونات الأولية يجب أن تحدد، ويمكن أن تكون هذه المكونات عبارة عن ذرات، أو مركبات، أو أيونات، أو إلكترونات أو أجزاء أخرى أو مجموعات محددة من مثل هذه المجموعات.

- في عام 1980 أقرت اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس انه من المفهوم أن ذرات نظير الكربون 12 المسـتخدم في تعريف المول، هي في حالة حرة (unbound atoms)، وساكنة (rest) وفي الحالة المرجعية (ground state).
- بتاريخ 16 نوفمبر 2018 أقر المؤتمر العام السـادس والعشـرون للأوزان والمقاييس(CGPM)، والذي عقد في فرسـاي بفرنسـا، إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وإعادة صـياغة جميع الوحدات الأساسية السبعة بطريقة متجانسة ومرتبطة بالثوابت الطبيعية السبعة، على أن يتم العمل بهذه التعاريف ابتدأ من 20 مايو 2019.

وعليه فقد تم تعريف وحدة كمية المادة على النحو التالي:

Quantity	**:**	**amount of substance**	**الكمية**	**:**	**كمية المادة**
Unit	**:**	**The mole**	**الوحدة**	**:**	**المول**
Symbol	**:**	**mol**	**الرمز**	**:**	**مول**

One mole contains exactly $6.02214076 \times 10^{23}$ elementary entities. This number is the fixed numerical value of the Avogadro constant, N_A, when expressed in the unit mol^{-1} and is called the Avogadro number. The amount of substance, symbol *n*, of a system is a measure of the number of specified elementary entities. An elementary entity may be an atom, a molecule, an ion, an electron, any other particle or specified group of particles.

This definition implies the exact relation

$N_A = 6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

Inverting this relation gives an exact expression for the mole in terms of the defining constant N_A:

$$1\ mole = \frac{(6.022\ 140\ 76\ \times 10^{23})}{N_A}$$

The effect of this definition is that the mole is the amount of substance of a system that contains $6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$ specified elementary entities.

يحتوي المول الواحد على عدد يساوي بالضبط $6.02214076 \times 10^{23}$ كيان أولي. هذا الرقم هو القيمة العددية الثابتة لثابت أفوجادرو، N_A، عندما يعبر عنه بوحدة مول$^{-1}$، ويسمى عدد أفوجادرو.

إن كمية المادة لنظام هي مقياس لعدد كيانات أولية محددة، والتي قد تكون عبارة عن ذرة أو جزيء أو أيون أو إلكترون أو أي جسيم آخر أو مجموعة محددة من الجسيمات.

يتضمن هذا التعريف العلاقة الدقيقة

$N_A = 6.02214076 \times 10^{23}\ mol^{-1}$

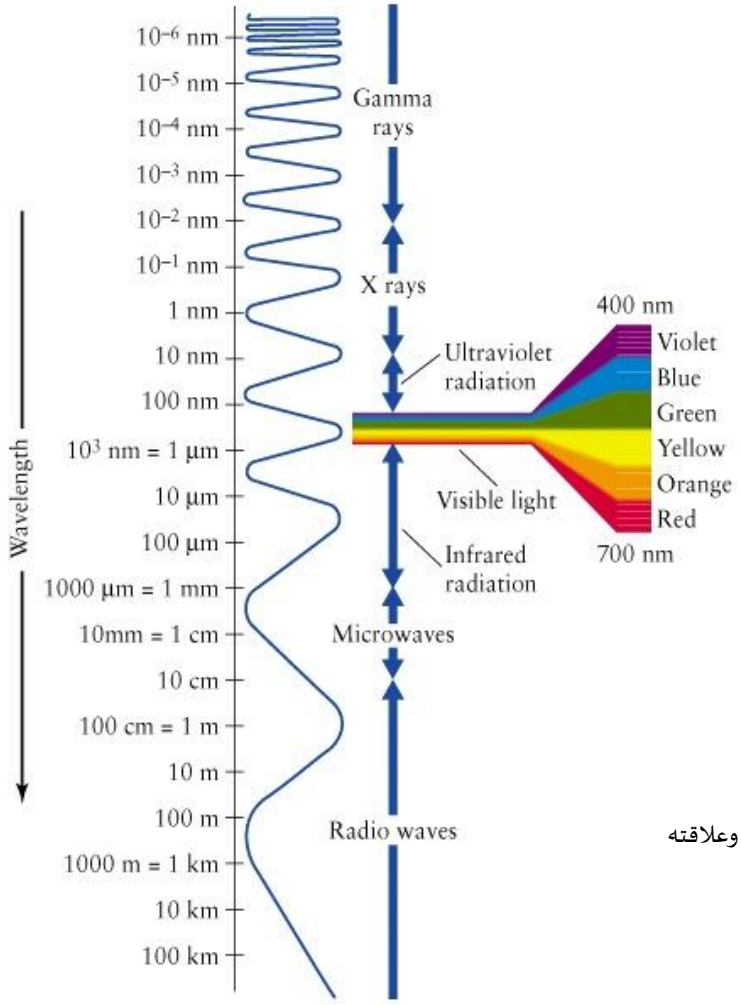
والتي تعطي عند عكسها تعبيراً دقيقاً للمول من خلال الثابت N_A

وعليه فإن المول هو مقدار المادة في نظام يحتوي على $6.02214076 \times 10^{23}$ كيانات أولية محددة.

2.3.7 وحدة شدة الإضاءة (القنديلة)

- نظرا لان طاقة المشـعات الضـوئية optical radiation تقاس بالواط، وحيث أن العين لا تسـتطيع رؤية ألوان الضـوء بنفس الدرجة بسـبب اختلاف الطول الموجي لكل لون، فان الحاجة إلى وحدة جديدة لتقييم التأثير البصري الصادر عن المشعات الضوئية قد أصبح حاجة ملحة.
- تعتبر العين حساسة بدرجة كبيرة للضوء ضمن مجال الطيف الضوئي المناظر للون الأصفر-الأخضر، والذي يمثل قمة المنحنى الضـوئي للأشـعة التي تصـل سـطح الأرض من الشـمس كما تعتبر العين اقل تأثرا بالألوان الحمراء والزرقاء. (أنظر الشكل 2.16) ([1])
- يعرف الضوء على أنه عبارة عن أمواج كهرومغناطيسية ذات طول موجي يقع بين (360 nm -830 nm).
- في عام 1860 تم تحقيق القنديلة لأول مرة من الإضـاءة الناتجة عن احتراق المادة الشـمعية المسـتخرجة من زيت رأس الحوت المعروف بالعنبر (spermaceti).

[1] مصدر الشكل هو: http://eosweb.larc.nasa.gov/EDDOCS/images/Erb/wavelength_figure.jpg



الشكل (2.16): الطول الموجي وعلاقته بمقدرة الرؤية عند الإنسان

- في عام 1898 تم الاعتماد على لمبات الغاز التي تضيء باحتراق خليط غازي من البتان (Pentan) والهواء في حارقة بدون فتيلة (wickless burner).
- في عام 1909 تتوجت أول محاولة ناجحة لتأسيس وحدة مقبولة دوليا لشدة الإضاءة، حيث تم توقيع اتفاقية بين المختبر الفيزيائي الوطني البريطاني National Physical Laboratory NPL والمكتب الوطني للمواصفات الأمريكي National Bureau of Standards NBS والمختبر المركزي للكهرباء الفرنسي Laboratoire Central d'Electricite لتبني وحدة لشدة الإضاءة مشتقة من لمبة البنتان (Pentane lamp) ولكنها مصنوعة من اللمبة ذات الفتيلة الكربونية Carbon Filament Lamp.
- في عام 1930 تم تحقيق معيار لشدة الإضاءة بناء على إشعاع الأجسام السوداء (Black bodies) والتي هي عبارة عن أجهزة مسخنة ومصممة لمحاكاة المواد الماصة والمشعة التامة Perfect absorber and emitter of radiation.
- في 1 يناير 1940 تم تعريف شدة الإضاءة بالنسبة للإضاءة الصادرة عن إشعاع الجسم الأسود Black body radiator عند درجة تجمد البلاتين والتي عرفت بالشمعة الجديدة New candle.

- في المؤتمر العام التاسع للأوزان والمقاييس، عام 1948، تم إقرار تعريف الشمعة الجديدة new candle وتعريف اللومن الجديد new lumen وذلك بناء على قرار اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس عام 1946، على النحو التالي:

1- الشمعة الجديدة (وحدة شدة الإضاءة): إن قيمة إنارة المشع الكامل brightness of the full radiator على درجة حرارة تجمد البلاتين تساوي (60) ستون شمعة جديدة لكل سنتيمتر مربع.

2- كما تم تعريف اللومن الجديد (وحدة التدفق الضوئي): هو التدفق الضوئي luminous flux المنبعث في وحدة الزاوية المجسمة (الستيراديان) بواسطة مصدر ضوئي نقطي متجانس الإشعاع uniform point source ، له شدة إضاءة luminous intensity تساوي شمعة واحدة جديدة.

- في المؤتمر العام الثالث عشر للأوزان والمقاييس، 1967-1968، تم تغيير الوحدة "الشمعة الجديدة" new candle إلى "القنديلة" candela، والتي عرفت على النحو التالي:

"القنديلة: هي شدة الإضاءة الصادرة، باتجاه عمودي، عن جسم اسود black body مساحته 1 / 600 000 متر مربع، عند درجة حرارة تجمد البلاتين، وضغط مقداره 325 101 نيوتن لكل متر مربع".

- في المؤتمر السادس عشر للأوزان والمقاييس، عام 1979، تم تبني تعريف جديد للقنديلة، وذلك بسبب الاختلافات الكبير بين المختبرات في تحقيق وحدة القنديلة وبناء المعيار الأولي للجسم الأسود، وبسبب التقدم التكنولوجي في مجال الفوتومتري والذي يسمح بتحقيق وحدة القنديلة بدون الحاجة لبناء الجسم الأسود، وذلك على النحو التالي:

"القنديلة هي شدة الإضاءة، في اتجاه معين، لمصدرذو إشعاعات أحادي الطول الموجي، له تردد مقداره 540×10^{12} هرتز، وله شدة إشعاع في ذلك الاتجاه تساوي 1 / 683 واط لكل ستراديان".

- بتاريخ 16 نوفمبر 2018 أقر المؤتمر العام السادس والعشرون للأوزان والمقاييس(CGPM)، والذي عقد في فرساي بفرنسا، إعادة تعريف الكيلوغرام، والأمبير، والكلفن، والمول، وإعادة صياغة جميع الوحدات الأساسية السبعة بطريقة متجانسة ومرتبطة بالثوابت الطبيعية السبعة، على أن يتم العمل بهذه التعاريف ابتدأ من 20 مايو 2019.

وعليه فقد تم تعريف وحدة شدة الإضاءة على النحو التالي:

Quantity	**:**	**luminous intensity**	**الكمية**	**:**	**شدة الإضاءة**
Unit	**:**	**The candela**	**الوحدة**	**:**	**القنديلة**
Symbol	**:**	**cd**	**الرمز**	**:**	**قد**

is the SI unit of luminous intensity in a given direction. It is defined by taking the fixed numerical value of the luminous efficacy of monochromatic radiation of frequency 540 × 10^{12} Hz, K_{cd}, to be 683 when expressed in the unit lm W^{-1}, which is equal to cd sr W^{-1}, or cd sr kg^{-1} m^{-2} s^3 , where the kilogram, meter and second are defined in terms of h, c and $\Delta\nu_{Cs}$.

القنديلة هي وحدة شدة الإضاءة في اتجاه معين، وتعرف من خلال أخذ قيمة عددية ثابتة لكفاءة إضاءة (K_{cd}) مقدارها 683 lm W^{-1}، لشعاع أحادي اللون تردده 540 × 10^{12} Hz، حيث

lm W^{-1} = cd sr W^{-1}

= cd sr kg^{-1} m^{-2} s^3

ويحدد الكيلوغرام والمتر والثانية من خلال h و c و $\Delta\nu_{Cs}$

This definition implies the exact relation

K_{cd} = 683 cd sr kg^{-1} m^{-2} s^3

for monochromatic radiation of frequency ν = 540 × 1012 Hz. Inverting this relation gives an exact expression for the candela in terms of the defining constants K_{cd}, h and $\Delta\nu_{Cs}$:

يتضمن هذا التعريف العلاقة الدقيقة

K_{cd} = 683 cd sr kg^{-1} m^{-2} s^3

لشعاع أحادي اللون تردده ν = 540 × 10^{12} Hz

والتي تعطي عند عكسها تعبيراً دقيقاً للقنديلة من خلال الثوابت K_{cd} و h و $\Delta\nu_{Cs}$

$$1\ cd = \left(\frac{K_{cd}}{683}\right) kg\ m^2 s^{-3} sr^{-1}$$

Which is equal to

والتي تساوي

$$1\ cd = \frac{1}{(6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34})(9\ 192\ 631\ 770)^2\ 683} (\Delta\nu_{Cs})^2\ h\ K_{cd}$$

$$\approx 2.614\ 830 \times 10^{10}\ (\Delta\nu_{Cs})^2\ h\ K_{cd}$$

The effect of this definition is that one candela is the luminous intensity, in a given direction, of a source that emits monochromatic radiation of frequency 540 × 10^{12} Hz and has a radiant intensity in that direction of (1/683) W/sr.

وعليه فإن القنديلة هي شدة الإضاءة، في اتجاه معين، لمصدر شعاع أحادي اللون تردده 540 × 10^{12} Hz وله كثافة إشعاع في هذا الاتجاه مقدارها 1/683 W/sr.

2.4 الوحدات المشتقة المبنية على استخدام الوحدات الأساسية فقط

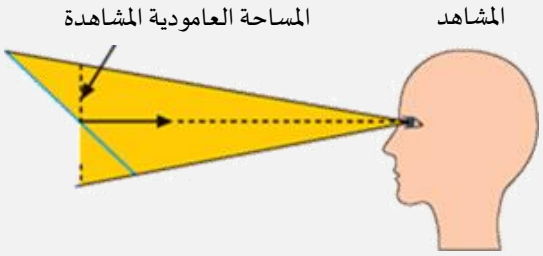
يبين الجدول (2.2) الكميات والوحدات المشتقة التي تستخدم فقط الوحدات الأساسية ورموزها المعتمدة باللغات اللاتينية، كما أقرها المؤتمر العام للأوزان والمقاييس، بالإضافة لترجمة أسماء هذه الكميات ورموزها المعتمدة باللغة العربية كما أقرتها المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس. أما التعاريف الخاصة بهذه الوحدات فهي كما وردت في الوثيقة رقم (2) الصادرة عن المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية (OIML D2:1999) وتعديلاتها. أما الأرقام الواردة في هذا الجدول فتمثل رقم البند في هذه الوثيقة.

الجدول (2.2) أمثلة لبعض الوحدات المشتقة المبنية على الوحدات الأساسية

2.2.4 **Quantity: Area** **Unit: square meter** **Symbol: m^2** The square meter is the area of a square of side 1 meter.	**الكمية: المساحة** **الوحدة: متر مربع** **الرمز: $م^2$**
2.2.5 **Quantity: Volume** **Unit: cubic meter** **Symbol: m^3** The cubic meter is the volume of a cube of side 1 meter.	**الكمية: الحجم** **الوحدة: متر مكعب** **الرمز: $م^3$**
2.2.8 **Quantity: Angular velocity** **Unit: radian per second** **Symbol: rad/s** The radian per second is the angular velocity of a body that rotates uniformly about a fixed axis through 1 radian in 1 second.	**الكمية: السرعة الزاوية** **الوحدة: راديان لكل ثانية** **الرمز: راد\ث**
2.2.9 **Quantity: Angular acceleration** **Unit: radian per second squared** **Symbol: rad/s^2** The radian per second squared is the angular acceleration of a body, rotating about a fixed axis with uniform acceleration, whose angular velocity changes by 1 radian per second in 1 second.	**الكمية: التسارع الزاوي** **الوحدة: راديان لكل ثانية مربعة** **الرمز: $راد\ث^2$**

2.2.10 **Quantity: Velocity** **Unit: meter per second** **Symbol: m/s** The meter per second is the velocity of a point that moves through 1 meter in 1 second with uniform motion.	**الكمية: السرعة** **الوحدة: مترلكل ثانية** **الرمز: م\ث**
2.2.11 **Quantity: Acceleration** **Unit: meter per second squared** **Symbol: m/s^2** The meter per second squared is the acceleration of a body, animated by a uniformly varied movement whose velocity varies in 1 second by 1 meter per second.	**الكمية: التسارع** **الوحدة: مترلكل ثانية مربعة** **الرمز: م\ث^2**
2.3.2 **Quantity: Lineic mass, linear density.** **Unit: kilogram per meter** **Symbol: kg/m** The kilogram per meter is the lineic mass of a homogeneous body of uniform section having a mass of 1 kilogram and a length of 1 meter.	**الكمية: الكثافة الخطية** **الوحدة: كيلوغرام لكل متر** **الرمز: كغ\م**
2.3.3 **Quantity: Areic mass, surface density.** **Unit: kilogram per square meter** **Symbol: kg/m^2** The kilogram per square meter is the areic mass of a homogeneous body of uniform thickness having a mass of 1 kilogram and an area of 1 square meter.	**الكمية: الكثافة السطحية** **الوحدة: كيلوغرام لكل متر مربع** **الرمز: كغ\م^2**
2.3.4 **Quantity: Density (mass density)** **Unit: kilogram per cubic meter** **Symbol: kg/m^3** The kilogram per cubic meter is the density of a homogeneous body having a mass of 1 kilogram and a volume of 1 cubic meter.	**الكمية: الكثافة (كثافة الكتلة)** **الوحدة: كيلوغرام لكل متر مكعب** **الرمز: كغ\م^3**

2.3.9 **Quantity: Kinematic viscosity** **Unit: meter squared per second** **Symbol: m^2/s** The meter squared per second is the kinematic viscosity of a fluid whose dynamic viscosity is 1 pascal second and whose density is 1 kilogram per cubic meter.	**الكمية: اللزوجة الحركية** **الوحدة: متر مربع لكل ثانية** **الرمز: م^2\ث**
2.3.12 **Quantity: Volume flow rate** **Unit: cubic meter per second** **Symbol: m^3/s** The cubic meter per second is the volume flow rate such that a substance having a volume of 1 cubic meter passes through the cross section considered in 1 second.	**الكمية: معدل التدفق الحجمي** **الوحدة: متر مكعب لكل ثانية** **الرمز: م^3\ث**
2.3.13 **Quantity: Mass flow rate** **Unit: kilogram per second** **Symbol: kg/s** The kilogram per second is the mass flow rate of a uniform flow such that a substance having a mass of 1 kilogram passes through the cross section considered in a time of 1 second. 1 kg/s = 1 kg / 1 s	**الكمية: معدل التدفق الكتلي** **الوحدة: كيلوغرام لكل ثانية** **الرمز: كغ\ث**
2.5.11 **Quantity: Magnetomotive force** **Unit: ampere** **Symbol: A** The magnetomotive force of 1 ampere is caused along any closed curve that passes once around an electric conductor through which an electric current of 1 ampere is passing.	**الكمية: القوة الدافعة المغناطيسية** **الوحدة: أمبير** **الرمز: أ**

2.5.12 **Quantity: Magnetic field strength** **Unit: ampere per meter** **Symbol: A/m** The ampere per meter is the strength of the magnetic field produced in vacuum along the circumference of a circle of 1 meter in circumference by an electric current of 1 ampere, maintained in a straight conductor of infinite length, of negligible circular cross section, forming the axis of the circle mentioned.	**الكمية: شدة المجال المغناطيسي** **الوحدة: أمبير لكل متر** **الرمز: أ\م**
2.7.3 **Quantity: Luminance** **Unit: candela per square meter** **Symbol: cd/m^2** The candela per square meter is the luminance perpendicular to the plane surface of 1 square meter of a source of which the luminous intensity perpendicular to that surface is 1 candela.  	**الكمية: إنارة السطح** **الوحدة: قنديلة لكل متر مربع** **الرمز: قد\م^2**
Quantity: Refractive index ([1]) **Unit: (the number) one** **Symbol: 1**	**الكمية: معامل الانكسار** **الوحدة: الرقم واحد** **الرمز: 1 (ويتم عادة حذفه)**
Quantity: Luminous efficiency **Unit: lumen per watt** **Symbol: lm/W** It is the ratio between the luminous flux and the electrical power consumption.	**الكمية: كفاءة الإضاءة** **الوحدة: لومن لكل واط** **الرمز: لم\و**

[1] المرجع 10

الكمية: عدد الموجات **الوحدة: 1 لكل متر** **الرمز: 1\م**	**Quantity: wave number ([1])** **Unit: 1 per meter** **Symbol: 1/m**

2.5 الوحدات المشتقة ذات الأسماء والرموز الخاصة

- في عام 1948، قام المؤتمر العام التاسع للأوزان والمقاييس، بإقرار التعاريف التي أقرتها اللجنة الدولية للأوزان والمقاييس عام 1946، والتي قامت بتعريف بعض وحدات القياس الميكانيكية التي دخلت على تعريف وحدات القياس الكهربائية، وهي: النيوتن، والجول، والواط.

  كما تم تعريف مجموعة من وحدات قياس الكميات الكهربائية، وهي: الفولت، والأوم، والكولمب، والفاراد، والهنري، والفيبر، كوحدات مشتقة بأسماء خاصة.

- في عام 1971، تبنى المؤتمر العام الرابع عشر للأوزان والمقاييس وحدتي القياس: الباسكال والسيمنس، كوحدات مشتقة بأسماء خاصة.

- في عام 1975، تبنى المؤتمر العام الخامس عشر للأوزان والمقاييس وحدتي القياس: البكريل والغري، كوحدات مشتقة بأسماء خاصة.

