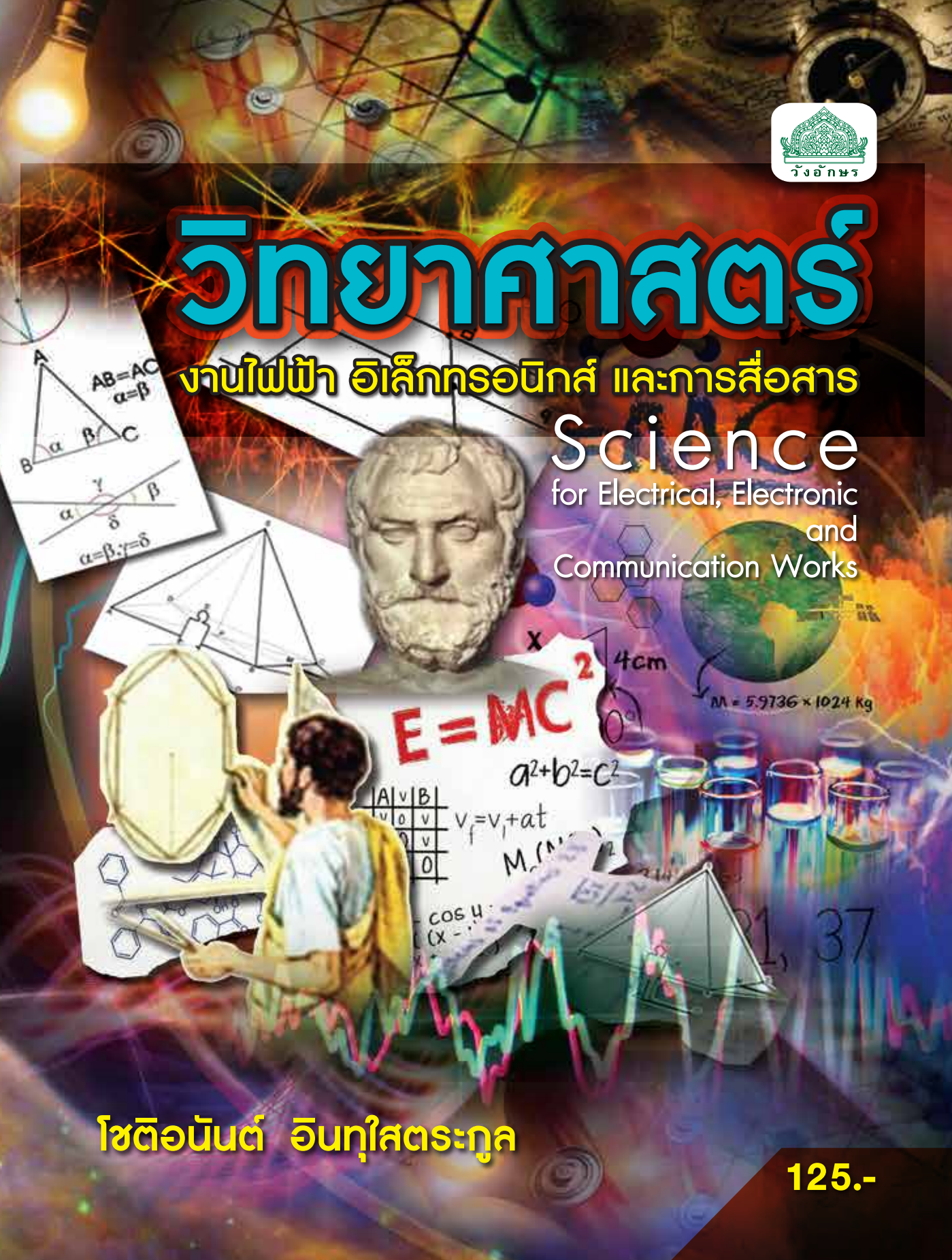




วิทยาศาสตร์

งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และการสื่อสาร

Science
for Electrical, Electronic
and
Communication Works



โชติอนันต์ อินทุโสตรระกุล

125.-



วิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และการสื่อสาร

(Science for Electrical, Electronic and Communication Works)

รหัสวิชา 30000-1303

หมวดวิชาสมรรถนะแกนกลาง กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563
ใช้ได้กับหลักสูตรปริญญาตรีและผู้ที่เกี่ยวข้องในงานนั้น ๆ ทั่วไป



**เรียบเรียงโดย
โชติอนันต์ อินทุโสทรกุล และคณะ**

วิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และการสื่อสาร

(Science for Electrical, Electronic and Communication Works)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และการสื่อสาร เกี่ยวกับเวกเตอร์ แรง และสมมูลของแรง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า สนามแม่เหล็กไฟฟ้า สารละลาย ปฏิกิริยาเคมีและไฟฟ้าเคมี และการประยุกต์ใช้ในงานอาชีพที่เกี่ยวข้อง

โชติอนันต์ อินทุโสตระกูล.

วิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และการสื่อสาร -- กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2564.
408 หน้า.

1. วิทยาศาสตร์--การศึกษาและการสอน I. ชื่อเรื่อง.

507

ISBN 978-616-495-192-1

จัดพิมพ์และจัดจำหน่าย โดย...



วังอักษร

บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

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

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

www.wangaksorn.com

ID Line : @wangaksorn



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2564

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

โดย บริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้

ไปทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ

นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากทางบริษัทเท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดย บริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



คำนำ

วิชาวิทยาศาสตร์งานไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ และการสื่อสาร รหัสวิชา 30000-1303 จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะแกนกลาง กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 8 บทเรียน **ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated)** ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทักษะ หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ **เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer)** เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ **และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็นผู้จัดการชั้นแนะ (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 วาจาใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

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

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาทวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

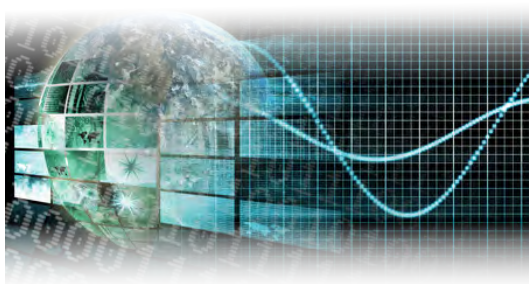
โชติอนันต์ อินทุโสตระกูล และคณะ



สารบัญ

บทที่ 1 หน่วยการวัดและเวกเตอร์ 1

แนวคิด/หลักการ	3
หน่วยการวัด	3
ตัวเลขนัยสำคัญ	10
ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์	15
ระบบพิกัด (แกนอ้างอิง)	15
เวกเตอร์	18
การบวกและลบเวกเตอร์	21
การคูณเวกเตอร์	29
สรุปสาระสำคัญ	33
แบบทดสอบ	36



บทที่ 2 แรงและสมมูลของแรง 39

แนวคิด/หลักการ	41
แรง	41
การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน	43
สภาพสมดุล	50
สมมูลต่อการเลื่อนที่	52
สมมูลต่อการหมุน	60
ศูนย์กลางมวลและศูนย์กลาง	64
สมดุลวัตถุ	66
เสถียรภาพของสมดุล	74
การนำหลักสมดุลไปประยุกต์	75
สรุปสาระสำคัญ	82
แบบทดสอบ	85

บทที่ 3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

แนวคิด/หลักการ	96
ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ และการทดลองของเฮิร์ตซ์	96
การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากสายอากาศ	99
สเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	102
โพลาริเซชันของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	111
สรุปสาระสำคัญ	120
แบบทดสอบ	122

94



บทที่ 4 ไฟฟ้าสถิต

127

แนวคิด/หลักการ	129
ประจุไฟฟ้า	129
กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า	135
การเหนี่ยวนำไฟฟ้า	135
แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์	140
สนามไฟฟ้า	145
เส้นสนามไฟฟ้า	151
ศักย์ไฟฟ้า	159
ตัวเก็บประจุและความจุ	170
การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์	179
สรุปสาระสำคัญ	183
แบบทดสอบ	186

บทที่ 5 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก

แนวคิด/หลักการ	196
การเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ในสนามแม่เหล็ก	196
กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก	200
แรงกระทำต่อลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน และอยู่ในสนามแม่เหล็ก	206

194



แรงระหว่างลวดตัวนำสองเส้นที่ขนานกัน	
และมีกระแสไฟฟ้าผ่าน	210
แรงกระทำต่อลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน	
และอยู่ในสนามแม่เหล็ก	213
การประยุกต์ผลของสนามแม่เหล็กต่อตัวนำ	
ที่มีกระแสไฟฟ้าผ่าน	215
กระแสไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	
และแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ	219
แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำในมอเตอร์	
และเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	223
หม้อแปลง	233
การนำความรู้ทางแม่เหล็กไฟฟ้าไปใช้ประโยชน์	239
สรุปสาระสำคัญ	243
แบบทดสอบ	247



