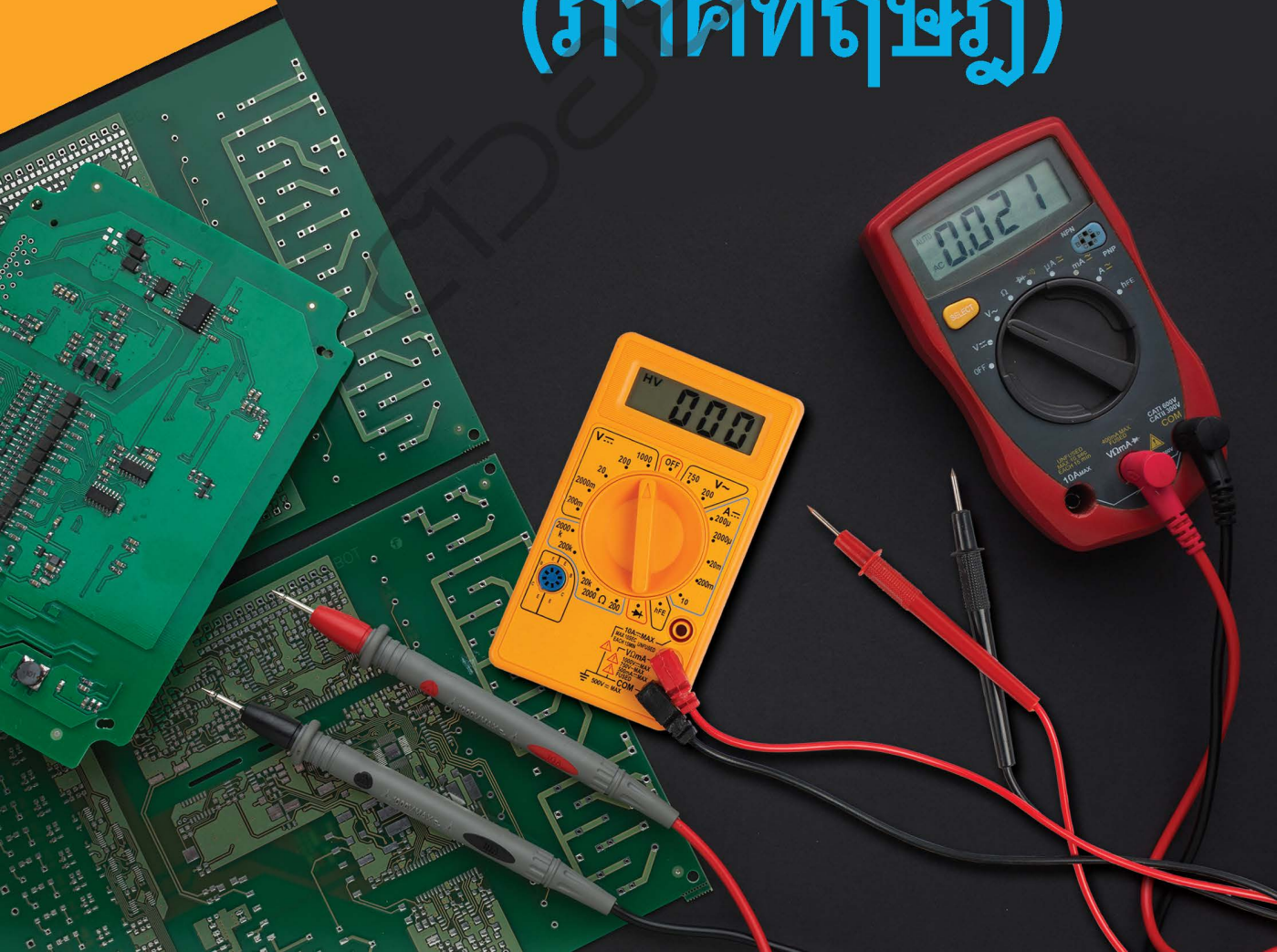


เครื่องมือวัดไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ (ภาคทฤษฎี)



เครื่องมือวัดไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ (ภาคทฤษฎี)





1 1 หน่วยมูลฐานและหน่วยสืบทอด

ในทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์จะมีหน่วยการวัดอยู่ 2 ชนิดคือ หน่วยมูลฐาน (Fundamental units) กับหน่วยสืบทอด (Derived units) โดยหน่วยมูลฐานในทางกล (Fundamental units in mechanics) คือการวัดค่าของความยาว (Length) มวล (Mass) และเวลา (Time) ส่วนขนาดของหน่วยมูลฐานอาจมีหน่วยเป็นฟุต (Foot) หรือเมตร (Meter) ปอนด์ (Pound) กิโลกรัม (Kilogram) วินาที (Second) ชั่วโมง (Hour) ซึ่งเป็นค่าหน่วยใดหน่วยหนึ่งแล้วแต่การเลือก (Selected) ให้เหมาะสมกับการวัด โดยเหตุที่ว่าค่าความยาว มวลและเวลาจะเป็นมูลฐานของปริมาณทางฟิสิกส์อื่น ๆ มากที่สุด นอกเหนือไปจากทางกลเราจึงเรียกหน่วยมูลฐานนี้ว่า “หน่วยมูลฐานปฐม” (Primary fundamental units

สำหรับการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ที่แน่นอนในด้านเกี่ยวกับความร้อน ไฟฟ้าและการส่องสว่างก็ยังคงอาศัยหลักการคล้ายคลึงกันโดยแทนด้วยหน่วยมูลฐานเช่นกัน แต่หน่วยนี้จะใช้เมื่อพูดถึงชนิดและรายละเอียดที่พิเศษโดยเฉพาะเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ดังนั้นเราจึงให้คำนิยามของหน่วยนี้ว่าเป็น “หน่วยมูลฐานเสริม” (Auxiliary fundamental units ส่วนหน่วยอื่นทั้งหมดที่สามารถแสดงในเทอมของหน่วยมูลฐานเราเรียกว่า “หน่วยสืบทอด”

หน่วยสืบทอดทุก ๆ หน่วยจะเริ่มต้นจากกฎทางฟิสิกส์ที่ให้นิยามหน่วยนั้น เช่น พื้นที่ (A) ของรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าคือความยาว (l) x ความกว้าง (b) หรือ ($A = l \cdot b$) ถ้ากำหนดให้ความยาว ความกว้างมีหน่วยเป็นเมตร เช่น ยาว 4 เมตร กว้าง 3 เมตร จะได้พื้นที่ (A) = $4 \times 3 = 12$ ตารางเมตร หน่วยสืบทอดของพื้นที่ก็คือหน่วยตารางเมตร (m^2)

โดยปกติเราจะรู้จักหน่วยสืบทอดอยู่ในรูปมิติ (Dimensions) ของมันซึ่งเป็นนิยามของสูตรพีชคณิตสำเร็จรูปสำหรับหน่วยสืบทอดนั้น สัญลักษณ์ทางมิติสำหรับหน่วยมูลฐานของความยาว มวล และเวลา คือ L, M และ T ตามลำดับสัญลักษณ์ทางมิติของหน่วยสืบทอดของพื้นที่ (Area) คือ L^2 และ L^3 คือปริมาตร (Volume) และของแรง (Force) คือ LMT^{-2} (ซึ่งเป็นไปตามสมการของแรงที่นิยามไว้แล้ว) ค่าทางมิติของหน่วยสืบทอดนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการเปลี่ยนหน่วยจากระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่ง

เพื่อความสะดวกและเหมาะสม บางครั้งเราจะให้ชื่อหน่วยสืบทอดเป็นชื่อใหม่ เช่น หน่วยสืบทอดของแรง คือ กิโลกรัม-เมตร/วินาที² ($\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$) แต่ในระบบ SI จะเรียกหน่วยสืบทอดของแรงนี้ว่า “นิวตัน” (N) แทน

1.2 ระบบของหน่วยการวัด

ในปี ค.ศ. 1790 รัฐบาลฝรั่งเศสได้สนับสนุนให้มีการศึกษาและเสนอความเห็นเกี่ยวกับระบบเดี่ยว (Single system) ของน้ำหนัก (Weights) และการวัดเพื่อให้แทนระบบอื่นทั้งหมดที่เป็นอยู่ให้เป็นมาตรฐานและยอมรับทั่วกัน โดยมีหลักพิจารณาอยู่ 3 ข้อด้วยกันคือ

1. ระบบสากล (Universal system) ของน้ำหนักและการวัดไม่ควรขึ้นอยู่กับการวัดที่ man-made reference standards แต่ควรขึ้นกับ Permanent measures ที่ได้โดยธรรมชาติ
2. หน่วยอื่นทั้งหมดควรจะสืบทอดมาจากหน่วยมูลฐานทั้งสามของความยาว มวลและเวลา (คือกำหนดเป็นหน่วยเมตร กรัมและวินาทีตามลำดับ)
3. ผลคูณของหน่วยพื้นฐาน (Basic units) ให้อยู่ในรูปเลขยกกำลังระบบฐานสิบ (Decimal system) ซึ่งยังใช้กันอยู่ในทุกวันนี้ (ตารางที่ 1.1)

ตารางที่ 1.1 แสดงชื่อ สัญลักษณ์ และตัวคูณของหน่วยพื้นฐาน

ชื่อ	สัญลักษณ์	ตัวคูณ
เอกซะ (exa)	E	10^{18}
เพตะ (peta)	P	10^{15}
เทระ (tera)	T	10^{12}
จิกะ (giga)	G	10^9
เมกะ (mega)	M	10^6
กิโล (kilo)	k	10^3
เฮกโต (hecto)	h	10^2
เดคา (deca)	da	10
เดซี (deci)	d	10^{-1}
เซนติ (centi)	c	10^{-2}
มิลลิ (milli)	m	10^{-3}
ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}
นาโน (nano)	n	10^{-9}
พิโก (pico)	p	10^{-12}
เฟมโต (femto)	f	10^{-15}
อัตโต (atto)	a	10^{-18}