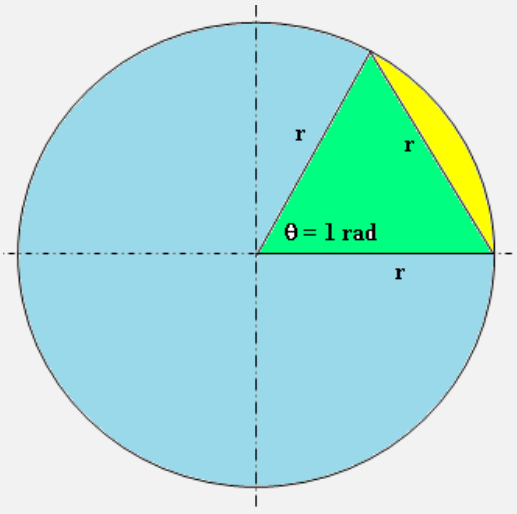
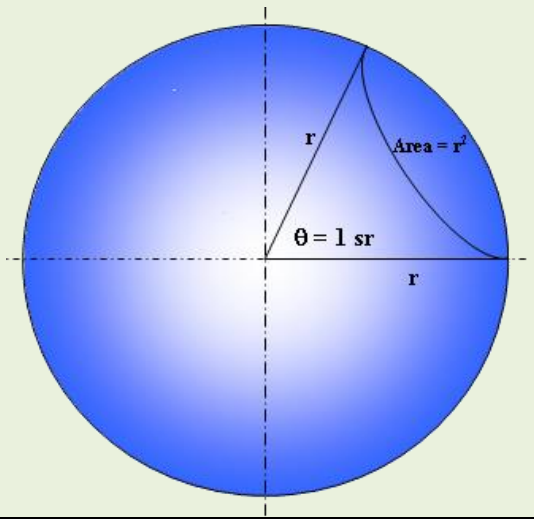
- في عام 1979، تبنى المؤتمر العام السادس عشر للأوزان والمقاييس، وحدة السيفرت، كوحدة مشتقة باسم خاص.

- في عام 1999، تبنى المؤتمر العام الحادي والعشرون للأوزان والمقاييس، وحدة الكتل، كوحدة مشتقة باسم خاص.

يبين الجدول (2.3) الكميات والوحدات المشتقة التي تستخدم أسماء ورموز خاصة باللغات اللاتينية، كما أقرها المؤتمر العام للأوزان والمقاييس. بالإضافة لترجمة لأسماء هذه الكميات ورموزها المعتمدة باللغة العربية كما أقرتها المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس. أما التعاريف الخاصة بهذه الوحدات فهي كما وردت في الوثيقة رقم (2) الصادرة عن المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية (OIML D2:1999) وتعديلاتها. أما الأرقام الواردة في هذا الجدول فتمثل رقم البند في هذه الوثيقة. أما بخصوص الترجمة لتعاريف هذه الوحدات فهي ترجمة بتصرف، بقصد توضيح التعريف وتبسيطه. أما الشكل (2.17) والشكل (2.18) فيبين العلاقة بين الوحدات الأساسية، والوحدات المشتقة ذات الأسماء الخاصة، في النظام الدولي لوحدات القياس.

[1] المؤتمر العام الثالث عشر للأوزان والمقاييس، 1967-1968 (المرجع: 10)

الجدول (2.3) الوحدات المشتقة ذات الأسماء والرموز الخاصة

2.2.2 **Quantity: Plane angle** **Unit: radian** **Symbol: rad** The radian is the plane angle between two radii of a circle which cut off on the circumference an arc equal in length to the radius. 1 rad = 1 m/m = 1	**الكمية: الزاوية المستوية** **الوحدة: راديان** **الرمز: راد** الراديان هي الزاوية المستوية المحصورة بين نصفي قطري دائرة يقطعان قوسا من المحيط طوله يساوي نصف قطر الدائرة.
2.2.3 **Quantity: Solid angle** **Unit: steradian** **Symbol: sr** The steradian is the solid angle of a cone which, having its vertex in the center of a sphere, cuts off an area of the surface of the sphere equal to that of a square with sides of length equal to the radius of the sphere. 1 sr = 1 m^2/m^2 = 1	**الكمية: الزاوية المجسمة** **الوحدة: ستيراديان** **الرمز: سر** الستيراديان هي الزاوية المجسمة لمخروط يقع رأسه في مركز كرة، ويقطع مساحة من سطح هذه الكرة تساوي مساحة مربع طول ضلعه يساوي نصف قطر الكرة.
	

2.2.7 **Quantity: Frequency** **Unit: hertz** **Symbol: Hz** The hertz is the frequency of a periodic phenomenon, the period of which is 1 second. 1 Hz = 1/s	**الكمية: التردد** **الوحدة: هرتز** **الرمز: هز** الهرتز هو وحدة قياس التردد، ويساوي تردد ظاهرة دورية، لمرة واحدة، خلال ثانية واحدة. أما التردد، فهو عبارة عن عدد الترددات الدورية خلال ثانية واحدة.
2.3.5 **Quantity: Force** **Unit: Newton ([1])** **Symbol: N** The newton is the force which gives to a mass of 1 kilogram an acceleration of 1 meter per second, per second. 1 N = 1 kg.m/s^2	**الكمية: القوة** **الوحدة: نيوتن** **الرمز: ن** النيوتن هو القوة التي إذا طبقت على كتلة ساكنة مقدارها 1 كيلوغرام، أوصلته إلى تسارع مقداره 1 متر لكل ثانية مربعة.
2.3.7 **Quantity: Pressure, stress** **Unit: Pascal ([2])** **Symbol: Pa** The pascal is the uniform pressure that, when acting on a plane surface of 1 square meter, exerts perpendicularly to that surface a total force of 1 newton. It is also the uniform stress that, when acting on a plane surface of 1 square meter, exerts on that surface a total force of 1 newton. 1 Pa = 1 N/m^2	**الكمية: الضغط، الإجهاد** **الوحدة: باسكال** **الرمز: با** الباسكال هو الضغط المنتظم الذي إذا طبق على سطح مستو مساحته 1 متر مربع، فانه يؤثر عليه باتجاه متعامد بقوة إجمالية مقدارها 1 نيوتن. وهو كذلك الإجهاد المنتظم الذي إذا طبق على سطح مستو مساحته 1 متر مربع، أثر عليه بقوة إجمالية مقدارها 1 نيوتن.

[1] 9th CGPM, 1948
[2] 14th CGPM, 1971

2.3.10 **Quantity: Work, energy, quantity of heat** **Unit: joule ([1])** **Symbol: J** The joule is the work done when the point of application of 1 newton moves a distance of 1 meter in the direction of the force. 1 J = 1 N. m	**الكمية: الشغل، الطاقة، كمية الحرارة** **الوحدة: جول** **الرمز: ج** الجول هو الشـــغل المبذول لانتقال نقطة مطبق عليها قوة مقدارها 1 نيوتن إلى مسافة مقدارها 1 متر، باتجاه القوة المطبقة عليها.
2.3.11 **Quantity: Energy flow rate, heat flow rate, power** **Unit: watt ([2])** **Symbol: W** The watt is the power which in 1 second gives rise to energy of 1 joule. 1 W = 1 J/s	**الكمية: معدل تدفق الطاقة، معدل تدفق الحرارة، القدرة** **الوحدة: واط** **الرمز: و** الواط هو القدرة التي تنتج طاقة مقدارها 1 جول لكل الثانية.

[1] 9th CGPM, 1948
[2] 9th CGPM, 1948

Note of 2.4.1 **Quantity: temperature, interval of temperature.** **Unit: Degree Celsius** **Symbol: °C** In addition to the thermodynamic temperature (symbol T), expressed in kelvins, use is also made of Celsius temperature (symbol t) defined by the equation: $t = T - T_0$, where $T_0 = 273.15$ K by definition. To express Celsius temperature, the unit "degree Celsius" (°C) which is equal to the unit "kelvin" is used; in this case, "degree Celsius" is a special name used in place of "kelvin". An interval or difference of Celsius temperature can, however, be expressed in kelvins as well as in degrees Celsius. ([1])	**ملاحظة البند 2-4-1** **الكمية: درجة الحرارة، مدى درجة الحرارة** **الوحدة:** درجة سلسيوس **الرمز: °س** بالإضـــافة إلى درجة الحرارة الثيرموديناميكية (ح) التي يعبر عنها بالكلفن، تستخدم أيضا درجة سلسيوس (د) التي تعرف بالمعادلة : د = ح - 273,15 إن الوحدة "درجة سـلسـيوس" تسـاوي الوحدة "كلفن" ولكن "درجة سـلسـيوس" هي اسـم خاص يسـتعاض به عن" الكلفن" ويجوز التعبير عن فرق أو مـدى درجـة الحرارة، إمّا باسـتخدام درجة سـلسـيوس أو باسـتخدام الكلفن.
2.5.2 **Quantity: Quantity of electricity, electric charge** **Unit: coulomb ([2])** **Symbol: C** The coulomb is the quantity of electricity carried in 1 second by a current of 1 ampere. 1 C = 1 A.s	**الكمية: كمية الكهرباء، الشحنة الكهربائية** **الوحدة: كولمب** **الرمز: كل** الكولمب هو كمية الكهرباء المتنقلة في 1 ثانية بواســطة تيار كهربائي ثابت يساوي 1 أمبير.

[1] يمكن استخدام هذه الوحدة أيضا مع البادئات، مثل (millidegree Celsius) أو (مليدرجة سلسيوس)

[2] 9th CGPM, 1948

2.5.3 **ectric potential, electric tension, electromotive force** **Unit: volt ([1])** **Symbol: V** The volt is the potential difference between two points of a conducting wire carrying a constant current of 1 ampere, when the power dissipated between these points is equal to 1 watt. 1 V = 1 W/A	**الكمية: فرق الجهد الكهربائي، القوة الدافعة الكهربائية** **الوحدة: فولت** **الرمز: ف** الفولت هو فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين من سلك موصل، يسري به تيار ثابت مقداره 1 أمبير، والقدرة المستهلكة بين هاتين النقطتين تساوي 1 واط.
2.5.5 **Quantity: Electric resistance** **Unit: ohm ([2])** **Symbol: Ω** The ohm is the electrical resistance between two points of a conductor when a constant potential difference of 1 volt, applied to these points, produces in the conductor a current of 1 ampere, the conductor not being the seat of any electromotive force. 1 Ω = 1 V/A	**الكمية: المقاومة الكهربائية** **الوحدة: أوم** **الرمز: Ω** الأوم هو المقاومة الكهربائية بين نقطتين من موصل، يسري بينهما تيار ثابت مقداره 1 أمبير، وفرق الجهد الكهربائي الثابت بينهما يساوي 1 فولت، على ألا يكون هذا الموصل جزءا من أي مصدر لقوة دافعة كهربائية.
2.5.6 **Quantity: Conductance** **Unit: siemens ([3])** **Symbol: S** The siemens is the conductance of a conductor having an electrical resistance of 1 ohm. 1 S = 1 / Ω	**الكمية: الموصلية الكهربائية** **الوحدة: سيمنس** **الرمز: سن** هو الموصلية الكهربائية لموصل ذي مقاومة كهربائية تساوي 1 أوم. (الموصلية الكهربائية هي معكوس المقاومة الكهربائية).

[1] 9th CGPM, 1948
[2] 9th CGPM, 1948
[3] 14th CGPM, 1971

2.5.7 **Quantity: Electric capacitance** **Unit: farad ([1])** **Symbol: F** The farad is the capacitance of a capacitor between the plates of which there appears a potential difference of 1 volt when it is charged by a quantity of electricity of 1 coulomb. 1 F = 1 C / V	**الكمية: السعة الكهربائية** **الوحدة: فاراد** **الرمز: فر** الفاراد هو سعة مكثف كهربائي يظهر بين صفائحه فرق جهد كهربائي مقداره 1 فولت، عند شحنه بكمية كهربائية تساوي 1 كولومب.
2.5.8 **Quantity: Inductance** **Unit: henry ([2])** **Symbol: H** The henry is the inductance of a closed circuit in which an electromotive force of 1 volt is produced when the electric current in the circuit varies uniformly at the rate of 1 ampere per second. 1 H = 1 V.s /A	**الكمية: الحث الكهربائي** **الوحدة: هنري** **الرمز: هـ** الهنري هو الحث الكهربائي لدائرة مغلقة تنتج قوة دافعة كهربائية مقدارها 1 فولت عندما يسري بها تيار كهربائي متغيرا بمعدل منتظم مقداره 1 أمبير لكل ثانية
2.5.9 **Quantity: Magnetic flux** **Unit: weber ([3])** **Symbol: Wb** The weber is the magnetic flux which, linking a circuit of one turn, would produce in it an electromotive force of 1 volt, if it were reduced to zero at a uniform rate in 1 second. 1 Wb = 1 V.s	**الكمية: التدفق المغناطيسي** **الوحدة: فيبر** **الرمز: فب** الفيبر هو التدفق المغناطيسي الذي إذا مر بدائرة كهربائية ذات لفة واحدة يتكون فيها قوة دافعة كهربائية مقدارها 1 فولت عندما يتم إرجاعه إلى الصفر خلال ثانية واحدة وبمعدل منتظم.

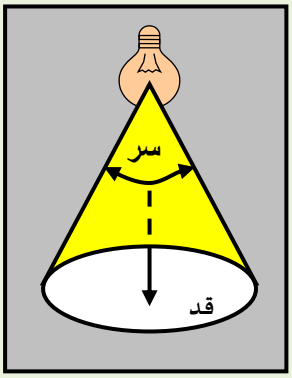
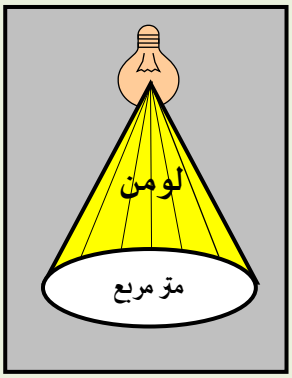
[1] 9th CGPM, 1948

[2] 9th CGPM, 1948

[3] 9th CGPM, 1948

2.5.10 **Quantity: Magnetic flux density, magnetic induction** **Unit: tesla** **Symbol: T** The tesla is the magnetic flux density produced within a surface of 1 square meter by a uniform magnetic flux of 1 weber perpendicular to this surface. $1\ T = 1\ Wb/m^2$	**الكمية: كثافة التدفق المغناطيسي/ التأثير المغناطيسي** **الوحدة: تسلا** **الرمز: ت** التسلا هي كثافة التدفق/ التأثير المغناطيسي الناتجة في مساحة مقدارها 1 متر مربع، من خلال تدفق مغناطيسي منتظم ومتعامد على هذه المساحة، مقداره 1 فيبر.
2.6.2 **Quantity: Catalytic activity** **Unit: katal ([1])** **Symbol: kat** **2.6.2.1** The katal is the activity of a catalyst which causes a catalyzed conversion rate of one mole of substrate per second. **2.6.2.2** It is recommended that when the katal is used, the measurand be specified by reference to the measurement procedure; the measurement procedure must identify the indicator reaction. $1\ kat = 1\ mol/s$ **Note:** *According to Resolution 12 of the 21st CGPM, 1999", This derived unit can be used Especially for the fields of medicine and biochemistry.*	**الكمية: نشاط العامل المحفز** **الوحدة: كتل** **الرمز: كت** **1-** هو نشاط العامل المحفز الذي يسبب معدل تغير مُحَفز مقداره مول من المادة المتفاعلة لكل ثانية. **2-** ينصح عند استخدام الوحدة كتل أن يتم تحديد الكمية المقاسة من خلال ربطها بطريقة القياس التي يجب أن يحدد فيها التفاعل الكاشف. **ملاحظة:** وفقا للقرار رقم 12 الصادر عن المؤتمر العام الحادي والعشرون للأوزان والمقاييس، عام 1999، فإن هذه الوحدة المشتقة يمكن استخدامها بشكل خاص في مجالات الكيمياء الحيوية والعلوم الطبية.

[1] 21st CGPM, 1999

2.7.4 **Quantity: Luminous flux** **Unit: lumen** **Symbol: lm** The lumen is the luminous flux emitted in a unit solid angle of 1 steradian by a uniform point source having a luminous intensity of 1 candela. 1 lm = 1 cd.sr	**الكمية: التدفق الضوئي** **الوحدة: لومن** **الرمز: لم** اللومن هو وحدة قياس التدفق الضوئي المنبعث خلال زاوية مجسّمة مقدارها 1 ستيراديان، من مصدر ضوئي دقيق ومتجانس الإشعاع، شدته 1 قنديلة. 
2.7.5 **Quantity: Illuminance** **Unit: lux** **Symbol: lx** The lux is the illuminance of a surface receiving a luminous flux of 1 lumen, uniformly distributed over 1 square meter of the surface. 1 lx = 1 lm/m^2	**الكمية: الاستضاءة** **الوحدة: لوكس** **الرمز: لك** اللوكس هو قياس استضاءة سطح مساحته 1 متر مربع، يستقبل تدفق ضوئي مقداره 1لومن، وبتوزيع متجانس. 

2.8.1 **Quantity: Activity (of a radioactive source)** **Unit: Becquerel ([1])** **Symbol: Bq** The becquerel is the activity of a radioactive source in which the quotient of the expectation value of a number of spontaneous nuclear transitions or isomeric transitions and the time interval in which these transitions take place tends to the limit 1/s. 1 Bq = 1/s	**الكمية: نشاط المصدر الإشعاعي** **الوحدة: بكريل** **الرمز: بك** البكريل هو وحدة قياس نشـاط المصـدر الإشـعاعي، ويسـاوي تحولاً أو تفككا نووياً ذاتياً أو تغيرا في عدد النويدات المشـعة الموجودة في حالة معينة للطاقة، خلال ثانية واحدة. ويقاس نشـاط المصـدر المشـع بعدد التحولات أو التفككات النووية الذاتية أو التغير في عدد النويدات المشـعة الموجودة في حالة معينة للطاقة، خلال ثانية واحدة.
2.8.2 **Quantity: Absorbed dose, kerma** **Unit: gray ([2])** **Symbol: Gy** The gray is the absorbed dose or the kerma in an element of matter of 1 kilogram mass to which the energy of 1 joule is imparted by ionizing radiations (absorbed dose), or in which the sum of the initial kinetic energies of 1 joule is liberated by charged ionizing particles (kerma), each under a condition of constant energy fluence. 1 Gy = 1 J/kg	**الكمية: الجرعة الممتصة، الكرما** **الوحدة: غري** **الرمز: غي** الغري هو عبارة وحدة قياس الجرعة الممتصة (الطاقة المترسبة في وسط ما)، والصادرة عن إشعاعات مؤينة، طاقتها 1 جول، والتي تترسب في مادة كتلتها 1 كيلوغرام.

[1] 15th CGPM, 1975

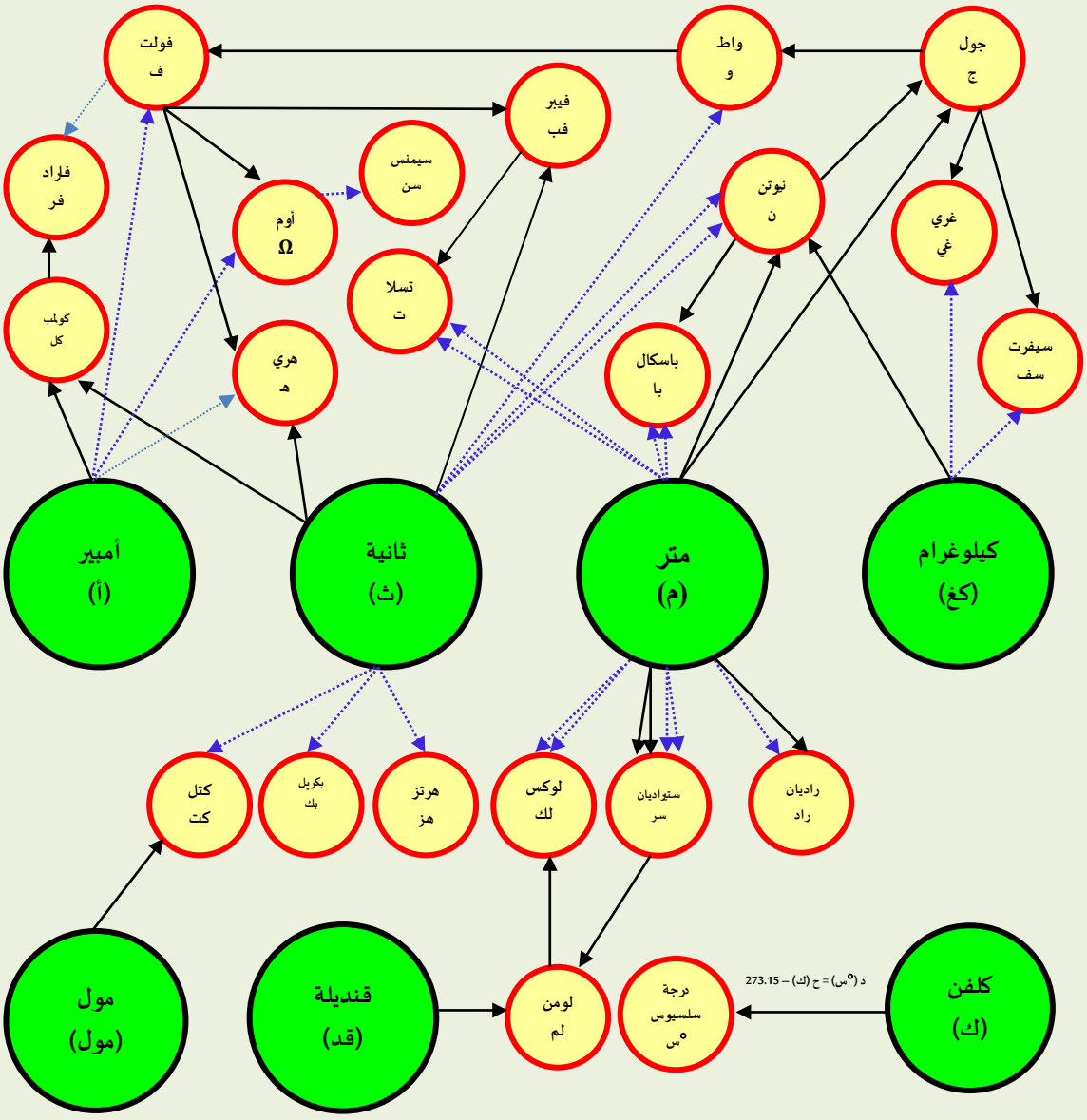
[2] 15th CGPM, 1975

2.8.3 **Quantity: Dose equivalent** **Unit: sievert ([1])** **Symbol: Sv** The sievert is the dose equivalent in an element of tissue of 1 kilogram mass to which the energy of 1 joule is imparted by ionizing radiations whose value of the quality factor, which weights the absorbed dose for the biological effectiveness of the charged particles producing the absorbed dose, is 1 and whose energy fluence is constant. 1 Sv = 1 J/kg **Note:** The dose equivalent, H, is the product of Q and D at a point in tissue, where D is the absorbed dose and Q is the quality factor at that point, thus $H = Q \cdot D$ (ICRU Report 51, 1993).	**الكمية: مكافئ الجرعة ([2])** **الوحدة: سيفرت** **الرمز: سف** السيفرت هو وحدة قياس مكافئ الجرعة في نسيج بيولوجي كتلته 1 كيلوغرام، والذي يتلقى طاقة مقدارها 1 جول بواسطة إشعاعات مؤينة ذات معامل تأثير إشعاعي مقداره 1 وتحت تدفق إشعاعي ثابت. وبمعنى أخر، فان السيفرت هو وحدة الضرر البيولوجي الذي يلحق بالنسيج البيولوجي نتيجة تعرضه للإشعاع المؤين، ويساوي جول لكل كيلوغرام **ملاحظة:** مكافئ الجرعة يساوي حاصل ضرب الجرعة الممتصة عند نقطة معينة من النسيج البيولوجي في معامل التأثير الإشعاعي في تلك النقطة.

