

ร่าง
ประกาศกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม
เรื่อง หน่วยการวัดและมาตรฐานการวัดแห่งชาติ
พ.ศ.

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงประกาศกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เรื่อง การกำหนดหน่วยการวัดปริมาณที่ใช้ในกิจการประเภทต่าง ๆ ให้สอดคล้องเป็นระบบเดียวกัน และสอดคล้องกับมาตรฐานระหว่างประเทศ และการกำหนดให้เครื่องมือ อุปกรณ์ หรือวัสดุอ้างอิง ที่ใช้ในการวัดปริมาณ เป็นเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือวัสดุอ้างอิง ที่ใช้อ้างอิงความถูกต้องตามมาตรฐานระหว่างประเทศ เพื่อให้ถือเป็นมาตรฐานการวัดแห่งชาติ

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๑ (๑) และ (๒) และมาตรา ๒๘ แห่งพระราชบัญญัติพัฒนาระบบมาตรฐานวิทยาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๔๐ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติพัฒนาระบบมาตรฐานวิทยาแห่งชาติ (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๙ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม โดยคำแนะนำของคณะกรรมการมาตรฐานวิทยาแห่งชาติ ในการประชุมครั้งที่ ../.... เมื่อวันที่ จึงออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ประกาศนี้เรียกว่า “ประกาศกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เรื่อง หน่วยการวัดและมาตรฐานการวัดแห่งชาติ พ.ศ.”

ข้อ ๒ ประกาศนี้ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ข้อ ๓ ให้ยกเลิกประกาศกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานแห่งชาติ เกี่ยวกับหน่วยการวัดปริมาณ เครื่องมือ อุปกรณ์ และวัสดุอ้างอิงที่ใช้ในการวัดปริมาณ

ข้อ ๔ ในประกาศนี้

“หน่วยการวัด” หมายความว่า ปริมาณสเกลาร์จริงที่ยอมรับตามสัญญาณ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณอื่นชนิดเดียวกันจะแสดงอัตราส่วนระหว่างปริมาณทั้งสองด้วยตัวเลขตัวหนึ่ง

“มาตรฐานการวัด” หมายความว่า การทำให้ประจักษ์ในนิยามของปริมาณที่กำหนด พร้อมกับค่าปริมาณที่ระบุและความไม่แน่นอนการวัดที่เชื่อมสัมพันธ์กัน และนำมาใช้เป็นสิ่งอ้างอิง

“มาตรฐานการวัดอ้างอิง” หมายความว่า มาตรฐานการวัดที่กำหนดให้เป็นมาตรฐานเพื่อการสอบเทียบของมาตรฐานการวัดอื่น ๆ สำหรับปริมาณชนิดที่กำหนด ณ องค์กร หรือสถานที่ที่กำหนด

“วัสดุอ้างอิงรับรอง” หมายความว่า วัสดุอ้างอิงที่มีเอกสารหลักฐานซึ่งออกโดยองค์กรที่มีอำนาจหน้าที่ และให้ค่าสมบัติที่ระบุค่าหนึ่งหรือหลายค่าพร้อมกับความไม่แน่นอนที่เชื่อมสัมพันธ์กัน และความสามารถสอบกลับได้ โดยใช้วิธีดำเนินการที่สมเหตุสมผล

ข้อ ๕ หน่วยการวัดและมาตรฐานการวัดแห่งชาติ มีรายละเอียดตามเอกสารแนบท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่

(.....)

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายละเอียดหน่วยการวัดและมาตรฐานการวัดแห่งชาติ
(แบบท้ายประกาศกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม)

1 ขอบข่าย

ประกาศฉบับนี้ อธิบายนิยามระบบหน่วยระหว่างประเทศ (International System of Units: SI) ได้แก่ หน่วยการวัด หน่วยฐาน หน่วยอนุพัทธ์ หน่วยที่ไม่ใช่ SI ที่ได้รับการยอมรับให้ใช้กับหน่วย SI และมาตรฐานการวัดแห่งชาติแต่ละสาขา

2 เอกสารอ้างอิง

เอกสารอ้างอิงต่อไปนี้เป็นฉบับปัจจุบันและเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการประยุกต์ใช้กับประกาศฉบับนี้

9th edition 2019 The International System of Units (SI), V2.01 December 2022

JCGM 200:2008 International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)

ประมวลศัพท์มาตรฐานวิทยาระหว่างประเทศ – แนวคิดพื้นฐานและแนวคิดทั่วไปพร้อมคำศัพท์ที่เชื่อมสัมพันธ์ (วีไอเอ็ม)

3 นิยาม

3.1 นิยามของ SI

หน่วยการวัดปริมาณตามระบบหน่วยระหว่างประเทศตามมติของที่ประชุมใหญ่สมัชชาสหประชาชาติว่าด้วยการชั่ง ตวง วัด (The General Conference on Weights and Measures : CIPM) ครั้งที่ 26 ที่กำหนดค่าเชิงตัวเลขให้กับค่าคงตัวทางฟิสิกส์ 7 ตัว โดยให้มีผลบังคับตั้งแต่วันที่ 20 พฤษภาคม 2562 เป็นต้นไป ดังนี้

(1) ความถี่ของการเปลี่ยนชั้นพลังงานไฮเปอร์ไฟน์ของสถานะพื้นฐานที่ไม่ถูกรบกวนของอะตอมซีเซียม 133 สัญลักษณ์ $\Delta\nu_{Cs}$ มีค่า 9 192 631 770 เฮิร์ตซ์ (Hz)

(2) ความเร็วแสงในสุญญากาศ สัญลักษณ์ c มีค่า 299 792 458 เมตรต่อวินาที (m/s)

(3) ค่าคงตัวของพลังค์ (Planck's constant) สัญลักษณ์ h มีค่า $6.626 070 15 \times 10^{-34}$ จูล วินาที (J s)

(4) ค่าประจุมูลฐาน (ประจุของอิเล็กตรอน) สัญลักษณ์ e มีค่า $1.602 176 634 \times 10^{-19}$ คูโลมบ์ (C)

(5) ค่าคงตัวบ็อลต์ซมันน์ (Boltzmann constant) สัญลักษณ์ k มีค่า $1.380 649 \times 10^{-23}$ จูลต่อเคลวิน (J/K)

(6) ค่าคงตัวอวอกาโดร (Avogadro's constant) สัญลักษณ์ N_A มีค่า $6.022 140 76 \times 10^{23}$ ต่อโมล (mol^{-1})

(7) ประสิทธิภาพพลังแสง (luminous efficacy) ของรังสีเอกรงค์ที่ความถี่ 540×10^{12} เฮิร์ตซ์ สัญลักษณ์ K_{cd} มีค่า 683 ลูเมนต่อวัตต์ (lm/W)

เมื่อ เฮิร์ตซ์ จูล คูโลมบ์ ลูเมน และ วัตต์ มีสัญลักษณ์ของหน่วยเป็น Hz, J, C, lm, และ W ตามลำดับ มีความสัมพันธ์กับหน่วยวินาที เมตร กิโลกรัม แอมแปร์ เคลวิน โมล และ แคนเดลา ซึ่งมีสัญลักษณ์ของหน่วยเป็น s, m, kg, A, K, mol, และ cd ตามลำดับ โดยที่ $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$, $\text{J} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2}$, $\text{C} = \text{A s}$, $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$, และ $\text{W} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-3}$

ค่าเชิงตัวเลขของค่าคงตัวทั้ง 7 ตัวที่นิยาม เป็นค่าที่ไม่มีค่าความไม่แน่นอน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 นิยามของค่าคงตัวทั้ง 7 ตัวของระบบหน่วยระหว่างประเทศและหน่วยทั้ง 7 หน่วยที่สมมูลกับค่าคงตัวที่นิยาม

นิยามของค่าคงตัว	เครื่องหมาย	ค่าเชิงตัวเลข	หน่วย
ความถี่ของการเปลี่ยนชั้นพลังงานไฮเปอร์ไฟน์ของอะตอมซีเซียม	$\Delta\nu_{Cs}$	9 192 631 770	เฮิรตซ์ (Hz)
ความเร็วแสงในสุญญากาศ	c	299 792 458	เมตรต่อวินาที ($m s^{-1}$)
ค่าคงตัวของพลังค์	h	$6.626 070 15 \times 10^{-34}$	จูล วินาที (J s)
ค่าประจุมูลฐาน (ประจุของอิเล็กตรอน)	e	$1.602 176 634 \times 10^{-19}$	คูลอมบ์ (C)
ค่าคงตัวบ็อลต์ซมันน์	k	$1.380 649 \times 10^{-23}$	จูลต่อเคลวิน ($J K^{-1}$)
ค่าคงตัวของอาโวกาโดร	N_A	$6.022 140 76 \times 10^{23}$	ต่อโมล (mol^{-1})
ประสิทธิภาพพลังแสง	K_{cd}	683	ลูเมนต่อวัตต์ ($lm W^{-1}$)

3.2 นิยามของหน่วยใน SI

ระบบหน่วยระหว่างประเทศ (SI) ที่เคยนิยามผ่านหน่วยฐานทั้ง 7 หน่วย และจากหน่วยอนุพัทธ์ซึ่งได้มาจากผลคูณของกำลังของหน่วยฐาน ก่อนที่จะมีนิยามที่นำมาใช้ใน ค.ศ. 2018 โดยการนิยาม SI ด้วยการกำหนดค่าตัวเลขของค่าคงตัวทั้ง 7 ตัว ส่งผลให้การแยกแยะนี้ไม่จำเป็นในหลักการ เนื่องจากหน่วยทั้งหมด ได้แก่ หน่วยฐานและหน่วยอนุพัทธ์อาจสร้างขึ้นโดยตรงจากค่าคงตัวที่กำหนด อย่างไรก็ตาม แนวคิดของหน่วยฐานและหน่วยอนุพัทธ์ยังคงอยู่ เนื่องจากมีประโยชน์และเป็นที่ยอมรับในอดีต อีกทั้งชุดมาตรฐาน ISO/IEC 80000 ระบุปริมาณฐานและปริมาณอนุพัทธ์ซึ่งจำเป็นต้องสอดคล้องกับระบบระหว่างประเทศของหน่วยฐานและหน่วยอนุพัทธ์ที่กำหนดไว้