ต่อมาในปี ค.ศ. 1795 โดยความเห็นชอบของรัฐบาลฝรั่งเศสได้รับรองระบบที่ใช้อยู่ให้เป็นระบบเมตริก (Metric system) และระบบนี้ได้ถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในหลายประเทศมี 17 ประเทศลงนามทำสัญญาาระบบเมตริกเป็นระบบกฎหมาย (Legal system) ขึ้นมาและเป็นที่ยอมรับของนานาประเทศในปี ค.ศ. 1875

ถึงแม้ว่าอังกฤษและสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศหนึ่งที่ลงนามในสัญญาาระบบกฎหมายดังกล่าวด้วยก็ตาม แต่ก็ยังเป็นไปในเชิงธุรกิจมากกว่าที่ยอมรับระบบนี้มาใช้ในประเทศของตน

ในช่วงเวลาเดียวกันนี้ ทางประเทศอังกฤษก็ได้มีการพิจารณาจัดระบบหน่วยมูลฐานด้านความยาวเป็นเซนติเมตร มวลหน่วยเป็นกรัมและเวลาเป็นวินาทีเรียกระบบนี้ว่า “ระบบ CGS” (CGS-system) ซึ่งเหมาะสมกับการวัดค่าทางฟิสิกส์ แต่ถ้านำระบบ CGS นี้ไปวัดค่าทางไฟฟ้าและทางแม่เหล็ก (Magnetics) ความยุ่งยากและสับสนจะเกิดขึ้น เพราะว่าจะต้องนำหน่วยอื่นเพิ่มเข้ามาในระบบอีก เราสามารถแยกระบบ CGS ออกเป็น 2 ระบบย่อยคือ

1 ระบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic system) ระบบนี้หน่วยของประจุไฟฟ้า (Electric charge) เป็นหน่วยสืบทอดมาจากเซนติเมตร กรัมและวินาที โดยกำหนดให้ค่า Permittivity ของ Free space มีค่าเท่ากับ 1 (ตามกฎของคูลอมบ์เกี่ยวกับแรงระหว่างประจุไฟฟ้า)

2. ระบบแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic system) ระบบนี้หน่วยพื้นฐานจะเหมือนกัน และหน่วยของอำนาจขั้วแม่เหล็ก (Magnetic pole strength) เป็นหน่วยสืบทอดมาจากหน่วยพื้นฐานโดยกำหนดให้ค่า Permittivity ของ Free space มีค่าเท่ากับ 1 (ในสูตรหาค่าแรงระหว่างขั้วแม่เหล็ก)

หน่วยสืบทอดสำหรับกระแสไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้าในระบบแม่เหล็กไฟฟ้าทางปฏิบัติจะวัดออกมาเป็นหน่วยแอมแปร์ และโวลต์ตามลำดับ นอกจากหน่วยทั้งสองนี้แล้วยังมีหน่วยอื่นอีกที่ถือว่าอยู่ในชุดเดียวกัน เช่น คูลอมบ์ โอห์ม เฮนรี ฟารัด เป็นต้น แล้วทั้งหมดดังกล่าวรวมกันเข้าเป็นระบบที่สาม (Third system) เรียกว่า “ระบบทางปฏิบัติ” (Practical system)

ต่อมามีวิศวกรชาวอิตาลี (Giorgi) ซึ่งเป็นผู้บุกเบิกงานของเขาเพื่อจัดตั้งระบบสากลจริง (Truly universal system) โดยแสดงให้เห็นว่าหน่วยของกระแส แรงดัน กำลังงานและพลังงาน ที่ถูกใช้โดยวิศวกรไฟฟ้าสามารถรวมเข้าด้วยกันได้ดีกับระบบของเมตร กิโลกรัมและวินาที (MKS-system) และประมาณปี ค.ศ. 1935 ได้นำหน่วยแอมแปร์ (A) รวมเพิ่มเข้าไปกับระบบ MKS ถือเป็นหน่วยพื้นฐานตัวที่สี่ กลายเป็นระบบ MKSA (MKSA-system) หรือเรียก (Giorgi-system) หลังจากนั้นประมาณปี ค.ศ. 1954 ได้มีการพัฒนาระบบใหม่ขึ้นมาจนถึงปี ค.ศ. 1960 ได้รวมค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้วยความร้อน (Thermodynamic temperature) มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน ($^{\circ}\text{K}$) และค่าความเข้มการส่องสว่าง (Luminous intensity) หน่วยเป็นแคนเดลา (Candela; cd) เข้ากับระบบ MKSA แล้วเรียกระบบใหม่นี้ว่า “ระบบ SI” ตารางที่ 1.2 ได้แสดงปริมาณ หน่วยและสัญลักษณ์ของระบบ SI unit พื้นฐานจำนวน 6 ชนิด

ตารางที่ 1.2 แสดงหน่วย SI พื้นฐาน

ปริมาณ	หน่วย	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร	m
มวล	กิโลกรัม	kg
เวลา	วินาที	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์	A
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้วยความร้อน	เคลวิน	°K
ความเข้มการส่องสว่าง	แคนเดลา	cd

1.3 ระบบหน่วยวัดสากล

เมื่อปี ค.ศ. 1960 ได้มีการประชุมระหว่างชาติเกี่ยวกับหน่วยและการวัดขึ้นเป็นครั้งที่ 11 โดยใช้ชื่อการประชุมว่า “System International d’Unites” ใช้ชื่อย่อว่า (SI) และได้กำหนดกันในรูปแบบของระบบเมตริก ระบบ (SI) นี้ได้เป็นที่ยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก

หน่วยมูลฐานในระบบ SI แบ่งออกเป็น หน่วยมูลฐานปฐม หน่วยมูลฐานเสริม และหน่วย SI อนุพันธ์

- **หน่วยมูลฐานปฐม** (Primary fundamental unit) หน่วย SI มูลฐานปฐมเป็นหน่วยหลักเบื้องต้นมีอยู่ 6 หน่วย คือ ความยาว มวล เวลา กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิเทอร์โมไดนามิกและความเข้มการส่องสว่าง

ตารางที่ 1.3 แสดงหน่วยมูลฐานปฐมและมูลฐานเสริมในระบบ SI

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย	สัญลักษณ์หน่วย
หน่วยมูลฐานปฐม			
ความยาว	l	เมตร	m
มวล	m	กิโลกรัม	kg
เวลา	t	วินาที	s
กระแสไฟฟ้า	I	แอมแปร์	A
การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิด้วยความร้อน	T	องศาเคลวิน	°K
ความเข้มการส่องสว่าง		แคนเดลา	cd

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย	สัญลักษณ์หน่วย
หน่วยมูลฐานเสริม			
มุมระนาบ	α, β, γ	เรเดียน	rad
มุมตัน	Ω	สเตอเรเดียน	sr

- หน่วยมูลฐานเสริม (Supplementary fundamental unit) หน่วยมูลฐานเสริมของหน่วย SI มีอยู่ 2 หน่วยคือ

1. เรเดียน (Radian rad) เป็นหน่วยวัดมุมระนาบ (Plane-angle)
2. สเตอเรเดียน (Steradian sr) เป็นหน่วยวัดมุมตัน (Solid-angle)

- หน่วย SI อนุพันธ์ (Derivatives of SI unit) เป็นหน่วยผสมโดยนำหน่วยมูลฐานมาใช้ร่วมกัน เช่น ความเร็วมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) ซึ่งหน่วยเมตรและวินาทีต่างเป็นหน่วยมูลฐาน ตัวอย่างของหน่วย SI อนุพันธ์แสดงในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 แสดงตัวอย่างของหน่วย SI อนุพันธ์

ปริมาณ	หน่วย	สัญลักษณ์
พื้นที่ (Area)	ตารางเมตร	m^2
ปริมาตร (Volume)	ลูกบาศก์เมตร	m^3
ความถี่ (Frequency)	เฮิรตซ์	Hz 1/S
ความหนาแน่น (Density)	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	Kg/m^3
ความเร็ว (Velocity)	เมตรต่อวินาที	m/s
ความเร่ง (Acceleration)	เมตรต่อวินาทีกำลังสอง	m/s^2
แรง (Force)	นิวตัน	N, $Kg \cdot m/s^2$
งาน (Work)	จูล	J, N·m
กำลัง (Power)	วัตต์	W, J/S
ความต้านทานไฟฟ้า (Resistance)	โอห์ม	Ω , V/A
ความจุไฟฟ้า (Capacitance)	ฟารัด	F, $A \cdot S/V$
การส่องสว่าง (Luminance)	แคนเดลาต่อตารางเมตร	cd/m^2

ยังมีหน่วยอื่นที่ไม่ใช่หน่วย SI แต่ยอมให้ใช้ร่วมกับหน่วย SI ได้ดังตารางที่ 1.5

ตารางที่ 1.5 แสดงตัวอย่างหน่วยอื่นที่ใช้ร่วมกับหน่วย SI

หน่วย	สัญลักษณ์	ค่าในหน่วย SI
ตัน (Ton)		$1\text{ t} = 10^3\text{ kg}$
นาที (minute)	min	$1\text{ min} = 60\text{ s}$
องศา (degree)	°	$1^\circ = (\pi/180)\text{ rad}$
ลิตร (Litre)	l	$1\text{ l} = 10^{-3}\text{ m}^3$
บาร์ (Bar)	bar	$1\text{ bar} = 10^5\text{ N/m}^2$
องศาเซลเซียส (Celsius)	°C	$0^\circ\text{C} = 273.16^\circ\text{K}$

1.4 นิยามของหน่วย SI

เมตร (m) หน่วยของความยาว

ความยาว 1 เมตร คือ ความยาวที่เท่ากับ 1,650,763.73 เท่าของความยาวคลื่นในสุญญากาศของการแผ่รังสีของอะตอมธาตุแท้ ^{86}Kr (Krypton-86 atom)