[1] 16th CGPM, 1979

[2] بسبب أن فعالية الأضرار التي تلحق بالنسيج البشري تختلف باختلاف نوع الإشعاع المؤين، وبالتالي فان الجرعة الممتصة التي توزع على النسيج أو العضو البشري تضرب في معامل إشعاع لمراعاة فعالية نوع الإشعاع المعني في إحداث الآثار الصحية، والكمية الناتجة تسمى "الجرعة المكافئة" وتستخدم الجرعة المكافئة عندما تشعع أعضاء أو أنسجة منفردة، لكن احتمال حدوث آثار عشوائية ضارة بسبب جرعة مكافئة معينة يختلف باختلاف الأعضاء والأنسجة، وبالتالي فان قيمة الجرعة المكافئة بالنسبة لأي عضو أو نسيج تضرب في عامل النسيج المرجح لمراعاة حساسية العضو للإشعاع. ويسمى المجموع الكلي لهذه الجرعات المكافئة المرجحة لجميع الأنسجة المعرضة في الشخص "الجرعة الفعالة". ووحدة الجرعة المكافئة والجرعة الفعالة هي نفسها وحدة الجرعة الممتصة، ولكن يستخدم الرمز "سيفرت" لتجنب الخلط مع وحدة الجرعة الممتصة "غري".(المرجع: هيئة الطاقة النووية)

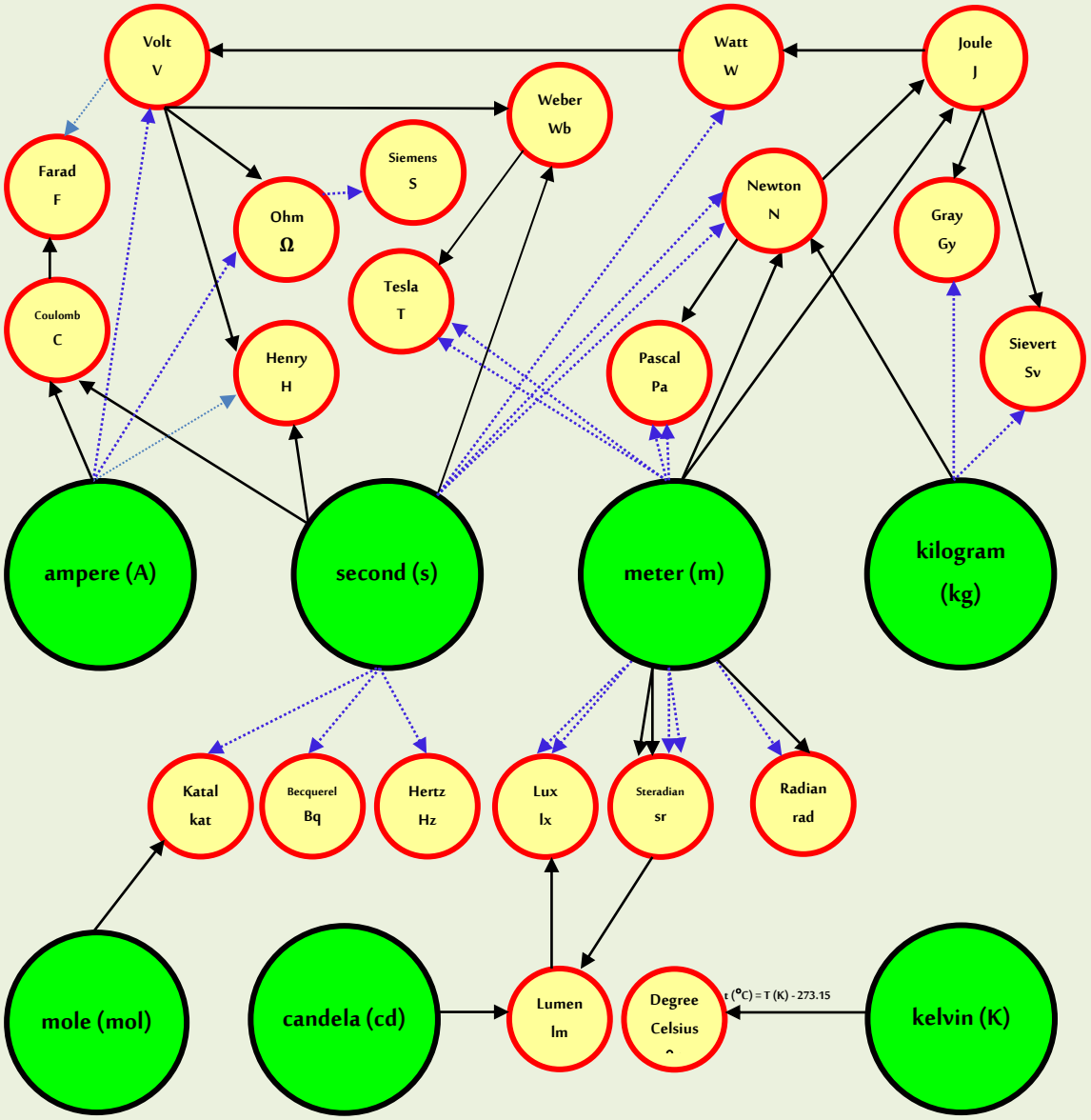
شكل (2.17): العلاقة بين الوحدات الأساسية، والوحدات المشتقة ذات الأسماء الخاصة، في النظام الدولي لوحدات القياس



وحدة قياس أساسية	لتحديد العلاقة بين وحدة القياس المشتقة، ووحدة القياس الأساسية، يتم تحديد الأسهم الداخلة إلى الوحدة المشتقة، ثم قسمة الوحدات القادمة منها الأسهم المتصلة، على الوحدات القادمة منها الأسهم المتقطعة.
وحدة قياس مشتقة	مثال: لتحديد العلاقة بين الوحدات الأساسية، والنيوتن فإننا نجد أن الأسهم القادمة إليها هي: سهم متصل من المتر، وسهم متصل من الكيلوغرام، وسهمين متقطعين من الثانية، وعليه فان وحدة النيوتن بالوحدات الأساسية هي (كغ.م\ث^2).
علاقة طردية (ضرب)	ويستثنى من هذه القاعدة، العلاقة التي تربط الكلفن بدرجة سلسيوس.
علاقة عكسية (قسمة)	

تم أخذ الفكرة الأساسية لهذا المخطط من شجرة الوحدات المصممة من قبل مشروع GTZ

شكل (2.18): العلاقة بين الوحدات الأساسية، والوحدات المشتقة ذات الأسماء الخاصة، في النظام الدولي لوحدات القياس



وحدة قياس أساسية	لتحديد العلاقة بين وحدة القياس المشتقة، ووحدة القياس الأساسية، يتم تحديد الأسهم الداخلة إلى الوحدة المشتقة، ثم قسمة الوحدات القادمة منها الأسهم المتصلة، على الوحدات القادمة منها الأسهم المتقطعة.
وحدة قياس مشتقة	مثال: لتحديد العلاقة بين الوحدات الأساسية، و (Newton) فإننا نجد أن الأسهم القادمة إليها هي: سهم متصل من الـ (meter)، وسهم متصل من الـ (Kilogram)، وسهمين متقطعين من الـ (Second)، وعليه فان وحدة الـ (Newton) بالوحدات الأساسية هي ($kg.m/s^2$).
علاقة طردية (ضرب)	ويستثنى من هذه القاعدة، العلاقة التي تربط الـ (Kelvin) بـ (Degree Celsius).
علاقة عكسية (قسمة)	

تم أخذ الفكرة الأساسية من شجرة الوحدات المصممة من قبل مشروع GTZ

2.6 الوحدات المشتقة والتي أسماؤها ورموزها تحتوي على وحدات مشتقة بأسماء ورموز خاصة

يبين الجدول (2.4) أمثلة للكميات والوحدات المشتقة والتي أسماؤها ورموزها تحتوي على وحدات مشتقة بأسماء ورموز خاصة، بالإضافة إلى الوحدات الأساسية وباللغات اللاتينية، كما أقرها المؤتمر العام للأوزان والمقاييس. بالإضافة لترجمة أسماء هذه الكميات ورموزها المعتمدة باللغة العربية كما أقرتها المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس. أما التعاريف الخاصة بهذه الوحدات فهي كما وردت في الوثيقة رقم (2) الصادرة عن المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية(OIML D2:1999) وتعديلاتها. أما الأرقام الواردة في هذا الجدول فتمثل رقم البند في هذه الوثيقة.

الجدول (2.4): أمثلة على الوحدات المشتقة والتي أسماؤها ورموزها تحتوي على وحدات مشتقة بأسماء ورموز خاصة

الكمية: عزم القوة **الوحدة: نيوتن متر** **الرمز: ن.م**	**2.3.6** **Quantity: Moment of force** **Unit: Newton × meter** **Symbol: N.m** The moment of a force about a point is equal to the vector product of any radius vector from this point to a point on the line of action of the force, and the force. 1 N.m = 1 $kg.m^2/s^2$
الكمية: اللزوجة التحريكية **الوحدة: باسكال ثانية** **الرمز: با.ث**	**2.3.8** **Quantity: Dynamic viscosity** **Unit: pascal second** **Symbol: Pa.s** The pascal second is the dynamic viscosity of a homogeneous fluid in which the velocity varies uniformly in a direction normal to that of the flow with a variation of 1 meter per second over a distance of 1 meter, and in which there is a shear stress of 1 pascal.
الكمية: الانتروبية **الوحدة: جول لكل كلفن** **الرمز: ج\ك**	**2.4.2** **Quantity: Entropy ([1])** **Unit: joule per kelvin** **Symbol: J/K** The joule per kelvin is the increase in the entropy of a system receiving a quantity of heat of 1 joule at the constant thermodynamic temperature of 1 kelvin, provided that no irreversible change takes place in the system.

[1] المؤتمر العام الثالث عشر للأوزان والمقاييس، 1967-1968

2.4.3 **Quantity: specific heat capacity ([1])** **Unit: joule per kilogram kelvin** **Symbol: J/(kg.K)** The joule per kilogram kelvin is the specific heat capacity of a homogeneous body at constant pressure or constant volume having a mass of 1 kilogram in which the addition of a quantity of heat of 1 joule produces a rise in temperature of 1 kelvin.	**الكمية: الحرارة النوعية** **الوحـدة: جول لكـل كيلوغرام كلفن** **الرمز: ج\(كغ.ك)**
2.4.4 **Quantity: Thermal conductivity ([2])** **Unit: watt per meter kelvin** **Symbol: W/(m.K)** The watt per meter kelvin is the thermal conductivity of a homogeneous body in which a difference of temperature of 1 kelvin between two parallel planes having a surface of 1 square meter and which are 1 meter apart produces a heat flow rate of 1 watt between these planes.	**الكمية: الموصلية الحرارية** **الوحدة: واط لكل متر كلفن** **الرمز: و\(م.ك)**
2.5.4 **Quantity: Electric field strength** **Unit: volt per meter** **Symbol: V/m** The volt per meter is the strength of the electric field which exercises a force of 1 newton on a body charged with a quantity of electricity of 1 coulomb. 1 V/m = 1 N/C	**الكمية: شدة المجال الكهربائي** **الوحدة: فولت لكل متر** **الرمز: ف\م**
2.7.1 **Quantity: Radiant intensity ([3])** **Unit: watt per steradian** **Symbol: W/sr** The watt per steradian is the radiant intensity of a point source emitting uniformly a radiant flux of 1 watt in a solid angle of 1 steradian.	**الكمية: شدة الإشعاع** **الوحدة: واط لكل ستيراديان** **الرمز: و\سر**

[1] المؤتمر العام الثالث عشر للأوزان والمقاييس، 1967-1968

[2] المؤتمر العام الثالث عشر للأوزان والمقاييس، 1967-1968

[3] المؤتمر العام الثالث عشر للأوزان والمقاييس، 1967-1968

الكمية: التعرض **الـوحـدة: كـولـومـب لـكـل كيلوغرام** **الرمز: كل\كغ**	**2.8.4** **Quantity: Exposure** **Unit: coulomb per kilogram** **Symbol: C/kg** The coulomb per kilogram is the exposure of a photonic ionizing radiation that can produce, in a quantity of air of 1 kilogram mass, ions of one sign carrying a total electric charge of 1 coulomb when all the electrons (negatrons and positrons) liberated by photons in the air are completely stopped in air, the energy fluence being uniform in the quantity of air.

2.7 الوحدات المشتقة اللابعدية

إن بعض كميات القياس يتم تعريفها كنسـبة بين كميتين من نفس النوع، وبالتالي فان بعد لهذه الكميات هو الرقم "1". وبالطبع فان هذه الوحدات هي وحدات مشـتقة متجانسـة مع وحدات النظام الدولي. ومن الأمثلة على هذه الكميات:

- معامل الانكسار (refractive index).
- النفاذية النسبية (relative permeability).
- معامل الاحتكاك (friction factor).
- رقم براندتل (Prandtl number).

وحيث أن وحدة هذه الكميات هي الرقم "1"، فانه لا يتم التعبير عنها بشـكل صـريح، إلا انه في بعض الحالات فان لبعض هذه الوحدات أسـماء ورموز خاصـة، مثل الراديان (راد) والسـتيراديان (سـر) والنيبر (نب)، وذلك بهدف إزالة اللبس بين بعض الوحدات المشتقة المدمجة من وحدات أساسية ووحدات مشتقة.

2.8 بادئات وحدات القياس

لقد تبنى المؤتمر العام الحادي عشـر للأوزان والمقاييس، عام 1960، سـلسـلة من أسـماء ورموز بادئات (prefixes) لوحدات القياس الدولية، والتي يمكن اسـتخدامها كمضـاعفات أو أجزاء عشـرية لهذه الوحدات، والتي غطت المجال من 10^{-12} إلى 10^{12}. أما أسـماء ورموز البادئات 10^{-15} و 10^{-18} قد تم تبنيهما في قرار المؤتمر العام الثاني عشـر للأوزان والمقاييس، عام 1964، أما أسـماء ورموز البادئات 10^{15} و 10^{18} فقد تم تبنيهما في قرار المؤتمر العام الخامس عشـر للأوزان والمقاييس، عام 1975، أما أسـماء ورموز البادئات 10^{21} و 10^{24} و 10^{-21} و 10^{-24} فقد تم تبنيهما في قرار المؤتمر العام التاسع عشر للأوزان والمقاييس، عام 1991.

ونجد أن وحدة الكيلوغرام (kg) هي الوحدة الأسـاسـية الوحيدة التي يحتوي اسـمها ورمزها على بادئة، وذلك لأسـباب تاريخية، تعود إلى اعتبار أن وحدة الغرام قد كانت هي الوحدة المسـتخدمة للكتلة، ولصـغر هذه الوحدة بالنسـبة للتعاملات اليومية، فقد أصبحت وحدة الكيلوغرام هي الوحدة السائدة للكتلة. إلا انه لا يجوز استخدام البادئات مع هذه الوحدة، وليجب استخدام البادئات فقط مع وحدة الغرام.

أما فيما يتعلق بتعريب أسـماء البادئات ورموزها، للأسـاس 10، فقد قامت المنظمة العربية للمواصـفات والمقاييس بتعريب هذه البادئات ضـمن المجال من 10^{-18} إلى 10^{18}. ويبين الجدول (2.5) البادئات التي يمكن اسـتخدامها مع وحدات ورموز وحدات القياس للأسـاس 10، وذلك للتعبير عن أجزائها أو مضـاعفاتها، وذلك كما أقرها المؤتمر العام للأوزان والمقاييس حتى حينه. أما بخصـوص الترجمة لأسـماء هذه البادئات ورموزها، فهي كما أقرتها المنظمة العربية للمواصـفات والمقاييس، باسـتثناء البادئات ذات القيم 10^{24}، 10^{21}، 10^{-24}، 10^{-21}. فيما يبين الجدول (2.6) بادئات وحدات القياس للأساس 2.

الجدول (2.5): بادئات وحدات القياس – المضاعفات والأجزاء للأساس 10

رمز البادئة		اسم البادئة		معامل الضرب	القيمة
يتا*	Y	يوتا*	yotta	10^{24}	1 000 000 000 000 000 000 000 000
زتا*	Z	زيتا*	zeta	10^{21}	1 000 000 000 000 000 000 000
إي	E	اكزا	exa	10^{18}	1 000 000 000 000 000 000
بتا	P	بيتا	peta	10^{15}	1 000 000 000 000 000
تا	T	تيرا	tera	10^{12}	1 000 000 000 000
غا	G	غيغا	giga	10^{9}	1 000 000 000
مغا	M	ميغا	mega	10^{6}	1 000 000
كا	k	كيلو	kilo	10^{3}	1 000
ها	h	هكتو	hecto	10^{2}	100
دا	da	ديكا	deca	10^{1}	10
د	d	ديسي	deci	10^{-1}	0.1
سـ	c	سنتي	centi	10^{-2}	0.01
مـ	m	ملي	milli	10^{-3}	0.001
مكـ	µ	ميكرو	micro	10^{-6}	0.000 001
نـ	n	نانو	nano	10^{-9}	0.000 000 001
بـ	p	بيكو	pico	10^{-12}	0.000 000 000 001
فـ	f	فيمتو	femto	10^{-15}	0.000 000 000 000 001
آ	a	آتو	atto	10^{-18}	0.000 000 000 000 000 001
زي**	z	زبتو**	zepto	10^{-21}	0.000 000 000 000 000 000 001
يي**	y	يوكتو**	yocto	10^{-24}	0.000 000 000 000 000 000 000 001

* تعريب هذه الوحدات يعود للمؤلف

** تعريب هذه البادئات ورموزها حسب القوانين المترولوجية التونسية

الجدول (2.6) بادئات ورموز وحدات القياس للأساس 2 [1]

رمز البادئة	اسم البادئة	معامل الضرب	القيمة
Yi	yobi	$(2^{10})^8$	1 208 925 819 614 629 174 706 176
Zi	zebi	$(2^{10})^7$	1 180 591 620 717 411 303 424
Ei	exbi	$(2^{10})^6$	1 152 921 504 606 846 976
Pi	pebi	$(2^{10})^5$	1 125 899 906 842 624
Ti	tebi	$(2^{10})^4$	1 099 511 627 776
Gi	gibi	$(2^{10})^3$	1 073 741 824
Mi	mebi	$(2^{10})^2$	1 048 576
Ki	kibi	$(2^{10})^1$	1 024

2.9 نظام كميات القياس

تعرف الكمية (Quantity) بأنها خاصية لظاهرة أو لجسم أو لمادة يمكن تمييزها كيفا وتعيينها كما. ويمكن أن يطلق مصطلح "الكمية" على كمية ما بمعناها العام، مثل: الطول، الزمن، الكتلة، درجة الحرارة، المقاومة الكهربائية. كما يمكن أن يطلق هذا المصطلح على كمية محددة مثل: طول شريط معين، أو المقاومة الكهربائية لسلك معين. أما الكميات التي يمكن مقارنتها ببعضها، والتي تدعى أيضا "كميات من نفس الطبيعة" (Quantities of the same kind)، فيمكن تصنيفها إلى فئات مثل فئة (الشغل، الحرارة، الطاقة) وفئة (السماكة، المحيط، الطول الموجي).[2]

إن نظام الكميات المستخدم مع النظام الدولي للوحدات قد تم تغطيته في المواصفة رقم ISO 31، والمكونة من أربعة عشر جزءا، والتي قامت المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس بترجمتها أيضا إلى العربية كما هو مبين في الجدول (2.7). ومن الجدير بالذكر أن منظمة ISO قد تبنت هذه الكميات على أساس السبع كميات الأساسية المناظرة للسبع وحدات الأساسية، وهي الطول، والكتلة، والزمن، والتيار الكهربائي، ودرجة الحرارة الثيرموديناميكية، وكمية المادة، وشدة الإضاءة. أما الكميات الأخرى والتي تم تسميتها بالكميات المشتقة، فقد تم تعريفها من خلال الكميات السبعة الأساسية، أما العلاقة بين الكميات الأساسية والكميات المشتقة فيتم التعبير عنها من خلال نظام من المعادلات.

