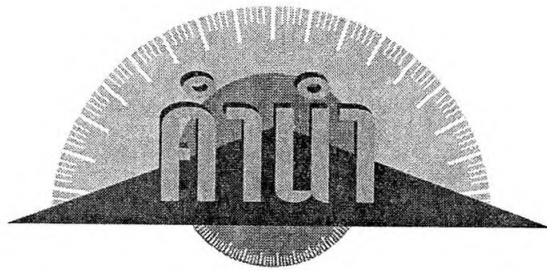


เครื่องมือวัดไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ (ภาคทฤษฎี)



เครื่องมือวัดไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ (ภาคทฤษฎี)





หนังสือเล่มนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการเรียนการสอนในวิชา เครื่องมือวัดไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์ (ภาคทฤษฎี) ระดับ ปวช. (2104-2204) โดยให้สอดคล้องและตรงตามหลักสูตร ของกรมอาชีวศึกษา และสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล กระทรวงศึกษาธิการ ที่ว่าด้วยเรื่องเกี่ยวกับการวัด การใช้ ความหมาย ตลอดจนการตรวจและทดสอบอุปกรณ์

ดังนั้นจึงเหมาะแก่นักศึกษาและผู้สนใจด้านช่างอุตสาหกรรมทุกคน ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์แก่นักศึกษาและผู้สนใจไม่มากนักน้อย หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับ และฟังข้อติเตียน เพื่อไว้ปรับปรุงแก้ไขคราวต่อไป

ท้ายที่สุดนี้ผู้เขียนขอกราบระลึกถึงพระคุณบิดามารดา ครู-อุปัชฌาจารย์ ผู้มีพระคุณ ทั้งหลายที่ได้มีอุปการะเลี้ยงดู อบรม สั่งสอน ตักเตือนและให้วิชาความรู้ทั้งอดีตถึงปัจจุบัน และขอขอบคุณ ผู้ที่เกี่ยวข้อง ผู้ร่วมงานที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนจนหนังสือเล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

(ชิตเชื้อ กนกเพ็ชรรัตน์)

แผนกอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี

ลักษณะรายวิชา

1 รหัสและชื่อวิชา	ขอ. 2111 ทฤษฎีเครื่องมือวัดเบื้องต้น BASIC INSTRUMENT THEORY
2. สภาพรายวิชา	วิชาชีพเฉพาะสาขา ช่างอิเล็กทรอนิกส์ ในหลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพ
3. ระดับวิชา	ภาคเรียนที่ 1 ชั้นปีที่ 1
4. พื้นฐาน	-
5. เวลาเรียน	2 คาบ/สัปดาห์ รวม 36 คาบ/ภาคเรียน และให้นักศึกษาค้นคว้า ทำรายงาน 2 คาบ/สัปดาห์ รวม 36 คาบ/ภาคเรียน
6. หน่วยกิต	2 หน่วยกิต (2-0-2)
7 จุดมุ่งหมายรายวิชา	7.1 รู้หลักการทำงานของเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ 7.2 เข้าใจการทำงาน, ส่วนประกอบมัลติมิเตอร์ และการบำรุง รักษา 7.3 เข้าใจการทำงาน, วิธีการต่อใช้งาน, การอ่านค่าของโอห์ม- มิเตอร์, โวลต์มิเตอร์, แอมมิเตอร์ 7.4 รู้วิธีการต่อใช้งานของแหล่งจ่ายกำลังไฟ 7.5 รู้วิธีการใช้งานของแหล่งกำเนิดสัญญาณและออสซิลโลสโคป 7.6 เห็นความสำคัญของเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ การใช้งานและ การบำรุงรักษา
8. คำอธิบายรายวิชา	ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานและโครงสร้างของกัลวานอมิเตอร์, มัลติ- มิเตอร์ ความสำคัญของการต่อใช้งานของโอห์มมิเตอร์, โวลต์- มิเตอร์, แอมมิเตอร์ รวมทั้งเข้าใจการต่อใช้งานของเครื่องกำเนิด ความถี่ การใช้ออสซิลโลสโคป และการบำรุงรักษา