กิโลกรัม (kg) หน่วยของมวล

มวล 1 กิโลกรัมเท่ากับมวลของกิโลกรัมต้นแบบนานาชาติ

วินาที (s) หน่วยของเวลา

1 วินาทีเท่ากับระยะเวลา 9,192, 631, 770 เท่าของคาบ (Period) การแผ่รังสีเนื่องจากการเคลื่อนที่ระดับไฮเปอร์ไฟน์ (Hyperfine) สองระดับที่อยู่ในชั้นกราวนด์สเตต (Ground state) ของอะตอมธาตุซีเซียม ^{133}Cs (Cesium-133 atom)

แอมแปร์ (A) หน่วยของกระแสไฟฟ้า

1 แอมแปร์ คือ ค่ากระแสคงที่ในลวดตัวนำที่มีความยาวไม่จำกัดที่วางขนานกันและห่างกัน 1 เมตร มีพื้นที่หน้าตัดเล็กมาก (ไม่ต้องนำมาคิด) ในสุญญากาศจะทำให้เกิดแรงระหว่างตัวนำทั้งสองเท่ากับ 2×10^{-7} นิวตันต่อความยาว (เมตร)

เคลวิน (K) หน่วยของอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิก

เคลวินมีค่าเท่ากับ $1/273.16$ ของจุดไตรภาค (Triple) ของน้ำ

แคนเดลา (cd) หน่วยของความเข้มการส่องสว่าง

1 แคนเดลา คือ ความเข้มการส่องสว่างในทิศทางตั้งฉากกับผิววัตถุดำที่มีพื้นที่ $1/600,000$ ตารางเมตร ที่อุณหภูมิเยือกแข็งของทองคำขาว (2046.65K) ภายใต้ความดัน $101,325$ นิวตันต่อตารางเมตร

โมล (mol) หน่วยจำนวนของสาร

1 โมล คือ จำนวนสารซึ่งประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานที่เทียบเท่ากับจำนวนอะตอม 0.012 กิโลกรัมของคาร์บอน-12

นิวตัน (N) หน่วยของแรง

แรง 1 นิวตัน คือ แรงที่กระทำต่อมวล 1 กิโลกรัม แล้วทำให้เกิดความเร่ง 1 เมตรต่อวินาที

จูล (J) หน่วยของงาน, พลังงาน (Energy)

งาน 1 จูล คือ งานที่ได้ออกแรง 1 นิวตัน กับวัตถุชิ้นหนึ่ง แล้วทำให้เคลื่อนที่ไป 1 เมตร ในทิศทางของแรง

วัตต์ (W) หน่วยของกำลัง

กำลัง 1 วัตต์ คือ งานที่ได้ในอัตรา 1 จูลต่อวินาที (J/s)

โวลต์ (V) หน่วยของความต่างศักย์และแรงเคลื่อนไฟฟ้า

ความต่างศักย์ 1 โวลต์ คือ ความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดบนสายไฟที่มีกระแสคงที่ 1 แอมแปร์และกำลังที่ใช้ระหว่างจุดทั้งสองเท่ากับ 1 วัตต์

โอห์ม (Ω) หน่วยของความต้านทานไฟฟ้า

ความต้านทาน 1 โอห์ม คือ ความต่างศักย์บนตัวนำระหว่างจุดสองจุดที่มีความต่างศักย์ 1 โวลต์ โดยมีกระแสไหลผ่านระหว่างจุดสองจุด 1 แอมแปร์ หรือหมายถึงความต้านทานของลวดปรอทที่โตเท่ากันตลอดความยาว 106.3 ซม. มีมวล 14.452 กรัมที่ 0°C

เวเบอร์ (Wb) หน่วยฟลักซ์แม่เหล็ก (Flux magnetic)

1 เวเบอร์ คือ ฟลักซ์แม่เหล็กซึ่งทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 โวลต์ ที่เชื่อมโยงวงจรหนึ่งรอบแล้วลดลงเป็นศูนย์ด้วยอัตราสม่ำเสมอในเวลา 1 วินาที

ฟารัด (Farad ; F) หน่วยของความจุไฟฟ้า

1 ฟารัด คือ ความจุไฟฟ้าของคาปาซิเตอร์ระหว่างเพลตซึ่งมีความต่างศักย์ 1 โวลต์ เมื่อวัดประจุไฟฟ้าเท่ากับ 1 คูลอมบ์

คูลอมบ์ (C) หน่วยของปริมาณไฟฟ้า

1 คูลอมบ์ คือ ปริมาณไฟฟ้าที่ไหลผ่าน 1 วินาที โดยใช้กระแส 1 แอมแปร์

เฮนรี (Henry ; H) หน่วยของการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Inductance)

1 เฮนรี คือ การเหนี่ยวนำไฟฟ้าของวงจรปิดซึ่งมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 1 โวลต์ เกิดขึ้นเมื่อกระแสไฟฟ้าในวงจรแปรผันสม่ำเสมอในอัตรา 1 แอมแปร์ต่อวินาที

1.5 หน่วยของระบบอื่น ๆ

หน่วยในระบบอังกฤษจะใช้ฟุต (Foot ; ft) ปอนด์ (Pound lb) และวินาที (s) เป็นสามหน่วยมูลฐานของความยาว มวลและเวลาตามลำดับ

นิ้ว (Inch) (มีนิยามว่า 1 ใน 12 ของฟุต) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.4 มิลลิเมตร (mm) ทำนองเดียวกัน น้ำหนัก 1 ปอนด์ มีค่าอยู่ที่ 0.45359237 กิโลกรัม (kg)

นอกจากนี้ยังมีระบบอื่นที่ใช้กันอยู่คือ ระบบ MTS (เมตร-ตัน-วินาที) เป็นระบบที่ออกแบบสำหรับงานด้านวิศวกรรมในฝรั่งเศสจำเพาะโดยได้ถอดแบบมาจากระบบ CGS ยกเว้นหน่วยของความยาวและมวล (เมตรและตันตามลำดับ) ซึ่งจะเหมาะกับงานปฏิบัติทางวิศวกรรมมากกว่า

การวัดในระบบอังกฤษยังมีใช้อยู่โดยเฉพาะในแถบเกาะอังกฤษ (Britain) และบริเวณแถบทวีปอเมริกาเหนือ (North America continent) ความสัมพันธ์ของระบบอังกฤษกับระบบ SI แสดงในตารางที่ 1.6

ตารางที่ 1.6 แสดงความสัมพันธ์ของระบบอังกฤษกับระบบ SI

ระบบอังกฤษ		สัญลักษณ์	ระบบ SI
ความยาว	1 ฟุต	ft	30.48 cm
	1 นิ้ว	in.	25.4 mm
พื้นที่	1 ตารางฟุต	ft ²	$9.29030 \times 10^2 \text{ cm}^2$
	1 ตารางนิ้ว	in. ²	$6.4516 \times 10^2 \text{ mm}^2$
ปริมาตร	1 ลูกบาศก์ฟุต	ft ³	0.0283168 m ³
มวล	1 ปอนด์	lb	0.45359237 kg
ความเข้ม	1 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุต	lb/ft ³	16.0185 kg/m ³
ความเร็ว	1 ฟุตต่อวินาที	ft/s	0.3048 m/s
แรง	1 เพานด์ล	pdl	0.138255N
งาน พลังงาน	1 ฟุต-เพานด์ล	ft-pdl	0.0421401J
กำลัง	1 แรงม้า	hp	745.7W
อุณหภูมิ	องศาฟาเรนไฮต์	°F	$5(t-32)/9^\circ\text{C}$

1.6 การเปลี่ยนหน่วย

มีบ่อยครั้งที่จำเป็นต้องเปลี่ยนหน่วย (Conversion of units) ของค่าปริมาณทางฟิสิกส์จากระบบหนึ่งไปสู่ระบบอื่น เพื่อให้ค่าของหน่วยและปริมาณที่ถูกต้อง

ตัวอย่างที่ 1.1 พื้นที่ของห้องทำงานแห่งหนึ่งมีขนาด 5,000 ตารางเมตร (m^2) ให้คำนวณหาขนาดพื้นที่ห้องนี้เป็นตารางฟุต (ft^2)

วิธีทำ จะต้องเปลี่ยนหน่วยจาก m^2 ไปเป็น ft^2
เปิดตารางที่ (1.6)

$$\begin{aligned} 1 \text{ ฟุต} &= 30.48 \text{ ซม.} \\ &= 0.3048 \text{ ม.} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ (A)} &= 5,000 \text{ ม}^2 \times \left(\frac{1 \text{ ฟุต}}{0.3048 \text{ ม.}} \right)^2 \\ &= 53,800 \text{ ตารางฟุต} \end{aligned}$$

Ans

ตัวอย่างที่ 1.2 ห้องเรียนห้องหนึ่งวัดขนาดความยาวได้ 30 ฟุต กว้าง 24 ฟุต จงหาค่าพื้นที่ห้องเรียนนี้เป็นตารางเมตร (m^2)

วิธีทำ พื้นที่ห้องเรียน = 30×24 ฟุต
= 720 ตารางฟุต
เปิดตาราง 1 เมตร = 3.28 ฟุต

เพราะฉะนั้น

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ห้องเรียน} &= 720 \text{ ตารางฟุต} \times \left(\frac{1 \text{ เมตร}}{3.28 \text{ ฟุต}} \right)^2 \\ &= 67.3 \text{ ตารางเมตร} \end{aligned}$$

Ans

ตัวอย่างที่ 1.3 กำหนดความเร็วแสงในอวกาศ (Velocity of light in free space; C) มีค่าเท่ากับ 2.997925×10^8 เมตร/วินาที จงเปลี่ยนเป็นหน่วยกิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/hr)