[1] المصدر مواصفة IEC 80000-13

[2] المرجع (13)

جدول (2.7): المواصفات العربية المتعلقة بالكميات والوحدات في مختلف المواضيع

رقم المواصفة العربية	الموضوع
506:1983	المبادئ العامة المتعلقة بالكميات والوحدات والرموز
507:1983	كميات ووحدات الفضاء والزمن
508:1983	كميات ووحدات الظواهر الدورية وما يتعلق بها
509:1983	كميات ووحدات الميكانيك
510:1983	كميات ووحدات الحرارة
511:1983	كميات ووحدات الكهرباء والمغنطيسية
610:1985	كميات ووحدات الضوء والإشعاعات الكهرومغناطيسية ذات العلاقة
949:1987	كميات ووحدات الصوتيات
669:1985	كميات ووحدات الكيمياء الفيزيائية والفيزياء الجزيئية
611:1985	كميات ووحدات الفيزياء الذرية والنووية
779:1986	كميات ووحدات التفاعلات النووية والإشعاعات المؤينة
943:1992	الإشارات والرموز الرياضية المستعملة في العلوم الفيزيائية والتكنولوجيا
612	البارمترات اللابعدية
780:1986	كميات ووحدات فيزيائية الحالة الصلبة

2.10 المصطلحات الخاصة بالقياسات ومعايير القياس وأدوات القياس

تبرز أهمية المعاجم التقنية، بشكل عام، في توحيد المصطلحات الفنية على المستويات الوطنية والإقليمية والدولية، وجعلها واضحة المعنى، دون تداخل بينها. كما تلعب هذه المعاجم دوراً مهما في نقل العلم والمعرفة بين الشعوب. أما المعاجم المترولوجية القانونية، بشكل خاص، فتبرز أهميتها، علاوة على أهميتها كمعاجم تقنية، في مجال صياغة القوانين المترولوجية، وعقد الاتفاقيات الدولية، وترتيبات الاعتراف المتبادل، وتسهيل حركة التبادل التجاري بين الدول، نتيجة لتوحيد المصطلحات والمفاهيم فيما بينها، وفض النزاعات بين الجهات والأفراد أمام القضاء، مما ينعكس في النتيجة على حماية الاقتصاد الوطني، وازدهاره، وحماية مصالح المواطنين وحقوقهم. من هنا، عملت المنظمات ذات العلاقة على إصدار معاجم مترولوجية متخصصة، حيث صدر في هذا المجال:

1- معجم المترولوجيا القانونية (VLM)، الطبعة الأولى، عام 1969.
2- معجم المترولوجيا القانونية (VLM)، الطبعة الثانية، عام 1978.
3- المعجم الدولي لمصطلحات المترولوجيا القانونية (VIML)، الطبعة الأولى، عام 2000، والذي تم ترجمته بتصرف من قبل المؤلف.
4- المعجم الدولي لمصطلحات المترولوجيا القانونية (VIML)، الطبعة الأولى، عام 2013.
5- المعجم الدولي للمترولوجيا -المصطلحات العامة والخاصة (VIM)، الطبعة الأولى، عام 1984.
6- المعجم الدولي للمترولوجيا - المصطلحات العامة والخاصة (VIM)، الطبعة الثانية، عام 1993.

7- المعجم الدولي للمترولوجيا -المفاهيم الأساسية والعامة والمصطلحات المتعلقة بها- (VIM)، الطبعة الثالثة، عام 2008، وتعديلاته الطفيفة عام 2012، والذي تم ترجمته بتصرف من قبل المؤلف.

2.11 كيفية تحقيق تعاريف وحدات القياس

يقصد بتحقيق تعاريف وحدات القياس، هو إمكانية تصنيع معايير أولية لاستخدامها في عملية معايرة المعاير ذات الضباطة الأدنى. ويمكن التعرف على كيفية تصنيع بعض هذه المعايير بالرجوع إلى موقع المكتب الدولي للأوزان والمقاييس www.BIPM.org، كما يمكن الرجوع إلى المرجع (10).

2.12 السلسلة المترولوجية للقياسات

تعرف السلسلة المترولوجية للقياسات (Metrological Traceability) ([1])، على أنها "خاصية لنتيجة القياس تبين ارتباط هذه النتيجة بالمرجع المترولوجي من خلال سلسلة موثقة وغير منقطعة من المعايرات، والتي تكون كل مرحلة فيها مصاحبة بارتياب القياس" ، ولأغراض هذا التعريف، فإن كلمة "المرجع المترولوجي" يمكن أن تكون عبارة عن تعريف وحدة القياس من خلال التحقيق العملي لها، أو إجراء القياس المتضمن على وحدة القياس للكميات غير المرتبية، أو معيار القياس. ويجب أن تتضمن مواصفات المرجع المترولوجي زمن استخدام المرجع في الهيكلية الهرمية للمعايرة، بالإضافة إلى جميع المعلومات المترولوجية ذات العلاقة بالمرجع المترولوجي، مثل زمن إجراء أول معايرة في الهيكلية الهرمية للمعايرة.

أما بالنسبة للقياسات التي تتضمن نموذج قياس ذات كميتين مدخلتين أو أكثر، فانه يجب أن تكون قيمة كل كمية مدخلة متسلسلة مترولوجيا وأن الهيكلية الهرمية للمعايرة يمكن أن تشكل تركيبا شبكيا أو متشعبا. كما يجب أن تكون الجهود المبذولة في تحقيق السلسلة المترولوجية متناسبة مع المقدار النسبي لمشاركة كل مدخل في نتيجة القياس. ولا تضمن السلسلة المترولوجية لنتائج القياس أن ارتياب القياس مناسب لغرض ما، كما لا تضمن عدم ارتكاب أخطاء في القياس. يمكن النظر إلى عملية المقارنة بين معياري قياس على أنها معايرة إذا كان الهدف منها الفحص وإجراء التصحيح لقيمة كمية أحدهما وارتياب القياس له، إذا كان ذلك ضروريا.

وتعتبر منظمة ILAC أن عناصر إثبات السلسلة المترولوجية هي:

- عدم انقطاع السلسلة المترولوجية الى مستوى معيار القياس الدولي أو معيار القياس الوطني.
- توفر وثائق عن ارتياب القياس لكل مرحلة.
- توفر إجراء قياس موثق.
- توفر كفاءة فنية معتمدة.
- توفر سلسلة لوحدات القياس الدولية.
- أن تكون معايير القياس معايرة على فترات محددة.

وحيث أن مصطلح "السلسلة" يستخدم ليدل على "السلسلة المترولوجية" أو "سلسلة العينات" أو سلسلة الأدوات" أو "سلسلة المواد"، لذلك يفضل استخدام المصطلح "السلسلة المترولوجية" في الحالات التي يخشى من حدوث الخلط بينها وبين المصطلحات الأخرى.

[1] المرجع (13)

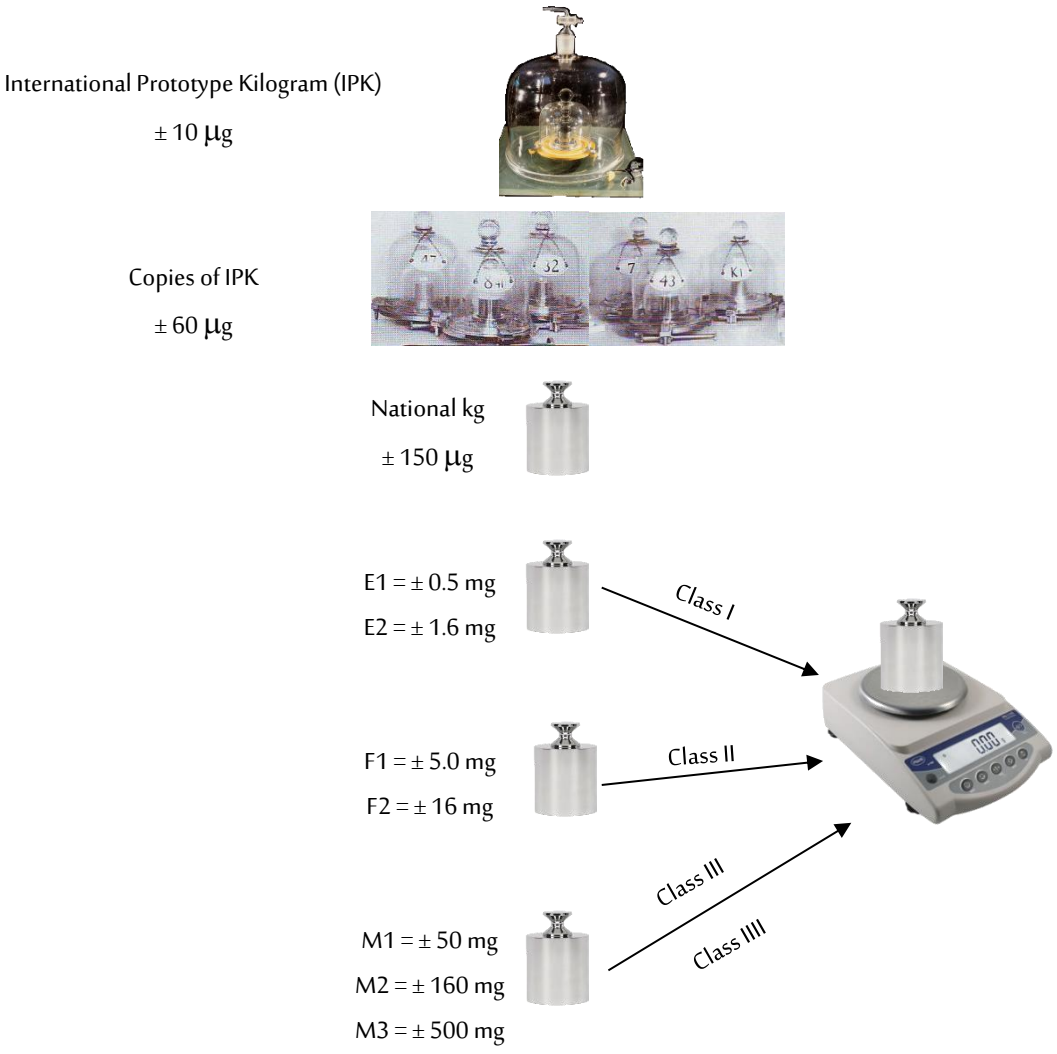
كما تعرف السلسلة المترولوجية لوحدات القياس metrological traceability to a measurement unit على أنها "السلسلة المترولوجية لنتيجة القياس في حال كون المرجع المترولوجي هو تعريف وحدة القياس من خلال التحقيق العملي لوحدة القياس". إن مصطلح "السلسلة الى SI" يعني "السلسلة المترولوجية الى وحدات القياس الخاصة بالنظام الدولي للوحدات".

وتتطلب السلسلة المترولوجية وجود هيكلية هرمية للمعايرة calibration hierarchy والتي تعرف على أنها "سلسلة من المعايرات، ابتداء من المرجع المترولوجي في أعلى الهرم، وانتهاء بنظام القياس في أدنى الهرم، حيث تكون فيه مخرجات كل عملية معايرة معتمدة على مخرجات المعايرة السابقة في المستوى الأعلى"، ومن الضروري ملاحظة أن ارتياب القياس يزداد في الاتجاه من أعلى الهرم الى أدناه. إن عناصر الهيكلية الهرمية للمعايرة قد تتألف من واحدة أو أكثر من معايير القياس وأنظمة القياس العاملة وفقا لإجراء عمل محددة. ولأغراض هذا التعريف، فإن كلمة "المرجع المترولوجي" يمكن أن تكون عبارة عن تعريف وحدة القياس من خلال التحقيق العملي لها، أو إجراء قياس، أو معيار قياس أولي (primary measurement standards)، أو معايير قياس ثانوي (Secondary measurement standard). ويمكن النظر إلى عملية المقارنة بين معياري قياس على أنها معايرة إذا كان الهدف منها الفحص وإجراء التصحيح لقيمة كمية أحدهما والارتياب في قياسه، إذا كان ذلك ضروريا. ويبين الشكل (2.19) مخططا عام للهيكلية الهرمية للمعايرة، والتي يمكن أن لها أن تأخذ أشكالا أخرى بنفس المفهوم.

شكل (2.19): يبين هرم المعايرة (calibration hierarchy)

ولغاية مايو 2019 فإن السلسلة المترولوجية في مجال الكتلة كانت تتم من خلال النموذج الدولي للكيلوغرام، كما هو مبين بالشكل (2.20)، حيث كان يستخدم المعيار الدولي للكيلوغرام (IPK) لمعايرة النسخ الستة، والتي كانت تستخدم بدورها لمعايرة الكيلوغرام الوطني National Kilogram، الذي يحتفظ به عادة في المعاهد الوطنية للقياس (National Metrology Institute NMI)، ومن ثم للأوزان من فئة E، ومنها للأوزان من فئة F، ومنها للأوزان من فئة M. ويلاحظ أن مقدار الارتياب لكل درجة يساوي تقريبا 3 أضعاف المستوى الذي قبله.

وتستخدم الأوزان من فئة E لمعايرة الموازين ذات الدقة العالية من الصنف I، فيما تستخدم الأوزان من الفئة F لمعايرة الموازين من الدقة المتوسطة من الصنف II، وأخيرا تستخدم الأوزان من الفئة M لمعايرة الموازين منخفضة الدقة من الصنف IIIأو IIII



الشكل (2.20): يبين السلسلة المترولوجية من النموذج الدولي للكيلوغرام IPK، إلى المعايير المرجعية ومعايير العمل من الأوزان والموازين، لغاية 20 مايو 2019

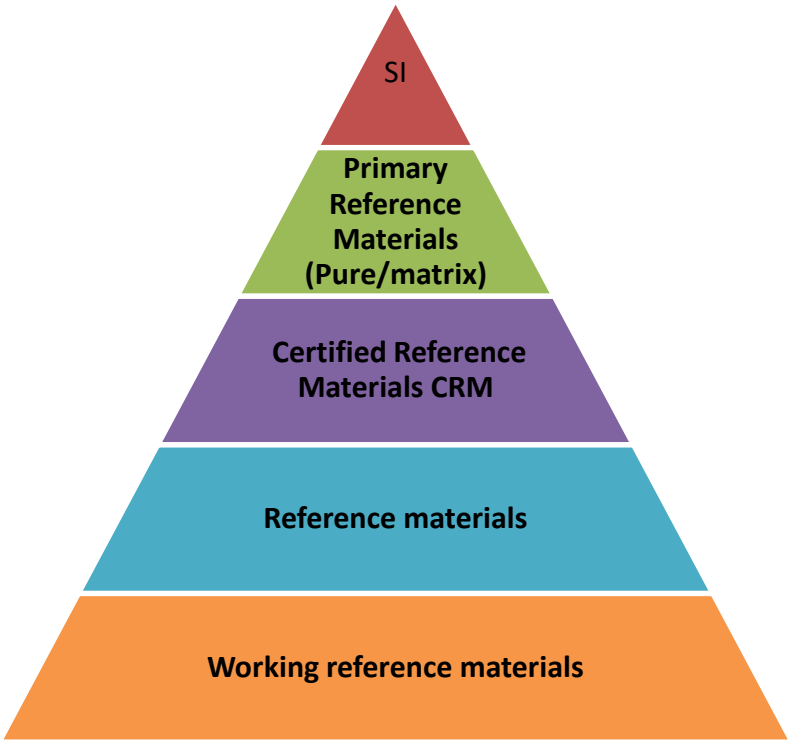
ويبين الشـــكل (2.21) الهيكلة المترولوجية لهرم المواد المرجعية، فيما يبين الشـــكل (2.22) الهيكلة المترولوجية لهرم الإجراءات المرجعية واســـتخداماتها لتصـــنيع المواد المرجعية في مجال تصـــنيع مادة مرجعية للجلوكوز في الدم والبول والأمصال والسائل النخاعي، حيث يتم أولا تعريف وحدة القياس، ومن ثم إقرار الاجراء الاولي لتصنيع المادة المرجعية الأولية، وفي هذا المثال فان المادة المرجعية هي (SRM917b) المصـــنعة من قبل المعهد الأمريكي NIST، والتي بدورها تســـتخدم للتحقق من الاجراء الثانوي، والذي يمكننا بدوره من تصـــنيع المادة المرجعية الثانوية، ومنها يمكن التحقق من الإجراء المرجعي للصانع، والذي يقوم بدوره بتصنيع مادة مرجعية تستخدم للتحقق من الاجراء الثانوي لديه، يتم تطوير الاجراء المستخدم من قبل المستخدم النهائي للتحقق من جهاز فحص السكري الذي لديه.

ويطلق الامريكان مصـــطلح Standard Reference Material على المواد المرجعية والذي يكافئ مصـــطلح Certified Reference Material CRM المستخدم دوليا. كما يستخدم المصطلح Calibrator لإعطاء نفس المعنى.

وعادة ما يتم إقرار الطرق المرجعية من قبل جهات كفؤة ومتخصـــصـــة مثل اللجنة المشـــتركة للســـلســـلة في المختبرات الطبية Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM).

هرم السلسلة المترولوجية للمواد المرجعية

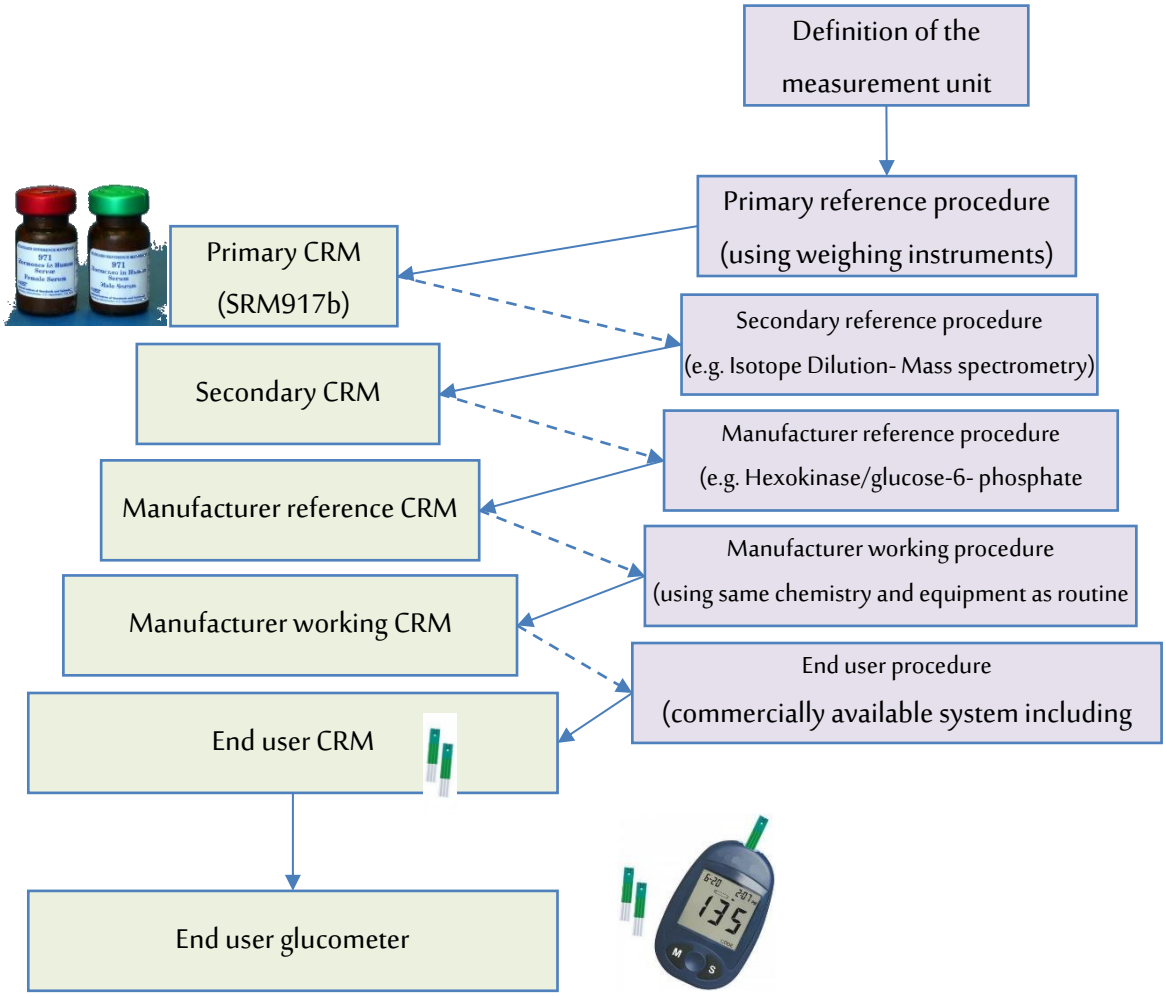
Reference Materials Pyramid



شكل (2.21): هرم السلسلة المترولوجية للمواد المرجعية

الهيكلة الهرمية للإجراءات المرجعية

الهيكلة الهرمية للمواد المرجعية المصنعة وفق الاجراءات المرجعية



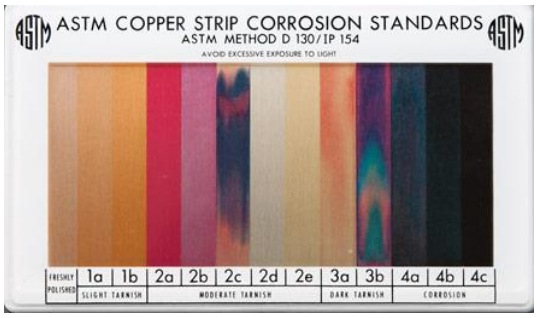
شكل (2.22): السلسلة المترولوجية للإجراءات المرجعية المستخدمة لتصنيع المواد المرجعية(المثال أعلا لتصنيع المادة المرجعية للجلوكوز في الدم والبول والأمصال والسائل النخاعي

Glucose in Blood, Serum, Urine, CSF

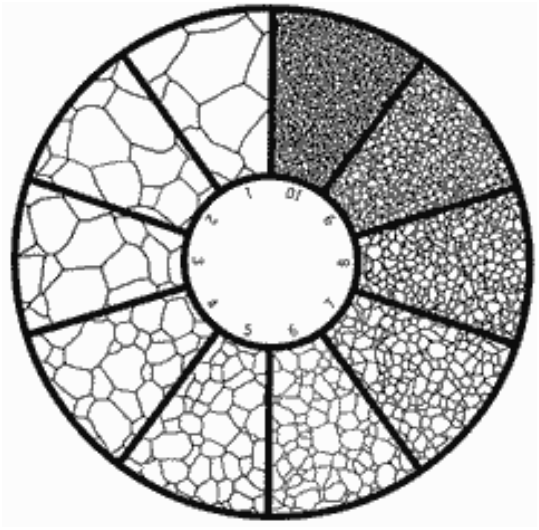
وهنالك أنواع أخرى للسلسلة لتطبيقات خاصة، شكل (2.23)، والتي يستخدم فيها نماذج خاصة محددة من قبل جهة مختصة، مثل:

1- قياس شفافية سوائل الوقود وفق المواصفة الامريكية ASTM D417, Distillate fuel bar chart، مخطط شريط نواتج التقطير، والتي تتم من خلال خطوط ذات سماكات والوان محددة في المواصفة المذكورة.
2- طريقة الاختبار القياسية لتآكل النحاس من المنتجات البترولية، ASTM D130، والتي تتم وفق نموذج معتمد من ASTM.
3- طريقة قياس الحجم الحبيبي وفق نموذج معتمد في المواصفة ASTM E112.