ลักษณะรายวิชา

รหัสและชื่อวิชา

ทพ. 1103 เครื่องมือวัดเบื้องต้น

(BASIC INSTRUMENT)

สภาพรายวิชา

วิชาชีพพื้นฐานเฉพาะสาขา ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

ระดับวิชา

ชั้นปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 1 หรือ 2

พื้นฐาน

-

เวลาเรียน

เรียนทฤษฎี 2 คาบ/สัปดาห์ ปฏิบัติ 3 คาบ/สัปดาห์ รวมทั้งสิ้น 90 คาบ
ตลอดภาคเรียน และนักศึกษาใช้เวลาศึกษานอกเวลาอีก 3 ชม./สัปดาห์

หน่วยกิต

3 (2-3-3)

จุดมุ่งหมายรายวิชา

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานของเครื่องมือวัดเบื้องต้นชนิดต่าง ๆ
2. รู้จักชนิดต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดเบื้องต้น
3. ปฏิบัติการใช้เครื่องมือวัดเบื้องต้นได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย
4. เข้าใจวิธีบำรุงรักษา และดูแลเครื่องมือวัดเบื้องต้น
5. ตระหนักในความสำคัญของการใช้เครื่องมือวัด

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องมือวัด การทำงานและการใช้โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ มัลติมิเตอร์ วัดต์มิเตอร์ พื้นฐานการใช้งานของออสซิลโลสโคป การบำรุงรักษาเครื่องมือวัด



บทที่ 1	ระบบหน่วยการวัด	13
1.1	หน่วยมูลฐานและหน่วยสืบทอด	13
1.2	ระบบของหน่วยการวัด	14
1.3	ระบบหน่วยวัดสากล	16
1.4	นิยามของหน่วย SI	18
1.5	หน่วยของระบบอื่น ๆ	19
1.6	การเปลี่ยนหน่วย	21
	แบบฝึกหัดที่ 1	23
บทที่ 2	มาตรฐานการวัด	25
2.1	มาตรฐานของการวัด	25
2.2	ระดับของมาตรฐานการวัด	25
2.3	ระบบการวัดสากล	26
2.4	มาตรวิทยาในประเทศไทย	27
2.5	ศูนย์ทดสอบและมาตรวิทยา (ศทม.)	28
2.6	การสอบย้อนกลับ	30
2.7	มาตรฐานสำหรับมวล ความยาวและปริมาตร	31
2.8	มาตรฐานของเวลาและความถี่	32
2.9	มาตรฐานความต้านทาน	32
2.10	มาตรฐานแรงดันไฟฟ้า	34
	แบบฝึกหัดที่ 2	38

บทที่ 3	ค่าผิดพลาดการวัด	43
3.1	ชนิดของค่าผิดพลาด	43
3.2	ความแม่นยำและความเที่ยงตรง	47
3.3	ความแยกชัด	47
3.4	เลขนัยสำคัญ	51
	แบบฝึกหัดที่ 3	52
บทที่ 4	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับแม่เหล็กและเครื่องวัดทางไฟฟ้า	55
4.1	แม่เหล็ก	55
4.2	ชนิดของแม่เหล็ก	56
4.3	หลักการของแม่เหล็กไฟฟ้า	58
4.4	ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กไฟฟ้า	59
4.5	ลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็ก	60
4.6	สนามแม่เหล็ก	61
4.7	แรงเคลื่อนแม่เหล็ก	65
4.8	เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่	65
4.9	โครงสร้าง PMMC	69
4.10	สมการแรงบิดและสเกล	70
4.11	กัลวานอมิเตอร์	72
	แบบฝึกหัดที่ 4	76
บทที่ 5	มัลติมิเตอร์	80
5.1	มัลติมิเตอร์แบบเข็มชี้	80
5.2	มัลติมิเตอร์แบบตัวเลข	99
	แบบฝึกหัดที่ 5	110
บทที่ 6	เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสตรง	113
6.1	สเกลของแอมมิเตอร์	115
6.2	ความต้านทานต่อขนาน	115
6.3	ความต้านทานสแวนป์	116
6.4	แอมมิเตอร์หลายพิสัย	117
6.5	การใช้ DC Ammeter	120