บทที่ 6 สารละลาย

252

แนวคิด/หลักการ	254
ความหมายของสารละลาย	254
ลักษณะของสารละลาย	255
สภาพการละลาย	257
ความเข้มข้นของสารละลาย	257
การเตรียมสารละลาย	264
สมบัติบางประการของสารละลาย	269
ปัจจัยที่มีผลต่อการละลาย	276
สารละลายกรด - เบส	278
สรุปสาระสำคัญ	283
แบบทดสอบ	289

บทที่ 7 ปฏิกิริยาเคมี

293

แนวคิด/หลักการ	295
การเกิดปฏิกิริยาเคมี	295
พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	299
อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	300



ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน
สรุปสาระสำคัญ
แบบทดสอบ

302
306
310
312



บทที่ 8 ไฟฟ้าเคมี

319

แนวคิด/หลักการ 321
ปฏิกิริยารีดอกซ์ 321
เซลล์ไฟฟ้าเคมี 325
เซลล์อิเล็กโทรไลติก 359
ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ
เซลล์ไฟฟ้าเคมี 368
สรุปสาระสำคัญ 372
แบบทดสอบ 379

คำถามเพื่อการทบทวน

384

คำศัพท์

389

บรรณานุกรม

397







บทที่ หน่วยการวัด และเวกเตอร์

1

แนวคิด

ระบบเอสไอ (SI) เป็นระบบหน่วยมาตรฐานที่ทุกประเทศใช้ แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ หน่วยฐาน (Base Units) และหน่วยอนุพัทธ์ (Derived Units)

ตัวเลขนัยสำคัญ คือ ตัวเลขที่ได้จากเครื่องมือวัด จำนวนตัวเลขขึ้นกับความละเอียดของเครื่องมือ ตัวเลขนัยสำคัญมีความสำคัญต่อปริมาณที่จะต้องนำมาคำนวณ

ปริมาณสเกลาร์ (Scalar Quantity) คือ ปริมาณที่มีแต่ขนาด ได้แก่ มวล ปริมาตร เวลา ระยะทาง อุณหภูมิ เป็นต้น

ปริมาณเวกเตอร์ คือ ปริมาณที่มีทั้งขนาดและทิศทาง ได้แก่ ความเร่ง ความเร็ว การกระจัด เป็นต้น

สาระการเรียนรู้

1. หน่วยการวัด
2. ตัวเลขนัยสำคัญ
3. ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์
4. ระบบพิกัด (แกนอ้างอิง)
5. เวกเตอร์
6. การบวกและลบเวกเตอร์
7. การคูณเวกเตอร์



สมรรถนะประจำบท

1. ศึกษาหน่วยการวัดและเวกเตอร์
2. แสดงวิธีการบวก ลบ และคูณเวกเตอร์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. อธิบายและยกตัวอย่างหน่วยการวัด
2. บอกหลักการนับจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ
3. สรุปปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์
4. อธิบายและยกตัวอย่างระบบพิกัด (แกนอ้างอิง)
5. บอกความหมายและสมบัติพื้นฐานของเวกเตอร์
6. หาผลบวก ลบ และคูณเวกเตอร์



บทที่

1

หน่วยการวัดและเวกเตอร์



แนวคิด/หลักการ

วิทยาศาสตร์เน้นการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ ซึ่งจะอธิบายได้ดีตรงกันนั้นจำเป็นต้องมีการวัดและมีหน่วยในการวัดที่เป็นมาตรฐาน สิ่งที่เป็นพื้นฐานที่นักวิทยาศาสตร์คำนึงโดยทั่วไป คือ เรื่องของความยาว มวล เวลา กระแสไฟฟ้า อุณหภูมิ ปริมาณของสาร และความเข้มข้นของการส่องสว่าง ส่วนปริมาณอื่นสามารถหาได้จากสัมพันธ์ของปริมาณมูลฐาน โดยกำหนดความหมายหรือนิยามของปริมาณนั้น ๆ ดังจะได้ศึกษารายละเอียดในบทเรียนนี้



หน่วยการวัด

การวัดปริมาตรต่าง ๆ ให้ได้มาตรฐานเดียวกันเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้การติดต่อดำเนินการเป็นไป ด้วยความสะดวก รวดเร็ว และเข้าใจตรงกัน องค์การระหว่างชาติเพื่อการมาตรฐาน (ISO หรือ International Organization for Standardization) ได้กำหนดระบบหน่วยมาตรฐานที่เรียกว่า **ระบบหน่วยระหว่างชาติ (International System of Units)** หรือ **ระบบเอสไอ (SI)** ให้ทุกประเทศใช้เป็นมาตรฐาน เป็นระบบหน่วยสากลที่ใช้เป็นมาตรฐานเดียวกันสำหรับการวัดในทางวิทยาศาสตร์และทางอุตสาหกรรม ระบบหน่วย SI แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

