



งานวัดละเอียด ช่างยนต์

Auto-mechanic Precision Measurements Practice

พศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

120.-



งานวัดละเอียดช่างยนต์

(Auto-mechanic Precision Measurements Practice)

รหัสวิชา 30101-0001

รายวิชาปรับปรุงพื้นฐานวิชาชีพ

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ



เรียบเรียงโดย
ผศ.น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

งานวัดละเอียดช่างยนต์

(Auto-mechanic Precision Measurements Practice)

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

รามจิตติ ฤทธิศร.

งานวัดละเอียดช่างยนต์.--กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563

268 หน้า.

1. เครื่องยนต์--การวัด. 2. รถยนต์--การตรวจสอบสภาพ. I. ชื่อเรื่อง.

629.282

ISBN 978-616-495-141-9

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย....



บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

ID Line : @wangaksorn

<http://www.wangaksorn.com>



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดย บริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้
ไปทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ
นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางบริษัทฯ เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างถึงในหนังสือฉบับนี้
เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดย บริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

งานวัดละเอียดช่างยนต์

(Auto-mechanic Precision Measurements Practice)

รหัสวิชา 30101-0001



จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการอ่าน การใช้และบำรุงรักษาเครื่องมือวัดละเอียด
2. สามารถใช้เครื่องมือวัดละเอียดตรวจวัดชิ้นส่วนในงานช่างยนต์
3. มีกิจนิสัยที่ดีในการทำงานรับผิดชอบ ประณีตรอบคอบ ตรงต่อเวลา สะอาด ปลอดภัย

และรักษาสภาพแวดล้อม



สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและวิธีการใช้เครื่องมือวัดละเอียดในงานช่างยนต์
2. ปรับตั้ง บำรุงรักษาเครื่องมือวัดละเอียดในงานช่างยนต์
3. ตรวจวัดชิ้นส่วนในงานช่างยนต์
4. วิเคราะห์สภาพของชิ้นส่วนในงานช่างยนต์ตามคู่มือ



คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือวัดละเอียด การอ่านค่า การตรวจวัดและวิเคราะห์สภาพชิ้นส่วน การบำรุงรักษาเครื่องมือวัดละเอียดในงานช่างยนต์



คำนำ

รายงานวัดละเอียดข้างยนต์ รหัสวิชา 30101-0001 จัดอยู่ในรายวิชาปรับปรุงพื้นฐานวิชาชีพ ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 9 บทเรียน ได้จัดการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ **เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer)** เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจ และวิชาชีพ

ส่งเสริมสนับสนุนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบคุณวุฒิวิชาชีพ (Vocational Qualification System) สอดคล้องตามมาตรฐานอาชีพ (Occupational Standard) สร้างภูมิคุ้มกัน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ กำลังแรงงาน การพัฒนามาตรฐานการปฏิบัติงานระดับชาติ (National Benchmarking) และการวิเคราะห์หน้าที่การงาน (Functional Analysis) เพื่อให้เกิดผลสำเร็จในภาคธุรกิจ อุตสาหกรรม ทุกสาขาอาชีพ

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาทวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

ผศ.น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

สารบัญ



บทที่ 1 หน่วยการวัดและเครื่องมือวัดขนาด

1

ความหมายของเครื่องมือวัดและการวัด	2
ระบบหน่วยในงานวัดละเอียด	2
การวัดโดยตรงและการวัดเปรียบเทียบ	8
ประเภทของเครื่องมือวัดละเอียด	9
ค่าผิดพลาดจากการวัดละเอียด	11
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	12