3.2.1 หน่วยฐาน (base units)

หน่วยฐานของ SI แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 หน่วยฐาน SI (SI base units)

ปริมาณฐาน		หน่วยฐาน	
ชื่อ	สัญลักษณ์	ชื่อ	สัญลักษณ์
เวลา (time)	t	วินาที (second)	s
ความยาว (length)	$l, x, r, etc.$	เมตร (metre)	m
มวล (mass)	m	กิโลกรัม (kilogram)	kg
กระแสไฟฟ้า (electric current)	I, i	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิอุณหพลวัต (thermodynamic temperature)	T	เคลวิน (kelvin)	K
ปริมาณสาร (amount of substance)	n	โมล (mole)	mol
ความเข้มของการส่องสว่าง (luminous intensity)	I_v	แคนเดลา (candela)	cd

เริ่มต้นจากนิยามของ SI ในแง่ของค่าตัวเลขคงที่ของค่าคงตัวที่กำหนด นิยามของหน่วยฐานทั้ง 7 หน่วย ให้อนุมานใช้ค่าคงตัวที่กำหนดตั้งแต่หนึ่งค่าขึ้นไปเพื่อให้ชุดนิยามต่อไปนี้

ร่าง 5

วินาที (second, สัญลักษณ์ s) เป็นระบบหน่วยระหว่างประเทศของเวลา ได้รับการนิยามโดยค่าตัวเลขคงตัวของความถี่การเปลี่ยนชั้นพลังงานไฮเปอร์ไฟน์ของสถานะพื้นที่ไม่ถูกรบกวนของอะตอมซีเซียม 133 มีค่า $d9\ 192\ 631\ 770$ ในหน่วย s^{-1} หรือ Hz

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 ก็สามารถนิยาม s ได้ ดังนั้น การกำหนดค่าเชิงตัวเลขของ $\Delta\nu_{Cs}$ จึงเท่ากับเป็นการนิยามหน่วย

เมตร (metre, สัญลักษณ์ m)

เมตร ได้รับการนิยามโดยกำหนดให้ความเร็วแสงในสุญญากาศ มีค่า $299\ 792\ 458$ ในหน่วย $m\ s^{-1}$

ค่าของ “ความเร็วแสงในสุญญากาศ”

สัญลักษณ์ (symbol)	c
ค่าเชิงตัวเลข (numerical value)	299 792 458
หน่วย (unit)	$m\ s^{-1}$

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ c โดยที่ s ได้รับการนิยามแล้ว จึงเท่ากับการนิยามหน่วย m

กิโลกรัม (kilogram, สัญลักษณ์ kg)

“กิโลกรัม” ได้รับการนิยามโดยกำหนดให้ค่าของพลังค์ มีค่า $6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$ ในหน่วย $kg\ m^2\ s^{-1}$

เหตุผลและความจำเป็นในการเปลี่ยนนิยามหน่วยกิโลกรัม (kg) คือ เพื่อให้นิยามของหน่วยกิโลกรัม เป็นอิสระจากสมบัติของสิ่งประดิษฐ์ (artefact) ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็นธรรมชาติอยู่แล้ว

“ค่าคงตัวของพลังค์ (Planck’s constant)”

สัญลักษณ์ (symbol)	h
ค่าเชิงตัวเลข (numerical value)	$6.626\ 070\ 15 \times 10^{-34}$
หน่วย (unit)	$kg\ m^2\ s^{-1}$

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ h โดยที่ s และ m ได้รับการนิยามแล้ว จึงเท่ากับการนิยามหน่วย kg

แอมแปร์ (ampere, สัญลักษณ์ A)

“แอมแปร์” ได้รับการนิยามโดยกำหนดให้ประจุมูลฐาน (ประจุของอิเล็กตรอน) มีค่า $1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$ ในหน่วย A s

เหตุผลและความจำเป็นในการเปลี่ยนนิยามหน่วยแอมแปร์ (A) คือ เพื่อให้หน่วยของปริมาณทางไฟฟ้าและแม่เหล็กอยู่ภายในระบบหน่วย SI ไม่แยกเป็นอิสระด้วยการใช้สมบัติของปรากฏการณ์ทางควอนตัมเชิงมหภาค (Macroscopic quantum phenomenal) แบบที่เป็นอยู่

ค่าของ “ประจุมูลฐาน (ประจุของอิเล็กตรอน)”

สัญลักษณ์ (symbol)	e
ค่าเชิงตัวเลข (numerical value)	$1.602\ 176\ 634 \times 10^{-19}$
หน่วย (unit)	A s

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ e โดยที่ s ได้รับการนิยามแล้ว จึงเท่ากับการนิยาม

หน่วย A

เคลวิน (kelvin, สัญลักษณ์ K)

“เคลวิน” ได้รับการนิยามโดยกำหนดให้ค่าคงตัวของบ็อลต์ซมันน์ มีค่า $1.380\ 649 \times 10^{-23}$

ในหน่วย $K^{-1} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$

เหตุผลและความจำเป็นในการเปลี่ยนนิยามหน่วยเคลวิน (K) คือ เพื่อให้ทุกค่าอุณหภูมิสอดคล้องกับนิยาม (ตามนิยามเดิมนั้น มีเพียงอุณหภูมิ 1 ค่า ที่สอดคล้อง) และมีนิยามที่เป็นอิสระจากสมบัติเฉพาะของสสารที่อ่อนไหวต่อปัจจัยรอบข้าง

“ค่าคงตัวบ็อลต์ซมันน์”

สัญลักษณ์ (symbol)	K
ค่าเชิงตัวเลข (numerical value)	$1.380\ 649 \times 10^{-23}$
หน่วย (unit)	$K^{-1} \text{ kg m}^2 \text{ s}^{-2}$

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ K โดยที่ s m และ kg ได้รับการนิยามแล้ว จึงเท่ากับการ

นิยามหน่วย K

โมล (mole, สัญลักษณ์ mol)

“โมล” ได้รับการนิยามโดยกำหนดให้ค่าคงตัวของอาโวกาโดร มีค่า $6.022\ 140\ 76 \times$

10^{23} ในหน่วย mol^{-1}

เหตุผลและความจำเป็นในการเปลี่ยนนิยามหน่วยโมล (mol) คือเพื่อให้เป็นอิสระจากสมบัติของสสารและหน่วยกิโลกรัม

“ค่าคงตัวของอาโวกราโด”

สัญลักษณ์ (symbol)	N_A
ค่าเชิงตัวเลข (numerical value)	$6.022\ 140\ 76 \times 10^{23}$
หน่วย (unit)	mol^{-1}

การกำหนดค่าเชิงตัวเลขให้แก่ N_A จึงเท่ากับการนิยามหน่วย mol

แคนเดลา (candela, สัญลักษณ์ cd)

“แคนเดลา” ได้รับการนิยามโดยกำหนดให้ประสิทธิภาพพลังแสงของรังสีเอกรงค์ที่

ความถี่ $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ มีค่า 683 ในหน่วย $\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$

ค่าของ “ประสิทธิภาพพลังแสงของรังสีเอกรงค์ที่ความถี่ $540 \times 10^{12} \text{ Hz}$ ”

สัญลักษณ์ (symbol)	K_{cd}
ค่าเชิงตัวเลข (numerical value)	683
หน่วย (unit)	$\text{cd sr kg}^{-1} \text{ m}^{-2} \text{ s}^3$

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

การนิยามหน่วย cd

3.2.2 หน่วยอนุพัทธ์ (derived units)

หน่วยอนุพัทธ์เกิดขึ้นจากผลคูณของหน่วยฐานที่มีเลขชี้กำลัง เมื่อตัวประกอบเชิงเลขของผลคูณหน่วยฐานเป็นหนึ่งจะเรียกหน่วยอนุพัทธ์นี้ว่า หน่วยอนุพัทธ์อาพันธ์ หน่วยอนุพัทธ์อาพันธ์บางหน่วยใน SI จะกำหนดเป็นชื่อเฉพาะ 22 ชื่อ แสดงดังตารางที่ 3 และเมื่อรวมกับหน่วยฐานของ SI ทั้ง 7 เรียกว่า เซตของหน่วย SI จำนวน 29 หน่วย โดยเมื่อนำเซตของหน่วย SI นี้มาผสมกันทำให้เกิดหน่วย SI อื่น ๆ ที่สร้างขึ้นโดยตรงจากค่าคงตัวทั้ง 7 อีกทั้งหน่วยฐานทั้ง 7 และหน่วย SI 22 หน่วยนี้มีชื่อและสัญลักษณ์พิเศษที่สามารถนำมาใช้ร่วมกันเพื่อแสดงหน่วยอนุพัทธ์อื่นได้