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{จะได้ } C &= 2.997925 \times 10^8 \frac{\text{เมตร}}{\text{วินาที}} \times \frac{1 \text{ กม.}}{10^3 \text{ ม.}} \times \frac{3.6 \times 10^3 \text{ วินาที}}{1 \text{ ชั่วโมง}} \\ &= 10.79 \times 10^8 \text{ km/hr} \end{aligned}$$

Ans

ตัวอย่างที่ 1.4 จงแปลงหน่วยของความหนาแน่นของน้ำ 62.5 lb/ft^3 เป็น

ก) lb/in^3

ข) g/cm^3

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{ก) ความหนาแน่นของน้ำ} &= \frac{62.5 \text{ lb}}{\text{ft}^3} \times \left(\frac{1 \text{ ft}^3}{12 \text{ in}} \right) \\ &= 3.62 \times 10^{-2} \text{ lb/in}^3 \\ \text{ข) ความหนาแน่นของน้ำ} &= 3.62 \times 10^{-2} \frac{\text{lb}}{\text{in}^3} \times \frac{453.6 \text{ g}}{1 \text{ lb}} \times \left(\frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} \right)^3 \\ &= 1 \text{ g/cm}^3 \end{aligned}$$

Ans

ตัวอย่างที่ 1.5 กำหนดจำกัดความเร็วของรถที่ 60 km/hr จงหาหน่วยความเร็วเป็น

ก) ไมล์ต่อชั่วโมง (mile per hour ; mi/hr)

ข) ft/s

วิธีทำ

$$\begin{aligned} \text{ก) จำกัดความเร็ว} &= \frac{60 \text{ km}}{\text{hr}} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{10^2 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \times \frac{1 \text{ in}}{2.54 \text{ cm}} \times \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \times \frac{1 \text{ mi}}{5,280 \text{ ft}} \\ &= 37.4 \text{ mi/hr} \\ \text{ข) จำกัดความเร็ว} &= \frac{37.4 \text{ mi}}{\text{hr.}} \times \frac{5,280 \text{ ft}}{1 \text{ mi}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3.6 \times 10^3 \text{ s}} = 54.9 \text{ ft/s} \end{aligned}$$

Ans



จงเปลี่ยนค่าต่อไปนี้ให้อยู่ในรูปของเลข 10 ยกกำลัง

1) เป็นหน่วยเฮิรตซ์ (Hz)

ก. 1,500 Hz

ข. 20 kHz

ค. 1,800 kHz

ง. 0.5 MHz

จ. 50 MHz

ฉ. 1.2 GHz

2) เป็นหน่วยโวลต์ (V)

ก. 24 mV

ข. 540 μ V

ค. 4.4 kV

ง. 1.2 mV

จ. 16 nV

ฉ. 0.4 mV

3) เป็นหน่วยแอมแปร์ (A)

ก. 23.5 mA

ข. 45 μ A

ค. 0.25 mA

ง. 72 nA

จ. 620 μ A

ฉ. 74.6 nA

4) เป็นหน่วยไมโครแอมป์ (μ A)

ก. 0.00036 A

ข. 0.027 A

ค. 0.25 mA

ง. 25 pA

จ. 2.5 A

ฉ. 1.275 mA

5) ผู้ชายคนหนึ่งสูง 5 ft 11 in อยากทราบว่าเขาสูงกี่เซนติเมตร

6) จุดหลอมเหลวของธาตุแมกนีเซียมอยู่ที่ 650°C จงแปลงให้เป็นหน่วย

ก. $^{\circ}\text{F}$

ข. $^{\circ}\text{K}$

7) เปลี่ยน 70 mi/hr เป็นหน่วย

ก. km/hr

ข. ft/s

กระตาคำตอบ

คำตอบ



2.1 มาตรฐานของการวัด

มาตรฐานของการวัด คือ การแทนหน่วยของการวัดให้เป็นกายภาพ (Physical) โดยอ้างอิงถึงวัสดุมาตรฐาน หรือปรากฏการณ์ธรรมชาติรวมถึงค่าคงที่ทางกายภาพและอะตอม เช่น หน่วยมูลฐานของมวลในระบบ SI เป็นกิโลกรัม (kg) จากนิยามที่ว่ามวล 1 กิโลกรัมคือ มวลของน้ำ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร (Cubic decimeter) ที่อุณหภูมิ 4°C หน่วยกิโลกรัมดังกล่าวจะถูกแทนด้วยวัสดุมาตรฐาน (Material standard) กล่าวคือหน่วยกิโลกรัมของนานาชาติจะทำจากโลหะผสมของทองคำขาว (Platinum Iridium) ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก (Cylinder) และเก็บรักษาไว้ที่สำนักงานชั่งตวงวัดสากล (International Bureau of Weight and Measures) กรุงปารีส (Paris) ทำนองเดียวกันก็ได้มีการพัฒนาหน่วยวัดอื่น ๆ ให้เป็นมาตรฐาน รวมทั้งหน่วยมูลฐานหรือหน่วยสืบทอดทางกลและทางไฟฟ้า

2.2 ระดับของมาตรฐานการวัด

มาตรฐานการวัด (Classification of Standards of measurement) โดยทั่วไป แบ่งออกได้หลายระดับตามความถูกต้องได้ดังนี้

- **มาตรฐานสากล** (International Standards) มาตรฐานนี้ได้นิยามจากการตกลงระหว่างชาติ โดยแทนหน่วยของการวัดให้ใกล้เคียงและแม่นยำ (Accuracy) ที่สุดที่เทคโนโลยีการผลิตและการวัดจะทำได้ ค่ามาตรฐานการวัดนี้จะมีการตรวจเช็คเป็นระยะ ๆ โดยเป็นการวัดสัมบูรณ์ (Absolute measurement) ในรูปของหน่วยมูลฐาน (ดูตารางที่ 1.2) มาตรฐานสากลหรือมาตรฐานระหว่างประเทศนี้ถือว่าเป็นมาตรฐานที่มีความถูกต้องสูงสุด ส่วนมาตรฐานระดับอื่น ๆ จะมีความถูกต้องรองลงมาจากลำดับ

Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) เป็นหน่วยงานสากลที่ทำหน้าที่เก็บรักษาระหว่างประเทศ เพื่อการวัดทางปริมาณที่สร้างขึ้นโดยอาศัยค่าจำกัดความหรือนิยามของหน่วยวัดรากฐาน (Base units) ในระบบหน่วยวัดสากล (SI unit) ดังกล่าวแล้ว ซึ่งประเทศต่าง ๆ ที่เป็นสมาชิกจะใช้สำหรับเปรียบเทียบ (Comparision) หรือการเปรียบเทียบ (Calibration) มาตรฐานแห่งชาติของตน

- **มาตรฐานแห่งชาติ** (National Standards) หมายถึง มาตรฐานการวัดที่มีความละเอียดถูกต้องสูงสุดในประเทศของแต่ละประเทศ ภายใต้การดูแลรักษาของหน่วยงานตามกฎหมาย และให้บริการถ่ายทอดความถูกต้องไปยังมาตรฐานชั้นรองและมาตรฐานใช้งานในประเทศของตนเองด้วย

ประเทศที่พัฒนาแล้วทางเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป็นเวลานานมากจะสามารถสร้างมาตรฐานแห่งชาติของตนเองได้ ภายใต้คำจำกัดความของ Base units ของ SI units ซึ่งมีความละเอียดถูกต้องเทียบเท่ากับมาตรฐานสากล ส่วนประเทศที่กำลังพัฒนา เนื่องจากขาดแคลนทางเทคโนโลยี กำลังคน และประสบการณ์ จะจัดทำมาตรฐานแห่งชาติของตนเองขึ้น โดยใช้มาตรฐานชั้นรองและอาศัยการถ่ายทอดความถูกต้องจากประเทศที่พัฒนาแล้ว ซึ่งเรียกว่า “การสอบย้อนกลับ”

- **มาตรฐานชั้นปฐม** (Primary Standards) เป็นมาตรฐานต้นแบบที่ใช้สำหรับอ้างอิง ซึ่งเก็บและบำรุงรักษาได้ที่ห้องปฏิบัติการมาตรฐานแห่งชาติ (National standards laboratories) ในส่วนต่าง ๆ ของโลก เช่น สถาบันมาตรฐานการวัดแห่งชาติ (The National Bureau of Standards ; NBS) ในวอชิงตันจะเก็บรักษามาตรฐานชั้นปฐมในแถบอเมริกาเหนือ มาตรฐานชั้นปฐมนี้จะแทนหน่วยมูลฐานและหน่วยสืบทอดทางกลและทางไฟฟ้า มีการปรับเทียบอย่างอิสระโดยการวัดสมบูรณ์ในห้องปฏิบัติการแห่งชาติของแต่ละที่ตัวมาตรฐานชั้นปฐมจะต้องทำขึ้นจากค่านิยามของหน่วยวัดพื้นฐานสากล (Basic units of SI) และใช้ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น หน้าที่หลักของมาตรฐานนี้คือ ไว้สำหรับตรวจสอบและเปรียบเทียบมาตรฐานชั้นรอง

- **มาตรฐานชั้นรอง** (Secondary Standards) เป็นพื้นฐานมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการการวัดในงานอุตสาหกรรม โดยเก็บรักษาไว้ในห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง โดยทั่วไปมาตรฐานชั้นรองนี้จะต้องถูกส่งไปเปรียบเทียบกับและปรับเทียบอีกครั้งหนึ่งกับมาตรฐานชั้นปฐมที่ห้องปฏิบัติการมาตรฐานแห่งชาติเมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่ง และจะกลับมาใช้ในงานอุตสาหกรรมอีกพร้อมใบรับรอง (Certification)