บทที่ 2 เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตรา

14

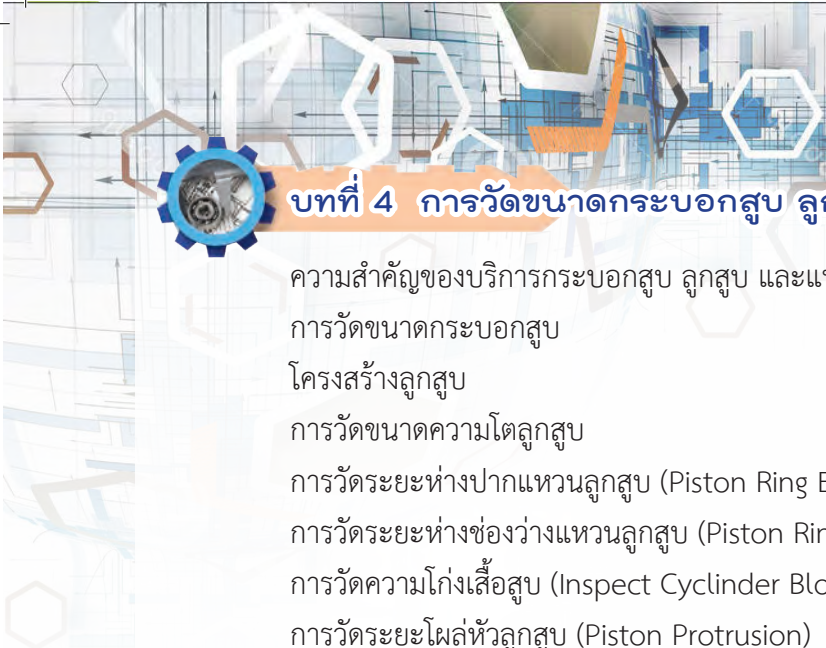
บรรทัดเหล็ก	15
ฉากข้างกลและฉากผสม	34
ขาตั้งคอมพารเตอรและนาฬิกาวัดผิว	39
หีวัดเกลียวและระดับน้ำข้างกล	43
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	47



บทที่ 3 เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตราเลื่อนได้

50

เวอร์เนียร์คาลิเปอร์	51
ไมโครมิเตอร์คาลิเปอร์	67
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	74



บทที่ 4 การวัดขนาดกระบอกสูบ ลูกสูบ และแหวนลูกสูบ 80

ความสำคัญของบริการกระบอกสูบ ลูกสูบ และแหวนลูกสูบ	81
การวัดขนาดกระบอกสูบ	83
โครงสร้างลูกสูบ	89
การวัดขนาดความโตลูกสูบ	91
การวัดระยะห่างปากแหวนลูกสูบ (Piston Ring Eng Gap)	91
การวัดระยะห่างช่องว่างแหวนลูกสูบ (Piston Ring Ring Groop Clearance)	94
การวัดความโก่งเลื้อยสูบ (Inspect Cyclinder Block for Warpage)	96
การวัดระยะโผล่หัวลูกสูบ (Piston Protrusion)	98
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	101
ใบงานที่ 4.1 งานวัดเส้นผ่าศูนย์กลางลูกสูบ	104
ใบงานที่ 4.2 งานวัดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ	106
ใบงานที่ 4.3 งานวัดความเรียบกระบอกสูบ	108
ใบงานที่ 4.4 งานวัดเส้นผ่านศูนย์กลางสลักลูกสูบ	110
ใบงานที่ 4.5 งานวัดเส้นผ่านศูนย์กลางบูชสลักลูกสูบ	112
ใบงานที่ 4.6 งานวัดความคดงอและบิดเบี้ยวของก้านสูบ	114
ใบงานที่ 4.7 งานวัดการสึกหรอแบร้งก้านสูบ	116
ใบงานที่ 4.8 งานวัดระยะรุนก้านสูบ	119
ใบงานที่ 4.9 งานวัดระยะปากแหวนลูกสูบ	121
ใบงานที่ 4.10 งานวัดระยะห่างร่องแหวนลูกสูบกับแหวนลูกสูบ	124



บทที่ 5 การวัดขนาดเพลาลูกเบี้ยว 127

ลักษณะและหน้าที่เพลาลูกเบี้ยว	128
ระยะโก่งเพลาลูกเบี้ยว (Cam Shaft Run-out)	129
การวัดความโตลูกเบี้ยว (Cam Lobe Height)	131
การวัดความโตเพลาลูกเบี้ยวที่จุดรองรับ (Camshaft Journal)	131
ระยะช่องว่างน้ำมันหล่อลื่นเพลาลูกเบี้ยว (Oil Clearance)	132
ระยะขยับเพลาลูกเบี้ยวตามแกนเพลาลูกเบี้ยว (Camshaft Trust Clearance)	135
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	136

ใบงานที่ 5.1 งานวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลากลางกระตือองกตลัน	138
ใบงานที่ 5.2 งานวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกเจอรันลของเพลาลูกเบี้ยว	141
ใบงานที่ 5.3 งานวัดความคดงของเพลาลูกเบี้ยว	144
ใบงานที่ 5.4 งานวัดความสูงลูกเบี้ยวของเพลาลูกเบี้ยว	146
ใบงานที่ 5.5 งานวัดระยะรุนเพลาลูกเบี้ยว	148