ตารางที่ 3 แสดงหน่วย SI 22 หน่วย ชื่อเฉพาะ และสัญลักษณ์

ปริมาณอนุพัทธ์	ชื่อเฉพาะของหน่วย	การแสดงผลหน่วยในรูปของหน่วยฐาน	การแสดงผลหน่วยในรูปของหน่วยฐานอื่น ๆ
มุมระนาบ (plane angle)	เรเดียน (radian)	rad=m/m	-
มุมตัน (solid angle)	สเตอเรเดียน (steradian)	sr=m ² /m ²	-
ความถี่ (frequency)	เฮิรตซ์ (hertz)	Hz=s ⁻¹	-
แรง (force)	นิวตัน (newton)	N=kg m s ⁻²	-
ความดัน (pressure), ความเค้น (stress)	พาสคัล (pascal)	Pa=kg m ⁻¹ s ⁻²	N/m ²
พลังงาน (energy), งาน (work), ปริมาณความร้อน (amount of heat)	จูล (joule)	J=kg m ² s ⁻²	N m
กำลัง (power), ฟลักซ์การแผ่รังสี (radiant flux)	วัตต์ (watt)	W=kg m ² s ⁻³	J/s
ประจุไฟฟ้า (electric charge)	คูลอมบ์ (coulomb)	C=A s	-
ความต่างศักย์ไฟฟ้า (electric potential difference)	โวลต์ (volt)	V = kg m ² s ⁻³ A ⁻¹	W/A
ความจุ (capacitance)	ฟารัด (farad)	F = kg ⁻¹ m ⁻² s ⁴ A ²	C/V
ความต้านทานไฟฟ้า (electric resistance)	โอห์ม (ohm)	Ω = kg m ² s ⁻³ A ⁻²	V/A
ความนำไฟฟ้า (electric conductance)	ซีเมนส์ (siemens)	S = kg ⁻¹ m ⁻² s ³ A ²	A/V
ฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux)	เวเบอร์ (weber)	Wb = kg m ² s ⁻² A ⁻¹	V s
ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)	เทสลา (tesla)	T = kg s ⁻² A ⁻¹	Wb/m ²
ความเหนี่ยวนำ (inductance)	เฮนรี (henry)	H = kg m ² s ⁻² A ⁻²	Wb/A
อุณหภูมิเซลเซียส (Celsius temperature)	องศาเซลเซียส (degree Celsius)	°C = K	-

ปริมาณอนุพัทธ์	ชื่อเฉพาะของหน่วย	การแสดงหน่วยในรูปของหน่วยฐาน	การแสดงหน่วยในรูปของหน่วยฐานอื่น ๆ
ฟลักซ์ส่องสว่าง (luminous flux)	ลูเมน (lumen)	lm = cd sr	cd sr
ความสว่าง (illuminance)	ลักซ์ (lux)	lx = cd sr m ⁻²	lm/m ²
นิวไคลด์กัมมันตรังสี (radionuclide)	เบ็กเคอเรล (becquerel)	Bq = s ⁻¹	-
ปริมาณรังสีดูดกลืน (absorbed dose), ปริมาณรังสี (kerma)	เกรย์ (gray)	Gy = m ² s ⁻²	J/kg
ปริมาณสมมูล (dose equivalent)	ซีเวิร์ต (sievert)	Sv = m ² s ⁻²	J/kg
กัมมันตภาพเชิงเร่งปฏิกิริยา (catalytic activity)	คาทาล (katal)	kat = mol s ⁻¹	-

3.3 หน่วยที่ไม่ใช่ SI ที่ได้รับการยอมรับให้ใช้กับ SI

SI เป็นตัวอ้างอิงที่ได้รับการตกลงระหว่างประเทศ ในการนิยามหน่วยอื่น ๆ ทั้งหมด หน่วย SI ที่สอดคล้องกันมีข้อได้เปรียบ คือ ไม่ต้องแปลงหน่วยเมื่อแทรกค่าเฉพาะลงในสมการปริมาณ

อย่างไรก็ตาม เป็นที่ทราบกันว่าหน่วยที่ไม่ใช่ SI บางหน่วยมีการใช้อย่างแพร่หลายและคาดว่าจะยังคงใช้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลาหลายปี ดังนั้น CIPM จึงยอมรับหน่วยที่ไม่ใช่ SI บางหน่วย เพื่อใช้กับ SI ดังแสดงในตารางที่ 4 หากมีการใช้หน่วยเหล่านี้ จะต้องเข้าใจว่าอาจสูญเสียข้อได้เปรียบบางประการของระบบหน่วย SI คำแนะนำของ SI สามารถใช้กับหลายหน่วยเหล่านี้ได้ แต่ไม่สามารถใช้กับบางหน่วยได้ เช่น หน่วยของเวลาที่ไม่ใช่ SI

ตารางที่ 4 หน่วยที่ไม่ใช่ SI ที่ยอมรับให้ใช้กับหน่วย SI

จำนวน	ชื่อหน่วย	สัญลักษณ์	ค่าในหน่วย SI
เวลา	นาที	min	1 min = 60 s
	ชั่วโมง	h	1 h = 60 min = 3600 s
	วัน	d	1 d = 24 h = 86 400 s
ความยาว	หน่วยดาราศาสตร์ (ก)	au	1 au = 149 597 870 700 m
ระนาบ และมุมเฟส	องศา	°	1° = (π/180) rad
	ลิปดา	'	1' = (1/60)° = (π/10 800) rad
	ฟิลิปดา (ข)	''	1'' = (1/60)' = (π/648 000) rad
พื้นที่	เฮกตาร์ (ค)	ha	1 ha = 1 hm ² = 10 ⁴ m ²
ปริมาตร	ลิตร (ง)	l, L	1 l = 1 L = 1 dm ³ = 10 ³ cm ³ = 10 ⁻³ m ³
มวล	ตัน (จ)	t	1 t = 10 ³ kg
	ดอลตัน (ฉ)	Da	1 Da = 1.660 539 066 60 (50) × 10 ⁻²⁷ kg
พลังงาน	อิเล็กตรอนโวลต์ (ช)	eV	1 eV = 1.602 176 634 × 10 ⁻¹⁹ J
ปริมาณอัตราส่วนที่มีการใช้ลอการิทึม	เนเปอร์ (ซ)	Np	ดูในข้อความ
	เบล (ซ)	B	
	เดซิเบล	dB	

(ก) ตามที่ได้ตัดสินในการประชุมทั่วไปครั้งที่ 18 ของสหพันธ์ดาราศาสตร์สากล (มติ B2, 2012)

(ข) สำหรับการใช้งานบางอย่าง เช่น ในทางดาราศาสตร์ มุมขนาดเล็กจะถูกวัดเป็น arcseconds (เช่น พิลิปดาของมุมระนาบ) แทนด้วย as หรือ '' , หรือ milliarcseconds, microarcseconds, และ picoarcseconds แทนด้วย mas, mas, pas ตามลำดับ โดยที่ arcseconds เป็นอีกชื่อหนึ่งของพิลิปดาของมุมระนาบ

(ค) หน่วยเฮกตาร์และสัญลักษณ์ของหน่วยนี้, ha ได้นำมาใช้โดย CIPM ใน ค.ศ. 1879 (PV, 1879, 41) เฮกตาร์ใช้เพื่อแสดงพื้นที่ที่ดิน

(ง) ลิตรและสัญลักษณ์, l ตัวพิมพ์เล็ก ได้นำมาใช้โดย CIPM ใน 1879 (PV, 1879, 41) อีกทางเลือกหนึ่ง คือ L ตัวพิมพ์ใหญ่ ที่นำมาใช้โดย CGPM ครั้งที่ 16 (1979, มติ 6; CR, 101 และ Metrologia, 1980, 16, 56-57) เพื่อหลีกเลี่ยงความเสี่ยงที่จะเกิดความสับสนระหว่างตัวอักษร l (el) และตัวเลข 1 (หนึ่ง)

(จ) ตันและสัญลักษณ์, t ได้นำมาใช้โดย CIPM ใน ค.ศ. 1879 (PV, 1879, 41) หน่วยนี้บางครั้งเรียกว่า “เมตริกตัน” ในบางประเทศที่ใช้ภาษาอังกฤษ

(ฉ) ดอลตัน (Da) และหน่วยมวลอะตอมรวม (u) เป็นอีกชื่อ (และสัญลักษณ์) ของหน่วยเดียวกัน ซึ่งเท่ากับ 1/12 ของมวลของอะตอมคาร์บอนอิสระจำนวน 12 อะตอม ที่พักและอยู่ในสถานะพื้น ค่านี้ของดอลตันคือค่าที่แนะนำในการปรับแก้ CODATA 2018

(ช) อิเล็กตรอนโวลต์ คือ พลังงานจลน์ที่อิเล็กตรอนต้องการในการเคลื่อนผ่านความต่างศักย์หนึ่งโวลต์ในสุญญากาศ อิเล็กตรอนโวลต์มักจะรวมกับคำนำหน้าของ SI

(ซ) ในการใช้หน่วยเหล่านี้ สิ่งสำคัญคือต้องระบุลักษณะของปริมาณนั้น ๆ และระบุค่าอ้างอิงที่ใช้

4 ผลคูณทศนิยมและผลคูณย่อยของหน่วย SI

ผลคูณทศนิยม (decimal multiples) และผลคูณย่อย (submultiples) ซึ่งผันแปรตั้งแต่ 10^{30} ถึง 10^{-30} มีไว้เพื่อใช้กับหน่วย SI ชื่อและสัญลักษณ์ของคำนำหน้าผลคูณและผลคูณย่อยเหล่านี้แสดงอยู่ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 คำนำหน้า SI (SI prefixes)

Factor	Name	Symbol	Factor	Name	Symbol
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	kilo	k	10^{-3}	milli	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y
10^{27}	ronna	R	10^{-27}	ronto	r
10^{30}	quetta	Q	10^{-30}	quecto	q

5 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ

5.1 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ดังแสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยาเคมีและชีวภาพ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ประกอบด้วย

ตารางที่ 6.1 มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์อินทรีย์เคมี

ตารางที่ 6.2 มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์อนินทรีย์เคมี

ตารางที่ 6.3 มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์ก๊าซ

ตารางที่ 6.4 มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์ชีวภาพ

โดยมีสัญลักษณ์ธาตุ ชื่อภาษาอังกฤษ และชื่อภาษาไทย ดังตารางสัญลักษณ์ธาตุ ชื่อภาษาอังกฤษ และชื่อภาษาไทย

ตารางที่ 7 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ตารางที่ 8 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยามิติ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ตารางที่ 9 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยาเชิงกล สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ตารางที่ 10 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิจากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ตารางที่ 11 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยกลุ่มงานเสียงและการสั่นสะเทือน สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

