การเปลี่ยนนิยามของหน่วยฐาน ในระบบหน่วยระหว่างประเทศ

Redefinition of the base units of the International System of Units.

For all times, For all people
สำหรับทุกเวลา สำหรับทุกคน

ในปี 2503 (ค.ศ. 1960) ได้มีการสถาปนาระบบปริมาณระหว่างประเทศ (International System of Quantities, SIQ) และระบบหน่วยระหว่างประเทศ หรือ เอสไอ (International System of Units, SI) ขึ้น เพื่อให้เป็นระบบปริมาณ และระบบหน่วยที่ประเทศต่าง ๆ ใช้ร่วมกัน ประกอบด้วย

ปริมาณฐาน (base quantity)	**หน่วยฐาน** (base unit)
มวล (mass)	กิโลกรัม (kilogram, kg)
ความยาว (length)	เมตร (metre, m)
เวลา (time)	วินาที (second, s)
กระแสไฟฟ้า (electric current)	แอมแปร์ (ampere, A)
อุณหภูมิอุณหพลวัต (thermodynamic temperature)	เคลวิน (kelvin, K)
ความเข้มของการส่องสว่าง (luminous intensity)	แคนเดลา (candela, cd)
ปริมาณสาร (amount of substant)	โมล (mole, mol)

นิยามของหน่วยฐานมีการเปลี่ยนแปลงมาเป็นลำดับตามการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ทำให้สามารถออกแบบและสร้างการทดลองที่แสดงพฤติกรรมที่คงที่เหมาะสมกับการนำมาใช้นิยามหน่วยฐาน กล่าวคือ สะดวกในการใช้งาน และมีสภาพทวนซ้ำได้สูง (SI ปัจจุบัน - หน่วยฐานแต่ละตัวได้รับการนิยามอย่างอิสระ แม้นิยามของหน่วยฐานบางหน่วยจะเชื่อมกับแรง หรือกิโลกรัม)

เมื่อวันที่ 16 พฤศจิกายน 2561 ที่ประชุมใหญ่ของสมัชชาสหประชาชาติว่าด้วยการชั่ง ตวง วัด (The General Conference on Weights and Measures, CGPM) ครั้งที่ 26 ณ เมืองแวร์ซายส์ ประเทศฝรั่งเศส ได้มีมติให้ยกเลิกนิยามของหน่วยฐานทั้ง 7 หน่วยที่ใช้อยู่ ณ วันประชุม และกำหนดค่าเชิงตัวเลข (numerical value) ให้กับค่าคงตัวทางฟิสิกส์ (physical constant) 7 ตัว โดยให้มีผลบังคับตั้งแต่วันที่ 20 พฤษภาคม 2562 เป็นต้นไป ถือเป็นการปรับเปลี่ยนปรัชญา หรือแนวคิดในการนิยามหน่วยฐานครั้งใหญ่และสำคัญยิ่ง เป็นการนำความรู้จากฟิสิกส์เชิงควอนตัมและทฤษฎีสัมพันธภาพมาประยุกต์ทั้งระบบ

The revised SI มีหน่วยฐานที่ได้รับการนิยามจากค่าคงตัวทางฟิสิกส์ ซึ่งมีหน่วยเชื่อมโยงกัน ดังต่อไปนี้

เวลา

วินาที (second, s)

"วินาที" ได้รับการนิยาม
โดยกำหนดให้
ความถี่ของการเปลี่ยนชั้นพลังงานไฮเปอร์ไฟน์
ของสถานะพื้นที่ไม่ถูกรบกวนของอะตอมซีเซียม 133
มีค่า 9 192 631 770 ในหน่วย s^{-1} หรือ Hz

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

ค่าของ
"ความถี่ของการเปลี่ยนชั้นพลังงานไฮเปอร์ไฟน์ของสถานะพื้นที่ไม่ถูกรบกวนของอะตอมซีเซียม 133"