บทที่ 6 การวัดขนาดฝาสูบและวาล์ว 150

ฝาสูบโก่ง	151
การวัดขนาดวาล์ว	154
การวัดช่องว่างน้ำมันหล่อลื่นวาล์วไอดี - ไอเสีย (Valve Guide Bush Oil Clearance)	158
การวัดขนาดสปริงวาล์ว	161
ลูกถ้วยกตวาล์ว	163
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	167
ใบงานที่ 6.1 งานวัดความโก่งฝาสูบ	170
ใบงานที่ 6.2 งานวัดความโก่งเสื่อสูบ	173
ใบงานที่ 6.3 งานวัดความโก่งหน้าแปลนท่อร่วมไอดีและไอเสีย	176
ใบงานที่ 6.4 งานวัดเส้นผ่านศูนย์กลางก้านลันไอดีและไอเสีย	178
ใบงานที่ 6.5 งานวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในปลอกนำลัน	180
ใบงานที่ 6.6 งานวัดความเอียงสปริงลัน	182
ใบงานที่ 6.7 งานวัดความสูงสปริงลัน	184



บทที่ 7 การวัดและปรับตั้งระยะห่างวาล์ว 186

กลไกการกตวาล์ว	187
การวัดและปรับตั้งระยะห่างวาล์วแบบมีกระตือองกตวาล์ว	187
การวัดระยะห่างวาล์วแบบขับตรง	190
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	200
ใบงานที่ 7.1 งานวัดระยะช่องว่างปลอกนำลันกับลัน	203
ใบงานที่ 7.2 การปรับระยะกระตือองกตลัน	205



บทที่ 8 การวัดขนาดเพลาค้อเหวี่ยง

207

ลักษณะและหน้าที่เพลาค้อเหวี่ยง	208
การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาค้อเหวี่ยง	209
การวัดระยะโก่งเพลาค้อเหวี่ยง	212
การวัดระยะขยับเพลาค้อเหวี่ยงตามแนวแกนเพลาค้อ	214
ระยะช่องว่างน้ำมันหล่อลื่นเพลาค้อเหวี่ยง	216
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	219
ใบงานที่ 8.1 งานวัดความคดงของเพลาค้อเหวี่ยง	222
ใบงานที่ 8.2 งานวัดการสีกหรือของแบริ่งเพลาค้อเหวี่ยง	224
ใบงานที่ 8.3 งานวัดระยะรุนของเพลาค้อเหวี่ยง	228



บทที่ 9 การวัดขนาดดิสก์เบรกและดรัมเบรก

230

การวัดขนาดดิสก์เบรก	231
การวัดขนาดดรัมเบรก	237
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	244
ใบงานที่ 9 การวัดความหนาของจานเบรก	246



คำถามเพื่อการทบทวน

249



คำศัพท์

253



บรรณานุกรม

258

หน่วยการวัด และเครื่องมือวัดขนาด

บทที่

1

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (BEHAVIORAL OBJECTIVES)

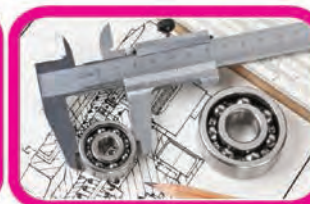
หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. อธิบายความหมายของเครื่องมือวัดและการวัดได้
2. จำแนกและใช้งานระบบหน่วยได้
3. แปลงหน่วยการวัดได้
4. อธิบายการวัดโดยตรงและการวัดเปรียบเทียบได้
5. จำแนกเครื่องมือวัดละเอียดและลักษณะการใช้งานได้ถูกต้อง
6. บอกสาเหตุที่ทำให้เกิดค่าผิดพลาดจากการวัดละเอียดในงานอุตสาหกรรมได้



บทที่ 1

หน่วยการวัด และเครื่องมือวัดขนาด



ความหมายของเครื่องมือวัดและการวัด

เครื่องมือวัด (Measurement Tools) หมายถึง เครื่องมือที่สร้างหรือออกแบบมาเพื่อใช้วัดมิติของชิ้นงาน

การวัดขนาด (Measurement) มีความหมายถึง วิธีการเปรียบเทียบขนาดกับตัววัดหรือเครื่องมือวัดที่กำหนดไว้กับมาตรฐานในการบอกขนาด เพื่อให้ทราบมิติของชิ้นงานนั้นว่าเป็นเท่าใด อธิบายความหมายของการวัดขนาดให้เข้าใจได้ง่าย เช่น การใช้เชือกพันรอบท่อกลม 1 รอบ ตัดเชือกออก แล้วคลายเชือกนั้นไปวางทาบบนไม้บรรทัดเพื่อหาขนาดของเส้นรอบวงของท่อกลม เป็นต้น