หน่วยฐาน (Base Units)

หน่วยฐานเป็นหน่วยหลักของระบบเอสไอ มีทั้งหมด 7 หน่วยด้วยกัน ดังตาราง

ตารางที่ 1.1 ชื่อและสัญลักษณ์ของหน่วยฐาน

หน่วยฐาน	ศัพท์บัญญัติ	สัญลักษณ์	ปริมาณฐาน
Metre	เมตร	m	ความยาว
Kilogram	กิโลกรัม	kg	มวล
Second	วินาที	s	เวลา
Ampere	แอมแปร์	A	กระแสไฟฟ้า
Kelvin	เคลวิน	K	อุณหภูมิอุณหพลวัต
Mole	โมล	mol	ปริมาณของสาร
Candela	แคนเดลา	cd	ความเข้มของการส่องสว่าง

CGPM ได้กำหนดนิยามหน่วยฐานทั้ง 7 หน่วย ดังนี้

1. **เมตร (Meter)** คือ ความยาวที่แสงเดินทางได้ในสุญญากาศ ในช่วงเวลา $\frac{1}{229,792,458}$ ของวินาที

2. **กิโลกรัม (Kilogram)** คือ หน่วยของมวลซึ่งเท่ากับมวลต้นแบบระหว่างชาติของกิโลกรัม

3. **วินาที (Second)** คือ ช่วงเวลา 9,192,631,770 เท่าของคาบการแผ่รังสีที่เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานของอะตอมซีเซียม -133 ระหว่างระดับไฮเพอร์ไฟน์ 2 ระดับของสถานะพื้น

4. **แอมแปร์ (Ampere)** คือ กระแสคงตัวซึ่งเมื่ออยู่ในตัวนำตรง 2 เส้น ที่มีความยาวไม่จำกัด และมีพื้นที่หน้าตัดน้อยจนไม่ต้องคิด วางอยู่คู่ขนานห่างกัน 1 เมตรในสุญญากาศแล้วจะทำให้เกิดแรงระหว่างลวดตัวนำทั้งสองเท่ากับ 2×10^{-7} นิวตันต่อความยาว 1 เมตร

5. **เคลวิน (Kelvin)** คือ หน่วยของอุณหภูมิอุณหพลวัตมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{273.16}$ ของอุณหภูมิ-อุณหพลวัตของจุดรวมสามของน้ำ

(หมายเหตุ : หน่วย เคลวิน ซึ่งมีสัญลักษณ์ K เป็นหน่วยทั้งอุณหภูมิอุณหพลวัต และช่วงหรือความต่างอุณหภูมิ)

6. **โมล (Mole)**

6.1 **โมล** คือ ปริมาณของสารในระบบซึ่งประกอบด้วยองค์ประกอบมูลฐานที่เทียบกับจำนวนอะตอมคาร์บอน 12 ปริมาณ 0.012 กิโลกรัม

6.2 ในการใช้โมลต้องมีการกำหนดองค์ประกอบมูลฐานด้วย ซึ่งอาจจะเป็นอะตอม โมเลกุล ไอออนอิเล็กตรอน อนุภาคอื่น ๆ หรือกลุ่มอนุภาคดังกล่าว

(หมายเหตุ : ตามนิยามนี้เป็นที่เข้าใจว่า อะตอมคาร์บอน 12 ต้องไม่ถูกยึดเหนี่ยวและอยู่ในสถานะพื้น)

7. แคนเดลา (Candela) คือ ความเข้มของการส่องสว่างในทิศที่กำหนดของแหล่งกำเนิดที่แผ่รังสีของแสงความถี่เดียวที่มีความถี่ 540×10^{12} เฮิร์ตซ์ และมีความเข้มของการแผ่รังสีในทิศทางนั้นเท่ากับ $\frac{1}{683}$ วัตต์ต่อสเตอเรเดียน

หน่วยอนุพัทธ์ (Derived Units)

หน่วยอนุพัทธ์เป็นหน่วยซึ่งเกิดจากการนำหน่วยฐานหลายหน่วยมาเกี่ยวเนื่องกัน หน่วยอนุพัทธ์มีหลายหน่วย มีชื่อและสัญลักษณ์ที่กำหนดขึ้นโดยเฉพาะ พิจารณาได้ดังตาราง