- **มาตรฐานใช้งาน** (Working Standards) เป็นหลักสำคัญของห้องปฏิบัติการการวัดเพื่อตรวจสอบและปรับเทียบเครื่องมือวัด (Instruments) ในห้องปฏิบัติการ สำหรับความแม่นยำ (Accuracy) หรือเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินการเปรียบเทียบการวัดในงานอุตสาหกรรม เช่น ในโรงงานผลิตตัวต้านทานค่าแน่นอนจะใช้ตัวต้านทานมาตรฐาน (มาตรฐานใช้งาน) เป็นส่วนควบคุมคุณภาพ (Quality) และทดสอบอุปกรณ์ที่ผลิตว่ายังคงอยู่ในขอบเขตจำกัด (Limit) ของความถูกต้องที่ต้องการหรือไม่

2.3 ระบบการวัดสากล

ระบบการวัดสากล (International Measurement System) แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ มาตรวิทยาเชิงพาณิชย์และมาตรวิทยาทางกายภาพ

- **มาตรวิทยาเชิงพาณิชย์** (Lecall Metrology) เป็นมาตรวิทยาประยุกต์เป็นไปตามกฎระเบียบที่กำหนดขึ้นโดยกฎหมายหรือกฎกระทรวง มาตรวิทยาเชิงพาณิชย์ของแต่ละประเทศมีขอบเขตแตกต่างกันไป มีหลักการเพื่อการป้องกันและให้เกิดความยุติธรรมทางการค้าในประเทศ

“OIML” (The organization Internationale de Metrologic Legale) เป็นองค์กรสากลที่จัดตั้งขึ้นโดยรัฐบาลต่าง ๆ ที่เป็นสมาชิก เพื่อทำหน้าที่ประสานงานด้านมาตรวิทยาเชิงพาณิชย์กับรัฐบาลที่เป็นสมาชิก และพัฒนารูปแบบของกฎระเบียบที่ใช้ในงานมาตรวิทยา สำนักงานตั้งอยู่ ณ กรุงปารีส ฝรั่งเศส องค์กรนี้จะแต่งตั้งกรรมการชุดหนึ่ง เพื่อออกข้อกำหนดปฏิบัติให้แก่ประเทศสมาชิกและประสานงานทางวิชาการกับ BIPM รวมทั้งองค์กรทางวิชาการระหว่างประเทศอื่น ๆ ด้วย เช่น International Organization for Standardization (ISO) เป็นต้น

- **มาตรวิทยาทากายภาพ** (Physical Metrology) ประเทศที่พัฒนาแล้วทุกประเทศ จะจัดตั้งระบบมาตรฐานการวัดแห่งชาติของตนเองขึ้นโดยตราเป็นกฎหมายมีผู้รับผิดชอบคือ สถาบันหรือห้องปฏิบัติการมาตรฐานแห่งชาติ ที่ทำหน้าที่รักษาและพัฒนามาตรฐานการวัดทางกายภาพ (Standards of Physical Measurement) และติดต่อเชื่อมโยงกับมาตรฐานต่างประเทศและหน่วยงานมาตรฐานสากล รวมทั้งระบบมาตรฐานการวัดของแต่ละประเทศกันได้โดยอาศัยสัญญาเมตริก (ในปี ค.ศ. 1985 มีสมาชิกจำนวน 46 ประเทศ) และนำระบบหน่วยวัดสากลมาใช้โดยให้นิยามของหน่วยวัดรากฐานไว้ 7 หน่วยคือ ระยะทาง (เมตร) น้ำหนัก (กิโลกรัม) เวลา (วินาที) กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์) อุณหภูมิ (เคลวิน) ปริมาณ (โมล) และความเข้มการส่องสว่าง (แคนเดลลา)

2.4 มาตรวิทยาในประเทศไทย

ประเทศไทยยังไม่มีกฎหมายว่าด้วยมาตรฐานการวัดเชิงวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่ปัจจุบันได้มีส่วนราชการและรัฐวิสาหกิจหลายแห่งจัดให้มีและรักษามาตรฐานการวัดขึ้นตามความจำเป็นของหน่วยงานนั้น รวมทั้งให้บริการภายนอกทั่วไป หน่วยงานเหล่านี้ได้แก่

1. กรมวิทยาศาสตร์บริการ (วศ.) รักษามาตรฐานและให้บริการสอบเทียบมาตรฐานทางด้านไฟฟ้า มวล แรง อุณหภูมิ มิติ การป้องกันเสียงสะท้อนและการสั่นสะเทือน เป็นต้น

2. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) โดยศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา ปัจจุบันได้รักษามาตรฐานและให้บริการสอบเทียบมาตรฐานทางด้านไฟฟ้า มวล แรง ความดัน มิติ อุณหภูมิ แสงสว่าง การดูดซับเสียง ปริมาตร ของไหล

3. สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ รักษามาตรฐานและให้บริการมาตรฐานด้าน Ionizing radiation

4. กรมสื่อสารทหารอากาศ สอบเทียบมาตรฐานทางด้านไฟฟ้า มวล แรง อุณหภูมิ ของไหล การสั่นสะเทือน ความดันและมิติ

5. กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ รักษามาตรฐานเวลาและให้การสอบเทียบมาตรฐานเวลา

6. กรมทะเบียนการค้า กระทรวงพาณิชย์ รักษามาตรฐานด้านมวล ความยาวและปริมาตรเพื่อมาตรวิทยาเชิงพาณิชย์

7 บริษัท การบินไทย จำกัด รักษามาตรฐานและให้บริการสอบเทียบมาตรฐานทางด้านไฟฟ้า มวล แรง มิติ อุณหภูมิและความถี่

จากการที่มีห้องปฏิบัติการมาตรฐานจะจัดกระจายกันอยู่หลายแห่ง แม้จะมีผลดีในแง่ของความหลากหลายในทางให้บริการ แต่ก็มีผลเสียอันเนื่องมาจากทำให้เกิดความสับสนและซ้ำซ้อนของงานที่ทำ เป็นเหตุให้เกิดความสิ้นเปลืองและไม่เป็นระบบที่ชัดเจนเป็นผลให้ระบบการสอบย้อนกลับ (Traceability system) สับสน กล่าวคือมาตรฐานของหน่วยวัดบางหน่วยซึ่งเป็นหน่วยวัดเดียวกันได้ส่งไปสอบเทียบยังมาตรฐานแห่งชาติของประเทศเดียวกันแบบซ้ำซ้อน ในขณะที่เดียวกันกลับมีมาตรฐานของหน่วยวัดบางหน่วยไม่ได้รับการสอบเทียบกับมาตรฐานแห่งชาติของประเทศที่เชื่อถือได้แต่อย่างใด ทำให้ทุกหน่วยวัดไม่สามารถมีการสอบย้อนกลับได้ทั้งหมดซึ่งเป็นไปตามหลักการของระบบมาตรวิทยา การซ้ำซ้อนกันดังกล่าวไม่ได้แก้ไขให้ถูกต้องจะทำให้เกิดความสับสนและไม่สามารถทำให้สภาพปัญหาของการย้อนกลับของประเทศหมดไปได้ การแก้ไขก็จะต้องรวมหน่วยงานหลัก ๆ เหล่านี้เข้าด้วยกัน โดยจัดตั้งเป็นองค์กรระดับชาติ อาจจะใช้ชื่อว่า สถาบันมาตรฐานการวัดแห่งชาติหรือ National measurement standard institute (NMSI) หรือสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ เพื่อทำหน้าที่จัดทำให้มีและบำรุงรักษามาตรฐานทางกายภาพแห่งชาติ (National physical standards) ทั้งหมด เปรียบเทียบมาตรฐานอ้างอิงเหล่านี้กับมาตรฐานสากล หรือมาตรฐานของประเทศที่พัฒนาแล้วรวมทั้งมีอำนาจในการถ่ายทอดค่ามาตรฐานและให้บริการสอบเทียบมาตรฐานขึ้นรองไปยังห้องปฏิบัติการทดสอบและอุตสาหกรรมในประเทศ

เนื่องจากการจัดตั้งองค์กรดังกล่าวจะต้องตราเป็นกฎหมาย ซึ่งต้องใช้เวลาในการดำเนินการเป็นเวลานาน และไม่รู้ว่าเมื่อใดแล้วเสร็จเมื่อใด ดังนั้นในช่วงระยะเวลาที่รอการจัดตั้งสถาบันมาตรฐานการวัดแห่งชาติ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อให้เกิดระบบการสอบย้อนกลับที่ถูกต้องเป็นมาตรการชั่วคราวแทนสถาบันดังกล่าว และวิธีการที่น่าจะเป็นไปได้ก็คือ การจัดตั้งข่ายงานสอบย้อนกลับแห่งชาติ (National traceability network) ขึ้น โดยหาข้อมูลที่ชัดเจนว่าหน่วยงานใดทำงานด้านมาตรวิทยาเรื่องใด มีการสอบย้อนกลับหรือไม่อย่างไรและมีขีดความสามารถเท่าใด โดยหน่วยงานต่าง ๆ ต้องร่วมมือกัน

เมื่อได้ข้อมูลที่ชัดเจนและเป็นปัจจุบันแล้วจะสามารถสรุปได้ว่า หน่วยงานใดจะเป็นผู้ทำหน้าที่รักษามาตรฐานหลักในหน่วยวัดใด และทำหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายนั้นให้ครบสมบูรณ์ตามหลักการของระบบมาตรวิทยา และข่ายงานนี้จะหมดสภาพไปเมื่อสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติหรือมาตรฐานการวัดแห่งชาติก่อตั้งแล้วเสร็จ และมีความสามารถในการดำเนินงานได้ตามจุดประสงค์อย่างแท้จริง

2.5 ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา (ศทม.)