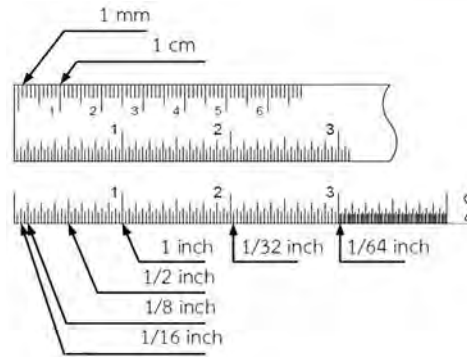
จุดมุ่งหมายของการวัดขนาด คือ การให้ได้มาซึ่งข้อมูลของขนาด เพื่อการควบคุมและตรวจสอบขนาดและรูปทรงของชิ้นงาน ความละเอียดในการวัดจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อคงความเที่ยงตรงทั้งการสร้างและการประกอบชิ้นงานต่าง ๆ

ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีความรู้พื้นฐานของการวัดละเอียดไม่ว่าจะเป็นประเภทของเครื่องมือวัด ระบบหน่วยที่ใช้ในการวัด การอ่านค่าบนสเกลของเครื่องมือวัดที่ใช้ในการปฏิบัติงาน การนำเครื่องมือวัดชนิดต่าง ๆ ไปใช้งานให้ถูกต้องตามลักษณะของเครื่องมือวัดและเหมาะสมกับลักษณะงาน



ระบบหน่วยในงานวัดละเอียด

งานวัดละเอียดนั้นมีหน่วยการวัดที่นิยมใช้กันหลายระบบ โดยแต่ละระบบนั้นสามารถที่จะปรับค่าหน่วยข้ามไปมาระหว่างระบบได้โดยขนาดที่แท้จริงยังคงเท่าเดิม ระบบในการวัดที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 2 ระบบ คือ **ระบบอังกฤษ (British System, BS)** คือ ระบบวัดเป็นนิ้ว (inch) และ **ระบบเมตริก (Metric System)** คือ วัดเป็นมิลลิเมตร (mm) ซึ่งได้มีการพัฒนาหลายครั้งจนได้เป็นระบบวัดแบบเมตริกซ์ SI ย่อมาจากคำว่า “The International System of Units) เป็นที่ยอมรับทางการค้าระหว่างประเทศทั่วโลก



รูปที่ 1.1 แสดงการเปรียบเทียบการวัดความยาวของทั้งสองระบบวัด

ระบบอังกฤษ

หน่วยวัดระบบอังกฤษเป็นหน่วยวัดที่เป็นที่นิยมในโรงงานต่าง ๆ เช่น อู่ โรงกลึง หรือโรงงาน เป็นต้น หน่วยการวัดของระบบอังกฤษมีการอ่านค่าเป็นนิ้ว และแบ่งออกเป็น ส่วน ๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ (") ข้างหลังตัวเลข เช่น 1" หมายถึง 1 นิ้ว และ (') หมายถึง ฟุต

การวัดขนาดที่มีขนาดเล็กในระบบอังกฤษ จะใช้เป็นสัดส่วนของนิ้ว (รูปที่ 1.1) เช่น $1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$ และ $1/64$ ซึ่งในบางครั้งปริมาณเหล่านี้อาจจะเล็กไม่เพียงพอ เพราะสำหรับที่มีความละเอียดสูง นั้นอาจจะวัดขนาดเป็นเศษส่วนพัน เช่น ระยะหลวมของลูกปืนเป็น 0.002 นิ้ว (สองส่วน พันนิ้ว) เป็นต้น

มาตรฐานระบบอังกฤษ

12"	เป็น	1	ฟุต
36"	เป็น	1	หลา
3 ฟุต	เป็น	1	หลา
5,280 ฟุต	เป็น	1	ไมล์
1,760 หลา	เป็น	1	ไมล์
และใน 1" (หนึ่งนิ้ว) จะถูกแบ่งส่วนออกเป็น			
$1/2"$	เท่ากับ	0.5	นิ้ว
$1/4"$	เท่ากับ	0.25	นิ้ว
$1/8"$	เท่ากับ	0.125	นิ้ว
$1/16"$	เท่ากับ	0.0625	นิ้ว
$1/32"$	เท่ากับ	0.03125	นิ้ว
$1/64"$	เท่ากับ	0.015625	นิ้ว