ASTM D417
Distillate fuel bar chart



ASTM D130
Copper Strip Corrosion Standards
Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test

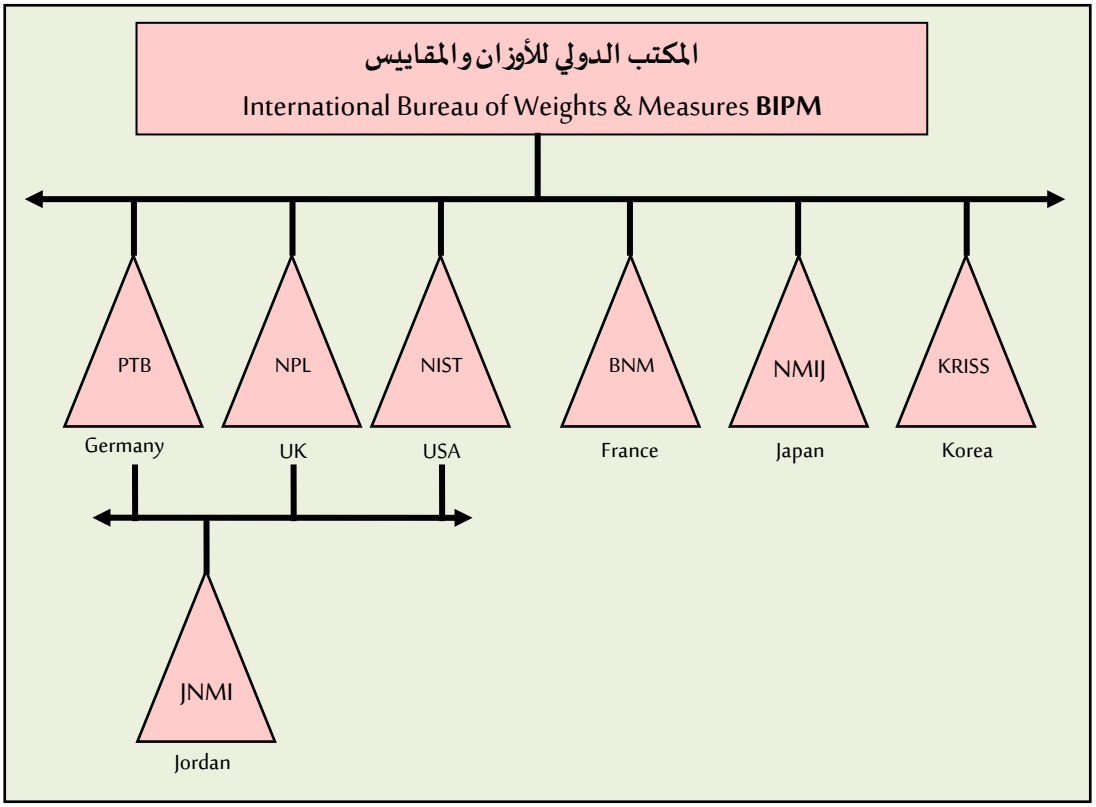


ASTM E112
Grain Size No.

شكل (2.23): السلسلة المترولوجية للإجراءات المرجعية المستخدمة لتصنيع المواد المرجعية(المثال أعلا لتصنيع المادة المرجعية للجلوكوز في الدم والبول والأمصال والسائل النخاعي
Glucose in Blood, Serum, Urine, CSF

2.13 المعاهد الوطنية للمترولوجيا

ولتنظيم السلسلة المترولوجية على المستوى الدولي، تقوم كل دولة بتحديد جهة أو أكثر لرعاية معايير القياس الوطنية تدعى بالمعهد الوطني للمترولوجيا National Metrology Institute NMI، المرتبطة بالمكتب الدولي للأوزان والمقاييس BIPM، يبين الشكل (2.24) مخططا لبعض المعاهد الوطنية للمترولوجيا. حيث تقوم هذه المعاهد بمقارنة معاييرها الأولية مع بعضها البعض، فيما تقوم بعض المعاهد الوطنية للمترولوجيا بمعايرة معاييرها الثانوية لدى المعاهد الوطنية التي يتوفر لديها معايير أولية.



شكل (2.24): مخططا تقريبي لهيكلية بعض المعاهد الوطنية للمترولوجيا وارتباطها بالمكتب الدولي للأوزان والمقاييس

أما في العالم العربي فقد تأسست المعاهد الوطنية للمترولوجيا في الوطن العربي على فترات متفاوتة، ولعل أقدمها هو المعهد القومي للقياس والمعايرة في مصر الذي أنشيء عام 1962، شكل (2.25).

الشكل (2.25): المعهد القومي للقياس والمعايرة في مصر

أما في الأردن فقد تم إنشـــاء المركز الوطني للمترولوجيا Jordan National Metrology Institute JNMI، بموجب اتفاقية وقعت بين مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية والجمعية العلمية الملكية بتاريخ 7 مارس 2006، إلا أنه قد تم الإعلان عن مباشـــرة المركز لأعماله بتاريخ 20 مايو 2006، شـــكل (2.26) يبين جانبا من حفل توقيع الاتفاقية بين المؤســـســـة والجمعية. ومن الطريف أنه قد اقترح بداية تســـمية هذا المركز ب National Metrology Institute of Jordan NMIJ، إلا أنه لم يلق الموافقة بســـبب أن المختصـــر NMIJ يعود أيضـــا المعهد الوطني المترولوجي الياباني National Metrology Institute of Japan.

الشـكل (2.26): حفل توقيع اتفاقية إنشـاء وإدارة المركز الوطني للمترولوجيا Jordan National Metrology Institute JNMI في الأردن بتاريخ 7 مارس 2006، والذي أعلن عن إنشائه بصفة رسمية بتاريخ 20 مايو 2006،

الصور العليا من اليسار: د. ياسين الخياط، معالي شريف الزعبي، د. سعد حجازي، م. أسامة ملحم.

الصـورة السـفلى من اليسـار: م. علا الزواتي، م. رولا مدانات، م. سـالم القهيوي، د. نسـيم حداد، د. ياسـين الخياط، د. سـعد حجازي، د. خالد كحالة، م. خلود المجالي، م. فواز اللبدي

أما في الامارات العربية المتحدة، فقد تم الإعلان أول معيار وطني إماراتي بتاريخ 20 مايو 2012، وذلك بموجب اتفاقية تم توقيعها بين هيئة الامارات للمواصـفات والمقاييس، والمختبر المركزي لبلدية دبي، والذي كان في مجال الكتلة. شـكل (2.27)، إلا أن هيئة الامارات للمواصـــفات والمقاييس قد وقعت مع مجلس أبوظبي للجودة والمطابقة اتفاقية خولته بموجبها قيام معهد الامارات للمترولوجيا Emirates Metrology Institute EMI بالاحتفاظ بمعايير القياس الوطنية وإدامتها، شكل (2.28)، وذلك بتاريخ 6 مايو 2015.

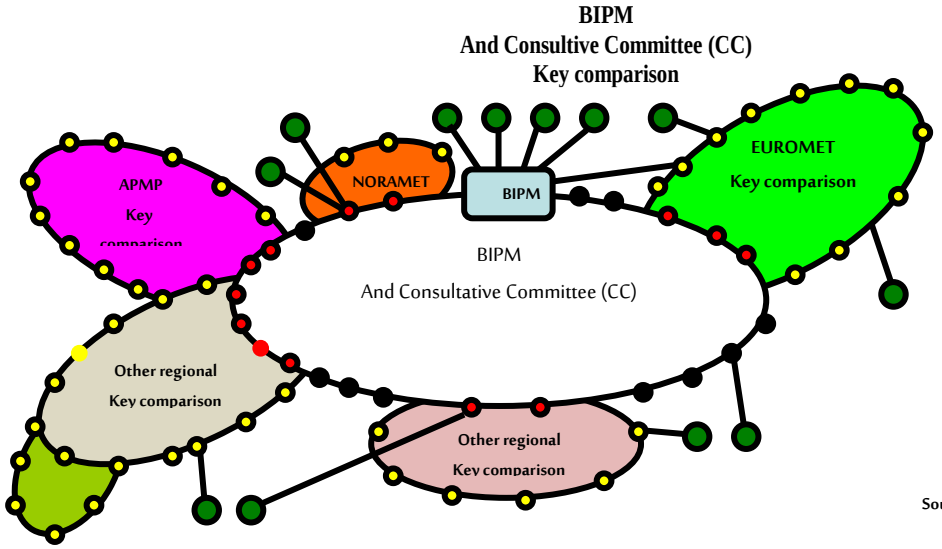
الشكل (2.27): حفل استلام شهادة أول معيار قياس وطني في دولة الإمارات العربية المتحدة، والذي تم تسليمه من م. محمد صالح بدري، مدير عام هيئة الإمارات للمواصفات والمقاييس بالإنابة، إلى سعادة مدير عام بلدية دبي، وذلك بتاريخ 20 مايو 2012.

معهد الإمارات للمترولوجيا
Emirates Metrology Institute

الشكل (2.28): حفل توقيع اتفاقية تأسيس معهد الإمارات للمترولوجيا بتاريخ 9 مايو 2015.
يظهر بالصورة، من اليسار، معالي د. راشد بن فهد، سعادة خليفة المزروعي.

2.14 برامج المقارنة البينية للقياسات

ولضمان تجانس القياسات على المستوى الدولي، وتحديد كفاءة المراكز الوطنية للمترولوجيا، فانه يتم عقد برامج مقارنة بينية (Interlaboratory Comparisons)، على المستوى الدولي من خلال BIPM، والتي تكون مقتصرة في العادة على أعلى المراكز المترولوجية على المستوى الدولي، كما يتم عقد برامج مقارنة بينية على المستوى الإقليمي، من خلال المنظمات الإقليمية للمترولوجيا، حيث تشارك في هذه البرامج بعض من المراكز المترولوجية التي شاركت مع BIPM بصفتها المركز الذي يقوم بتزويد القيمة المرجعية للمراكز الأخرى داخل هذه الحلقة الإقليمية، كما يتم أيضا عقد برامج مقارنة بينية بين المراكز المترولوجية وفقا لاتفاقيات ثنائية، والتي يمكن أن تكون مباشرة مع BIPM أو مراكز مترولوجية أخرى، سواء من نفس المنطقة الإقليمية أو من خارجها. ويبين الشكل (2.29) مخططا توضيحيا لحلقات برامج المقارنة البينية.

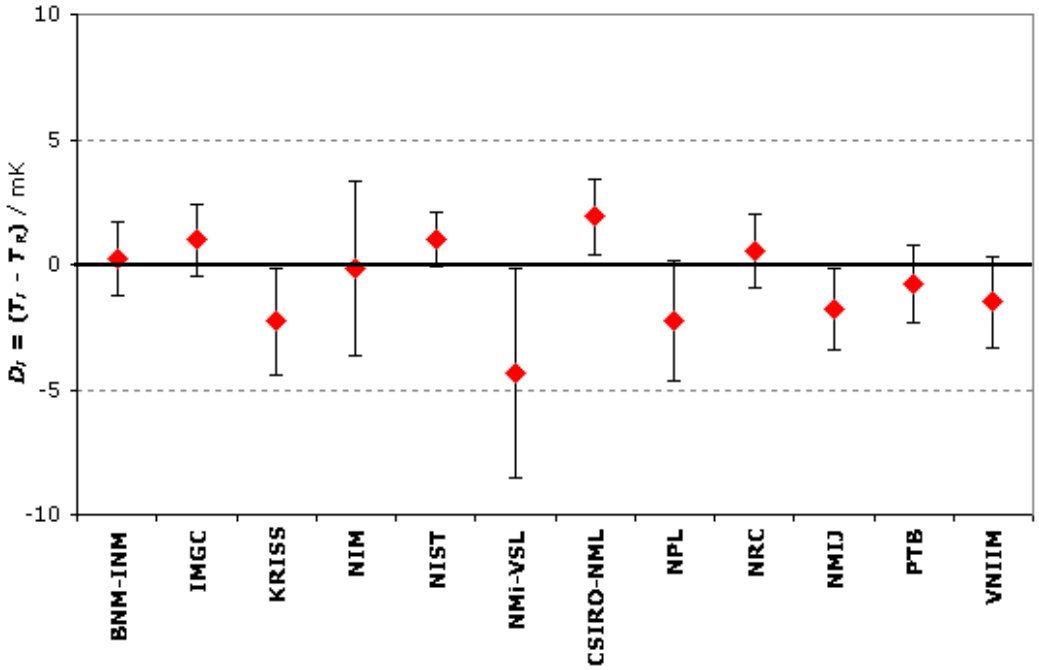


مراكز مترولوجية مشاركة في برامج مقارنة بينية على المستوى الدولي مع (BIPM)	
مراكز مترولوجية مشاركة في برامج مقارنة بينية على المستوى الدولي مع (BIPM) وعلى المستوى الإقليمي مع المنظمات المترولوجية الإقليمية	
مراكز مترولوجية مشاركة في برامج مقارنة بينية على المستوى الإقليمي مع المنظمات المترولوجية الإقليمية	
مراكز مترولوجية مشاركة في برامج مقارنة بينية من خلال اتفاقيات ثنائية سواء بشكل مباشر مع (BIPM) أو مع مراكز مترولوجية أخرى	

الشكل (2.29): يبين مخططاً لبرامج المقارنة البينية على المستوى الدولي والإقليمي لضمان توحيد القياسات وتحديد كفاءة المراكز الوطنية للمترولوجيا

ويبقى السؤال، هل هنالك ضرورة حقيقية لإجراء مثل هذه المقارنات، حتى على أعلى مستويات المراكز المترولوجية؟

وللإجابة على هذا السؤال، يمكن الرجوع إلى موقع المكتب الدولي للأوزان والمقاييس www.bipm.org، والدخول القاعدة البيانات الخاصة بنتائج المقارنة البينية (BIPM Key Comparison Data Base KCDB)، ومن ثم الذهاب إلى (List of key comparisons (Appendix D))، ومن ثم الاطلاع على نتائج المقارنات البينية في الحقل المطلوب، ويبين الشكل (2.30) نتائج المقارنات البينية لمجموعة من مختبرات المعايرة، في مجالات مختلفة.



الشكل (2.30): نتائج المقارنات البينية لمجموعة من مختبرات المعايرة، في مجال تحديد درجة تجمد الألمنيوم، كما يبين نتيجة انحراف كل مختبر عن القيمة المرجعية(660.323 °C)، بمستوى ثقة 95 %

الفصل الثالث

وحدات القياس المقبولة من خارج النظام الدولي للوحدات

3.1 المقدمة

في هذا الفصل سنتناول وحدات القياس المقبولة للاستخدام مع النظام الدولي للوحدات، وذلك اعتمادا على قرارات المؤتمر العام للأوزان والمقاييس ووثائق المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية، وهي مقسمة على النحو التالي:

1- وحدات قياس مقبولة بسبب كثرة استخدامها.

2- وحدات قياس مقبولة مرحليا وضمن مواضيع محددة.

3- وحدات قياس مستخدمة حاليا ضمن مواضيع محددة، ويجب التوقف عن استخدامها بأسرع وقت ممكن.

4- وحدات قياس مقبولة ضمن مواضيع محددة وتم تحديد قيمها بالتجربة العملية.

إضافة إلى هذه الوحدات فانه سيتم التطرق إلى صنفين من الوحدات غير المقبولة على المستوى الدولي، إلا أن طبيعة كل دولة وثقافتها ومعتقداتها تتطلب وجود مثل هذه الوحدات، وهي:

1- وحدات القياس المحلية.

2- وحدات القياس المقبولة لأغراض الشريعة الإسلامية.

وأخيرا سيتم التطرق إلى المتطلبات القانونية الخاصة بوحدات القياس وفقا للممارسات والتشريعات الدولية واعتمادا على وثائق المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية.

3.2 وحدات القياس المقبولة بسبب كثرة استخدامها

يبين الجدول (3.1) وحدات القياس المقبولة للاستخدام مع النظام الدولي للوحدات بسبب كثرة استخدامها، إلا أن المؤتمر العام للأوزان والمقاييس يشجع على التخفيف من استخدامها بقدر الإمكان، ومن الأمثلة على ذلك تشجيعه لاستخدام أجزاء الدرجة على شكل كسور عشرية بدلا من الدقيقة والثانية .

جدول (3.1): وحدات القياس المقبولة بسبب كثرة استخدامها

الكمية	الوحدة		الرمز		القيمة بالوحدات الدولية
الوقت	دقيقة	minute	د	min	1 min = 60 s
	ساعة	hour	سا	h [1]	1 h = 60 min = 3600 s
	يوم	day	ي	d	1 d = 24 h
الزاوية المستوية	درجة	degree [2]	°	°	1° = (π/180) rad
	دقيقة	minute	′	′	1′ = (1/60)′ = (π/10 800) rad
	ثانية	second	″	″	1″ = (1/60)″ = (π/648 000) rad
		gon		gon	1° = (π/200) rad
حجم	لتر	liter [3]	ل	l, L	1 L = 1 dm^3 = 10^{-3} m^3
كتلة	طن متري	tone [4]	طن	t	1 t = 10^3 kg
الضغط	بار	bar	بار	bar	1 bar = 10^5 Pa
كمية خوارزمية Logarithmic quantities [5],[6]	نيبر [7],[8]	neper	نب	Np	1 Np = ln e = 1
	بال [9]	bel	بل	B	1 B = (1/2) ln 10 (Np) = lg 10 B

3.3 وحدات قياس مقبولة مرحليا وضمن مواضيع محددة

يبين الجدول (3.2) وحدات القياس المقبولة مرحليا من خارج النظام الدولي للقياس، وذلك لحين تثبيتها في الأنظمة والتعليمات والقواعد الوطنية للمترولوجيا، والتي يجب عدم استخدامها خارج المواضيع محددة لها، وذلك كما أوصت به الوثيقة رقم (2) الصادرة عن المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية OIML D2:1999. والأرقام المبينة في هذا الجدول تمثل رقم البند في الوثيقة المذكورة. أما الجدول (3.3) وحدات قياس من خارج النظام الدولي للقياس، والمقبولة حاليا حسب ما تم توثيقه في المرجع (10).

[1] هذا الرمز تم ضمه في قرار المؤتمر العام للأوزان والمقاييس التاسع عام 1948م.

[2] أوصت المواصفة القياسية ISO 31 بتقسيم الدرجة باستخدام الكسور العشرية وليس باستخدام الدقيقة والثانية.

[3] هذه الوحدة والرمز (l) قد تم تبنيه من قبلCIPM عام 1879م. أما الرمز البديل (L) فقد تم تبنيه من قبل المؤتمر العام للأوزان والمقاييس السادس عشر عام 1979م، وذلك لإزالة اللبس بين الحرف l والرقم 1.

[4] هذه الوحدة ورمزها قد تم تبنيه من قبل CIPM عام 1879م. وفي بعض الدول الناطقة باللغة الإنجليزية يطلق على هذه الوحدة "metric ton".

[5] مثال على الكميات خوارزمية: مستوى الضغط الصوتي (power level)، مستوى القدرة (power level)

[6] عند استخدام وحدات الكميات الخوارزمية فانه يجب ذكر الكميات المقاسة.

[7] تستعمل الكميات الخوارزمية الطبيعية (Natural logarithm) للحصول على القيمة الجبرية للكميات المعبر عنها بالنيبر

[8] تعتبر وحدة النيبر متجانسة مع النظام الدولي للوحدات ولكنه لم يتم اعتمادها من قبل المؤتمر العام للأوزان والمقاييس حتى الآن.

[9] تستعمل الكميات الخوارزمية العشرية (Decimal logarithm, logarithm to the base 10) للحصول على القيمة الجبرية للكميات المعبر عنها بالبال، وعادة ما يستخدم الكسر (sub-multiple) الدسيبل (decibel) ورمزها (دبل) أو (dB).

الجدول (3.2)

وحدات القياس المقبولة مرحلياً من خارج النظام الدولي لوحدات القياس، والتي يجب عدم استخدامها خارج المواضيع المحددة لها حسب OIML D2:1999

رقم البند (1)	الكمية المقاسة	الوحدة	الرمز		القيمة بالوحدات الدولية	الاستعمال الخاص
A.1	المساحة	barn	b		$1\ b = 10^{-28}\ m^2$	الذرات والفيزياء النووية
A.2	اللزوجة التحريكية Dynamic viscosity	بواز poise	P	ب	$1\ P = 0.1\ Pa.s$ $1\ cP = 10^{-3}\ Pa.s$	
A.3	اللزوجة الحركية Kinematic viscosity	ستوكس stokes	St	ست	$1\ St = 10^{-4}\ m^2/s$ $1\ cSt = 10^{-6}\ m^2/s$	
A.4	نشاط المصدر الإشعاعي	كوري curie	Ci (2)		$1\ Ci = 37\ GBq$ $= 3.7\times10^{10}\ Bq$	
A.5	الجرعة الممتصة من الأشعة	rad	rad (3)		$1\ rad = 0.01\ Gy$ $= 10^{-2}\ Gy$	الإشعاعات
A.6	التعرض للأشعة Exposure	röntgen	R (4)		$1\ R = 0.258\ mC/kg$ $= 2.58\times10^{-4}\ C/kg$	
A.7	الضغط	مليمتر زئبقي millimeter of mercury	mmHg		$1\ mmHg = 133.322\ Pa$	المجالات المتخصصة مثل قياس ضغط الدم الطبي
		bar (5)	bar (6)		$1\ bar = 100\ kPa$ $= 10^5\ Pa$	
A.8	الزاوية المستوية	دورة revolution	r		$1\ r = 2\pi\ rad$	
A.9	strength of optical systems	diopter	diopter		$1\ diopter = 1\ m^{-1}$	
A.10	مساحة الأراضي الزراعية (7)	آر are	a	آ	$1\ a = 100\ m^2 = 10^2\ m^2$	المساحات الأرضية

[1] حسب وثيقة المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية OIML D2:1999

[2] يمكن استخدام هذه الوحدة مع البادئات الخاصة بمضاعفات وأجزاء وحدات القياس. 12th CGPM, 1964

[3] يمكن استخدام هذه الوحدة مع البادئات الخاصة بمضاعفات وأجزاء وحدات القياس. 12th CGPM, 1964

[4] يمكن استخدام هذه الوحدة مع البادئات الخاصة بمضاعفات وأجزاء وحدات القياس. 12th CGPM, 1964

[5] تم تبني هذه الوحدة في المؤتمر العام للأوزان والمقاييس التاسع عام 1948

[6] يمكن استخدام هذه الوحدة مع البادئات الخاصة بمضاعفات وأجزاء وحدات القياس. 12th CGPM, 1964

[7] الوحدة are والوحدة hectar تم تبنيهما من قبل CIPM عام 1879.