เป็นหน่วยงานภายใต้สังกัดของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วท.) ที่จัดตั้งขึ้นตาม พรบ.วท. พ.ศ. 2522 เพื่อให้มีหน้าที่รับผิดชอบให้บริการด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี



รูปที่ 2.1 หน่วยงานศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยาของประเทศไทย (สาขาบางปู)

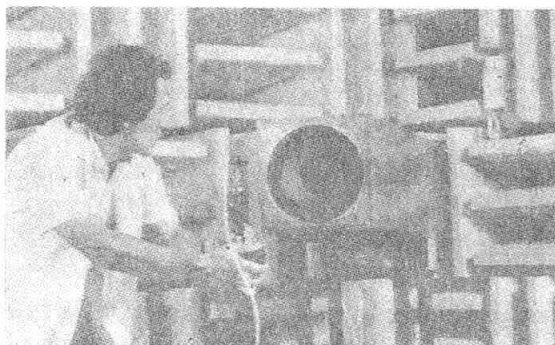
ศทม. ทำหน้าที่หลักในการให้บริการการทดสอบ การวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์และวัตถุดิบที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและเพื่อการส่งออกรวมทั้งการทดสอบและวิเคราะห์เพื่อให้การรับรองมาตรฐานสินค้าและการให้บริการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดทางวิทยาศาสตร์ และอุตสาหกรรม

– **กิจกรรมหลักของ ศทม. มีดังนี้**

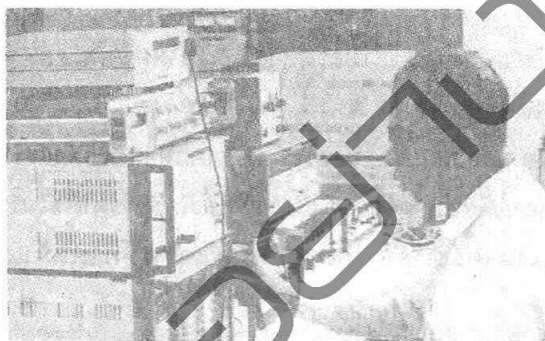
1. ให้บริการทดสอบ วิเคราะห์ และรับรองคุณภาพของสินค้าและผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
 2. ให้บริการสอบเทียบมาตรฐาน อุปกรณ์และเครื่องมือวัดที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ห้องปฏิบัติการและห้องทดสอบ เช่น เครื่องวัดทางกล เครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมี แสงสว่าง เสียง และอุณหภูมิ เป็นต้น
 3. ให้บริการที่ปรึกษาเพื่อการปรับปรุงกระบวนการผลิต การควบคุมคุณภาพ และการลดต้นทุน และเพิ่มผลผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม
 4. ให้บริการตรวจรับรองระบบประกันคุณภาพของโรงงานอุตสาหกรรม
 5. เป็นตัวแทนหน่วยตรวจสอบต่างประเทศ เพื่อการรับรองสินค้าส่งออก
- นอกจากนี้ วท. โดย ศทม. ยังเป็นผู้มีหน้าที่และรับผิดชอบในการเก็บรักษา และจัดให้มีซึ่งมาตรฐานการวัดแห่งชาติในด้านต่าง ๆ เช่น มาตรฐานในด้านไฟฟ้า (ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ) ด้านอุณหภูมิและด้านแสง เป็นต้น

ในการปฏิบัติงานด้านทดสอบและมาตรวิทยา ศทม. ได้ร่วมมือกับองค์กรต่าง ๆ ในประเทศและระหว่างประเทศเพื่อพัฒนาและรักษาให้มาตรฐานของ วท. เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไป เช่น กระทรวงพาณิชย์ กระทรวงอุตสาหกรรม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ Electro Technical Laboratory (ETL) แห่งประเทศญี่ปุ่น National Measurement Laboratory (NML) แห่งประเทศออสเตรเลีย เป็นต้น

ในที่นี้ขอยกตัวอย่าง ห้องปฏิบัติการทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของ ศทม. เกี่ยวกับงานทดสอบผลิตภัณฑ์วัสดุและอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น สายไฟ เต้ารับ เต้าเสียบ บัลลัสต์ สตาร์ทเตอร์ เบรกเกอร์ สวิตช์ ขั้วรับหลอดไฟฟ้า และดวงโคมไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าทุกชนิด เช่น เตาไรต์ พัดลม อุปกรณ์เครื่องเสียง



รูปที่ 2.2 ห้องไร้เสียงสะท้อนสำหรับสอบเทียบอุปกรณ์ที่ทันสมัย



รูปที่ 2.3 ชุดสอบเทียบ Multimeter

สำหรับงานสอบเทียบเครื่องมือวัดจะสอบเทียบเกี่ยวกับ Voltmeter, Wattmeter, Multimeter, Oscilloscope, Curvetracer, AC, DC, Standards potentiometer, Frequency counter high voltage, Capacitor, Inductor, Standards resistor, Decode resistor

2.6 การสอบย้อนกลับ

หมายถึง การถ่ายทอดความแม่นยำและหรือความเที่ยงตรงของเครื่องมือและอุปกรณ์วัดในระดับความถูกต้องแตกต่างกัน ผลการวัดของการสอบเทียบ (Calibration) ที่เหมาะสมโดยปกติจะเทียบกับมาตรฐานแห่งชาติหรือมาตรฐานสากล โดยที่การสอบเทียบไม่มีการขาดตอน

การสอบย้อนกลับ (Traceability) ถือเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการส่งออกของสินค้าสู่ตลาดร่วมยุโรป เมื่อสินค้าส่งออกเหล่านี้จะต้องได้รับการรับรองคุณภาพของการผลิตและบริการตามระบบคุณภาพ ISO 9000 การที่ประเทศเรายังไม่มีมาตรฐานแห่งชาติ (ข้อมูลปี พ.ศ. 2538) ที่สามารถสอบย้อนกลับสู่มาตรฐานสากลได้อย่างสมบูรณ์จะทำให้ผู้ผลิตต้องประสบปัญหาในการสอบเทียบเครื่อง

มือวัดและทดสอบที่ต้องสอบย้อนกลับได้สู่มาตรฐานสากล อันเป็นผลกระทบอย่างรุนแรงต่อเศรษฐกิจ โดยส่วนรวมของชาติ การจัดให้มีขบวนการการสอบย้อนกลับที่รับรองโดยทางราชการ จะช่วยแก้ปัญหาในการสอบย้อนกลับก่อนที่จะมีสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติเกิดขึ้น

2.7 มาตรฐานสำหรับมวล ความยาวและปริมาตร

เนื่องจากกิโลกรัมเป็นหน่วยของมวลซึ่งมีค่าเท่ากับมวลชิ้นปฐมระหว่างชาติของกิโลกรัม ต้นแบบนานาชาติเก็บรักษาไว้ที่ สำนักชั่งตวงวัดสากลเมืองแซว์เรอ (Sevres) ใกล้กรุงปารีส ฝรั่งเศส

สำหรับมาตรฐานชิ้นปฐมของมวลในแถบอเมริกาเหนือคือ “The united states prototype kilogram” เก็บรักษาไว้โดย NBS มีความถูกต้องเพียง 1 ส่วนใน 10^8

ส่วนมาตรฐานชิ้นรองของมวลเก็บรักษาโดยห้องปฏิบัติการอุตสาหกรรม โดยทั่วไปมีความถูกต้อง 1 ส่วนล้าน (Part per million ; ppm) และมาตรฐานใช้งานของมวลมีความถูกต้องประมาณ 5 ppm

ในปี ค.ศ.1964 รัฐบาลอังกฤษได้ตั้งหน่วยปอนด์ (Pound ; lb) ขึ้น และให้นิยามว่า

$$\begin{aligned} 1 \text{ ปอนด์ (lb)} & \text{ มีค่า} = 0.45359237 \text{ กิโลกรัม} \\ & \text{หรือ} = 16 \text{ ออนซ์ (ounce ; oz)} \end{aligned}$$

เมตรเป็นหน่วยของความยาวมีนิยามแต่ก่อนว่าเป็นระยะห่างระหว่างเส้นสองเส้นที่จารึกไว้บนแท่งของโลหะผสมทองคำขาวที่ 0°C (และใช้เป็นมาตรของ 1 เมตร) เก็บรักษาไว้ที่ BIPM

ปัจจุบัน 1 เมตรคือ ความยาวเป็น 1,650,763.73 เท่าของความยาวคลื่นในสุญญากาศของการแผ่รังสีสีส้ม-แดง (Orange-red) ที่กระจายออก หลอดคายประจุของอะตอมคริปตัน -86 (Krypton-86 Discharge lamp) รัฐบาลอังกฤษได้กำหนดให้ค่า 0.9144 เมตร เท่ากับ 1 หลา (Yard) และสามารถสืบทอดกับหน่วยอื่น ดังนี้

$$\begin{aligned} 1 \text{ หลา} & = 3 \text{ ฟุต} = 36 \text{ นิ้ว} = 0.9144 \text{ เมตร} \\ 1 \text{ นิ้ว} & = 25.4 \text{ มิลลิเมตร} \\ 1 \text{ ไมล์} & = 1.609344 \text{ กิโลเมตร} \\ 1 \text{ ฟุต} & = 0.3048 \text{ เมตร} \end{aligned}$$

มาตรฐานใช้งานของความยาวในงานอุตสาหกรรมคือ gage-blocks สำหรับวัดละเอียดซึ่งทำจากเหล็กกล้า (Steel) มีค่าพิสัยความเผื่อ (Tolerance) ในช่วง 0.5-0.25 ไมครอน (Micron ; μ), ($1 \mu = 1$ ในล้านของเมตร)

หน่วยของปริมาตรจะเป็นปริมาณสืบทอดและไม่ได้แทนโดยมาตรฐานสากลมีแต่มาตรฐานชั้นปฐมของปริมาตรโดย NBS จะสอบเทียบในเทอมของ Absolute dimension ของความยาวและมวล ส่วนหน่วยสืบทอดมาตรฐานชั้นรองของปริมาตรอาจจะสอบเทียบในเทอมมาตรฐานชั้นปฐมของ NBS