ตารางที่ 1.2 ชื่อและสัญลักษณ์ของหน่วยอนุพัทธ์

ปริมาณอนุพัทธ์	หน่วยอนุพัทธ์				
	ชื่อหน่วย	ศัพท์บัญญัติ	สัญลักษณ์	ในเทอมของเอสไออื่น	ในเทอมของหน่วยฐาน
ความถี่	เฮิร์ตซ์	hertz	Hz	-	s^{-1}
แรง	นิวตัน	newton	N	-	$m \text{ kg s}^{-2}$
ความดัน	พาสคัล	pascal	Pa	N/m^2	$m^{-1} \text{ kg s}^{-2}$
พลังงาน งาน ปริมาณความร้อน	จูล	jule	J	$N \text{ m}$	$m^2 \text{ kg s}^{-2}$
กำลัง พลังค์การแผ่รังสี	วัตต์	watt	W	J/s	$m^2 \text{ kg s}^{-3}$
ประจุไฟฟ้า ปริมาณไฟฟ้า	คูลอมบ์	coulomb	C	-	$s \text{ A}$
ศักย์ไฟฟ้า ความต่างศักย์ ร.ค.ฟ.	โวลต์	volt	V	W/A	$m^2 \text{ kg s}^{-3} \text{ A}^{-1}$
ความจุ	ฟารัด	farad	F	C/V	$m^{-2} \text{ kg}^{-1} \text{ s}^4 \text{ A}^2$
ความต้านทาน	โอห์ม	ohm	Ω	V/A	$m^2 \text{ kg s}^{-3} \text{ A}^{-2}$
ความนำ	ซีเมนส์	siemens	S	A/V	$m^{-2} \text{ kg}^{-1} \text{ s}^3 \text{ A}^2$
ฟลักซ์แม่เหล็ก	เวเบอร์	weber	Wb	$V \text{ s}$	$m^2 \text{ kg s}^{-2} \text{ A}^{-1}$

ตารางที่ 1.2 ชื่อและสัญลักษณ์ของหน่วยอนุพัทธ์ (ต่อ)

ปริมาณอนุพัทธ์	หน่วยอนุพัทธ์				
	ชื่อหน่วย	ศัพท์บัญญัติ	สัญลักษณ์	ในเทอมของเอสไออื่น	ในเทอมของหน่วยฐาน
ความหนาแน่นฟลักซ์แม่เหล็ก	เทสลา	tesla	T	Wb/m^2	$\text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$
ความเหนี่ยวนำ	เฮนรี	henry	H	Wb/A	$\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-2}$
ฟลักซ์ส่องสว่าง	ลูเมน	lumen	lm	cd sr	cd
ความสว่าง	ลักซ์	lux	lx	lm/m^2	$\text{m}^{-2} \text{cd}$
กัมมันตภาพ	เบ็กเคอเรล	becquerel	Bq	-	s^{-1}
ขนาดกำหนดของกัมมันตภาพรังสี	ซีเวิร์ต	sievert	Sv	J/kg	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
ขนาดกำหนดของการดูดกลืนของรังสีที่ทำให้แตกตัวเป็นไอออน	เกรย์	gray	Gy	J/kg	$\text{m}^2 \text{s}^{-2}$
มุมระนาบ	เรเดียน	radian	rad	-	m/m
มุมตัน	สเตอเรเดียน	steradian	sr	-	m^2/m^2

คำนำหน้าหน่วยหรือคำอุปสรรค (Prefixes)

การวัดปริมาณกายภาพต่าง ๆ ไม่ว่าจะจัดในหน่วยมูลฐานหรือหน่วยอนุพัทธ์ก็ตาม บางครั้งเมื่อค่าในหน่วยฐานหรือหน่วยอนุพัทธ์มากหรือน้อยเกินไป เราสามารถเขียนค่านั้นเป็นตัวเลขคูณด้วยตัวพหุคูณ (เลขสิบยกกำลังบวกหรือลบ) ได้ ตัวอย่างเช่น 0.000 007 แอมแปร์ เขียนเป็น 7×10^{-6} แอมแปร์ หรือ 2 000 000 000 วัตต์ เขียนเป็น 2×10^9 วัตต์ ซึ่งตัวคูณ 10^{-6} และ 10^9 ให้เขียนแทนด้วยคำนำหน้าหน่วย ไมโคร (μ) และจิกะ (G) กำกับไว้หน้าแอมแปร์และวัตต์ตามลำดับ คำนำหน้าหน่วยที่ใช้แทนตัวคูณและสัญลักษณ์แสดงไว้ในตาราง