رقم البند (1)	الكمية المقاسة	الوحدة	الرمز		القيمة بالوحدات الدولية	الاستعمال الخاص
		هكتار hectare	هآ	ha	1 ha = 0.01 km^2 = 10^4 m^2	المساحات الأرضية
A.11	الكتلة	القيراط المتري Metric carat		ct (1)	1 carat = 2 x 10^{-4} kg = 200 mg	تجارة الياقوت والأحجار الكريمة

الجدول (3.3)

وحدات القياس المقبولة حاليا من خارج النظام الدولي للقياس، حسب المرجع (10)

الكمية المقاسة	الوحدة	الرمز		القيمة بالوحدات الدولية	الاستعمال الخاص
طول Length	ميل بحري nautical mile	ميل بحري	n mile	1 nautical mile = 1852 m	الرحالات البحرية والجوية
سرعة Speed	عقدة knot	ع	knot	1 nautical mile per hour = (1852/3600) m/s	الرحالات البحرية والجوية

3.4 وحدات قياس مقبولة حاليا ضمن مواضيع محددة، ويجب التوقف عن استخدامها بأسرع وقت ممكن

يبين الجدول (3.4) وحدات قياس مقبولة حاليا من خارج النظام الدولي لوحدات القياس، والتي يجب التوقف عن استخدامها بأسرع وقت ممكن، وذلك كما أوصت به الوثيقة رقم (2) الصادرة عن المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية OIML D2:1999. والأرقام المبينة في هذا الجدول تمثل رقم البند في الوثيقة المذكورة. أما المرجع (10) فيبين وحدات قياس أخرى يجب التوقف عن استخدامها أيضا، مثل وحدة الجرعة الإشعاعية (rem).

[1] إن الرمز ct لم يتم اعتماده من كلا المؤتمر العام للأوزان والمقاييس ومنظمة ISO ولكنه مستخدم بشكل واسع.

الجدول (3.4)

وحدات قياس مقبولة حاليا من خارج النظام الدولي للقياس، والتي يجب التوقف عن استخدامها بأسرع وقت ممكن

رقم البند (1)	الكمية المقاسة	الوحدة	الرمز	القيمة بالوحدات الدولية	الاستعمال الخاص
B.1	طول	انجستروم angstrom (2)	Å	1 Å = 0,1 nm = 10^{-10} m	طول الموجات المغناطيسية
		انش inch	In	1 in = 2.54 cm = 2.54×10^{-2} m	
B.2	الحجم	stere	St	1 st = 1 m^3	تجارة الأخشاب
B.3	كتلة	quintal	Q	1 q = 100 kg = 10^2 kg	
		باوند pound	Lb	1 lb = 453.592 g	
B.4	القوة	kilogram-force	kgf	1 kgf = 1 kp = 9.806 65 N	
		kilopond	kp		
B.5	الضغط	standard atmosphere	Atm	1 atm = 101.325 kPa = $1.013\ 25\times10^5$ Pa	
		technical atmosphere	At	1 at = 98.0665 kPa = $0.980.665\times10^5$ Pa	
		torr	Torr	1 Torr = 101.325 / 760 Pa	العلاج الطبي
		meter of water	mH_2O	1 mH_2O = 9.806.65 kPa = $9.806.65\times10^3$ Pa	
B.6	الشغل والطاقة والحرارة	كيلوغرام قوة متر kilogram force meter	kgf.m	1 kgf .m = 1 kp.m = 9.806.65 J	
		كيلوبوند متر kilopond meter	kp.m		
		سعر calorie	Cal	1 cal = 4.186.8 J	
B.7	القدرة	metric horsepower (cheval-vapeur)		1 metric horsepower = 0.735.498.75 kW = 735.498.75 W	
B.8	Luminance	stilb	sb	1 sb = 10 kcd/m^2 = 10^4 cd/m^2	

[1] حسب وثيقة المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية OIML D2:1999

[2] وفقا للمرجع (10) فان هذه الوحدة ما زال يمكن استخدامها.

3.5 وحدات قياس مقبولة ضمن مواضيع محددة والتي تم تحديد قيمها بالتجربة العملية

جدول (3.5): وحدات خارج النظام الدولي للوحدات والمقبولة في مواضيع محددة ومتخصصة والتي تم تحديد قيمها بالتجربة العملية

الكمية	الوحدة	الرمز		التعريف	القيمة بالوحدات الدولية
الطاقة	إلكترون فولت electronvolt	eV	إف	هو الطاقة الحركية التي يكتسبها الإلكترون عند مروره في الفراغ خلال فرق جهد كهربائي مقداره 1 فولت. 1 eV : is the kinetic energy of an electron passing a potential difference of 1 V in vacuum.	$1\ eV = 1.602\ 177\ 33 \times 10^{-19}\ J$ $\pm 0.000\ 000\ 49 \times 10^{-19}\ J$
الكتلة	وحدة الكتلة الذرية unified atomic mass unit	U	ذ	1 u : is equal to 1/12 of unbound atom of the nuclide ^{12}C, at rest, and in its ground state. In the field of biochemistry, the unified atomic mass unit is also called the Dalton, symbol Da.	$1\ u = 1.660\ 540\ 2 \times 10^{-27}\ kg$ $\pm 0.000\ 001\ 0 \times 10^{-27}\ kg$
الطول	وحدة فلكية astronomical unit	Ua	وف	هي متوسط المسافة بين الأرض والشمس. 1 ua : is a unit of the length appreciatively equal to the mean Earth-Sun distance.	$1\ ua = 1.495\ 978\ 706\ 91 \times 10^{11}\ m$ $\pm 0.000\ 000\ 000\ 30 \times 10^{11}\ m$

3.6 وحدات القياس المحلية

يبين الجدول (3.6) بعض الوحدات المحلية المستخدمة بكثرة في الأردن، والتي يجب العمل على إلغائها نظرا لان لهذه الوحدات قيم مختلفة في الدول المجاورة، حيث أن الدونم في الأردن يساوي 1000 م^2، في حين انه يساوي 2500 م^2 في العراق، كما أن الأوقية في الأردن تساوي 250 غ، في حين أنها تساوي 200 غ في سوريا.

جدول (3.6) وحدات قياس محلية تستخدم داخل الأردن

الكمية	الوحدة المحلية	المكافئ بالوحدات الدولية
المساحة	دونم	1000 م^2
الكتلة	وقية	250 غ
	رطل	3 كغ

ويتم استخدام هذه الوحدات لفض النزاعات في حالة حدوثها فقط، وليس لاستخدامها بشكل مواز مع وحدات النظام الدولي للقياس.

3.7 تقدير الصاع النبوي وفق النظام الدولي للوحدات [1]

يعتبر تحديد وحدات القياس المستخدمة في التعاملات الشرعية الإسلامية وفقا لوحدات النظام الدولي لوحدات القياس من الأمور الهامة، نظرا لارتباطها ببعض أحكام الشرعية الإسلامية المتعلقة بالصدقات والكفارات والزكاة والخراج وغيرها. حيث يروي البخاري في الحديث رقم (1407) عَنْ ابْنِ عُمَرَ رَضِيَ اللَّهُ عَنْهُمَا قَالَ "فَرَضَ رَسُولُ اللَّهِ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ زَكَاةَ الْفِطْرِ صَاعًا مِنْ تَمْرٍ أَوْ صَاعًا مِنْ شَعِيرٍ عَلَى الْعَبْدِ وَالْحُرِّ وَالذَّكَرِ وَالأُنْثَى وَالصَّغِيرِ وَالْكَبِيرِ مِنْ الْمُسْلِمِينَ".

ونظرا للخلط الموجود لدى المسلمين هذه الأيام بين وحدات الحجم والكتلة المستخدمة في تطبيق أحكام الشريعة الإسلامية، فانه يتم التعبير عن وحدة الصاع ووحدة المد، وهي وحدات حجم، بدلالة الرطل والمثقال والدرهم، وهي وحدات كتلة. أنظر الشكل (3.1).

شكل (3.1): الصاع النبوي المقدر، الذي سعته حوالي 3 لتر، والمحفوظ في الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة.

وعلى الرغم من قيام الرسول (صلى الله عليه وسلم) في بداية تأسيس الدولة الإسلامية بتحديد معايير الحجم والكتلة المستخدمة حينها، حيث أصدر الرسول (صلى الله عليه وسلم) قراره التالي: **"الميزان ميزان مكة والمكيال مكيال المدينة"** [2]، تحقيقا للأهداف السامية التي أقرتها الشريعة الإسلامية وبهدف تسهيل المعاملات التجارية وتحقيق الحماية لجميع الناس، البائع منهم والمشتري. ونلاحظ أن الرسول (صلى الله عليه وسلم) قد اقر الميزان لمكة والمكيال للمدينة لأسباب كثيرة قد يكون منها، رغبة الرسول (صلى الله عليه وسلم) في استمرار الربط بين مكة والمدينة، أو رغبته في توزيع قاعدة الاهتمام بالأوزان والمكاييل، أو ملاحظته أن أهل مكة امهر في الوزن ويستخدمونه عادة في تعاملاتهم أكثر من المكيال، وذلك على عكس أهل المدينة الذين يستخدمون المكيال أكثر مما يستخدمون الميزان، حيث ورد أن أهل مكة كانوا يزنون التمر في حين أن أهل المدينة كانوا يكيلونه.

وعلى الرغم من كل ذلك، وتأكيد القران الكريم في مواضع كثير على أهمية الاعتناء بالمكاييل والأوزان، إلا أننا نجد أن ألائمة الثلاثة، الشافعية والمالكية والحنابلة، قد حددوا الصاع على اعتباره مساويا لخمسة أرطال وثلث بغدادية من الشعير النظيف، كما ورد أيضا أن الصاع عند الحنابلة يساوي خمسة أرطال وثلث بغدادية من أوسط القمح أو الحنطة من الرزين وهو الذي يساوي العدس، في حين أن الأحناف قد حددوا الصاع على اعتباره ثمانية أرطل بغدادية

[1] ملخص للمرجع (9) مع بعض الإضافات بتصرف.

[2] أخرجه أبو داوود والنسائي

من العدس النظيف، كما أن هنالك قيم أخرى للصاع كما أوردتها مصادر متعددة أخرى.
ويرجح أن الاختلاف بين الأئمة الثلاث والأحناف يعود إلى أن أهل العراق قد ظنوا أن الصاع التي حددها الخليفة عمر (رضي الله عنه) هي نفس صاع الرسول (صلى الله عليه وسلم)، فيما انه من الأرجح أن صاع عمر (رضي الله عنه) أكبر من صاع الرسول (صلى الله عليه وسلم) بمقدار نصف مرة إضافية.
ولقد بينت الدراسة التي أجرتها الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس أن تحديد سعة الصاع ينبغي أن يعتمد على كثافة القمح وليس على الشعير أو العدس كما ورد عن الأئمة، وذلك انه قد ثبت لديهم أن الرطل الشرعي (الرطل البغدادي) يساوي الرطل المتعارف عليه في حالة القمح فقط.
إضافة إلى ما ورد أعلاه فقد ورد أن أصل تحديد سعة الصاع تمت على أساس أربع حفنات بكفي الرجل المعتدل الخلقة، وعلى الرغم من تأكيد بعض المراجع لهذه المعادلة، إلا إنني أظن أنها بحاجة إلى مزيد من التثبت، إلا إذا كانت سعة الأيدي في ذلك الوقت تزيد بمقدار النصف عن سعة الأيدي في هذه الأيام.
وبهدف تسهيل المهمة لمن أراد إجراء مزيد من التحقيق في هذا الموضوع، فان الجدول (3.7) يبين بعض قيم وحدات القياس الشائعة في الكتب الشرعية الإسلامية حسب المذاهب الأربعة، أما الجدول (3.8) فيبين قيمة الدرهم بالغرامات، والجدول (3.9) يبين أحجام الأصوع (جمع صاع) التي تم إحضارها من أماكن مختلفة في المملكة العربية السعودية وتم قياسها في الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس، والجدول (3.10) يبين قيم بعض الأرطال الإقليمية المستخدمة في بعض المناطق الإسلامية، وذلك حسب ما ورد في المرجع (9).
ولقد قامت الهيئة السعودية للمواصفات والمقاييس والجودة في عام 2010 بإصدار مواصفة خاصة بالصاع، تم تبنيها كمواصفة خليجية رقم GSO 2028/2010، وأطلق عليها مواصفة "تقدير حجم إناء الصاع النبوي، وفقا للنظام الدولي للوحدات ومتطلبات الصاع النبوي المقدر، وذلك لعدم توفر الصاع النبوي الأصلي الذي يمكن معه البت بمقدار الصاع، قد بينت هذه المواصفة أن أصل قيمة الصاع هو أربع أمداد [1] من أمداد الرسول صلى الله عليه وسلم وحدد قيمة الصاع بمقدار 3 لترات وبخطأ أقصى مقداره 3 مل عند التحقق الأولي، و 6 مل عند التحقق الدوري. بحيث أن قطره يكون ضمن المجال (145 – 150) مم، وعمقه ضمن المجال (180 – 200) مم، (الشكل (3.1).

[1] المد هو الحفنة وهو ملء اليدين المتوسطتين لا مقبوضتين ولا مبسوطتين

جدول (3.7) بعض قيم وحدات القياس الشائعة في كتب الشريعة الإسلامية حسب المذاهب الأربعة

الوحدة	القيمة حسب المذاهب الشافعية والمالكية والحنابلة	القيمة حسب المذهب الحنفي
الصاع	4 أمداد	4 أمداد
	خمسة أرطال وثلث بغدادية من القمح على اغلب الظن	ثمانية أرطال بغدادية من القمح على اغلب الظن
	3.013 لتر حسب ما توصلت إليه دراسة هيئة المواصفات السعودية، باعتبار كثافة القمح 0.737 كغ\ل	4.519 لتر حسب ما توصلت إليه دراسة هيئة المواصفات السعودية، باعتبار كثافة القمح 0.737 كغ\ل
المد	رطل وثلث من القمح على اغلب الظن	رطلين من القمح على اغلب الظن
الرطل البغدادي الشرعي	مائة وثمانية وعشرون درهما وأربعة أسباع والأرجح انه مائة وثلاثون درهما.	مائة وثلاثون درهما.
	90 مثقالا ثم زيد إلى 91 مثقالا.	90 مثقالا ثم زيد إلى 91 مثقالا.
المثقال	درهم وثلاثة أسباع	درهم وثلاثة أسباع
	72 حبة شعير	100 حبة شعير
الدرهم	50.4 حبة شعير نظيف متوسط لم يقشر وقطع من طرفيه ما استدق	70 حبة شعير متوسطة
		14 قيراط
القيراط		5 حبات

الجدول (3.8) قيمة الدرهم بالغرامات

المرجع	الوزن (غرام)
حسب ما تم اشتقاقه من الرطل المحفوظ في متحف اللوفر في فرنسا	3.123
حسب درهم الحكومة المصرية عام 1924م	3.12
حسب درهم الكيل الذي توصل إلى حسابه ف. كيبو ويعادل وزن 48.225 حبة شعير	3.125
حسب الدرهم العراقي	3.125
حسب الدرهم الذي سجله علماء الحملة الفرنسية على مصر عام 1845م	3.089
الدرهم الفارسي	3.26
حسب ما أورده ناصر النقشبندي في كتابه عن الدينار الإسلامي	2.985
الدرهم البغدادي	3.2992
الدرهم الشرعي عد الأتراك	3.2075
حسب ما توصلت إليه الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس	3.205

جدول (3.9): أحجام بعض الاصوع [1] التي تم إحضارها من أماكن مختلفة في المملكة العربية السعودية وتم قياسها في الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس

رقم الأداة	مكان الحصول عليها	الحجم مسح (لتر)
1052	نجران	3.1
1001	الرياض	2.84 ، 2.77 ، 3.100 ، 3.00، 3.36
1083	الاحساء	2.9
1077	عنيزة	2.77
1063	بيشة	3.3 ، 3.15
1061	المدينة المنورة	3.040
1015	حايل	2.83
1074	قصر بن عقيل	3.2
1077	بريدة	2.55
1087	عنيزة	2.77

جدول (3.10) قيم بعض الأرطال الإقليمية المستخدمة في بعض المناطق الإسلامية

اسم الرطل الإقليمي	الوزن بالدرهم
الرطل الرومي	1200
الرطل العجلوني	1200
الرطل الكركي	900
الرطل الحمصي	864
الرطل القدسي، النابلسي، الخليلي	800
الرطل الحلبي	720
الرطل الغزاوي	720
الرطل الشيزري	684
الرطل الحموي	660
الرطل الطرابلسي	630
الرطل الدمشقي	600
الرطل الليثي	200
الرطل المصري	144
الرطل المكي	130
الرطل اليمني	130
الرطل الحجازي	120

[1] الاصوع هي جمع صاع

3.8 المتطلبات القانونية لوحدات القياس

فيما يلي أهم المتطلبات القانونية الموجودة في التشريعات الدولية والعربية:

1- يجب استعمال وحدات القياس القانونية ورموزها وبادئاتها فقط ودون غيرها في المجالات التالية:

- أدوات القياس القانونية.
- العبوات المعبأة مسبقا.
- المبادلات التجارية.
- الفحوصات القانونية.
- مجالات الصحة والسلامة والتعليم.
- الإعلانات والمنشورات والكتب والمجلات ووسائل الإعلان والإعلام جميعها.
- الوثائق والعقود والمقررات وكل الوثائق الرسمية الصادرة عن الجهات الرسمية العامة والخاصة والأشخاص المكلفين بمهام تتعلق بالقانون العام.

2- لا يجوز استخدام حدات قياس ورموز وبادئات غير قانونية إلا في المجالات الاستثنائية التالية:

- جداول التحويل بين وحدات القياس المختلفة.
- الاستخدامات الخاصة بالأمور العسكرية والأمنية.
- الوثائق و العقود والممتلكات التي تفرض فيها الاتفاقيات الدولية استعمال وحدات قياس أخرى.
- الممتلكات والخدمات الخاصة بالتصدير أو الوثائق والمنشورات المراد استخدامها في دول أخرى تستخدم وحدات قياس مختلفة.
- في مجالات البحث العلمي.
- الإشارة إلى وحدات قياس غير قانونية من وجهة النظر التاريخية
- إذا تم استخدام هذه الوحدات قبل صدور التعليمات الخاصة بوحدات القياس والبدء بتطبيق الرقابة عليها

3- في حال استخدام وحدات القياس المحلية أو الدينية فانه يجب الالتزام بما يلي:

- يمنع استخدام هذه الوحدات في المجالات الواردة في البند (1).
- يجب على جميع الجهات المعنية والأشخاص والمواطنين العمل على الانتهاء من هذه الوحدات بأسرع وقت.

- يقتصـــر اســـتخدام هذه الوحدات داخل حدود الدولة المعنية بها، ويكون من المفهوم للجميع انه من الممكن أن تكون لهذه الوحدات قيم ورموز أخرى مختلفة خارج الدولة.

- في حال إقرار وحدات قياســية محلية, فانه يجب مراجعة هذه الوحدات بشــكل مســتمر بهدف التأكد من ضرورة الاستمرار في استعمالها أو إلغائها.

- يجوز للجهة المعنية / الوزير المعني وبناء على تنســيب المجلس الوطني للمترولوجيا إقرار وحدات قياس أخرى كلما اقتض المصلحة العامة ذلك.

4- يجـب أن تتفق طريقـة اســتعمـال وكتـابـة البـادئـات ورموز وكميـات وحـدات ونتـائج القيـاس والتفـاوتـات (Tolerances) مع توصـــيات المؤتمر العام للأوزان والمقاييس، والمواصـــفات الدولية، والمواصـــفات العربية، والمواصفات الوطنية، كما يجب كتابتها بالشكل والحجم والمكان المناسب.

الفصل الرابع
قواعد تعريب ولفظ واستخدام وحدات القياس

4.1 المقدمة

في هذا الفصل سيتم التطرق إلى قواعد تعريب ولفظ واستخدام وحدات القياس، حيث سيتم تلخيص القواعد الواردة في المراجع 2، 3، 4، 5، 6، 7، 8، 10، 12.

4.2 قواعد تعريب أسماء الوحدات الدولية والبادئات

انسجاما مع ما أوصت به اللجنة الاستشارية الدولية للوحدات والتابعة للمنظمة الدولية للأوزان والمقاييس في اجتماعها الثالث عام 1971، فقد نصت كل من المواصفة العربية رقم 609 : 1986 والمواصفة الأردنية رقم 866 : 1992 على أن تبقى أسماء الوحدات والبادئات عند نقلها إلى اللغة العربية قريبة قدر المستطاع من أسمائها في اللغة الأجنبية. كما قسمت هاتان المواصفتان وحدات القياس من حيث أسمائها في اللغة العربية إلى ما يلي:

1- وحدات معربة منذ القديم ومتفق عليها في جميع الأقطار العربية، مثل اليوم والساعة والدقيقة والثانية والدرجة، وفي هذه الحالة فان أسمائها المتعارف عليها في اللغة العربية تبقى كما هي.