5.2 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ตามที่ได้รับมอบหมายจากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติให้เป็นตัวแทนในกิจกรรมด้านมาตรวิทยาในระดับระหว่างประเทศเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ดังแสดงในตารางที่ 12

5.3 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำและเก็บรักษา โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตามที่ได้รับมอบหมายจากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติให้เป็นตัวแทนในกิจกรรมด้านมาตรวิทยาในระดับระหว่างประเทศเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 6 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยาเคมีและชีวภาพ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ลำดับ	มาตรฐานการวัดอ้างอิง
ตารางที่ 6.1	มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์อินทรีย์เคมี
ตารางที่ 6.2	มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์อนินทรีย์เคมี
ตารางที่ 6.3	มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์ก๊าซ
ตารางที่ 6.4	มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์ชีวภาพ

ตารางที่ 6.1 มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์อินทรีย์เคมี

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	ความบริสุทธิ์ของสารอินทรีย์ (Clenbuterol HCl, Avermectin B1a, Folic acid)	วิธีปฐมภูมิ mass balance	900 mg/g ถึง 1 000 mg/g
2	สาร Endosulfan และ endosulfan sulfate ในผักและผลไม้	วิธีปฐมภูมิ ID-GC-MS	4.5 mg/g ถึง 5.5 mg/g
3	กลูโคสในซีรัม	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	0.1 mg/g ถึง 10 mg/g
4	สาร β -agonist ในเนื้อสัตว์	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	1.50 ng/g
5	สาร Enrofloxacin and ciprofloxacin ในเนื้อสัตว์	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	20 ng/g ถึง 200 ng/g
6	สาร Fipronil, fipronil sulfone, fipronil sulfide ในไข่ไก่	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	4 ng/g ถึง 400 ng/kg
7	สาร Malachite green, leuco-malachite และ total ในอาหารทะเล	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	0.5 ng/g ถึง 20 ng/g
8	สาร Metronidazole และ Dimetridazole ในเนื้อสัตว์	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	0.1 μ g/kg ถึง 200 μ g/kg
9	สาร Phenylalanine ในชีวะวัตถุ	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	1 mg/kg ถึง 1 000 mg/kg
10	สาร sulfadiazine ในเนื้อสัตว์	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	20 ng/g ถึง 5 000 ng/g
11	สาร Urea and uric acid ในซีรัม เลือด และปัสสาวะ	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	10 mg/kg ถึง 2 000 mg/kg
12	สาร zearalenone ในอาหาร	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	1 μ g/kg ถึง 1 000 μ g/kg
13	สารเมลามีนในนมผงและผลิตภัณฑ์ที่มีนมเป็นส่วนประกอบ	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	0.1 ng/g ถึง 5 ng/g
14	สารครีเอตินินในซีรัม	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	1 μ g/g ถึง 30 μ g/g
15	สารคอเลสเตอรอล (total cholesterol) ในซีรัม	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	1 mg/g ถึง 3 mg/g
16	เอทานอลในน้ำและตัวอย่างที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ	External Calibration curve	0.05 mg/g ถึง 5 mg/g

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
17	วัสดุอ้างอิงรับรอง 5 % Brix Sucrose Standard Solution	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก (Gravimetric)	5.00 % Brix 1.34026 nD ₂₀
18	วัสดุอ้างอิงรับรอง 10 % Brix Sucrose Standard Solution	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	10.00 % Brix 1.34782 nD ₂₀
19	วัสดุอ้างอิงรับรอง 20 % Brix Sucrose Standard Solution	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	20.00 % Brix 1.36384 nD ₂₀
20	วัสดุอ้างอิงรับรอง 30 % Brix Sucrose Standard Solution	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	30.00 % Brix 1.38115 nD ₂₀
21	วัสดุอ้างอิงรับรอง 40 % Brix Sucrose Standard Solution	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	40.00% Brix 1.39986 nD ₂₀
22	วัสดุอ้างอิงรับรอง 50 % Brix Sucrose Standard Solution	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	50.00 % Brix 1.42006 nD ₂₀
23	วัสดุอ้างอิงรับรอง 60 % Brix Sucrose Standard Solution	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	60.00 % Brix 1.44190 nD ₂₀
24	วัสดุอ้างอิงรับรอง BTEX mixture in methanol	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	1 000 mg/g
25	วัสดุอ้างอิงรับรอง Ethanol-Water Standard Solution	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	0.1 mg/g ถึง 5 mg/g
26	วัสดุอ้างอิงรับรอง Ethanol-Water Standard Solution	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	30 mg/g ถึง 600 mg/g
27	วัสดุอ้างอิงรับรอง Ethylbenzene in methanol	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	1 000 mg/L
28	วัสดุอ้างอิงรับรอง Ethylbenzene in methanol	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	1 000 mg/L
29	วัสดุอ้างอิงรับรอง <i>m</i> -xylene in methanol	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	1 000 mg/L
30	วัสดุอ้างอิงรับรอง Organochlorine Pesticide Mix set 1	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	100 mg/kg
31	วัสดุอ้างอิงรับรอง Organochlorine Pesticide Mix set 2	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	100 mg/kg
32	วัสดุอ้างอิงรับรอง Organophosphate Pesticide Mix set 1	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	100 mg/kg
33	วัสดุอ้างอิงรับรอง Organophosphate Pesticide Mix set 2	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	100 mg/kg
34	วัสดุอ้างอิงรับรอง Organophosphate Pesticide Mix set 3	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแกรวิเมตริก	100 mg/kg

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
35	วัสดุอ้างอิงรับรอง Organophosphate Pesticide Mix set 4	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแก๊รวิเมตริก	100 mg/kg
36	วัสดุอ้างอิงรับรอง Organophosphate Pesticide Mix set 5	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแก๊รวิเมตริก	100 mg/kg
37	วัสดุอ้างอิงรับรอง <i>o</i> -xylene in methanol	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแก๊รวิเมตริก	1 000 mg/L
38	วัสดุอ้างอิงรับรอง <i>p</i> -xylene in methanol	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแก๊รวิเมตริก	1 000 mg/L
39	วัสดุอ้างอิงรับรอง Pyrethroid Pesticide Mix set 1	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแก๊รวิเมตริก	100 mg/kg
40	วัสดุอ้างอิงรับรอง Pyrethroid Pesticide Mix set 2	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแก๊รวิเมตริก	100 mg/kg
41	วัสดุอ้างอิงรับรอง Toluene in methanol	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียมด้วยระบบแก๊รวิเมตริก	1 000 mg/L
42	วัสดุอ้างอิงรับรอง High purity andrographolide	วิธีปฐมภูมิ mass balance	994 mg/g
43	วัสดุอ้างอิงรับรอง High purity ethanol Standard	วิธีปฐมภูมิ mass balance	900 mg/g ถึง 1 000 mg/g
44	วัสดุอ้างอิงรับรอง High purity panduratin A	วิธีปฐมภูมิ mass balance	991.8 mg/g
45	วัสดุอ้างอิงรับรอง High purity pinostrobin	วิธีปฐมภูมิ mass balance	999.5 mg/g
46	วัสดุอ้างอิงรับรอง Chloramphenicol in freeze-dried prawn	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	0.75 ng/g
47	วัสดุอ้างอิงรับรอง Clenbuterol in feed	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	71.9 ng/g
48	วัสดุอ้างอิงรับรอง Glucose in frozen human serum	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	0.78 mg/g 1.09 mg/g และ 1.90 mg/g
49	วัสดุอ้างอิงรับรอง Melamine in cracker	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	1.56 ng/g
50	วัสดุอ้างอิงรับรอง Melamine in Milk Powder	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	1.03 ng/g
51	วัสดุอ้างอิงรับรอง Salbutamol in feed	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	79.5 ng/g

ตารางที่ 6.2 มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์อินทรีย์เคมี

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	ไอออน	วิธีวัดหาปริมาณไอออนบวกและไอออนลบในตัวอย่างด้วยวิธีไอออนโครมาโทกราฟี	Bromide ion in aqueous solution ความเข้มข้น 900 mg/kg ถึง 1 200 mg/kg
			Calcium ion in human serum ความเข้มข้น 50 mg/kg ถึง 500 mg/kg
			Chloride ion in aqueous solution ความเข้มข้น 20 mg/kg ถึง 120 mg/kg
			Chloride ion in human serum ความเข้มข้น 3 200 mg/kg ถึง 3 800 mg/kg
			Magnesium ion in human serum ความเข้มข้น 5 mg/kg ถึง 50 mg/kg
			Nitrate ion in aqueous solution ความเข้มข้น 50 mg/kg ถึง 120 mg/kg
			Potassium ion in human serum ความเข้มข้น 50 mg/kg ถึง 500 mg/kg
			Sodium ion in aqueous solution ความเข้มข้น 20 mg/kg ถึง 120 mg/kg
			Sodium ion in human serum ความเข้มข้น 2 500 mg/kg ถึง 4 500 mg/kg
			Sulfate ion in aqueous solution ความเข้มข้น 900 mg/kg ถึง 1 100 mg/kg
		วัสดุอ้างอิงรับรอง ion standard solution	Bromide ion standard solution ความเข้มข้น 900 mg/kg ถึง 1 200 mg/kg
			Nitrate ion standard solution ความเข้มข้น 50 mg/kg ถึง 120 mg/kg
			Sulfate ion standard solution ความเข้มข้น 900 mg/kg ถึง 1 100 mg/kg
2	ความเป็นกรด-เบส	วิธีปฐมภูมิ pH (Harned cell method)	ช่วง pH 3.9900 ถึง 4.0200
			ช่วง pH 6.8500 ถึง 6.8800
			ช่วง pH 9.9900 ถึง 10.0200
		วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิ pH standard solution	Carbonate pH standard solution (pH 9.9900 ถึง 10.0200)
Equimolal phosphate pH standard solution (pH 6.8500 ถึง 6.8800)			
Phthalate pH standard solution (pH 3.9900 ถึง 4.0200)			