ตารางที่ 1.3 คำนำน้าหน่วยและสัญลักษณ์

ตัวคูณ	คำนำน้าหน่วย		สัญลักษณ์
	ชื่อ	ศัพท์บัญญัติ	
10^{24}	yotta	ยอตตะ	Y
10^{21}	zetta	เซตตะ	Z
10^{18}	exa	เอกซะ	E
10^{15}	peta	เพตะ	P
10^{12}	tera	เทระ	T
10^9	giga	จิกะ	G
10^6	mega	เมกะ	M
10^3	kilo	กิโล	k
10^2	hecto	เฮกโต	h
10^1	deka	เดคา	da
10^{-1}	deci	เดซี	d
10^{-2}	centi	เซนติ	c
10^{-3}	milli	มิลลิ	m
10^{-6}	micro	ไมโคร	μ
10^{-9}	nano	นาโน	n
10^{-12}	pico	พิโก	p
10^{-15}	femto	เฟมโต	f
10^{-18}	atto	อัตโต	a
10^{-21}	zepto	เซพโต	z
10^{-24}	yocto	ยอกโต	y

จากตัวอย่างจะได้ว่า

$$0.000\ 007\ \text{แอมแปร์} = 7 \times 10^{-6}\ \text{แอมแปร์} = 7\ \text{ไมโครแอมแปร์} (\mu\text{A})$$

$$2\ 000\ 000\ 000\ \text{วัตต์} = 2 \times 10^9\ \text{วัตต์} = 2\ \text{จิกะวัตต์ (GW)}$$

หมายเหตุ :

1. การใช้คำนำหน้าหน่วยควรใช้เพียงครั้งเดียว ไม่นิยมเขียนคำนำหน้าหน่วยซ้อนกัน เช่น ไม่ควรเขียนมิลลิไมโครวินาที (m μ s) ควรเขียนนาโนวินาที (ns)
2. การนำสัญลักษณ์ของคำนำหน้าหน่วยไปกำกับหน้าสัญลักษณ์ของหน่วยจะถือว่าได้สัญลักษณ์ใหม่เป็นสัญลักษณ์เดี่ยว เมื่อนำไปยกกำลังไม่ใส่วงเล็บ เช่น mm³, μs^{-1} , GHz⁻¹ เป็นต้น
3. สัญลักษณ์ที่คูณกันควรใช้จุดตรงกลางหรือเขียนเว้นช่องไป 1 ช่อง โดยไม่ใช่เครื่องหมายคูณ เช่น N·m หรือ Nm หน่วยที่หารกันอาจเขียนในรูป $\frac{\text{m}}{\text{s}}$ หรือ m/s หรือ m·s⁻¹ ไม่ควรเขียนหารกัน 2 ครั้ง เช่น หน่วยของความเร่งไม่ควรเขียน m/s/s แต่เขียนเป็น m·s⁻² หรือ m/s²
4. เพื่อความสะดวกในการเขียนและคำนวณ นิยมเขียนเป็นตัวเลข 10 ยกกำลังโดยมีหลักหน่วยที่ไว้เป็นศูนย์เพียงหลักเดียว ตามด้วยเลขหลังจุดทศนิยม เช่น

$$1971\ \text{m}\ \text{เขียนเป็นเลข 10 ยกกำลังมีหน่วย m ได้เป็น}\quad 1.971 \times 10^3\ \text{m}$$

$$19.71\ \text{cm}\ \text{เขียนเป็นเลข 10 ยกกำลังมีหน่วย m ได้เป็น}\quad 1.971 \times 10^{-1}\ \text{m}$$

$$0.19\ \text{cm}\ \text{เขียนเป็นเลข 10 ยกกำลังมีหน่วย m ได้เป็น}\quad 1.9 \times 10^{-3}\ \text{m}$$

5. ในการขยายกำลังนิยมทำที่ละ 10³

ตัวอย่างที่ 1.1 จงเขียนปริมาณต่อไปนี้ โดยใช้คำนำหน้าหน่วย

- 1) มวล 46,000 กรัม ให้มีหน่วยเป็นกิโลกรัม
- 2) กระแสไฟฟ้า 0.155 แอมแปร์ ให้มีหน่วยเป็นมิลลิแอมแปร์
- 3) เวลา 0.000014 วินาที ให้มีหน่วยเป็นไมโครวินาที
- 4) ความยาว 0.000000025 เมตร ให้มีหน่วยเป็นนาโนเมตร