ระบบหน่วยวัดระหว่างประเทศ SI : International System of Units

ระบบหน่วยวัดระหว่างประเทศ หรือ ระบบ SI เป็นระบบการวัดที่ปรับปรุงมาจากระบบเมตริก โดยเน้นการสร้างมาจากหน่วยฐานทั้งเจ็ดหน่วยและใช้ระบบเลขฐานสิบ ระบบหน่วยเมตริกถือว่าเป็นระบบการวัดที่ใช้แพร่หลายที่สุดในโลกทั้งในชีวิตประจำวันและทางวิทยาศาสตร์ เป็นหน่วยวัดที่สามารถวัดขนาดชิ้นงานได้ละเอียด เหมาะสำหรับการวัดชิ้นงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงและยังเป็นระบบหน่วยที่ได้รับการยอมรับจากองค์การมาตรฐานนานาชาติ (ISO) อีกด้วย หน่วยฐาน SI มีทั้งหมด 7 หน่วย ดังตารางที่ 1.1 ได้แก่

ตารางที่ 1.1 หน่วยพื้นฐานในระบบ SI (SI Base Units)

ปริมาณฐาน (Base Quantities)	หน่วย (Units) ที่ใช้	สัญลักษณ์ (Symbols)
1) ความยาว (Length)	เมตร	m
2) มวล (Mass)	กิโลกรัม	kg
3) เวลา (Time)	วินาที	s
4) กระแสไฟฟ้า (Electric Current)	แอมแปร์	A
5) อุณหภูมิเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamic Temperature)	เคลวิน โมล	K mol
6) ปริมาณของสาร (Amount of Substance)	แคนเดลา	cd
7) ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity)		

ปริมาณที่ 1 ถึง 3 ส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในเรื่องกลศาสตร์ รวมถึงการผสมกันเพื่อกลายเป็นหน่วยอนุพันธ์ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

คำนำหน้าหน่วยหรืออุปสรรคในระบบเอสไอ (SI Prefixes)

คำนำหน้าหน่วยเป็นสัญลักษณ์ที่ถูกนำมาวางไว้หน้าหน่วย มีจุดประสงค์เพื่อให้การแสดงผลมีความกะทัดรัดมากขึ้นมักจะใช้ร่วมกับการคูณด้วยเลข 10 ยกกำลัง แล้วใช้คำอุปสรรค (Prefix) นำหน้าแทน คำอุปสรรคเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แทนตัวพหุคูณ ใช้วางหน้าหน่วย เพื่ออธิบายปริมาณที่มีค่ามากหรือน้อย คำอุปสรรคที่จะพบบ่อย ๆ แสดงไว้ในตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.2 คำนำน้าหน่วยหรืออุปสรรคในระบบ SI (SI Prefixes)

คำอุปสรรค (Prefix)	สัญลักษณ์ (Symbol)	ตัวพหุคูณ (Factor)	คำอุปสรรค (Prefix)	สัญลักษณ์ (Symbol)	ตัวพหุคูณ (Factor)
เทระ (tera)	T	10^{12}	เดซิ (deci)	d	10^{-1}
จิกะ (giga)	G	10^9	เซนติ (centi)	c	10^{-2}
เมกะ (mega)	M	10^6	มิลลิ (milli)	m	10^{-3}
กิโล (kilo)	k	10^3	ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}
เฮกโต (hecto)	h	10^2	นาโน (nano)	N	10^{-9}
เดกะ (deca)	da	10	พิโค (pico)	p	10^{-12}

ตัวอย่างเช่น ถ้าสมมุติให้ ความยาวของคลื่นมีค่า 0.000 000 005 เมตร จะเห็นได้ว่าค่านี้มีขนาดเล็กมาก ดังนั้น การเขียนค่าโดยใช้คำอุปสรรคจะสะดวกกว่า ดังนี้

$$\text{ความยาวคลื่น} = 0.000\ 000\ 005\ \text{m} = 5 \times 10^{-9}\ \text{m} = 5\ \text{N}$$

เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 1.1 ระยะทางระหว่างดวงอาทิตย์กับโลกมีค่าประมาณ 149,600,000,000 เมตร คิดเป็นกี่เมกะเมตร

$$\begin{aligned}\text{วิธีทำ} \quad \text{ระยะทาง} &= 149\ 600\ 000\ 000\ \text{m} \\ &= 149\ 600 \times 10^6\ \text{m} = 149\ 600\ \text{Mm}\end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.2 หินก้อนหนึ่งมีมวล 5320 กรัม คิดเป็นกิโลกรัม

$$\begin{aligned}\text{วิธีทำ} \quad \text{มวล} &= 5320 \times \frac{1\ \text{kg}}{1000} \\ &= \frac{5320}{1000}\ \text{kg} \\ &= 5.320\ \text{kg}\end{aligned}$$