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
3	ธาตุใน human serum ได้แก่ Ca, Mg และ K	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Ca ความเข้มข้น 50 mg/kg ถึง 500 mg/kg -Mg ความเข้มข้น 50 mg/kg ถึง 500 mg/kg -K ความเข้มข้น 50 mg/kg ถึง 5 000 mg/kg
4	ธาตุในเครื่องสำอาง ได้แก่ Pb และ Hg	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Pb ความเข้มข้น 5 mg/kg ถึง 10 mg/kg -Hg ความเข้มข้น 0.1 mg/kg ถึง 2.0 mg/kg
5	ธาตุในเครื่องหนัง ได้แก่ Cd, Cu, Pb และ Ni	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Cd ความเข้มข้น 30 mg/kg ถึง 100 mg/kg -Cu ความเข้มข้น 30 mg/kg ถึง 100 mg/kg -Pb ความเข้มข้น 30 mg/kg ถึง 100 mg/kg -Ni ความเข้มข้น 30 mg/kg ถึง 100 mg/kg
6	ธาตุในเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ได้แก่ Mg	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Mg ความเข้มข้น 0.5 mg/kg ถึง 10 mg/kg
7	ธาตุในน้ำดื่มและน้ำทั่วไปที่ไม่ใช่ น้ำเสีย ได้แก่ Ca, Cd, Cr, Pb, Ni, Sr และ Zn	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Ca ความเข้มข้น 1 mg/kg ถึง 100 mg/kg -Cd ความเข้มข้น 0.001 mg/kg ถึง 1 mg/kg -Cr ความเข้มข้น 0.002 mg/kg ถึง 0.02 mg/kg -Pb ความเข้มข้น 0.001 mg/kg ถึง 20 mg/kg -Ni ความเข้มข้น 0.001 mg/kg ถึง 0.5 mg/kg -Sr ความเข้มข้น 0.001 mg/kg ถึง 1 mg/kg -Zn ความเข้มข้น 0.5 mg/kg ถึง 10 mg/kg
8	ธาตุในผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม แอลกอฮอล์ และ แก๊ซฮอลล์ ได้แก่ Cu	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Cu ความเข้มข้น 0.05 mg/kg ถึง 1.0 mg/kg
9	ธาตุในพอลิเมอร์และพลาสติก ได้แก่ Cd, Cr และ Pb	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Cd ความเข้มข้น 1 mg/kg ถึง 100 mg/kg -Cr ความเข้มข้น 25 mg/kg ถึง 500 mg/kg -Pb ความเข้มข้น 1 mg/kg ถึง 1 000 mg/kg
10	ธาตุจากวัสดุพฤกษศาสตร์ (botanical material) ในพืชและสมุนไพร ได้แก่ Ca, Cd, Pb และ Zn	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Ca ความเข้มข้น 5 mg/kg ถึง 50 mg/kg -Cd ความเข้มข้น 0.1 mg/kg ถึง 20 mg/kg -Pb ความเข้มข้น 0.1 mg/kg ถึง 10 mg/kg -Zn ความเข้มข้น 10 mg/kg ถึง 100 mg/kg
11	ธาตุองค์ประกอบทางโภชนาการในซีเรียลและผลิตภัณฑ์ซีเรียล ได้แก่ Ca, Cd, Cu, Mg และ Zn	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Ca ความเข้มข้น 1 000 mg/kg ถึง 30 000 mg/kg -Cd ความเข้มข้น 0.01 mg/kg ถึง 1.0 mg/kg -Cu ความเข้มข้น 5 mg/kg ถึง 100 mg/kg -Mg ความเข้มข้น 10 mg/kg ถึง 3 000 mg/kg -Zn ความเข้มข้น 10 mg/kg ถึง 80 mg/kg

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
12	สารปนเปื้อนประเภทธาตุในเนื้อสัตว์ ได้แก่ Pb และ Zn	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Pb ความเข้มข้น 0.01 mg/kg ถึง 0.3 mg/kg -Zn ความเข้มข้น 10 mg/kg ถึง 500 mg/kg
13	สารปนเปื้อนประเภทธาตุในผลิตภัณฑ์ที่มีนมเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Cu, K และ Zn	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Cu ความเข้มข้น 0.5 mg/kg ถึง 100 mg/kg -K ความเข้มข้น 1 000 mg/kg ถึง 20 000 mg/kg -Zn ความเข้มข้น 1 mg/kg ถึง 100 mg/kg
14	สารปนเปื้อนประเภทธาตุในอาหารทะเล ได้แก่ Fe และ Zn	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Fe ความเข้มข้น 50 mg/kg ถึง 500 mg/kg -Zn ความเข้มข้น 10 mg/kg ถึง 100 mg/kg
15	สารปนเปื้อนประเภทธาตุในอาหารเสริม ได้แก่ Zn	วิธีปฐมภูมิด้วยเทคนิคไอโซโทปไดลูชันแมสสเปกโตรเมตรี	-Zn ความเข้มข้น 1 000 mg/kg ถึง 20 000 mg/kg
16	ธาตุองค์ประกอบทางโภชนาการในซีเรียลและผลิตภัณฑ์ซีเรียล ได้แก่ Inorganic As (AsIII+AsV)	วิธี Ext HPLC-ICP-MS	ความเข้มข้น 0.1 mg/kg ถึง 1.0 mg/kg
17	ธาตุในเครื่องสำอาง ได้แก่ As	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	As ความเข้มข้น 1.0 mg/kg ถึง 10.0 mg/kg
18	ธาตุในเครื่องหนัง ได้แก่ As	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	As ความเข้มข้น 30 mg/kg ถึง 100 mg/kg
19	ธาตุในน้ำดื่มและน้ำทั่วไปที่ไม่ใช้น้ำเสีย ได้แก่ As	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	0.005 mg/kg ถึง 10 mg/kg
20	ธาตุในพอลิเมอร์และพลาสติก ได้แก่ As	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	10 mg/kg ถึง 100 mg/kg
21	ธาตุจากวัสดุพิษศาสตร์ในพืชและสมุนไพร ได้แก่ As	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	0.5 mg/kg ถึง 100 mg/kg
22	ธาตุองค์ประกอบทางโภชนาการในซีเรียลและผลิตภัณฑ์ซีเรียล ได้แก่ As และ Cd	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	As ความเข้มข้น 0.05 mg/kg ถึง 1.00 mg/kg Cd ความเข้มข้น 0.1 mg/kg ถึง 0.5 mg/kg
23	สารปนเปื้อนประเภทธาตุในเนื้อสัตว์ ได้แก่ As, Co และ Mn	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	-As ความเข้มข้น 0.01 mg/kg ถึง 100 mg/kg -Co ความเข้มข้น 0.01 mg/kg ถึง 0.3 mg/kg -Mn ความเข้มข้น 0.1 mg/kg ถึง 10 mg/kg

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
24	สารปนเปื้อนประเภทธาตุในผลิตภัณฑ์ที่มีนมเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Ca, Fe และ Se	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	-Ca ความเข้มข้น 1 000 mg/kg ถึง 20 000 mg/kg -Fe ความเข้มข้น 1 mg/kg ถึง 200 mg/kg -Se ความเข้มข้น 0.3 mg/kg ถึง 100 mg/kg
25	สารปนเปื้อนประเภทธาตุในอาหารทะเล ได้แก่ As	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	10 mg/kg ถึง 100 mg/kg
26	สารปนเปื้อนประเภทธาตุในอาหารเสริม ได้แก่ Mn	วิธี GSA-ICPMS/ICPOES	Mn ความเข้มข้น 1 000 mg/kg ถึง 10 000 mg/kg

ตารางที่ 6.3 มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์ก๊าซ

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	โอโซน (อากาศ)	เครื่องมาตรฐานปฐมภูมิ NIST Standard Reference Photometer หมายเลข 68	0 nmol/mol ถึง 1 000 nmol/mol
2	ไอน้ำ (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	10 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 500 $\mu\text{mol/mol}$
3	ก๊าซผสมคาร์บอนไดออกไซด์ (อากาศ/ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	0.1 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 500 000 $\mu\text{mol/mol}$
4	ก๊าซผสมคาร์บอนมอนอกไซด์ (อากาศ/ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	0.1 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 500 000 $\mu\text{mol/mol}$
5	ก๊าซผสมซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	10 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 5 000 $\mu\text{mol/mol}$
6	ก๊าซผสมซีวฟลูเรน (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	5 000 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 20 000 $\mu\text{mol/mol}$
7	ก๊าซผสมมีเทน (อากาศ/ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	0.1 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 500 000 $\mu\text{mol/mol}$
8	ก๊าซผสมออกซิเจน (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	0.1 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 1 000 000 $\mu\text{mol/mol}$
9	ก๊าซผสมเอทานอล (อากาศ/ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	50 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 300 $\mu\text{mol/mol}$
10	ก๊าซผสมแอมโมเนีย (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	20 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 100 $\mu\text{mol/mol}$
11	ก๊าซผสมโพรเพน (อากาศ/ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	10 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 500 000 $\mu\text{mol/mol}$
12	ก๊าซผสมไนโตรเจนไดออกไซด์ (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	10 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 5 000 $\mu\text{mol/mol}$
13	ก๊าซผสมไนโตรเจนมอนอกไซด์ (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	10 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 5 000 $\mu\text{mol/mol}$
14	ก๊าซผสมไนตรัสออกไซด์ (อากาศ/ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	100 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 500 000 $\mu\text{mol/mol}$
15	ก๊าซผสมไอโซบิวเทน (อากาศ)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	1 000 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 10 000 $\mu\text{mol/mol}$
16	ก๊าซผสมไอโซบิวทิลีน (อากาศ)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	100 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 500 $\mu\text{mol/mol}$
17	ก๊าซผสมไอโซฟลูเรน (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแกรวิเมตริก	5 000 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 20 000 $\mu\text{mol/mol}$