วิธีทำ

- 1) เนื่องจาก $46,000\ \text{g} = 46 \times 10^3\ \text{g}$
 เราทราบว่า 10³ แทนด้วยคำนำหน้าหน่วยเป็น กิโล (kg)
 ดังนั้น $46,000\ \text{g} = 46\ \text{kg}$
 นั่นคือ มวล 46,000 กรัม มีค่าเท่ากับ 46 กิโลกรัม

- 2) เนื่องจาก $0.155 \text{ A} = 155 \times 10^{-3} \text{ A}$
 เราทราบว่า 10^{-3} แทนด้วยคำนำหน้าหน่วยเป็น มิลลิ (m)
 ดังนั้น $0.155 \text{ A} = 155 \text{ mA}$
 นั่นคือ กระแสไฟฟ้า 0.155 แอมแปร์ มีค่าเท่ากับ 155 มิลลิแอมแปร์

- 3) เนื่องจาก $0.000014 \text{ s} = 14 \times 10^{-6} \text{ s}$
 เราทราบว่า 10^{-6} แทนด้วยคำนำหน้าหน่วยเป็น ไมโคร (μ)
 ดังนั้น $0.000014 \text{ s} = 14 \mu\text{s}$
 นั่นคือ เวลา 0.000014 วินาที มีค่าเท่ากับ 14 ไมโครวินาที

- 4) เนื่องจาก $0.000000025 \text{ m} = 25 \times 10^{-9} \text{ m}$
 เราทราบว่า 10^{-9} แทนด้วยคำนำหน้าหน่วยเป็น นาโน (n)
 ดังนั้น $0.000000025 \text{ m} = 25 \text{ nm}$
 นั่นคือ ความยาว 0.000000025 เมตร มีค่าเท่ากับ 25 นาโนเมตร

ตัวอย่างที่ 1.2 จงเปลี่ยนหน่วยของปริมาณที่กำหนดให้ต่อไปนี้

- 1) ความยาว 0.567 เมตร ให้มีหน่วยเป็นกิโลเมตรและมิลลิเมตร
- 2) ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ให้มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร

วิธีทำ

- 1) เมื่อต้องการแปลงหน่วยจากเมตรเป็นกิโลเมตร จะได้ว่า
 เนื่องจาก $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$
 ดังนั้น $0.567 \text{ m} = \frac{1 \text{ km}}{10^3 \text{ m}} \times 0.567 \text{ m}$

$$= 0.567 \times 10^{-3} \text{ km} = 0.000567 \text{ km}$$
 นั่นคือ ความยาว 0.567 เมตร มีค่าเท่ากับ 0.000567 กิโลเมตร
 และเมื่อแปลงหน่วยจากเมตรเป็นมิลลิเมตร จะได้ว่า
 เนื่องจาก $1 \text{ m} = 10^3 \text{ mm}$
 ดังนั้น $0.567 \text{ m} = \frac{10^3 \text{ mm}}{1 \text{ m}} \times 0.567 \text{ m}$

$$= 0.567 \times 10^3 \text{ mm} = 567 \text{ mm}$$
 นั่นคือ ความยาว 0.567 เมตร มีค่าเท่ากับ 567 มิลลิเมตร

- 2) เมื่อแปลงหน่วยจากลูกบาศก์เซนติเมตรเป็นลูกบาศก์เมตร จะได้ว่า
 เนื่องจาก $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$
 จะได้ว่า $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m}) (10^{-2} \text{ m}) (10^{-2} \text{ m})$
 ดังนั้น $1 \text{ cm}^3 = 10^{-6} \text{ m}^3 = 0.000001 \text{ m}^3$
 นั่นคือ ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 0.000001 ลูกบาศก์เมตร

ตัวอย่างที่ 1.3 รถยนต์คันหนึ่งแล่นด้วยอัตราเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คิดเป็นอัตราเร็วเท่าใดในหน่วยเมตรต่อวินาที

วิธีทำ

จาก อัตราเร็วของรถยนต์ 72 km/h จะได้ว่า
 เราทราบว่า $1 \text{ km} = 10^3 \text{ m}$, $1 \text{ h} = 60 \text{ min}$ และ $1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
 ดังนั้น อัตราเร็วของรถยนต์ $= 72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{10^3 \text{ m}}{1 \text{ km}} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$
 นั่นคือ อัตราเร็วของรถยนต์ $= \frac{72 \times 10^3 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