2.8 มาตรฐานของเวลาและความถี่

สำหรับเวลาอ้างอิง (Time reference) ในหลายศตวรรษที่ผ่านมาจะใช้จากการหมุนของโลก รอบแกน (Axis) ตัวเองเทียบกับดวงอาทิตย์ แต่จากการสังเกตอย่างละเอียดทางดาราศาสตร์พบว่า การหมุนของโลกรอบดวงอาทิตย์จะไม่สม่ำเสมอเนื่องจากความเร็วในการหมุนของโลกเปลี่ยนแปลงไม่สม่ำเสมอ และใช้ฐานสเกลเวลาเป็น “โซลาร์ไทม์” (Solartime) ซึ่งค่านี้ไม่ได้แทนสเกลของเวลาที่สม่ำเสมอ จึงหาเส้นทางใหม่และพบว่า “มีนโซลาร์ไทม์” (Mean solartime) จะให้สเกลเวลา (Time scal) ถูกต้องมากกว่า โดยคิด “มีนโซลาร์เดย์” (Mean solar day) เป็นค่าเฉลี่ย (Average) ของวันทั้งหมดที่ปรากฏใน 1 ปี ค่าของ “มีนโซลาร์เซคันด์” (Mean solar second) จะมีค่าเท่ากับ $1/86,400$ ของมีนโซลาร์เดย์ จากนิยามของมีนโซลาร์เซคันด์ยังไม่เพียงพอที่จะถือเอาเป็นหน่วยมูลฐานของเวลา เนื่องจากการหมุนของโลกที่ไม่สม่ำเสมอนั่นเอง

ระบบของเวลาสากล (Universal time UT) (เหมือนโซลาร์ไทม์) คือมีรากฐานมาจากการหมุนของโลกรอบแกนตัวเองหรือรู้จักกันในระบบ UT₀ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะไม่สม่ำเสมอ จากการแก้ไข UT₀ จะได้ค่าสเกลเวลาสากล (Universal time scale ใหม่ 2 อย่างคือ UT₁ กับ UT₂

UT₁ time scale เป็นรากฐานของมุมจริง (True angular) การหมุนของโลก ส่วน UT₂ time scale คือ UT₁ รวมกับความถูกต้องสำหรับการเปลี่ยนฤดู (Seasonal) ในการหมุนของโลกทำให้เกิดมวลสารถ่ายเทบนผิวโลก เช่น การเปลี่ยนแปลงของจำนวนน้ำแข็งแถบขั้วโลก ขณะที่ดวงอาทิตย์เคลื่อนที่จากซีกโลกใต้ไปซีกเหนือ และกลับมาอีกครั้งเมื่อเวลาผ่านพ้นไปครบ 1 ปี เป็นต้น

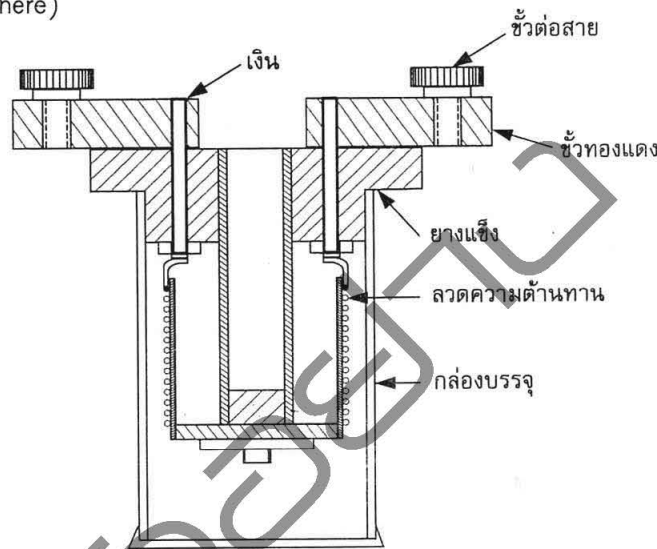
หน่วยของเวลาสากลจริงทางนักดาราศาสตร์ให้นิยามหน่วยเวลาว่า “เอเฟเมริส ไทม์” (Ephemeris time ET) เป็นรากฐานการเคลื่อนที่ของดวงจันทร์หมุนรอบโลก แต่มีข้อเสียที่ยังไม่ใช้การวัดโดยตรง

แต่ปัจจุบันนี้การวัดทางกายภาพได้กำหนดหน่วยของเวลาในเทอมของมาตรฐานของอะตอม (Atomic standard) อย่างไรก็ดีตาม Universal second และ Ephemeris second ยังใช้อยู่สำหรับการเดินเรือและการสำรวจเพื่อทำแผนที่โลก

2.9 มาตรฐานความต้านทาน

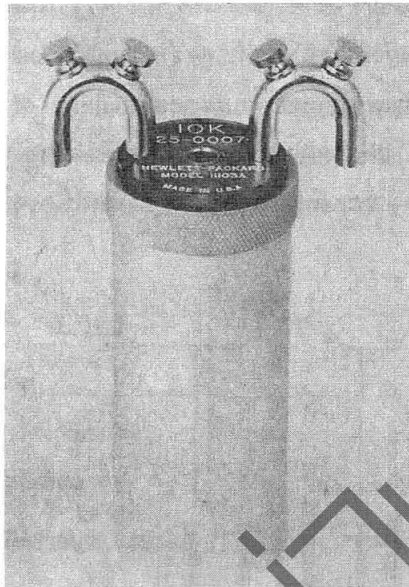
ค่าสัมบูรณ์ของโอห์มในระบบ SI จะถูกนิยามในเทอมของหน่วยมูลฐานของความยาว มวล และเวลา ค่าการวัดสัมบูรณ์ (Absolute measurement) ของโอห์มนี้อาศัยตามสำนักงานชั่งตวงวัดสากล

NBS จะเก็บรักษากลุ่มมาตรฐานชั้นปฐมของความต้านทาน (เทียบมาตรฐานความต้านทาน 1 โอห์ม 1- Ω Standard resistor) ค่าความต้านทานมาตรฐานนี้คือ ขดลวดผสมคล้ายแมงกานีส (Manganin) ซึ่งมีค่าความต้านทานจำเพาะทางไฟฟ้าสูง (High electrical resistivity) และค่าสัมประสิทธิ์ของความต้านทานต่ออุณหภูมิต่ำ (Low temperature coefficient of resistance) (ค่าคงที่ความต้านทานกับอุณหภูมิจะสัมพันธ์กัน) ขดลวดความต้านทานนี้จะติดตั้งอยู่ในกล่องบรรจุ (Container) ที่หนา 2 ชั้น เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลง (Changes) ความต้านทานเนื่องจากความชื้น (Moisture ในชั้นบรรยากาศ (Atmosphere))



รูปที่ 2.4 ความต้านทานมาตรฐาน

สำหรับมาตรฐานชั้นรองและมาตรฐานใช้งานของความต้านทานทางบริษัทผู้ผลิตจะผลิตออกมาเป็นผลคูณ (Multiples) ของ 10 โอห์ม ในรูปที่ 2.4 แสดงถึงความต้านทานมาตรฐานชั้นรอง (ของบริษัทแห่งหนึ่ง) บางทีหมายถึง ทรานสเฟอร์รีซิสเตอร์ (Transfer resistor) ที่มีขดลวดความต้านทานพันอยู่บนแผ่นโพลีเอสเตอร์ (Polyester) เพื่อลดความเค้น (Stresses) บนขดลวดและทำให้ความเป็นเสถียรภาพ (Stability) ของความต้านทานดียิ่งขึ้น ขดลวดจะแช่อยู่ในน้ำมัน (Oil) จุดต่อขดลวดเป็นเงิน (Silver) และตรงปลายเป็นตะขอ (Terminal hooks)



รูปที่ 2.5 ความต้านทานมาตรฐานค่า 10 กิโลโอห์ม

ค่าความหนาแน่นของความต้านทานที่อุณหภูมิใด ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการ (โดยคิดที่อุณหภูมิ 25°C)

$$R_t = R_{25^\circ\text{C}} + \alpha (t-25) + \beta (t-25)^2 \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

เมื่อ R_t = ความต้านทานที่อุณหภูมิใด ๆ

$R_{25^\circ\text{C}}$ = ความต้านทานที่ 25 องศาเซลเซียส

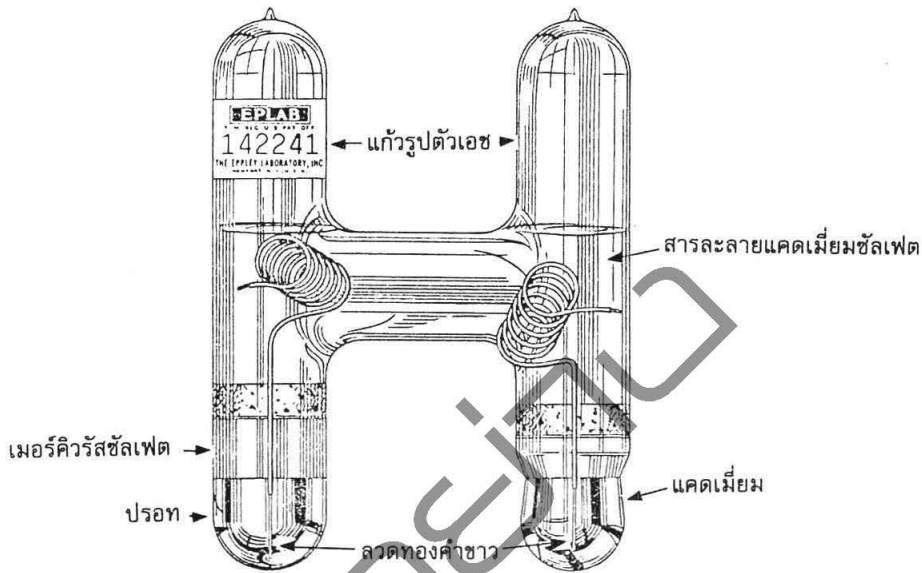
α and β = สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ

สัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิ (α) ที่ใช้จะน้อยกว่า 10×10^{-6} และ (β) มีค่าในระหว่าง -3×10^{-7} และ -6×10^{-7} ที่อุณหภูมิเปลี่ยนไป 10°C จากอุณหภูมิอ้างอิง (25°C) ทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนไป 30-60 ppm จากค่าปกติ Transfer resistor ที่พบเห็นจะใช้อยู่ในห้องปฏิบัติการทางอุตสาหกรรม งานวิจัย มาตรฐานและการสอบเทียบ

2.10 มาตรฐานแรงดันไฟฟ้า

NBS ได้กำหนดแรงดันมาตรฐานขั้นปฐม (Primary voltage standard) จากเวสต์ตันเซลล์ (Weston cell) ในขณะปกติ (Normal) หรืออิ่มตัว (Saturated) เวสต์ตันเซลล์จะมีปรอทขั้วไฟฟ้า (Electrode) บวก

และปรอทผสมโลหะพวกแคดเมียม (Cadmium amalgam, 10% cadmium) เป็นขั้วลบ มีแคดเมียมซัลเฟตเป็นสารละลายไฟฟ้า (Electrolyte) ส่วนประกอบทั้งหมดบรรจุอยู่ในขวดแก้วรูปตัวเอส (H) ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 โครงสร้างของเวสต์นเซลล์แบบอิ่มตัว

เวสต์นเซลล์แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1 แบบอิ่มตัว (Saturate) แบบนี้สารละลายไฟฟ้าจะอิ่มตัวอยู่ทุกอุณหภูมิโดยมีผลของแคดเมียมซัลเฟตเกาะอยู่ที่ขั้ว

2. แบบไม่อิ่มตัว (Unsaturate) แบบนี้สารละลายไฟฟ้าจะอิ่มตัวที่ 4°C ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของแรงดัน (Temperature coefficient of voltage) ที่อุณหภูมิห้องปกติของเซลล์แบบไม่อิ่มตัวสามารถตัดทิ้งไปได้ แม้เซลล์แบบอิ่มตัวจะเปลี่ยนแปลงแรงดันประมาณ -40 ไมโครโวลต์ (μV) ต่อ 1°C ที่เพิ่มขึ้นแต่จะเสถียรภาพดีกว่าแบบไม่อิ่มตัว

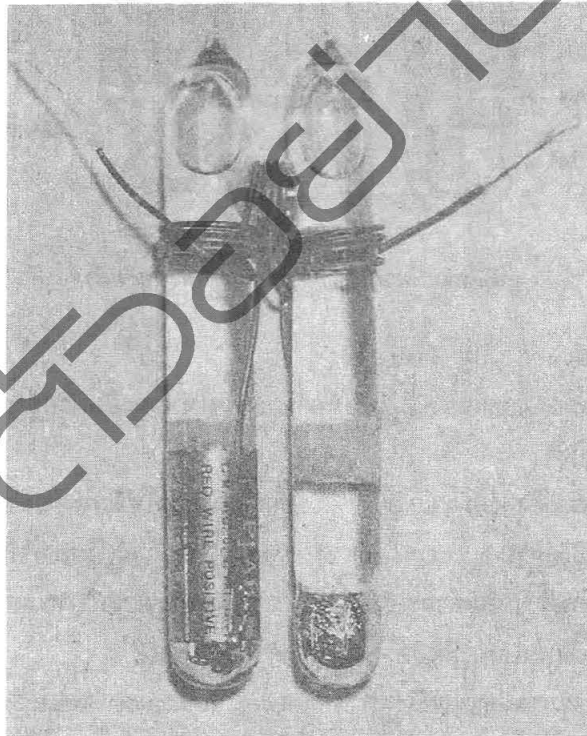
ห้องปฏิบัติการมาตรฐานแห่งชาติ (National standards laboratories) เช่น NBS จะใช้ตัวเลขของเซลล์แบบอิ่มตัวเป็นมาตรฐานชั้นปฐมสำหรับแรงดัน โดยเก็บเซลล์นี้ไว้ในอ่างน้ำมัน (Oil bath) เพื่อควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ภายใต้ 0.01°C ค่าแรงดันของเซลล์แบบอิ่มตัวที่ 20°C มีค่าเท่ากับ 1.01858 โวลต์สมบูรณ์ ส่วนค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) ที่อุณหภูมิอื่น ๆ หาได้จากสมการ

$$e_t = e_{20^{\circ}\text{C}} - 0.000046 (t-20) - 0.00000095 (t-20)^2 + 0.00000001 (+ -20)^3$$

เมื่อ e = แรงเคลื่อนไฟฟ้า(2.2)
 t = อุณหภูมิ

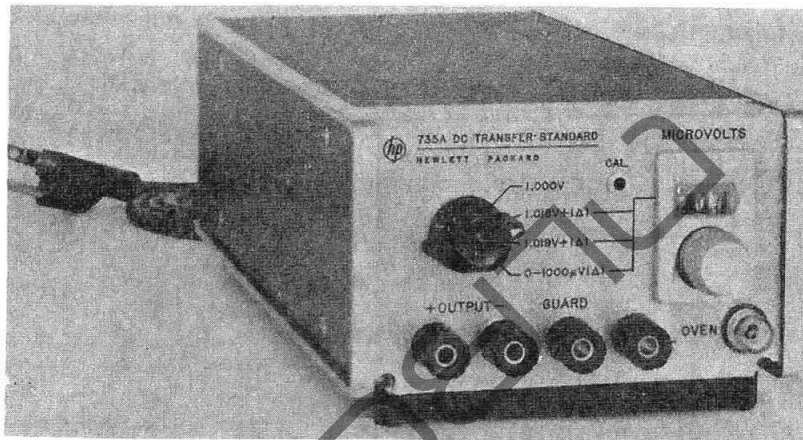
เวสต์นเซลล์แบบอิมิตัวนี้สามารถใช้เป็นแรงดันมาตรฐานได้เป็นเวลา 10-20 ปี หากมีการระวังและรักษาเป็นอย่างดี การขยับเลื่อน (Drift) ของแรงดันจะอยู่ในช่วง $1 \mu\text{V}$ ต่อปี ทั้งนี้เนื่องจากเซลล์แบบอิมิตัวจะมีความไว (Sensitivity, SEN) ต่อดูหนุมิ ดังนั้นจะไม่เหมาะสมสำหรับห้องปฏิบัติการทั่วไปที่จะใช้เป็นมาตรฐานชั้นรองหรือมาตรฐานใช้งาน

ส่วนมากมาตรฐานชั้นรองและมาตรฐานใช้งานเราจะพบในเวสต์นเซลล์แบบไม่อิมิตัว เซลล์แบบนี้มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับเซลล์แบบอิมิตัว แต่มันไม่ต้องการการควบคุมอุณหภูมิที่แน่นอนนัก ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเซลล์แบบไม่อิมิตัวจะอยู่ในช่วงของ 1.0180-1.0200 V และเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า 0.01 เปอร์เซ็นต์ จาก 10°C - 40°C ค่าแรงดันของเซลล์ปกติจะแสดงบนตัวเซลล์เอง (ดังรูปที่ 2.7) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.0193 V ค่าความต้านทานภายในของเวสต์นเซลล์มีค่า 500 - 800 Ω กระแสที่ไหลออกจากเซลล์จึงไม่ควรเกิน 100 μA เพราะว่าจะมีผลต่อแรงดัน เนื่องจากแรงดันตกคร่อม (Drop) ความต้านทานภายใน



รูปที่ 2.7 แคดเมียมเวสต์นเซลล์แบบไม่อิมิตัว · emf 1.0193 V ความถูกต้อง 0.1%

สำหรับมาตรฐานใช้งานได้มีการพัฒนาขึ้นจนมีความถูกต้องเทียบเท่า ความถูกต้องของเซลล์มาตรฐานในรูปที่ 2.8 คือเครื่องมือแรงดันมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ หรือเรียกว่า “มาตรฐานถ่ายโอน” (Transfer standard) โดยอาศัยการทำงานของซีเนอร์ไดโอดเป็นส่วนสร้างแรงดันอ้างอิง ใช้หลักการง่าย ๆ คือ ตัวซีเนอร์ไดโอดจะควบคุมแหล่งจ่ายแรงดันในสภาพแวดล้อมที่ถูกควบคุมด้วยอุณหภูมิเพื่อรักษาเสถียรภาพให้ยาวนาน และในการแบ่งแรงดันทางออก (Output voltage divider) ให้เที่ยงตรงดีขึ้น อุณหภูมิที่ใช้ควบคุมจะอยู่ในช่วง $\pm 0.03^{\circ}\text{C}$ เมื่ออุณหภูมิล้อมรอบในช่วง $0-50^{\circ}\text{C}$ จะทำให้ได้เอาต์พุตที่มีเสถียรภาพในระดับ 10 พีพีเอ็มต่อเดือน (ppm/month)



รูปที่ 2.8 มาตรฐานถ่ายโอนแรงดันไฟตรง (DC-transfer standard)

มาตรฐานถ่ายโอนแรงดันไฟตรงประกอบด้วย

1. พิสัย $0-1,000 \mu\text{V}$
2. พิสัย 1.000 V
3. พิสัย $1.018 + (\Delta)$
4. พิสัย $1.0190 + (\Delta)$

เครื่องมือชนิดนี้สามารถใช้เป็นเครื่องมือถ่ายโอน (Transfer instrument) และสามารถเคลื่อนย้ายหรือนำติดตัวไปสอบเทียบเครื่องวัดในที่ต่าง ๆ ได้

ตัวอย่าง

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
28, 30, 32 ซอยรังสิต-ปทุมธานี 16 ซอย 7
ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์ 0-2958-1125, 0-2958-1127 www.skybook.co.th
e-mail: sales@skybook.co.th, salesskybook@gmail.com

e-book

หมวดงานอาชีพ
เครื่องมือวัดไฟฟ้า
และอิเล็กทรอนิกส์
(ภาคทฤษฎี)

ISBN : 978-616-596-230-8



9 786165 962308

ราคา 240 บาท