สัญลักษณ์ (symbol) ..... $\Delta\nu_{Cs}$

ค่าเชิงตัวเลข (numerical value) 9 192 631 770

หน่วย (unit) ..... s^{-1}

เมื่อทราบ $\Delta\nu_{Cs}$ ของ Cs ก็จะสามารถนิยาม s ได้ ดังนั้น
การกำหนดค่าเชิงตัวเลขของ $\Delta\nu_{Cs}$ จึงเท่ากับเป็นการนิยามหน่วย

ความยาว

เมตร
(metre, m)

"เมตร" ได้รับการนิยาม
โดยกำหนดให้
ความเร็วแสงในสุญญากาศ
มีค่า 299 792 458 ในหน่วย m s^{-1}

{ The metre, symbol m, is the SI unit of length.
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,
where the second is defined in terms of $\Delta\nu_{Cs}$. }

ค่าของ

"ความเร็วแสง
ในสุญญากาศ"

สัญลักษณ์ (symbol) ..... *c*

ค่าเชิงตัวเลข (numerical value) 299 792 458

หน่วย (unit) ..... m s^{-1}

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ *c*
โดยที่ s ได้รับการนิยามแล้ว จึงเท่ากับการนิยามหน่วย m

มวล

กิโลกรัม (kilogram, kg)

"กิโลกรัม" ได้รับการนิยาม
โดยกำหนดให้
ค่าคงตัวของพลังค์ (Planck)
มีค่า 6.626 070 15 x 10^{-34} ในหน่วย kg m^2 s^{-1}

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

เหตุผลและความจำเป็นในการเปลี่ยนนิยามหน่วยกิโลกรัม (kg) คือ เพื่อให้นิยามของหน่วยกิโลกรัม เป็นอิสระจากสมบัติของสิ่งประดิษฐ์ (artefact) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็นธรรมชาติอยู่แล้ว

ค่าคงตัวของ
"พลังค์ (Planck)"

สัญลักษณ์ (symbol) ..... *h*

ค่าเชิงตัวเลข (numerical value) ..... 6.626 070 15 x 10^{-34}

หน่วย (unit) ..... kg m^2 s^{-1}

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ *h*
โดยที่ s และ m ได้รับการนิยามแล้ว จึงเท่ากับการนิยามหน่วย kg

กระแสไฟฟ้า

แอมแปร์ (ampere, A)

"แอมแปร์" ได้รับการนิยาม
โดยกำหนดให้
ประจุมูลฐาน (ประจุของอิเล็กตรอน)
มีค่า 1.602 176 634 x 10^{-19} ในหน่วย A s

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

เหตุผลและความจำเป็น
ในการเปลี่ยนนิยามหน่วยแอมแปร์ (A) คือ
เพื่อให้หน่วยของปริมาณทางไฟฟ้าและแม่เหล็ก
อยู่ภายในระบบหน่วยเอสไอ ไม่แยกเป็นอิสระด้วยการ
ใช้สมบัติของปรากฏการณ์ทางควอนตัมเชิงมหภาค
(Macroscopic quantum phenomenal) แบบที่เป็นอยู่

ค่าของ

"ประจุมูลฐาน (ประจุของอิเล็กตรอน)"

สัญลักษณ์ (symbol) ..... *e*

ค่าเชิงตัวเลข (numerical value) ..... 1.602 176 634 x 10^{-19}

หน่วย (unit) ..... A s

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ *e*
โดยที่ ได้รับการนิยามแล้ว จึงเท่ากับการนิยามหน่วย

อุณหภูมิ
อุณหพลวัต

เคลวิน (kelvin, K)

"เคลวิน" ได้รับการนิยาม
โดยกำหนดให้ **ค่าคงตัวของโบลต์ซมันน์ (Boltzmann)**
มีค่า 1.380 649 x 10^{-23} ในหน่วย K^{-1} kg m^2 s^{-2}

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

เหตุผลและความจำเป็นในการเปลี่ยนนิยามหน่วยเคลวิน (K) คือ เพื่อให้ทุกค่าอุณหภูมิสอดคล้องกับนิยาม (ตามนิยามเดิมนั้น มีเพียงอุณหภูมิ 1 ค่าที่สอดคล้อง) และมีนิยามที่เป็นอิสระจากสมบัติเฉพาะของสสารที่อ่อนไหวต่อปัจจัยรอบข้าง