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
18	ก๊าซผสมไฮโดรเจน (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแก๊วเมตริก	100 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 20 000 $\mu\text{mol/mol}$
19	ก๊าซผสมไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ไนโตรเจน)	วัสดุอ้างอิงปฐมภูมิที่เตรียม ด้วยระบบแก๊วเมตริก	20 $\mu\text{mol/mol}$ ถึง 100 $\mu\text{mol/mol}$

ตารางที่ 6.4 มาตรฐานการวัดอ้างอิงสาขาการวิเคราะห์ชีวภาพ

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรอง GMOs event GT73/RT73	1.8 % cp/cp ถึง 2.1 % cp/cp
2	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรอง GMOs event DP-Ø73496	0.1 % cp/cp ถึง 100 % cp/cp
3	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรอง GMOs line 55-1	0.48 % cp/cp ถึง 0.67 % cp/cp
4	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรองดีเอ็นเอเนื้อหมูในเนื้อวัวแบบปฏิกิริยาเดี่ยว (pork in beef DNA by singleplex)	0.1 % cp/cp ถึง 100 % cp/cp
5	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรองดีเอ็นเอเนื้อหมูในเนื้อวัวแบบปฏิกิริยาคู่ (pork in beef DNA by duplex)	0.1 % cp/cp ถึง 100 % cp/cp
6	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรองดีเอ็นเอเนื้อหมูในลูกชิ้นเนื้อ (pork DNA in meatball)	0.1 % cp/cp ถึง 100 % cp/cp
7	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรองไบโอมาร์กเกอร์ BRAF (BRAF biomarker)	6.7 % cp/cp ถึง 9.9 % cp/cp
8	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรองดีเอ็นเอเนื้อวัว (beef DNA)	81 750 cp/ μ L ถึง 103 550 cp/ μ L
9	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรอง GMOs event roundup ready (40-23-2)	175.8 cp/ μ L ถึง 111.4 cp/ μ L
10	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรองดีเอ็นเอถั่ว (peanut DNA)	3.0 cp/ μ L ถึง 9.2 cp/ μ L
11	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรอง EGFR exon 19 - The copy number of EGFR (MT) - The copy number of EGFR (WT) - The fractional ratio	5.29 cp/ μ L ถึง 10 000 cp/ μ L 5.87 cp/ μ L ถึง 10 000 cp/ μ L 0.08 % cp/cp ถึง 100 % cp/cp
12	สารพันธุกรรม	วัสดุอ้างอิงรับรอง HIV-1	145 cp/ μ L ถึง 757 cp/ μ L
13	MON810 plasmid DNA	วัสดุอ้างอิงรับรองพลาสมิด MON810 (plasmid MON810)	1.04 % cp/cp
14	Pork DNA solution	วัสดุอ้างอิงรับรองสารละลายดีเอ็นเอเนื้อหมู (pork DNA solution)	1.2×10^5 cp/ μ L
15	Beef DNA solution	วัสดุอ้างอิงรับรองสารละลายดีเอ็นเอเนื้อวัว (beef DNA solution)	1.0×10^5 cp/ μ L
16	Roundup ready plasmid DNA	วัสดุอ้างอิงรับรองพลาสมิด Roundup ready (roundup ready plasmid DNA)	1.09 % cp/cp

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
17	Bt63-Rice Plasmid DNA	วัสดุอ้างอิงรับรองพลาสมิดข้าว Bt63 (Bt63-Rice plasmid DNA)	2.3×10^4 cp/ μ L
18	papaya line 55-1 plasmid DNA	วัสดุอ้างอิงรับรองพลาสมิดมะละกอ line 55-1 (papaya line 55-1 plasmid DNA)	8.8×10^5 cp/ μ L
19	ASFV in tissue homogenate	วัสดุอ้างอิงรับรองไวรัสไข้หวัดหมูแอฟริกัน (ASFV in tissue homogenate)	358 cp/ μ L ถึง 128 cp/ μ L
20	Set of ASFV in tissue homogenate	ชุดวัสดุอ้างอิงรับรองไวรัสไข้หวัดหมูแอฟริกัน (Set of ASFV in tissue homogenate)	5 cp/ μ L ถึง 1 500 cp/ μ L
21	LLrice62 Rice-Plasmid DNA	วัสดุอ้างอิงรับรองพลาสมิดข้าว LLrice62 (LLrice62 rice-plasmid DNA)	1.2×10^5 cp/ μ L
22	MON89788 plasmid DNA	วัสดุอ้างอิงรับรองพลาสมิด MON89788 (MON89788 plasmid DNA)	2.5×10^5 cp/ μ L
23	Goat DNA Solution	วัสดุอ้างอิงรับรองสารละลายดีเอ็นเอแพะ (goat DNA solution)	8.8×10^4 cp/ μ L
24	LLrice601 Rice-Plasmid DNA	วัสดุอ้างอิงรับรองพลาสมิดข้าว LLrice601 (LLrice601 rice-plasmid DNA)	1.2×10^5 cp/ μ L
25	Curcuminoids in turmeric powder: Curcumin DMC BDMC	วัสดุอ้างอิงรับรองสารเคอร์คูมินอยด์ในผงขมิ้น - Curcumin - DMC - BDMC	30.2 mg/g 11.8 mg/g 11.6 mg/g
26	Chicken DNA Solution	วัสดุอ้างอิงรับรองสารละลายดีเอ็นเอไก่ (chicken DNA Solution)	2.5×10^5 cp/ μ L
27	Papaya Huanong1 Plasmid DNA	วัสดุอ้างอิงรับรองพลาสมิดมะละกอ Huanong 1 (papaya Huanong 1 plasmid DNA)	1.9×10^5 cp/ μ L

ตารางสัญลักษณ์ธาตุ ชื่อภาษาอังกฤษ และชื่อภาษาไทย

สัญลักษณ์ธาตุ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
As	Arsenic	สารหนู, อาร์เซนิก
ASFV	African swine fever virus	ไวรัสโรคอหิวาต์แอฟริกาในสุกร
BDMC	bisdemethoxycurcumin	บิสดีเมท็อกซีเคอร์คิวมิน
Ca	Calcium	แคลเซียม
Cd	cadmium	แคดเมียม
Co	Cobalt	โคบอลต์
Cp/cp	Copy per copy	-
Cr	Chromium	โครเมียม
Cu	Copper	ทองแดง
DMC	demethoxycurcumin	ดีเมท็อกซีเคอร์คิวมิน
DNA	Deoxyribonucleic acid	กรดดีออกซีไรโบนิวคลีอิก
EGFR (MT)	เป็นรหัสทางพันธุกรรมของยีนส์	ไม่มี
EGFR (WT)	เป็นรหัสทางพันธุกรรมของยีนส์	ไม่มี
EGFR exon 19	เป็นรหัสทางพันธุกรรมของยีนส์	ไม่มี
Ext HPLC-ICP-MS	External High performance Inductively Couple Plasma Mass Spectrometry	เอ็กเทิร์นอล ไฮเปอร์ฟอร์แมน อินดักทีฟ คัปเปิ้ล พลาสมา แมสสเปกโตรเมทรี
Fe	Iron	เหล็ก
GMOs	Genetically Modified Organisms	สิ่งมีชีวิตดัดแปรพันธุกรรม
GSA-ICPMS/ICP-OES	Gravimetric Standard Addition Inductively Couple Plasma Mass Spectrometry / Inductively Couple Plasma - Optical Emission Spectrometer	แกรวิเมตริก สแตนดาร์ด แอดดิชันอินดักทีฟ คัปเปิ้ล พลาสมา แมสสเปกโตรเมทรี / อินดักทีฟ คัปเปิ้ล พลาสมา ออพติคัล อีมิสชัน สเปกโตรมิเตอร์
Hg	Mercury	ปรอท
ID-GC-MS	Isotope Dilution Gas Chromatography Mass Spectrometry	ไอโซโทปไดลูชันแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมทรี
ID-LC-MS/MS	Isotope Dilution Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry	ไอโซโทปไดลูชันลิกวิดโครมาโทกราฟีแทนเด็ม-แมสสเปกโตรเมทรี
K	Potassium	โพแทสเซียม
Mg	Magnesium	แมกนีเซียม
Mn	Manganese	แมงกานีส
Ni	Nickel	นิกเกิล

ตารางสัญลักษณ์ธาตุ ชื่อภาษาอังกฤษ และชื่อภาษาไทย (ต่อ)

สัญลักษณ์ธาตุ	ชื่อภาษาอังกฤษ	ชื่อภาษาไทย
Pb	Lead	ตะกั่ว
Se	Selenium	ซีลีเนียม
Sr	Strontium	สตรอนเชียม
Zn	Zinc	สังกะสี