2- وحدات مسماة بأسماء أعلام، وهي وحدات مشتقة ذات أسماء خاصة أقرها المؤتمر العام للأوزان والمقاييس، وفي هذه الحالة يتم نقل هذه الوحدات إلى العربية مع مراعاة مقتضيات نقل الأصوات إلى العربية. ومن أمثلتها:

1-	أمبير	Amper	2-	واط	Watt
3-	كلفن	Kelvin	4-	كولومب	Coulomb
5-	هرتز	Hertz	6-	فولت	Volt
7-	نيوتن	Newton	8-	سلسيوس	Celsius
9-	باسكال	Pascal	10-	فاراد	Farad
11-	جول	Joul	12-	أوم	Ohm
13-	فيبر	Weber	14-	هنري	Henry

3- وحدات مسماة بأسماء لاتينية أو يونانية مثل المتر والغرام والقنديلة والراديان والستيراديان. وحيث أن أسماء مثل هذه الوحدات تستخدم في جميع اللغات كما هي دون ترجمة، رغم كونها ليست أسماء أعلام، إلا انه من المفضل إبقاؤها كما هي في اللغة العربية أسوة باللغات الأخرى، مع جواز إدخال بعض التعديلات الطفيفة على اللفظ حسب متطلبات النطق في اللغة العربية. وتعامل البادئات مثل الكيلو والملي والميكرو، على أساس نفس هذه القاعدة.

ووفقا لهاتين المواصفتين فانه يتم اعتماد الحرف الأول من اسم الوحدة أو اسم البادئة رمزا لها. وإذا ابتدأ اسمان أو أكثر بنفس الحرف، يتم اعتماد الحرف الأول رمزا للوحدة أو البادئة الأكثر شيوعا، بينما يؤخذ مع الحرف الأول حرف أخر بالنسبة لباقي الوحدات والبادئات، وفي هذه الحالة تراعى المبادئ التالية:

1- أن يؤلف الحرفان أو الحروف المقترحة للرمز مقطعا متصل الحروف.

2- الإقلال من استعمال الحروف المنقوطة.

3- محاكاة الرمز الدولي بعدد الحروف ولفظها عند الضرورة.

أمثلة:

- س (سلسيوس)، سا (ساعة)، سن (سيمنس).
- سر (ستيراديان)، سف (سيفرت).
- م (ملي)، مغ (ميغا)، مك (ميكرو).

4- تستخدم الحروف المنفصلة (مثل : م، ث، ف ..) رموزاً للوحدات.

مثال:

- رمز المتر هو "م"
- رمز الفولت هو "ف"
- رمز الجول هو "ج".

5- عندما يكون رمز الوحدة مؤلفا من حرفين، فانهما يكتبان متصـــلين إن أمكن. ومن الأمثلة على هذه القاعدة: هز (هرتز)، فب (فيبر)، لم (لومن)، سف (سيفرت)، غي (غري).

6- تستخدم الحروف المتصلة (مثل: مـ، كـ، نـ....) رموزاً للبادئات.

مثال:

- رمز الكيلو هو "كـ"
- رمز الملي هو "مـ"
- رمز النانو هو "نـ

ومن الطبيعي أن يشـــذ عن هذه القاعدة بعض الحروف مثل الألف (أ) والدال (د) اللذان لا يمكن وصـــلهما بالحروف التي تليها.

7- عندما يكون رمز البادئة مؤلفا من حرفين، فانهما يكتبان متصلين إن أمكن. ومن الأمثلة على هذه القاعدة: مغ (ميغا)، مك (ميكرو)، بت (بيتا).

8- عند كتابة اسم البادئة فانه يتم وصلها مع اسم الوحدة

مثال:

- الاستخدام الصحيح: مليمتر
- الاستخدام الخاطئ: ملي متر

9- عند كتابة رمز البادئة فانه يتم وصـــلها مع رمز الوحدة، ومن الأمثلة على ذلك (مم^2، ســـم^3، كم^2). ويشـــذ عن هذه القاعدة رمز الدســـي (د) ورمز الديكا (دا) حيث لا يمكن وصـــلهما بالحروف التي تليهما. ومن الأمثلة على ذلك دم (ديسمتر)، دام (ديكامتر).

مثال 1:

- الاستخدام الصحيح: كغ
- الاستخدام الخاطئ: ك.غ

مثال 2:

- الاستخدام الصحيح: cm
- الاستخدام الخاطئ: c m

4.3 قواعد لفظ الوحدات الدولية للقياس

1- إذا كانت الوحدة المراد تعريبها تحمل اسم علم، فانه يعتمد في اللغة العربية اللفظ الأصلي في اللغة الأم لهذا الاسم، مع مراعاة مقتضيات نقل الأصوات إلى العربية. ومن الأمثلة على هذه القاعدة الوحدة (Weber) التي تحمل اسم العالم الألماني (Weber) والذي يلفظ بالألمانية (فيبر) بينما يلفظ بالإنجليزية (ويبر)، وطبقا لهذه القاعدة فان الاسم العربي لهذه الوحدة يصبح (فيبر).

2- إذا اختلف في اللغة الأم الاسم الملفوظ عن الاسم المكتوب، فيعتمد في العربية الاسم المكتوب في اللغة الأم بغض النظر عن لفظه بها. ومن الأمثلة على هذه القاعدة الوحدة (Coulomb) ذات الأصل الفرنسي، والتي تلفظ بالفرنسية (كولون) أو (كولوم) بينما تكتب (كولومب). وطبقا لهذه القاعدة فان الاسم العربي لهذه الوحدة يصبح (كولومب).

3- حيثما توجد اختلافات في لفظ أسماء الوحدات في اللغة الإنجليزية، فإن اللفظ الوارد في معجم أكسفورد الإنجليزي Oxford English Dictionary يتم اعتماده، أسوة بما فعلت المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس عند ترجمة مواصفة ISO 31.

4.4 قواعد استخدام وحدات القياس والبادئات

فيما يلي بعض القواعد الأساسية الضرورية لضبط عملية استخدام وحدات القياس في الأقطار العربية بحيث تكتب هذه الوحدات وتقرأ وتفهم من قبل جميع المواطنين بطريقة موحدة دون أية صعوبات. **ويمثل بعض هذه القواعد مقترحا من المؤلف لتوحيد كتابة الأرقام والوحدات والبادئات باللغة العربية.**

1- ثبات أسماء وحدات القياس ورموزها والبادئات لفظا وكتابة

يجب أن يكون لكل وحدة قياس أو بادئة قياس اسم واحد ورمز واحد فقط.

الاستخدام الصحيح	الاستخدام الخاطئ
متر	ميتر
ملي (البادئة ملي = 10^{-3})	ميلي، مللي، ميللي
ث	ثا
كغ	كغم، كجم، ك، كيلو
مم	ملم

2- عدم إهمال جزء من اسم الوحدة:

إذا كان اسم الوحدة مؤلفاً من أكثر من كلمة واحدة، فيجب ذكر الاسم بالكامل وعدم الاكتفاء بذكر الكلمة الأولى منه وإهمال باقي الأجزاء، حتى ولو كان المعنى مفهوماً من سياق الكلام، وغالباً ما يفعل بعض الناس ذلك بصورة عفوية طلباً للاختصار، ولكن مع مرور الزمن يصبح هذا الأمر عادةً سيئة من الصعب تغييرها.

أمثلة:

ا- لا يجوز أن تقول "متر" فقط عوضاً عن "متر مربع" عند قياس المساحة، أو أن تقول "متر" عوضاً عن "متر مكعب" عند قياس الحجم، كما يفعل مثلا عند قياس حجم الماء المستهلك.

ب- لا يجوز أن نقول "كيلو" فقط عوضاً عن "كيلو غرام" عند قياس الكتلة، أو عوضاً عن "كيلو متر" عند قياس المسافة.

ت- استخدام الوحدة "كيلو متر" لقياس السرعة عوضاً عن "كيلو متر لكل الساعة"، حيث انتشر هذا الخطأ على المستوى الدولي، ومن ذلك نرى أن الرمز (km) يستخدم عوضاً عن الرمز (km/m) على إشارات المرور الخاصة بتحديد السرعة.

3- عدم إدخال (الـ- التعريف) أو حروف الجر المتصلة على رموز الوحدات:

لا يجوز إدخال (الـ- التعريف) أو حروف الجر المتصلة (كالباء مثلاً) على رموز الوحدات مباشرةً، لأن ذلك قد يؤدي إلى اللبس، خاصةً وأن بعض حروف الجر المتصلة مثل حرف الباء (بـ) أو حرف الكاف (كـ) تستخدم رموزاً للبادئات كالبيكو والكيلو، لذلك يوصى في مثل هذه الحالات بكتابة اسم الوحدة كاملاً أو استخدام الأقواس.

أمثالة:

أ-عند قياس طول جسمٍ ما بالمتر مثلاً، نكتب:

ل = طول الجسم بالمتر.

ل = طول الجسم (متر).

ل = طول الجسم (م).

ب- ولكن لا يجوز أن نكتب:

ل = طول الجسم بالم.

ل = طول الجسم بم.

لاحظ في الحالة الأخيرة أن "بم" هو رمز "البيكومتر".

4- التجانس في كتابة أسماء ورموز الوحدات المركبة:

الوحدة المركّبة هي وحدة تتألف من وحدتين أو أكثر من الوحدات الأساسية، أو الوحدات المشتقة ذات الأسماء الخاصة، مثل وحدة العزم (نيوتن × متر) أو وحدة الكثافة (كيلوغرام لكل متر مكعب)، وعند التعبير عن مثل هذه الوحدات يجب كتابة جميع الوحدات الداخلة في تركيبها إما بالأسماء أو بالرموز، ولكن لا يجوز كتابة بعض هذه الوحدات بالأسماء وبعضها الآخر بالرموز.

أمثالة:

أ-عند ذكر كثافة الألمنيوم مثلاً، نكتب:

الكثافة = 2 700 كغ\م^3.

الكثافة = 2 700 كيلو غرام لكل متر مكعب.

ب- ولكن لا يجوز أن نكتب:

الكثافة = 2 700 كغ\متر مكعب.

الكثافة = 2 700 كيلو غرام\م^3.

5- عدم وضع نقطة بعد الرمز للدلالة على الاختصار:

مثال:

- الاستخدام الصحيح: اشتريت 25 م من الأسلاك النحاسية.
- الاستخدام الخاطئ: اشتريت 25 م. من الأسلاك النحاسية.

ويستثنى من هذه القاعدة الرمز الذي يقع في نهاية الجملة مثل (المسافة من عمان إلى الزرقاء هي 23 كم)

6- وضع رمز الوحدة بعد القيمة العددية مباشرة مع ترك فراغ واحد:

يوضع الرمز بعد القيمة العددية مباشرة مع ترك فراغ واحد بين القيمة العددية والرمز.

مثال 1:

- الاستخدام الصحيح: اشتريت 10 كغ برتقال.
- الاستخدام الخاطئ: اشتريت 10كغ برتقال.

مثال 2:

- الاستخدام الصحيح: اشتريت 5 kg برتقال.
- الاستخدام الخاطئ: اشتريت 5kg برتقال.

7- لا يجوز وضع أي علامات أو إشارات لا معنى لها بين القيمة العددية والوحدة.

مثال:

- الاستخدام الصحيح: اشتريت 10 كغ برتقال.
- الاستخدام الخاطئ: اشتريت 10 \ كغ برتقال.

8- ضرب الوحدات:

لضرب وحدتين ببعضهما يمكن استخدام إحدى الطريقتين التاليتين:

- وضع نقطة بين الرمزين.
- بدون وضع نقطة بين الرمزين ولكن مع وجود فراغ واحد.

مثال:

أ- عبارة "نيوتن × متر" تكتب إما "ن.م" أو "ن م".

ب- عبارة (newton × meter) تكتب على النحو "N·m" أو "N m".

ويمكن كتابة الرموز بدون ترك فراغ مثل (Nm) بشـــرط اتخاذ الاحتياطات اللازمة عندما يكون رمز إحدى الوحدات هو نفسه رمزا لإحدى البادئات، حيث أن (mN) تعني millinewton وليس (newton×meter).

9- إشارة الضرب:

في حالة استخدام النقطة كإشارة ضرب، فانه يجب استخدام الفاصلة كإشارة عشرية، أما إذا استخدمت النقطة كإشارة عشرية فانه يجب استخدام الإشارة (×) كإشارة ضرب. مع مراعاة انه في بعض الحقول يتم التمييز بين (a×b) و (a.b).

في حال استخدام إشارة الضرب (×) فإنه يجب التنبه إلى عدم إحداث خلط بين علامة الضرب (×) والحرف اكس (x) في اللغة الإنجليزية، وفي هذه الحالة يفضل استخدام إشارة النجمة (*) بدلا من إشارة (×).

10- إشارة القسمة:

أ- لقسمة وحدتين على بعضهما يمكن استخدام إحدى الطرق التالية:

- في حالة الرموز العربية، يمكن كتابة الوحدات كما في الأمثلة التالية: ($\frac{م}{ث}$)، أو (م\ث)، أو (م ث$^{-1}$).
- في حالة الرموز الإنجليزية، يمكن كتابة الوحدات كما في الأمثلة التالية: m/s أو m.s^{-1}

ب- في حالة الوحدات المشتقة التي تتضمن في مقامها أكثر من وحدة قياس، فيجب عدم وجود أكثر من إشارة قسمة (\) واحدة، وفي هذه الحالة يتم استخدام الأقواس أو وضع إشارة السالب للأس:

أمثلة:

- في حالة الرموز العربية، يجوز كتابة الوحدة المشتقة على الشكل: (م.كغ\ث^2)، أو (م.كغ.ث$^{-2}$)، ولكن لا يجوز كتابتها على الشكل: (م.كغ\ث\ث).
- في حالة الرموز الإنجليزية، يجوز كتابة الوحدة المشتقة على الشكل: m.kg/s^2 أو m.kg.s^{-2} ولكن لا يجوز كتابتها على الشكل: m.kg/s/s
- يجوز كتابة التعبير $\frac{a/b}{c}$ على الشكل (a / b) / c أو الشكل $ab^{-1}c^{-1}$ ولكن لا يجوز كتابته على الشكل a/b/c

ج- في حالة استخدام إشارة القسمة (/) للأعداد والرموز فيجب أن تقرأ الأعداد والرموز من اليسار إلى اليمين.

مثال:

$$4 / 3 = \frac{4}{3}$$

ج- في حالة استخدام إشارة القسمة (\ ) للأعداد فيجب أن تقرأ الأعداد من اليمين إلى اليسار.

مثال:

$$4 \setminus 3 = \frac{3}{4}$$

11- إشارة النسبة المئوية %:

- يجوز استخدام رمز النسبة المئوية %، المعترف به دولياً، مع وحدات النظام الدولي.
- يجب كتابة رمز النسبة المئوية % إلى يمين الرقم، سواء باللغة العربية أم الإنجليزية، لأن هذه الإشارة تشكل المقام للرقم الذي يسبقها وتعني (**100** /)

مثال:

- الاستخدام الصحيح: 10 %
- الاستخدام الخاطئ: 10 %

- تعامل النسبة المئوية (%) نفس معاملة وحدة القياس.
- يجب وضع مسافة بين الرقم والرمز %
- يجب أن يكون الرمز % إلى يمين الرقم سواء باللغة العربية أو الإنجليزية.
- يجب استخدام الرمز % مع الرقم ولا يجوز استخدام الاسم "في المئة" أو percentage بعد الرقم
- إن الرمز % يعني "أجزاء لكل مائة"
- يمنع استخدام العبارات مثل:
  - "النسبة المئوية الكتلية" "percentage by mass"
  - "النسبة المئوية الحجمية" "percentage by volume"
  - "النسبة المئوية المولية" "percentage by amount of substance"

وبدلاً من ذلك يجب توضيح المقصود عند وصف الكمية.

12- استخدام الرموز ppm، ppb، ppt:

يستخدم الرمز ppm ليدل على "جزء في المليون" parts per million، أي القيمة النسبية من 10^6، ويماثل النسبة المئوية التي تعني "جزء لكل مائة".

يستخدم الرمز ppb ليدل على "جزء في البليون"، المعروف أيضا ب "جزء من المليار"، parts per billion، أي القيمة النسبية من 10^9.

يستخدم الرمز ppt ليدل على "جزء في الترليون" parts per Trillion، أي القيمة النسبية من 10^{12}.

ونظرا لوجود مقاسين لهذه القيم، المقياس القصير short scale، والمقياس الطويل long scale، ولكل منهما، فوق المليون، أسماء مختلفة أو متضاربة وغير ثابته على المستوى الدولي، كما هو موضح بالجدول ( ) فإنه يجب تجنب استخدام هذه المصطلحات والرموز.

جدول (4.1): المقياس الطويل والمقياس القصير للقيم

القيمة للأساس 10	البادئة في نظام SI		المقياس القصير Short scale	المقياس الطويل Long scale	
	البادئة	الرمز			
10^0			one	one	
10^1	deca	da	ten	ten	
10^2	hecto	h	hundred	hundred	
10^3	kilo	k	thousand	thousand	
10^6	mega	M	million = $(10^6)^1$	million	
10^9	giga	G	billion = $(10^6)^2$	thousand million	milliard
10^{12}	tera	T	trillion = $(10^6)^3$	billion	
10^{15}	peta	P	quadrillion = $(10^6)^4$	thousand billion	billiard
10^{18}	exa	E	quintillion = $(10^6)^5$	trillion	
10^{21}	zetta	Z	sextillion = $(10^6)^6$	thousand trillion	trilliard
10^{24}	yotta	Y	septillion = $(10^6)^7$	quadrillion	

13- التعبير عن المقاسات:

عند كتابة طول وعرض وارتفاع علبة معينة، فانه يجب وضــع وحدة القياس بجانب القيمة العددية لكل بعدٍ من الأبعاد، ولا يجوز الاكتفاء بوضــع وحدة القياس بجانب القيمة العددية للبعد الأخير فقط. ويجوز وضــع جميع الأبعاد داخل قوسين، ووضع وحدة القياس مباشرة بعد القوسين، مع ترك فراغ واحد.

مثال:

عند الإعلان عن مقاس كتاب طوله 24 سم وعرضه 17 سم، فإننا يجب أن نكتب هذه القيمة على الشكل 24 سم × 17 سم، أو على الشكل (24 × 17) سم^2 ولا يجوز أن تكتب على النحو 24 × 17 سم.

14- التعبير عن الارتياب في القياس في قيمة الكمية value of a quantity:

يجب تقييم الارتياب في القياس وفق الوثيقة "تقييم بيانات القياس – دليل التعبير عن الارتياب في القياس" *Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement*، الصادرة عن اللجنة المشتركة للأدلة المترولوجية Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM)، التابعة للمكتب الدولي للأوزان والمقاييس، رقم JCGM 100: 2008 (GUM 1995) ، وهي نفس الدليل الصادر عن المنظمة الدولية للتقييس ISO Guide 98.

عند الإشارة إلى الارتياب القياسي standard uncertainty المقترن بكمية x على الشكل u (x) فإنه يتم التعبير عنها على الشكل المبين في المثال التالي لكتلة النيوترون m_n:

$m_n = 1.674\ 927\ 471\ (21) \times 10^{-27}$ kg

حيث يبين الرقم بين قوسين القيمة العددية للارتياب القياسي للقيمة المقدرة، بمعنى أن الارتياب في القيمة المقدرة لوزن النيوتون والبالغة

$m_n = 1.674\ 927\ 471 \times 10^{-27}$ kg

يوجد بها ارتياب قياسي مقداره

$m_n = \pm 0.000\ 000\ 000\ 21 \times 10^{-27}$ kg

وهذا المقدار يعني أنه لو تم إجراء قياس لوزن النيوترون 100 مرة، فإننا سنحصل على 68.23 % من القراءات ستقع ضمن المجال

$m_n = (1.674\ 927\ 471 \times 10^{-27} \pm 0.000\ 000\ 000\ 21 \times 10^{-27})$ kg

وسنحصل على 95.45 % من القراءات ستقع ضمن ضعفي قيمة الارتياب، وتكتب على الصيغة

$m_n = (1.674\ 927\ 471 \times 10^{-27} \pm 0.000\ 000\ 000\ 42 \times 10^{-27})$ kg, at k = 2, p = 95.45 %

وسنحصل على 99.73 % من القراءات ستقع ضمن المجال ثلاثة أضعاف قيمة الارتياب، وتكتب على الصيغة

$m_n = (1.674\ 927\ 471 \times 10^{-27} \pm 0.000\ 000\ 000\ 63 \times 10^{-27})$ kg , at k = 3, p = 99.73 %

حيث k هو معامل التغطية coverage factor، و p هو مستوى الثقة level of confidence

كما يوصى بأن تكون عدد الأرقام المعنوية لقيمة الارتياب رقمين معنويين فقط.

15- استخدام إشارة ± في الارتياب Uncertainty والسماحيات Tolerances:

في حال أن وحدة القياس لنتيجة القياس والارتياب أو السماحيات هي نفسها، فإن القيمة العددية لكل من الكمية والخطأ أو التفاوت توضعان داخل قوسين، بينما بوضع رمز وحدة القياس في الخارج، أما عندما تكون وحدة القياس مختلفة فتكتب وحدة القياس المناسبة إزاء كل قيمة على حداه.

مثال:

إذا كان طول عينة ما يساوي 1.72 مم، وكان مقدار الارتياب أو التفاوت المسموح يساوي 0.01 مم، فإننا نكتب نتيجة القياس على الشكل: (1.72 ± 0.01) مم. أو على الشكل mm (1.72 ± 0.01)، ولا يجوز كتابتها على الشكل: 1.72 ± 0.01 مم

16- استخدام إشارة الموجب (+) والسالب (-) :

عند استخدام الإشارة + للدلالة على الموجب، أو الإشارة – للدلالة على السالب، فيجب أن تكون من الجهة اليسرى للرقم، سواء باللغة العربية أو الإنجليزية، بدون وجود فراغ.