ค่าคงตัวของ

"โบลต์ซมันน์ (Boltzmann)"

สัญลักษณ์ (symbol) ..... *k*

ค่าเชิงตัวเลข (numerical value) ..... 1.380 649 x 10^{-23}

หน่วย (unit) ..... $\underline{K}^{-1}$ kg m^2 s^{-2}

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ *k* โดยที่ s m และ kg ได้รับการนิยามแล้ว จึงเท่ากับการนิยามหน่วย K

ความเข้ม ของการส่องสว่าง

แคนเดลา (candela, cd)

"แคนเดลา" ได้รับการนิยาม โดยกำหนดให้ **ประสิทธิพลังแสง (luminous efficacy) ของรังสีเอกรงค์ที่ความถี่ 540x10^{12} Hz มีค่า 683 ในหน่วย cd sr kg^{-1} m^{-2} s^{3}**

The candela, symbol cd, 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 x 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, metre and second are defined in terms of h, c and $\Delta\nu_{Cs}$.

ค่าของ

"ประสิทธิพลังแสงของรังสีเอกรงค์ที่ความถี่ 540 x 10^{12} Hz"

สัญลักษณ์ (symbol) ..... K_{cd}

ค่าเชิงตัวเลข (numerical value) 683

หน่วย (unit) ..... cd sr kg^{-1} m^{-2} s^{3}

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ K_{cd} โดยที่ s m และ kg ได้รับการนิยามแล้ว จึงเท่ากับการนิยามหน่วย cd

ปริมาณสาร

โมล (mole, mol)

"โมล" ได้รับการนิยาม
โดยกำหนดให้
ค่าคงตัวของอาโวกาโดร (Avogadro)
มีค่า 6.022 140 76 x 10^{23} ในหน่วย mol^{-1}

The mole, symbol mol, is the SI unit of amount of substance.
One mole contains exactly 6.022 140 76 x 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.

เหตุผลและความจำเป็น
ในการเปลี่ยนนิยามหน่วยโมล (mol) คือ
เพื่อให้เป็นอิสระจากสมบัติของสสาร
และหน่วยกิโลกรัม

ค่าคงตัวของ

"อาโวกาโดร (Avogadro)"

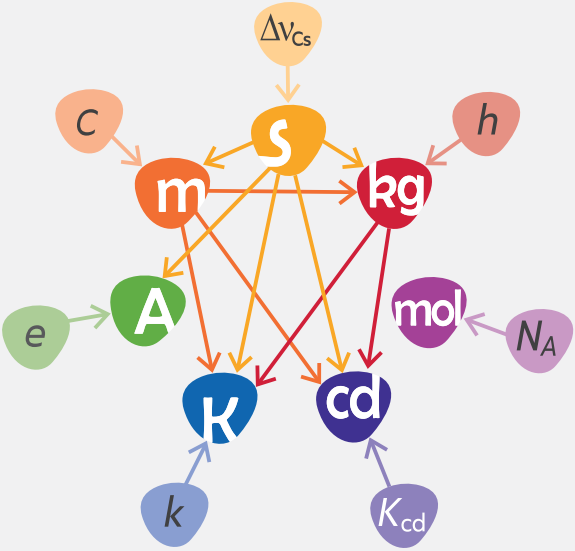
สัญลักษณ์ (symbol) ..... N_A

ค่าเชิงตัวเลข (numerical value) ..... 6.022 140 76 x 10^{23}

หน่วย (unit) ..... $\underline{mol}^{-1}$

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ N_A จึงเท่ากับการนิยามหน่วย

ความสัมพันธ์ระหว่าง
หน่วยฐานตามนิยามใหม่



สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120
โทร. 0 2577 5100
โทรสาร 0 2577 2859
E-mail: pr@nimt.or.th
Web Site: www.nimt.or.th