ตารางที่ 7 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยาไฟฟ้า สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	ความถี่	นาฬิกาอะตอมธาตุซีเซียม โดยที่ความถี่ไฮเปอร์ไฟน์ของซีเซียม-133 (caesium hyperfine frequency) $\Delta\nu_{Cs} = 9\ 192\ 631\ 770\ \text{Hz}$	1 Hz ถึง 255 MHz หรือ 100 ns ถึง 10000 s
2	เวลา	เวลามาตรฐานประเทศไทย UTC(NIMT)	
3	แรงดันไฟฟ้า กระแสตรง	แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐานจาก รอยต่อโจเซฟสัน โดยที่ค่า $2e/h = 483\ 597.848\ 416\ 984\ \text{GHz/V}$	0 V ถึง 10 V
4	ความต้านทานไฟฟ้า กระแสตรง	ความต้านทานไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐาน จากปรากฏการณ์ฮอลล์เชิงควอนตัม โดย ที่ค่า $h/e^2 = 25\ 812.807\ 459\ 3045\ \text{W}$	12 906.403 729 652 25 W
5	ความต้านทานไฟฟ้า กระแสสลับ	ตัวต้านทานไฟฟ้ากระแสสลับแบบคำนวณ ค่าได้	100 Ω , 1 k Ω , 10 k Ω และ 12.906 k Ω ที่ความถี่ 0 Hz ถึง 10 kHz
6	กระแสไฟฟ้า กระแสตรง	แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ามาตรฐานและ ตัวต้านทานไฟฟ้ามาตรฐาน	
7	ความจุไฟฟ้า	ตัวเก็บประจุไฟฟ้ามาตรฐานชนิด Fused-silica	1 pF, 10 pF และ 100 pF ที่ความถี่ 1 kHz และ 1.592 kHz
8	ความเหนี่ยวนำ ไฟฟ้า	ชุดตัวเหนี่ยวนำไฟฟ้ามาตรฐาน	100 μH , 1 mH, 10 mH, 100 mH, 1H และ 10 H ที่ความถี่ 0.1 kHz และ 1 kHz
9	แรงดันไฟฟ้า กระแสสลับ	AC-DC Transfer Standard และ Thermal Voltage Converter พร้อมชุดตัวต้านทาน (range resistor)	2 mV ถึง 20 V ที่ความถี่ 10 Hz ถึง 1 MHz 30 V ถึง 1000 V ที่ความถี่ 10 Hz ถึง 100 kHz
10	กระแสไฟฟ้า กระแสสลับ	AC-DC Transfer Standard และ Thermal Current Converter พร้อมชุดตัวต้านทานกระแสสลับ (AC current shunt)	10 mA ถึง 100 A ที่ความถี่ 10 Hz ถึง 100 kHz
11	Voltage harmonics	Harmonic reference standard	10 V ถึง 1008 V ความถี่มูลฐาน 45 Hz ถึง 65 Hz Harmonic amplitude 0.1 % ถึง 20 % ของความถี่มูลฐาน ความถี่ Harmonic 0 Hz ถึง 6 kHz Harmonic Order ถึงลำดับที่ 99

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
12	Current harmonics	Harmonic reference standard	กระแสไฟฟ้ารวมแบบค่าเฉลี่ยกำลังสอง 0.1 A ถึง 21 A ความถี่มูลฐาน 45 Hz ถึง 65 Hz Harmonic amplitude 0.1 % ถึง 20 % ของความถี่มูลฐาน ความถี่ Harmonic 0 Hz ถึง 6 kHz Harmonic Order ถึงลำดับที่ 99
13	มุมเฟส (phase angle)	มาตรฐานเฟส (phase standard)	0.000 degree ถึง 360.000 degree หรือ -180.000 degree ถึง +180.000 degree
14	Apparent charge	ระบบสอบเทียบ partial discharge (partial discharge calibration system)	± 1 pC ถึง ± 1000 pC
15	แรงดันไฟฟ้า	Thermal voltage converter	1 V ที่ความถี่ 30 MHz ถึง 100 MHz
16	กำลัง	Radio Frequency power calorimeter	1 mW ที่ความถี่ 10 MHz ถึง 18 GHz
17	การลดทอน (attenuation)	ระบบสอบเทียบการลดทอนย่านความถี่วิทยุ (Radio Frequency attenuation calibration system)	10 dB ถึง 60 dB ด้วยอัตรา 10 dB หรือ 1 dB ที่ความถี่ 10 MHz ถึง 18 GHz
18	ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก (magnetic flux density)	Nuclear Magnetic Resonance Magnetometer	30 mT ถึง 2400 mT
19	กำลัง	Laser calorimeter	10 μ W ถึง 10 mW
20	กำลัง	มิเตอร์กำลังเลเซอร์ชนิด thermopile (thermopile laser power meter)	100 mW ถึง 10 W
21	พลังงาน	มิเตอร์พลังงานเลเซอร์ชนิด pyroelectric (pyroelectric laser energy meter)	1 mJ ถึง 100 mJ
22	อัตราเร็ว	เครื่องกำเนิดอัตราเร็วมาตรฐาน (reference speed generator)	0 km/h ถึง 120 km/h

ตารางที่ 8 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยามิติ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	ความยาวคลื่นในสุญญากาศ	อุปกรณ์กำเนิดแสงเลเซอร์จากแก๊สฮีเลียม-นีออน และควบคุมเสถียรภาพของความยาวคลื่นด้วยแก๊สไอโอดีน (iodine stabilized helium neon laser)	633 nm
2	ความยาว	เครื่องวัดความยาวมาตรฐานด้วยหลักการอินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ (gauge block interferometer)	0.1 mm ถึง 100 mm
3	ระยะห่างของเส้น	เครื่องวัดระยะห่างของเส้นด้วยหลักการอินเตอร์เฟอโรมิเตอร์ (line scale interferometer)	0 mm ถึง 1000 mm
4	เส้นผ่านศูนย์กลาง	เครื่องวัดความยาวอเนกประสงค์ (universal length measuring machine)	0 mm ถึง 300 mm
5	ขนาด	เครื่องวัดขนาดด้วยระบบพิกัด (coordinate measuring machine)	1000 × 1200 × 700 mm, กว้าง × ยาว × สูง
6	ความราบ	เครื่องวัดความราบมาตรฐาน (flatness interferometer)	เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน 0 mm ถึง 300 mm ความราบ 0 nm ถึง 63 nm
7	ความกลม	เครื่องวัดความกลมมาตรฐานที่ทำงานร่วมกับแท่นหมุนความเที่ยง (high-precision roundness measuring instrument with high-precision rotary stage)	เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน 0 mm ถึง 300 mm ความกลม 0 μm ถึง 12 μm
8	ความตรง	เครื่องวัดความตรง (straightness measuring machine) และแท่งความตรง (straightedge)	3 m
10	รัศมีความโค้ง	เครื่องวัดความราบมาตรฐานร่วมกับเลนส์มาตรฐาน (flatness interferometer with standard lens)	รัศมีความโค้งของชิ้นงาน 0 mm ถึง 600 mm
11	มุม	ระบบสอบเทียบมุมด้วยตัวเอง (self-calibration angle system)	360 Degree
12	ความฉาก	เครื่องวัดความฉาก (square master) และฉากมาตรฐาน (standard square)	1 m

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
13	ความเป็น ทรงกระบอก	เครื่องวัดความกลมมาตรฐาน (high-precision roundness measuring instrument)	เส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน 0 mm ถึง 300 mm ความสูงของชิ้นงาน 0 mm ถึง 500 mm
14	ความลึกของร่อง	เครื่องวัดร่องความลึกระดับนาโนเมตรแบบสัมผัส (nano measuring machine with AFM probe)	ความลึกของร่อง 0 μm ถึง 3 μm
15	ความลึกของร่อง	เครื่องวัดร่องความลึกระดับนาโนเมตรแบบไม่สัมผัส (nano measuring machine with fixed focus sensor)	ความลึกของร่อง 0 μm ถึง 3 μm

ตารางที่ 9 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยาเชิงกล สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	มวล	ตุ้มน้ำหนัก 1 กิโลกรัมต้นแบบ หมายเลข 80	1 kg
2	ความหนาแน่น	ซิลิคอนมาตรฐานสำหรับวัดความ หนาแน่น	2,329 kg m ⁻³
3	ความดัน	มาตรฐานปฏุมุมิที่ใช้สร้างความ ดันแบบชุดลูกสูบและกระบอกสูบ (piston-cylinder unit)	3.5 kPa และ 175 kPa
4	สุญญากาศ	มาตรฐานปฏุมุมิที่ใช้สร้าง สุญญากาศแบบวิธีการขยายแบบ คงที่ (static expansion method)	0.13 Pa ถึง 1.3 kPa
5	แรง	5.1 เครื่องกำเนิดแรงมาตรฐาน แบบน้ำหนักตายตัว (deadweight force standard machine)	1 N ถึง 500 kN
		5.2 เครื่องกำเนิดแรงมาตรฐาน แบบไฮดรอลิกขยายแรง (hydraulic amplification force standard machine)	100 kN ถึง 10 MN
6	แรงบิด	เครื่องกำเนิดแรงบิดมาตรฐานแบบ น้ำหนักตายตัว (deadweight torque standard machine)	0.1 N m ถึง 5 kN m
7	ความแข็ง	7.1 เครื่องวัดความแข็งร็อกเวลล์ ระดับปฏุมุมิ (Rockwell hardness standard machine)	20 HRA ถึง 95 HRA 10 HRBW ถึง 100 HRBW 20 HRC ถึง 70 HRC 29 HR30TW ถึง 82 HR30TW 42 ถึง HR30N 86 HR30N
		7.2 เครื่องวัดความแข็งวิกเกอร์ส์ ระดับปฏุมุมิ (Vickers hardness standard machine)	100 ถึง 950 สเกล HV 0.01, HV 0.02, HV 0.05, HV 0.1, HV 0.2, HV 0.3, HV 0.5, HV 1, HV 2, HV 3, HV 5, HV 10, HV 20, HV30, HV 50
		7.3 เครื่องวัดความแข็งบริเนลล์ ระดับปฏุมุมิ (Brinell hardness standard machine)	HBW 10/500 HBW 5/750 HBW10/3000