หน่วยอนุพันธ์เอสไอ (SI Derived Units)

หน่วยอนุพันธ์ เป็นการนำหน่วยฐานในระบบ SI หลาย ๆ หน่วยมารวมกัน ตัวอย่างเช่น แรงซึ่งมีหน่วยเป็นนิวตัน (N) เกิดจากผลคูณของมวลกับความเร่ง ตามกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

$$\begin{array}{ccc} F & = & m \times a \\ \downarrow & & \downarrow \quad \downarrow \\ N & = & \text{kg} \times (\text{m/s}^2)\end{array}$$

ดังนั้น N จึงเป็นหน่วยอนุพันธ์ ซึ่งเกิดจากการรวมกันของ kg, m และ s ซึ่งเป็นหน่วยฐาน ตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 หน่วยอนุพันธ์เอสไอ (SI Derived Units)

ปริมาณฐาน (Base Quantities)	หน่วย (Units) ที่ใช้	สัญลักษณ์ (Symbols)
พื้นที่	ตารางเมตร	m^2
ปริมาตร	ลูกบาศก์	m^3
ความเร็ว	เมตร/วินาที	m/s
ความเร่ง	เมตร/วินาที ²	m/s^2
แรง	นิวตัน	$N \Rightarrow kg \cdot m/s^2$
งาน	จูล	$J \Rightarrow N \cdot m$
ความถี่	เฮิรตซ์	$Hz \Rightarrow s^{-1}$
ความดัน	ปาสคาล	$Pa \Rightarrow N/m^2$

การแปลงหน่วย

การแปลงหน่วยการวัดก็คือเป็นอีกหนึ่งเรื่องที่มีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้สามารถปฏิบัติงานได้อย่างกว้างขวาง การแปลงหน่วยนั้นสามารถที่จะแปลงจากหน่วยการวัดระบบหนึ่งมาเป็นหน่วยการวัดอีกระบบหนึ่งได้ เช่น การแปลงหน่วยการวัดจากระบบอังกฤษมาเป็นระบบ SI หรือการแปลงหน่วยจากหน่วยใหญ่ลงมามีหน่วยเล็กหรือหน่วยเล็กขึ้นไปหาหน่วยใหญ่ เป็นต้น โดยจะมีการใช้ **ตารางเปลี่ยนหน่วย (Conversion Factor)** ดังตัวอย่าง ในตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างตารางแปลงหน่วย

ตารางแปลงหน่วย		
จาก	แปลงเป็น	ตัวคูณ
ปริมาตร		
แกลลอน (อังกฤษ)	แกลลอน (อเมริกา)	1.2
แกลลอน (อเมริกา)	แกลลอน (อังกฤษ)	0.83
แกลลอน (อังกฤษ)	ลิตร	4.5
ลิตร	แกลลอน (อังกฤษ)	0.22
ลิตร	ลูกบาศก์เมตร	0.001
ลูกบาศก์ฟุต	ลิตร	28.32
ลูกบาศก์เมตร	ลูกบาศก์ฟุต	35.31
ลูกบาศก์หลา	ลูกบาศก์เมตร	0.7641

ตารางที่ 1.4 ตัวอย่างตารางแปลงหน่วย (ต่อ)

ตารางแปลงหน่วย		
จาก	แปลงเป็น	ตัวคูณ
ปริมาณการไหลของน้ำ		
แกลลอน (อเมริกา)/นาที่	ลูกบาศก์เมตร/วินาที	0.0000631
แกลลอน (อังกฤษ)/นาที่	ลูกบาศก์เมตร/วินาที	0.0000523
แกลลอน (อังกฤษ)/นาที่	ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง	0.272
ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง	แกลลอน/นาที่	3.67
ความเร็ว		
ฟุต/นาที่	เมตร/วินาที	0.00508
ฟุต/วินาที	เมตร/วินาที	0.3048
กิโลเมตร/ชั่วโมง	เมตร/วินาที	0.2778
ไมล์/ชั่วโมง	เมตร/วินาที	0.4470
ไมล์/นาที่	เมตร/วินาที	26.8224