6.6 การอ่านค่าไฟฟ้ากระแสตรงจากสเกลของมิเตอร์ _____ 120

6.7 ข้อควรระวังในการใช้แอมมิเตอร์ _____ 122

แบบฝึกหัดที่ 6 _____ 123

บทที่ 7 เครื่องวัดแรงดันไฟตรง _____ 126

7.1 วงจรโวลต์มิเตอร์ _____ 126

7.2 ความไวโวลต์มิเตอร์ _____ 128

7.3 โวลต์มิเตอร์หลายพิสัย _____ 129

7.4 การใช้ DC Voltmeter _____ 132

7.5 การอ่านค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงบนสเกลมิเตอร์ _____ 133

แบบฝึกหัดที่ 7 _____ 135

บทที่ 8 เครื่องวัดไฟฟ้ากระแสสลับ _____ 138

8.1 โวลต์มิเตอร์เรียงกระแสแบบเต็มคลื่น _____ 140

8.2 โวลต์มิเตอร์เรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น _____ 140

8.3 ค่าความไวทาง AC _____ 143

8.4 การใช้ AC Voltmeter และ AC Ammeter _____ 144

8.5 เครื่องวัดชนิดอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ _____ 146

8.6 เครื่องวัดชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ _____ 148

แบบฝึกหัดที่ 8 _____ 152

บทที่ 9 มาตรวัดความต้านทาน _____ 155

9.1 วงจรพื้นฐาน _____ 155

9.2 สเกลและวงจรโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม _____ 155

9.3 สเกลและวงจรโอห์มมิเตอร์แบบขนาน _____ 158

9.4 การใช้โอห์มมิเตอร์ _____ 160

9.5 การอ่านค่าความต้านทานบนสเกลโอห์มมิเตอร์ _____ 160

9.6 เมกะโอห์มมิเตอร์ _____ 161

แบบฝึกหัดที่ 9 _____ 163

บทที่ 10 เครื่องกำเนิดสัญญาณ _____ **166**

10.1 เครื่องกำเนิดความถี่เสียง _____ 166

10.2 เครื่องกำเนิดความถี่วิทยุ _____ 169

10.3 ฟังก์ชันเจเนเรเตอร์ _____ 171

10.4 พัลส์เจเนเรเตอร์ _____ 174

10.5 เครื่องกำเนิดความถี่สวิตช์ _____ 178

แบบฝึกหัดที่ 10 _____ 181

บทที่ 11 ออสซิลโลสโคป _____ **184**

11.1 หลักการทำงานของสโคป _____ 184

11.2 หน้าที่หลักของออสซิลโลสโคป _____ 185

11.3 ประโยชน์ของการนำสโคปไปใช้งาน _____ 185

11.4 แผนภาพบล็อกของออสซิลโลสโคป _____ 186

11.5 หลักการเกิดภาพบนจอสโคป _____ 187

11.6 หลอดรังสีแคโทด _____ 188

11.7 การใช้สายโพรบกับออสซิลโลสโคป _____ 191

11.8 ปุ่มรับและฟังก์ชันสวิตช์ของสโคป _____ 193

11.9 การนำออสซิลโลสโคปไปใช้งาน _____ 198

11.10 การวัดมุมต่างเฟสของสัญญาณแนวตั้งและแนวนอน _____ 205

11.11 การคำนวณหาค่ามุมต่างเฟส _____ 207

แบบฝึกหัดที่ 11 _____ 210

ภาคผนวก _____ **215**
บรรณานุกรม _____ **231**



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” (Auxilliary 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 และเวลาคือ 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) ของน้ำหนักและการวัดไม่ควรขึ้นอยู่กับ 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
เดซิ (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 เพราะจะต้องนำหน่วยอื่นเพิ่มเข้ามาในระบบอีก 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 โดยใช้ชื่อการประชุมนี้ว่า “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)	เฮิร์ตซ์	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 (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 (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 ความต่างศักย์ระหว่างจุดสองจุดบนสายไฟที่มีกระแสที่ 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 เปาน์ดัล	pdl	0.138255N
งาน พลังงาน	1 ฟุต-เปาน์ดัล	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