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
		7.4 ชุดสอบเทียบเครื่องทดสอบความแข็งของวัสดุยืดหยุ่น (elastomer hardness testing machine)	IRHD dead-load tester method N IRHD dead-load tester method M IRHD pocket meter type A durometer type D durometer type AO durometer type C durometer
8	ความโน้มถ่วง	มาตรฐานปฐมภูมิที่ใช้วัดค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกโดยวิธีปล่อยตกอย่างอิสระ (free-fall drop method)	9.75 m s^{-2} ถึง 9.85 m s^{-2}
9	อัตราการไหล	9.1 มาตรฐานแห่งชาติเครื่องวัดอัตราการไหลของของเหลวแบบลูกสูบ (piston prover) และมาตรฐานแห่งชาติระบบสอบเทียบอัตราการไหลของของเหลวด้วยระบบแกรวิเมตริก (liquid flow measurement by gravimetric method)	0.19 L/min ถึง 1300 L/min 0.036 kg/min ถึง 0.32 kg/min 10 mL/h ถึง 1000 mL/h 10 g/h ถึง 1000 g/h
		9.2 มาตรฐานแห่งชาติเครื่องวัดอัตราการไหลของก๊าซแบบระฆังคว่ำ (bell prover) และเครื่องวัดอัตราการไหลของแก๊สแบบลูกสูบ (mercury-sealed piston prover)	1 m ³ /h ถึง 100 m ³ /h 2 cm ³ /min ถึง 24000 cm ³ /min
		9.3 มาตรฐานแห่งชาติระบบการวัดปริมาตรของของเหลวด้วยระบบชั่ง (liquid volume measurement by gravimetric method)	1 L ถึง 200 L
		9.4 มาตรฐานแห่งชาติเครื่องวัดความเร็วเชิงเส้นของจานหมุน (rotating disc)	1 m/s ถึง 20 m/s

ตารางที่ 10 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิจังหวัดสุราษฎร์ธานี สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	อุณหภูมิจังหวัดสุราษฎร์ธานี	เซลล์จุดร่วมสามสถานะของธาตุอาร์กอน (triple point of Argon)	80.805 8 K
		เซลล์จุดร่วมสามสถานะของธาตุปรอท (triple point of mercury)	234.315 6 K
		เซลล์จุดร่วมสามสถานะของน้ำ (triple point of water)	273.16 K
		เซลล์จุดหลอมเหลวของธาตุแกลเลียม (melting point of gallium)	302.914 6 K
		เซลล์จุดเยือกแข็งของธาตุอินเดียม (freezing point of indium)	429.748 5 K
		เซลล์จุดเยือกแข็งของธาตุดีบุก (freezing point of tin)	505.078 K
		เซลล์จุดเยือกแข็งของธาตุสังกะสี (freezing point of zinc)	692.677 K
		เซลล์จุดเยือกแข็งของธาตุอะลูมิเนียม (freezing point of aluminium)	933.473 K
		เซลล์จุดเยือกแข็งของธาตุเงิน (freezing point of silver)	1 234.93 K
		เซลล์จุดเยือกแข็งของธาตุทองแดง (freezing point of copper)	1 357.77 K
การวัดการตอบสนองเชิงสเปกตรัมสัมพัทธ์ (relative spectral responsivity)	1 357.77 K ถึง 2 773 K		
2	สภาพนำความร้อน (thermal conductivity)	Guarded hot plate method	น้อยกว่า 2 W/(m·K)
3	ความเปล่งรังสีเชิงสเปกตรัม (spectral emittance)	วิธีการวัดเปรียบเทียบกับมาตรฐานด้วยการใช้ Fourier-Transform infrared spectrometer	น้อยกว่า 1 (ความยาวคลื่น 1.5 μm ถึง 2.5 μm)

ตารางที่ 11 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดทำ และเก็บรักษา โดยกลุ่มงานเสียงและสั่นสะเทือน สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	ความดันและความถี่	ระบบสอบเทียบระดับปฐมภูมิ สำหรับการวัดระดับการตอบสนองของความดันของไมโครโฟนมาตรฐานห้องปฏิบัติการ (<i>laboratory standard</i>) โดยใช้วิธี Reciprocity	ความถี่ 2 Hz ถึง 20 000 Hz
2	แรงดันไฟฟ้าและความถี่	ระบบสอบเทียบระดับปฐมภูมิ สำหรับการวัดกำลังคลื่นเหนือเสียง (คลื่นเสียงความถี่สูง) ของทรานสดิวเซอร์ โดยใช้วิธี Radiation Force Balance	ความถี่ 1.0 MHz ถึง 5.0 MHz กำลังคลื่น 0.5 W ถึง 10.0 W
3	ความเร่งและความถี่	3.1 ระบบสอบเทียบระดับปฐมภูมิ สำหรับการวัดการตอบสนองของประจุของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) โดยใช้วิธี Laser interferometry	ความถี่ 0.1 Hz ถึง 20 000 Hz
		3.2 ระบบสอบเทียบระดับปฐมภูมิ สำหรับการวัดการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง โดยใช้วิธี Laser interferometry	ความถี่ 0.1 Hz ถึง 20 000 Hz
4	ความเร่งและระยะเวลาของแรงกระทบ	4.1 ระบบสอบเทียบระดับปฐมภูมิ สำหรับการวัดการตอบสนองของประจุของสัญญาณกระแทก (shock) ของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง (shock sensor) โดยใช้วิธี Laser interferometry	ความเร่ง 5 g ถึง 10 000 g
		4.2 ระบบสอบเทียบระดับปฐมภูมิ สำหรับการวัดการตอบสนองของแรงดันไฟฟ้าของสัญญาณกระแทกของเซ็นเซอร์วัดความเร่ง โดยใช้วิธี Laser interferometry	ความเร่ง 5 g ถึง 10 000 g

ตารางที่ 12 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดหาและเก็บรักษา โดยสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ตามที่ได้รับมอบหมายจากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติให้เป็นตัวแทนในกิจกรรมด้านมาตรวิทยาในระดับระหว่างประเทศเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	Radiation Protection: Air Kerma (rate) (Cs-137 และ Co-60)	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Graphite Cavity Chamber	6.00×10^{-6} Gy/s ถึง 8.00×10^{-6} Gy/s
2	Radiation Protection: Ambient dose equivalent (rate) (Cs-137 และ Co-60)	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Graphite Cavity Chamber	7.26×10^{-6} Sv/s ถึง 9.68×10^{-6} Sv/s
3	Radiation Protection: Personal dose equivalent (Cs-137 และ Co-60)	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Graphite Cavity Chamber	7.26×10^{-6} Sv ถึง 2.00 Sv
4	Radiation Protection: Air Kerma (rate) (x-ray, (40 - 150 kV))	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Free Air Ionization Chamber	1.00×10^{-6} Gy/s ถึง 1.00×10^{-2} Gy/s
5	Radiation Protection: Ambient dose equivalent (rate) (x-ray, (40 - 150 kV))	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Free Air Ionization Chamber	2.00×10^{-6} Sv/s ถึง 2.00×10^{-2} Sv/s
6	Radiation Protection: Personal dose equivalent (x-ray, (40 - 150 kV))	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Free Air Ionization Chamber	2.00×10^{-6} Sv ถึง 2.00 Sv
7	Radiation Diagnostic: Air Kerma rate of CCRI low energy x-ray (10-50 kV)	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Free Air Ionization Chamber	1.00×10^{-6} Gy/s ถึง 1.00×10^{-1} Gy/s
8	Radiation Diagnostic: Air Kerma rate of mammography x-ray (23- 50 kV), W anode	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Free Air Ionization Chamber	1.00×10^{-6} Gy/s ถึง 1.00×10^{-1} Gy/s
9	Radiation Diagnostic: Air Kerma rate of RQR diagnostic x-ray (40-150 kV), W anode	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Free Air Ionization Chamber	1.00×10^{-6} Gy/s ถึง 1.00×10^{-2} Gy/s
10	Radiation Diagnostic: Air Kerma rate of RQA diagnostic x-ray (40-150 kV), W anode	หัววัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Free Air Ionization Chamber	1.00×10^{-6} Gy/s ถึง 1.00×10^{-3} Gy/s

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
11	Radiation Diagnostic: Air Kerma rate of RQT diagnostic x-ray (100 ถึง 150 kV), W anode	ห้วงวัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Free Air Ionization Chamber	1.00×10^6 Gy/s ถึง 1.00×10^{-2} Gy/s
12	Radiation Processing: Absorbed dose to water rate (Co-60)	Fricke Dosimeter	0.1 kGy ถึง 50 kGy, 0.45 Gy/s
13	Radiation Therapy: Absorbed dose to water rate (Co-60)	ห้วงวัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Graphite Calorie meter	
14	Radiation Therapy: Absorbed dose to water rate (LINAC)	ห้วงวัดรังสีมาตรฐานปฐมภูมิชนิด Graphite Calorie meter	
15	Activity per unit mass, single nuclide (solution)	$4\pi\beta\text{-}\gamma$ coincidence counting	4.00×10^4 ถึง 4.00×10^7 Bq/g
16	Surface emission rate	2π proportional counter	100 ถึง 3000 s^{-1}

ตารางที่ 13 มาตรฐานการวัดแห่งชาติ พัฒนา จัดหาและเก็บรักษา โดยสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ตามที่ได้รับมอบหมายจากสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติให้เป็นตัวแทน ในกิจกรรมด้านมาตรวิทยาในระดับระหว่างประเทศเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

ลำดับ	ปริมาณ	มาตรฐานการวัดแห่งชาติ	พิสัย
1	กรดเบนโซอิกในน้ำ เครื่องต้มที่มีน้ำเป็นส่วนผสมหลัก และเครื่องปรุงรสที่มีน้ำเป็นส่วนผสมหลัก	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	50 mg/kg ถึง 1000 mg/kg
2	โอ-เมทิลพาราเบนในน้ำ เครื่องต้มที่มีน้ำเป็นส่วนผสมหลัก และเครื่องปรุงรสที่มีน้ำเป็นส่วนผสมหลัก	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	50 mg/kg ถึง 200 mg/kg
3	เอ็น-บิวทิลพาราเบนในน้ำ เครื่องต้มที่มีน้ำเป็นส่วนผสมหลัก และเครื่องปรุงรสที่มีน้ำเป็นส่วนผสมหลัก	วิธีปฐมภูมิ ID-LC-MS/MS	50 mg/kg ถึง 200 mg/kg