ตัวอย่างที่ 1.3 ถังน้ำหนึ่งมีปริมาตร 50 ลูกบาศก์เมตร (m^3) จะมีปริมาตรเป็นกี่ลูกบาศก์ฟุต (ft^3)

วิธีทำ จากตารางที่ 1.4

ลูกบาศก์เมตร (m^3) แปลงเป็นลูกบาศก์ฟุต (ft^3) ให้คูณด้วย 35.31

ดังนั้น $50 \text{ ลูกบาศก์เมตร} = 50 \times 35.31 = 1765.5 \text{ ลูกบาศก์ฟุต} (\text{ft}^3)$

ตัวอย่างที่ 1.4 รถยนต์มีความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที (m/s) จะมีความเร็วกี่กิโลเมตรต่อชั่วโมง

วิธีทำ จากตารางที่ 1.4

กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h) แปลงเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) ให้คูณด้วย 0.2778

ดังนั้น เมตรต่อวินาที (m/s) แปลงเป็นกิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h) ให้หารด้วย 0.2778

$10 \text{ เมตรต่อวินาที} (\text{m/s}) = 10 / 0.2778 = 36 \text{ กิโลเมตรต่อชั่วโมง} (\text{km/h})$

ตารางแปลงหน่วยสามารถดูเพิ่มเติมได้จากภาคผนวก



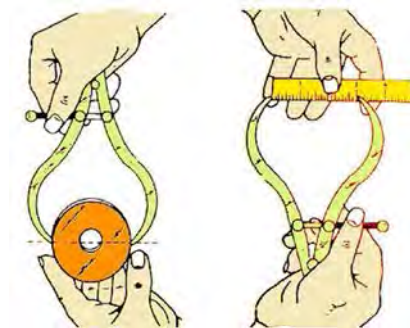
การวัดโดยตรงและการวัดเปรียบเทียบ

เครื่องมือวัดความยาวประเภทบรรทัดเหล็กหรือตลับเมตรจะมีการระบุเกลวบนเครื่องมือเลย หลักการวัด คือ การนำอุปกรณ์เหล่านี้ไปเทียบกับสิ่งที่ต้องการวัดและอ่านค่าขนาดโดยสายตา วิธีนี้เรียกว่า **“การวัดโดยตรง”** ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การวัดโดยตรง

การวัดโดยตรงความแม่นยำจะมีข้อจำกัดอยู่ที่ตำแหน่งในการมอง ยิ่งไปกว่านั้นถ้าการวัดกระทำกับสิ่งที่ไม่แบนราบ เช่น ชิ้นงานทรงกลม ความคลาดเคลื่อนยิ่งมากขึ้น วิธี **“การวัดเพื่อเปรียบเทียบ”** จึงถูกนำมาใช้ เพื่อลดข้อผิดพลาดเหล่านี้ การวัดเพื่อเปรียบเทียบจะใช้เครื่องมือพิเศษอื่น ๆ มาทำหน้าที่ **“ถ่ายทอดขนาดจริงของสิ่งที่จะวัด”** แล้วนำไปอ่านค่าขนาดกับมาตรวัดมาตรฐาน ตัวอย่าง เช่น การใช้ขาของคาลิเปอร์วัดสัมผัสกับชิ้นงานแล้วจึงนำไปเทียบกับสเกลของบรรทัดเหล็กเพื่ออ่านค่า ดังรูปที่ 1.3 คาลิเปอร์จึงทำหน้าที่เป็นเครื่องมือถ่ายทอดขนาด และบรรทัดเหล็กเป็นมาตรวัดมาตรฐาน เป็นต้น



รูปที่ 1.3 การวัดเปรียบเทียบ



ประเภทของเครื่องมือวัดละเอียด

เครื่องมือวัดละเอียดที่นิยมใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมนั้นมียู่อหลายหลายรูปแบบและลักษณะของการใช้งาน รวมทั้งความละเอียดในการบอกค่าด้วย โดยจำแนกได้ดังนี้

1. เครื่องมือวัดแบบไม่มีขีดมาตรา (Non-Scale Measuring Tools)