مثال 1:

- الاستخدام الصحيح: +10
- الاستخدام الخاطئ: 10+

مثال 2:

- الاستخدام الصحيح: 5-
- الاستخدام الخاطئ: -5

17- كتابة الأس:

يجب كتابة الأس من الجهة اليمنى للعدد، بدون ترك فراغ، سواء باللغة العربية أم الإنجليزية

مثال 1:

- الاستخدام الصحيح: 10^3
- الاستخدام الخاطئ: $^{3}10$

مثال 2:

- الاستخدام الصحيح: 10^{-3}
- الاستخدام الخاطئ: $^{-3}10$

في حال استخدام الرموز العربية، فيجب كتابة الأس على نهاية الرمز

مثال 1:

- الاستخدام الصحيح: م^3
- الاستخدام الخاطئ: ^{3}م

مثال 2:

- الاستخدام الصحيح: م$^{-3}$
- الاستخدام الخاطئ: $^{-3}$م

18- ترقيم الفقرات:

في حال استخدام الأرقام لترميز الفقرات أو المواد، فإنه يجب أن تقرأ الأرقام من اليسار إلى اليمين، بنفس الصيغة المستخدمة باللغة الإنجليزية، ويجب الانتباه إلى استخدام نمط الخط الإنجليزي عند الطباعة.

مثال 1:

في حال التعبير عن الفقرة 5 من المادة 7

- الاستخدام الصحيح: 7.5
- الاستخدام الخاطئ: 5.7 أو 5-7

مثال 2:

في حال التعبير عن البند 3 من الفقرة 5 من المادة 7

- الاستخدام الصحيح: 7.5.3
- الاستخدام الخاطئ: 3.5.7 أو 3-5-7

19- كتابة المدى:

عند كتابة المدى، أو المجال، فإنه يجب تفادي استخدام الإشارة (-) قدر الإمكان، خصوصا في حال الأرقام التي يمكن أن تكون سالبة، والاستعاضة عنها بالكتابة.

مثال 1:

في حال التعبير عن مجال المعايرة الممكن في درجة الحرارة

- الاستخدام الصحيح: (0 إلى -50) درجة سلسيوس
- الاستخدام الخاطئ: (0 – 500-) درجة سلسيوس

مثال 2:

في حال التعبير عن الفترة الزمنية التي عاشها شخص معين

- الاستخدام الصحيح: 1890 إلى 1935
- الاستخدام الخاطئ: 1890-1935

20- اختيار البادئات:

يجري اختيار البادئة الملائمة عند تكوين المضاعفات بحيث تقع القيمة العددية للكمية المعنية بين 0.001 و 1 000.

مثال:

- 15 000 م تكتب 15 كم.
- 0.000 45 م تكتب إما 0.45 مم أو 450 مكم (ميكرومتر).

21- منع استخدام البادئات المركّبة:

لا يجوز استخدام البادئات المركبة الناتجة عن ضمن بادئتين أو أكثر إلى بعضهما.

مثال 1:

- الاستخدام الصحيح: نانومتر (نم).
- الاستخدام الخاطئ: مليميكرومتر.

وبما أن اسم وحدة الكتلة (الكيلو غرام) يتضمن اسم بادئة "كيلو" لذلك فإنه لتجنب استخدام البادئات المركبة يتم تكوين المضاعفات والأجزاء العشرية لوحدة الكتلة بإضافة البادئة إلى كلمة "غرام" وليس إلى الوحدة "كيلو غرام".

مثال 2:

- الاستخدام الصحيح: 1 مغ (1 مليغرام) وذلك للدلالة على الكمية 10^{-6} كغ.
- الاستخدام الخاطئ: 1 ميكروكيلوغرام (مككغ) وذلك للدلالة على الكمية 10^{-6} كغ.

مثال 3:

- الاستخدام الصحيح: 1 mg وذلك للدلالة على الكمية 10^{-6} kg.
- الاستخدام الخاطئ: 1μkg وذلك للدلالة على الكمية 10^{-6} kg.

22- استخدام الوحدات في المسائل والحاسبات:

عند حل المسائل وإجراء الحسابات تستخدم وحدات النظام الدولي وليس مضاعفاتها أو أجزاؤها، لذلك تستبدل البادئات بقوى للعدد 10 في مثل هذه الحالات.

مثال:

- 50 مكم (ميكرومتر) تستبدل بـ 50×10^{-6} م.
- 75 كف (كيلوفولت) تستبدل بـ 75×10^{3} ف.

23- لا يجوز كتابة البادئة لوحدها بدون وحدة أو قيمة عددية:

مثال:

- الاستخدام الصحيح: 1 GN
- الاستخدام الخاطئ: GN

24- استخدام الفاصلة كعلامة عشرية:

على الرغم من أن بعض دول العالم مثل فرنسا وألمانيا الاتحادية تستخدم الفاصلة العشرية، إلا أن المنظمة الدولية للتقييس ISO، قد أقرت باستخدام الفاصلة أو النقطة كإشارة عشرية. أما المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس فقد اعتمدت الفاصلة كإشارة عشرية. ويجب أن تكون طباعة الفاصلة والنقطة على السطر.

25- إذا كان مقدار العدد أقل من الواحد فيجب أن تسبق الإشارة العشرية بصفر.

مثال:

- الاستخدام الصحيح: 0.5 أو 0.5
- الاستخدام الخاطئ: .5 أو .5

26- كتابة الأرقام في مجموعات لتسهيل قراءتها:

- لتسهيل قراءة الأعداد الكبيرة تكتب الأرقام في مجموعات يتكون كل منها من ثلاثة أرقام مع ترك فسحة صغيرة بين كل مجموعة وأخرى، وذلك اعتباراً من العلامة العشرية نحو اليسار ونحو اليمين. ويجب ألا تفصل بين مجموعات الأرقام أية علامة من علامات الترقيم الأخرى كالفاصلة أو النقطة.
- أما في حالة الأعداد المكونة من أربعة أرقام، فيمكن كتابتها متصلة بدون ترك أي فراغ.

مثال:

- الكتابة الصحيحة : 90 123.456 78
- الكتابة الخاطئة : 90,123.456,78

ملاحظة هامة:

عند كتابة الأرقام على مجموعات تفصلها فراغات، فيجب استخدام الخط العربي بالطابعة على الحاسوب، حيث يقوم الحاسوب بقلب هذه الأرقام.

عند طباعة الرقم 123456789 بالخط الإنجليزي على شكل مجموعات سيكون الشكل على النحو التالي:

123 456 789

أما عند طباعته باستخدام الخط العربي، فسيكون الناتج على النحو التالي:

789 456 123

27- كتابة الوقت:

يخضع كتابة الوقت والتاريخ وفقا للمواصفة ISO 8601، حيث تنص على:

- يتم الفصل بين الساعات والدقائق بواسطة ":".
- يعبر عن الساعة وفق النظام 12 أو 24
- في حال استخدام النظام 12 فيجب استخدام كلمة صباحاً (am) أو مساءاً (pm).
- يبدأ النظام 12 والنظام 24 وفقا للجدول (3-1).
- يبدأ استخدام كلمة صباحاً من الساعة الثانية عشرة منتصف الليل، إلى ما قبل الساعة الثانية عشرة ظهرا.
- يبدأ استخدام كلمة مساءً من الساعة الثانية عشرة ظهراً إلى ما قبل الساعة الثانية عشرة منتصف الليل.
- يمكن استخدام كلمة ظهراً (noon) لوحدها للدلالة على الوقت 12:00 pm
- يمكن استخدام كلمة منتصف الليل (midnight) لوحدها للدلالة على الوقت 24:00 أو 12:00 am
- لإزالة أي إشكال فانه يفضل أن توضع كلمة "منتصف الليل" أو ظهرا بجانب الوقت 12:00
- يعبر عن الدقائق والثواني وفق النظام الستيني.
- يعبر عن أجزاء الثانية وفق النظام العشري ويتم فصلها عن الثواني بواسطة الفاصلة العشرية.

الجدول (4.2) بداية ونهاية الوقت وفق نظام التوقيت 12 و 24

	12-hour	24-hour
منتصف الليل, Midnight	12:00 a.m.	00:00
	12:01 a.m.	00:01
	11:59 a.m.	11:59
ظهراً, Noon	12:00 p.m.	12:00
	11:59 p.m.	23:59
منتصف الليل, Midnight	--	24:00

مثال:

- الكتابة الصحيحة 12:10
- الكتابة الخاطئة 12.10

مثال:

- الكتابة الصحيحة 12:10:40.5
- الكتابة الخاطئة 12:10:40:30

مثال:

- الكتابة الصحيحة 12:00 ظهراً
- الكتابة الخاطئة 12:00

28- كتابة التاريخ:

يجب تفادي كتابة التاريخ باللغة العربية بشكل يشكل لبسا على القارئ، ولذلك يفضل كتابة التاريخ على الصيغة الكاملة.

مثال 1:

- الاستخدام الصحيح: 3 ابريل 2020
- الاستخدام الخاطئ: 2020/4/3

في حال استخدام الصيغة العددية للتاريخ فيجب كتابة التاريخ من اليسار إلى اليمين

مثال 1:

- الاستخدام الصحيح: 15/4/2020
- الاستخدام الخاطئ: 2020/4/15

ونظرا لعدم وجود مرجعية ثابته وواضحة للتاريخ الهجري، فيجب في الأمور غير المتعلقة بالشريعة الإسلامية، ذكر التاريخ الجريجوري المقابل له.

مثال 1:

- الاستخدام الصحيح: 9 رجب 1441 الموافق 4 ابريل 2020
- الاستخدام الخاطئ: 9 رجب 1441

29- كتابة الزوايا:

- يعبر عن الدرجة بالرمز °
- يعبر عن الدقيقة بالرمز ′
- يعبر عن الثانية بالرمز ″
- يعبر عن جزء الثانية بالطريقة العشرية

مثال:

- الكتابة الصحيحة 30° 15′ 18.50″

- الكتابة الخاطئة $30^\circ\ 15'\ 18''\ 30'''$
- الكتابة الخاطئة $30^\circ\ 15'\ 18''.50$

4.5 قواعد كتابة وحدات القياس والرموز

1- تستخدم رموز الوحدات باللغة الإنجليزية على شكل أحرف صغيرة (small letters)، إلا في الحالات التالية:
   - إذا كان الرمز يدل على اسم شخص فيكتب على شكل حرف كبير (capital letter).
   - إذا كان الرمز يقع في بداية الجملة.

مثال:
   - رمز الوحدة kelvin يكتب على شكل K.

2- تستخدم رموز الوحدات باللغة الإنجليزية على شكل أحرف مفردة ولا يضاف إليها الحرف "s" في حالة الجمع:

مثال:
   - الكتابة الصحيحة: 10 km
   - الكتابة الخاطئة : 10 kms.

3- لا توجد توصية حول طقم الحروف المطبعية القائمة التي ينبغي بواسطتها طبع رموز الوحدات. إلا انه عادة ما يكون طقم الحروف المطبعية المستخدم هو نفس الطقم المستخدم في باقي النص، ولكن ذلك لا يمثل توصية.

4- يجب أن تكتب رموز البادئات بحروف الطباعة القائمة.

5- عند استخدام رموز الوحدات باللغة الإنجليزية فيجب أن تكون الرموز على الجانب الأيمن من الرقم

مثال:
   - الكتابة الصحيحة: تسير السيارة بسرعة 100 km/h
   - الكتابة الخاطئة: تسير السيارة بسرعة 100 km/h

6- عند استخدام رموز الوحدات باللغة العربية فيجب أن تكون الرموز على الجانب الأيسر من الرقم

مثال:
   - الكتابة الصحيحة: تسير السيارة بسرعة 100 كم\س
   - الكتابة الخاطئة: تسير السيارة بسرعة كم\س 100

ونظراً لخصوصية اللغة العربية المتمثلة بعدم وجود أحرف كبيرة وأخرى صغيرة، وطريقة اتصال الأحرف ببعضها، فإن استخدام الرموز الممزوجة بالبادئات قد يشكل صعوبة على القارئ خصوصاً عند مقارنة ذلك باللغة الإنجليزية، ومن الأمثلة على ذلك، فان مختصرات الوحدات التالية مع بادئاتها تشكل لبسا واضحاً على القارئ:

- ملیراديان يرمز لها بالعربية مراد
- نانومتر يرمز لها بالعربية نم
- ديسيمتر مكعب يرمز لها بالعربية $دم^3$
- هكتولتر يرمز لها بالعربية هل
- ميكروبار يرمز لها بالعربية مكبار

- كيلوكولومب يرمز لها بالعربية ككل
- بيكوكولومب يرمز لها بالعربية بكل
- ميغافولت يرمز لها بالعربية مغف
- كيلوفاراد يرمز لها بالعربية كفر
- نانوفاراد يرمز لها بالعربية نفر
- نانوتسلا يرمز لها بالعربية نت
- بيكوهنري يرمز لها بالعربية به
- غيغاأوم يرمز لها بالعربية غؤ
- مليأوم يرمز لها بالعربية مؤ
- كيلوسمنس يرمز لها بالعربية كسن
- مليسمنس يرمز لها بالعربية مسن
- كيلومول يرمز لها بالعربية كمول

وعليه فانه يجب اقتصار استخدام رموز وحدات القياس مع بادئاتها على الوحدات شائعة الاستعمال مثل (كغ) و (مم) و (مل) وعدم استخدام الرموز مع البادئات في حال أنها تشكل لبسا على القارئ خصوصا في حال كونت هذه المختصرات كلمات لها معنى باللغة العربية مثل (كفر) و (مراد) و (ممول) (نفر) حيث في هذه الحالة يجب استخدام اسم الوحدة وبادئاتها بشكل كامل.

وعلى الرغم من أن هذا الأمر قد يبدوا ضعفا باللغة، إلا أنني ومن خلال عملي في هذا المجال فإنني على قناعة تامة أن هذا من جمال لغتنا العربية التي تتسم بالوصف الدقيق والوضوح وغزارة المعنى بكلمات بسيطة قليلة.

يبين الجدول (3-2) أمثلة على كيفية كتابة البادئات مع الرموز باللغة العربية والإنجليزية حيث تم حذف الرموز والبادئات باللغة العربية في الحالات التي يشكل استخدامها لبساً على القارئ.

الجدول (4.3): أمثلة على كيفية كتابة بعض وحدات القياس ومضاعفاتها وأجزائها

الكمية	الوحدة	الرمز		الرمزوالبادئة	
الزاوية المستوية	راديان	راد	Rad	مليراديان	mrad
الطول	متر	م	M	كيلومتر	km
				ميكرومتر	µm
				نانومتر	nm
المساحة	متر مربع	$م^2$	m^2	كيلومتر مربع	km^2
				سنتيمتر مربع	cm^2
الحجم	متر مكعب	$م^3$	m^3	كيلومتر مكعب	km^3
				ديسيمتر مكعب	dm^3
	لتر	ل	L	هكتولتر	hL
				مليلتر	mL
الزمن	ثانية	ث	S	مليثانية	ms
				ميكروثانية	µs
التردد	هرتز	هز	Hz	تيراهرتز	THz
				غيغاهرتز	GHz
				ميغاهرتز	MHz
الكتلة	كيلوغرام	كغ	Kg	ميغاغرام	Mg
				غرام	g
				مليغرام	mg
القوة	نيوتن	ن	N	ميغانيوتن	MN
				كيلونيوتن	kN
				ملينيوتن	mN
الضغط	باسكال	با	Pa	ميغاباسكال	MPa
				ميكروباسكال	µPa
	بار	بار	Bar	مليبار	mbar
				ميكروبار	µbar
الطاقة، الشغل، الحرارة	جول	ج	J	ايكزاجول	EJ
				مليجول	mJ
	واط ساعة	و سا	Wh	تيراواط ساعة	TWh
	إلكترون فولت	إف	eV	غيغا إلكترون فولت	GeV
القدرة	واط	و	W	غيغاواط	GW
				مليواط	mW
التيار الكهربائي	أمبير	أ	A	كيلوأمبير	kA
				مليأمبير	mA
الشحنة الكهربائية	كولومب	كل	C	كيلوكولومب	kC
				بيكوكولومب	pC
الجهد الكهربائي	فولت	ف	V	ميغافولت	MV
				مليفولت	mV
السعة الكهربائية	فاراد	فر	F	كيلوفاراد	kF
				نانوفاراد	nF
الحث المغناطيسي	تسلا	ت	T	نانوتسلا	nT
التدفق المغناطيسي	فيبر	فب	Wb	مليفيبر	mWb
المحاثة	هنري	هـ	H	بيكوهنري	pH

الكمية	الوحدة	الرمز		الرمزوالبادئة	
المقاومة	أوم	ؤ	Ω	غيغاأوم	GΩ
				ملياوم	mΩ
المواصلة	سيمنس	سن	S	كيلوسمنس	kS
				مليسمنس	mS
كمية المادة	مول	مول	Mol	كيلومول	kmol
				مليمول	mmol

المراجع

1- عوامل تحويل الوحدات غير المترية إلى الوحدات المترية الحديثة، وبالعكس، للاستخدام العام. المنظمة العربية للمواصفات والمقاييس.

2- دليل وحدات القياس للمؤلفين. مديرية المواصفات والمقاييس، عمان-الأردن، تموز 1993.

3- موجز النظام الدولي لوحدات القياس (SI) وقواعد استخدامه، عساف حداد، مديرية المواصفات والمقاييس، الطبعة الثالثة، 1993.

4- المواصفة القياسية الأردنية 866:1992، الكميات والوحدات والرموز – قواعد تعريب أسماء وحدات القياس الدولية ورموزها.

5- المواصفة القياسية العربية 609:1986، قواعد تعريب أسماء وحدات القياس الدولية ورموزها.

6- المواصفة القياسية الأردنية 878:1992، وحدات النظام الدولي والتوصيات الخاصة باستخدام مضاعفاتها ومضاعفات بعض الوحدات الأخرى.

7- المواصفة القياسية العربية 1:1986، وحدات النظام الدولي والتوصيات الخاصة باستخدام مضاعفاتها ومضاعفات بعض الوحدات الأخرى.

8- المواصفة القياسية العربية 506:1983، المبادئ العامة المتعلقة بالكميات والوحدات والرموز.

9- تحديد الصاع النبوي وفقا لوحدات النظام الدولي للقياس، أحمد عبد الله عيسى، الهيئة العربية السعودية للمواصفات والمقاييس.

10- International Vocabulary of Metrology (VIM), 3rd Edition, 2008.

11- OIML D2, Legal units of measurement. International Organization of Legal Metrology OIML. 1999.

12- Metrology - in short, 2nd edition, EUROMET, 2003.

13- The international system of units (SI), Bureau International des Poids et Mesures (BIPM). 9th edition. 2019.

14- www.bipm.org

المولف في سطور :

- ولد أسامة أحمد ملحم في عمان – الأردن، عام 1964، ويحمل درجة الماجستير في الهندسة.
- بدأ عمله في الجمعية العلمية الملكية عام 1987 فني مختبر فحوصات المواد، وانهى عمله عام 2005 رئيساً لوحدة الفحص والمعايرة. شارك في العديد من الأبحاث والدراسات مثل مشروع التبريد بالطاقة الشمسية ومشروع رمال السيليكا ومشروع تصنيع القوالب المعدنية والقياسات ثلاثية الأبعاد المعقدة وتصنيع قطع غيار الآليات من حديد السكب الجرافيتي
- المدمج.

تابع عمله في مؤسسة المواصفات والمقاييس الأردنية مديراً لمديرية المقاييس منذ عام 2005 إلى 2010، وكان من أهم إنجازاته العمل على تأسيس المركز الوطني للمترولوجيا،

- وتطوير التشريعات الأردنية في مجال المترولوجيا، والبدء بتأسيس مركز التحقق المترولوجي.

انتقل في عام 2010 للعمل في هيئة الإمارات للمواصفات والمقاييس مستشاراً للعلاقات الخارجية للتقييس لغاية عام 2012، ساهم خلالها بتطوير العديد من التشريعات المتعلقة

- بالمواصفات والمقاييس والاعتماد والمطابقة في دولة الإمارات العربية المتحدة.

يعمل منذ عام 2012 في مجلس أبوظبي للجودة والمطابقة في مجال البنية التحتية للجودة، ومن أهم إنجازاته المساهمة في تطوير العديد من برامج اختبارات الجدارة لجهات التفتيش والمختبرات، وتطوير خارطة البنية التحتية للجودة وتقديم العديد من الدورات التدريبية المتخصصة في مجال اعتماد مختبرات الفحص والمعايرة والمختبرات الطبية وحساب

- الارتياب والتثبت من طرق القياس.

من أهم منشوراته العلمية، ترجمة المعجم الدولي للمترولوجيا الأساسية، والمعجم الدولي للمترولوجيا القانونية، ومعجم مصطلحات تقييم المطابقة، والتبريد بالامتصاص، والتحليل الهندسي باستخدام الحاسوب، كما قام بإعداد العديد من التوجيهات (التشريعات) العربية في

- مجال المترولوجيا والمطابقة، لصالح المنظمة العربية للتنمية الصناعية والتعدين.

شارك كخبير مع المعهد الألماني للمترولوجيا PTB ومنظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية UNIDO، والمنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية OIML، في عدة مهام استشارية وتدريبية.

- سجل ما يزيد عن 220 فيديو تعليمي في مجال الجودة على قناته في YouTube

جائزة الملك عبدالله الثاني الموظف القيادي المتميز -2009-

جائزة المنظمة الدولية للمترولوجيا القانونية لأفضل انجاز في الدول النامية -2009-

جائز الشارة لأفضل موظف فني تخصصي مجلس أبو ظبي للجودة والمطابقة -2015-

جائز الشارة أفضل مشروع -2015-

جائزة الجمعية الامريكية للجودة -2018-

جائزة كيفن هولمز لتطوير الانسان من المنظمة البريطانية LEEA -2018-

جائز الشارة لأفضل موظف متخصص مجلس أبو ظبي للجودة والمطابقة -2019-

جائزة تميز من نظام الاعتماد الاماراتي للمبادرة والابداع -2019-