$$\begin{aligned} \text{พื้นที่ห้องเรียน} &= 30 \times 24 \text{ ฟุต} \\ &= 720 \text{ ตารางฟุต} \end{aligned}$$

$$\text{เปิดตาราง 1 เมตร} = 3.28 \text{ ฟุต}$$

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 จะได้ C = $2.997925 \times 10^8 \frac{\text{เมตร}}{\text{วินาที}} \times \frac{1 \text{ กม.}}{10^3 \text{ ม.}} \times \frac{3.6 \times 10^3 \text{ วินาที}}{1 \text{ ชั่วโมง}}$

= $10.79 \times 10^8 \text{ km/hr}$

Ans

ตัวอย่างที่ 1.4 จงแปลงหน่วยของความหนาแน่นของน้ำ 62.5 lb/ft^3 เป็น

ก) lb/in^3

ข) g/cm^3

วิธีทำ ก) ความหนาแน่นของน้ำ = $\frac{62.5 \text{ lb}}{\text{ft}^3} \times \left(\frac{1 \text{ ft}^3}{12 \text{ in}} \right)$

= $3.62 \times 10^{-2} \text{ lb/in}^3$

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 g/cm^3

Ans

ตัวอย่างที่ 1.5 กำหนดจำกัดความเร็วของรถที่ 60 km/hr จงหาหน่วยความเร็วเป็น

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

ข) ft/s

วิธีทำ 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 mi/hr

ข) จำกัดความเร็ว = $\frac{37.4 \text{ mi}}{\text{hr.}} \times \frac{5,280 \text{ ft}}{1 \text{ mi}} \times \frac{1 \text{ hr}}{3.6 \times 10^3 \text{ s}} = 54.9 \text{ ft/s}$

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

[illegible]



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 จะมีความถูกต้องรองลงไปตามลำดับ

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 มีการปรับเทียบอย่างอิสระโดยการวัดสมบูรณ์ในห้องปฏิบัติการแห่งชาติของแต่ละที่ตัวมาตรฐานชั้นปฐมจะต้องทำขึ้นจากคำนิยามของหน่วยวัดพื้นฐานสากล (Basic units of SI) และใช้ในห้องปฏิบัติการเท่านั้น หน้าที่หลักของมาตรฐานนี้คือ ไว้สำหรับตรวจสอบและเปรียบเทียบมาตรฐานชั้นรอง

- **มาตรฐานชั้นรอง** (Secondary Standards) เป็นพื้นฐานมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการการวัดในงานอุตสาหกรรม โดยเก็บรักษาไว้ในห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง โดยทั่วไปมาตรฐานชั้นรองนี้จะต้องถูกส่งไปเปรียบเทียบและปรับเทียบอีกครั้งหนึ่งกับมาตรฐานชั้นปฐมที่ห้องปฏิบัติการมาตรฐานแห่งชาติเมื่อใช้ไประยะเวลาหนึ่ง 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 มาตรฐานวิทยาเชิงพาณิชย์และมาตรฐานวิทยาทางกายภาพ

- **มาตรฐานวิทยาเชิงพาณิชย์** (Lecall Metrology) เป็นมาตรฐานวิทยาประยุกต์เป็นไปตามกฎระเบียบที่กำหนดขึ้นโดยกฎหมายหรือกฎกระทรวง มาตรฐานวิทยาเชิงพาณิชย์ของแต่ละประเทศมีขอบเขตแตกต่างกันไป มีหลักการเพื่อการป้องกันและให้เกิดความยุติธรรมทางการค้าในประเทศ