เครื่องมือวัดแบบที่ไม่มีขีดมาตรา คือ เครื่องมือวัดที่ไม่มีตัวเลขบอกขนาดปรากฏอยู่บนเครื่องมือ เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดเพื่อเปรียบเทียบ ใช้สำหรับถ่ายทอดขนาดของชิ้นงานไปยังอีกชิ้นหนึ่งหรือไปยังเครื่องมือวัดที่มีขีดมาตราหากต้องการทราบค่าขนาดที่ทำการวัด ที่ใช้กันมาก คือ คาลิเปอร์ (Caliper) ซึ่งมี 2 ชนิด ดังรูปที่ 1.4 คือ **คาลิเปอร์วัดนอก (Outside Caliper)** และ **คาลิเปอร์วัดใน (Inside Caliper)**



คาลิเปอร์วัดนอก

คาลิเปอร์วัดใน

รูปที่ 1.4 คาลิเปอร์

2. เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตรา (Scale Measuring Tools)

เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตรา เป็นเครื่องมือวัดที่มีความสะดวกรวดเร็วในการทำงานมากกว่าเครื่องมือวัดแบบไม่มีขีดมาตรา เพราะสามารถอ่านตัวเลขบนขีดสเกลของเครื่องมือวัดได้เลย แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ **เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตราคงที่ (Fixed Scale)** และ **เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตราเลื่อนได้ (Sliding Scale)**

2.1 เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตราคงที่

เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตราคงที่ คือ เครื่องมือวัดที่มีขีดมาตราประทับอยู่ที่เรือนของเครื่องมือวัดโดยไม่สามารถขยับหรือเลื่อนขีดมาตราเหล่านั้นได้ เช่น บรรทัดเหล็ก ตลับเมตร หัววัดเกลียว ฉากผสม ฟीलเลอร์เกจ เกจวัดรัศมี ดังรูปที่ 1.5 เป็นต้น



บรรทัดเหล็ก



ตลับเมตร



ฉากผสม



หัววัดเกลียว



ฟิลเลอร์เกจ



เกจวัดรัศมี

รูปที่ 1.5 เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตราคงที่แบบต่าง ๆ

2.2 เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตราเลื่อนได้

เครื่องมือวัดแบบมีขีดมาตราเลื่อนได้ คือ เครื่องมือวัดที่สามารถยับหรือเลื่อนขีดมาตราที่อยู่บนตัวของเครื่องมือวัดตามขนาดต่าง ๆ ของชิ้นงานได้ เช่น เวอร์เนียคาลิเปอร์ ไมโครมิเตอร์ ดังรูป 1.6 เป็นต้น



เวอร์เนียคาลิเปอร์



ไมโครมิเตอร์

รูปที่ 1.6 เวอร์เนียคาลิเปอร์และไมโครมิเตอร์



นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือวัดอีกประเภทหนึ่งที่ไม่ได้กล่าวถึงนั่นคือ เครื่องมือวัดแบบค่าคงที่ หรือ **เกจบล็อก (Gauge Block)** ซึ่งมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมขนาดต่าง ๆ ดังรูปที่ 1.7 ซึ่งเครื่องมือวัดประเภทนี้จะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

รูปที่ 1.7 เกจบล็อก



ค่าผิดพลาดจากการวัดละเอียด

ค่าผิดพลาดจากการวัดละเอียดเป็นค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการวัดขนาดของชิ้นงาน ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้ว มักมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้เสมอไม่ว่าจะเป็นในงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่หรือโรงงานขนาดเล็ก สาเหตุที่ทำให้เกิดค่าผิดพลาดจากการวัดละเอียดพอสรุปได้ดังนี้

1. ค่าผิดพลาดที่เกิดจากตัวผู้ปฏิบัติงานเอง เช่น สภาพร่างกายไม่พร้อมในการปฏิบัติงาน อ่านค่าบนสเกลผิดพลาด หรือใช้เครื่องมือวัดไม่ถูกวิธีและไม่เหมาะสมกับลักษณะงาน
2. ค่าผิดพลาดที่เกิดจากตัวของเครื่องมือวัดเอง เช่น สเกลบนเครื่องมือวัดไม่ถูกต้อง เนื่องมาจากกรรมวิธีการผลิต การปรับแต่งของผู้ใช้งานโดยไม่มีความรู้ความชำนาญ เครื่องมือวัดได้รับการกระแทกทำให้สเกลคลาดเคลื่อน หรือเครื่องมือวัดมีอายุการใช้งานมากเกิดการชำรุดตามอายุการใช้งาน
3. ความผิดพลาดที่เกิดจากสภาพแวดล้อมภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีผลกระทบต่อเครื่องมือวัดบางชนิด แสงสว่างที่ไม่เพียงพอในขณะที่ทำการวัดด้วยเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดสูง เป็นต้น