สรุปได้ว่า อัตราเร็วของรถยนต์ 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 20 เมตรต่อวินาที

ตัวเลขนัยสำคัญ

ตัวเลขนัยสำคัญ (Significant Figures) คือ ตัวเลขที่ได้จากเครื่องมือวัด จำนวนตัวเลขนัยสำคัญขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัดที่ใช้ ตัวเลขนัยสำคัญมีความสำคัญต่อปริมาณที่จะต้องนำมาคำนวณ เช่น วัดมวลแท่งโลหะหนึ่งได้ 0.012 กิโลกรัม ถือว่ามีตัวเลขนัยสำคัญ 2 ตัว ซึ่งเท่ากับ 12 กรัม แต่ถ้าเขียน 0.0120 กิโลกรัม จะมีตัวเลขนัยสำคัญ 3 ตัว เหมือนกับ 12.0 กรัม ดังนั้น การเขียน 12 กรัม และ 12.0 กรัม จึงมีความหมายต่างกัน ซึ่ง 12.0 กรัม หมายถึง ผิดพลาดได้ไม่เกิน 0.05 กรัม แต่ 12 กรัม อาจจะผิดพลาดได้ถึง 0.5 กรัม

หลักการนับจำนวนตัวเลขนัยสำคัญ

หลักในการนับจำนวนของตัวเลขนัยสำคัญสามารถพิจารณาได้ดังต่อไปนี้

1. ทุกตัวเลขที่ไม่ใช่ศูนย์ (1 - 9) ถือเป็นตัวเลขนัยสำคัญหมด เช่น 4.89, 3.527 ซึ่งมีตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับ 3 และ 4 ตัว ตามลำดับ

2. เลขศูนย์ (0) มีวิธีการนับดังนี้

2.1 เลขศูนย์ที่อยู่หน้าตัวเลขอื่น จะไม่นับเป็นตัวเลขนัยสำคัญ เช่น 0.314, 0.0476, 0.00059 จะมีตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับ 3, 3 และ 2 ตัว ตามลำดับ

2.2 เลขศูนย์ที่อยู่ระหว่างตัวเลขอื่น จะนับเป็นตัวเลขนัยสำคัญด้วย เช่น 2057, 60.047 จะมีตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับ 4 และ 5 ตัว ตามลำดับ

2.3 เลขศูนย์ที่อยู่ด้านหลังตัวเลขอื่นซึ่งอยู่หลังจุดทศนิยม จะนับเป็นตัวเลขนัยสำคัญด้วย เช่น 0.090, 9.030, 90.00400 จะมีตัวเลขนัยสำคัญเท่ากับ 2, 4 และ 7 ตัว ตามลำดับ

2.4 เลขศูนย์ที่อยู่หลังตัวเลขอื่นที่เป็นจำนวนเต็มอาจจะนับหรือไม่ ขึ้นอยู่กับความละเอียดของเครื่องมือวัด ดังนั้น จึงควรเขียนแบบสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (Scientific Notation) เช่น ตัวเลข 1 500 000 ถ้าต้องการตัวเลขนัยสำคัญ 3 ตัว ให้เขียนเป็น 1.50×10^6

3. ค่าคงตัว เช่น π , e และเลขในสูตร เช่น 2 ใน $2\pi r$ ไม่นับเป็นตัวเลขนัยสำคัญ

หมายเหตุ :

สัญกรณ์วิทยาศาสตร์ (Scientific Notation) เป็นรูปแบบของการเขียนตัวเลขให้อยู่ในรูปการคูณของเลขยกกำลังที่มีฐานเป็นสิบและเลขชี้กำลังเป็นจำนวนเต็ม มีรูปทั่วไปเป็น $A \times 10^n$ เมื่อ $1 \leq A < 10$ และ n เป็นจำนวนเต็ม นิยมเขียนจำนวนที่มีค่ามาก ๆ หรือค่าน้อย ๆ ในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ เช่น 125 000 000 000 เขียนได้เป็น 1.25×10^{11} และ 0.000 000 000 000 357 เขียนได้เป็น 3.57×10^{-13} เป็นต้น

ตัวอย่างที่ 1.4 0.00507600 มีตัวเลขนัยสำคัญกี่ตัว

วิธีทำ

จากโจทย์จะได้ว่า เลขหน้าจุดทศนิยมเป็นเลขศูนย์ ดังนั้น ตัวเลขนัยสำคัญจะเริ่มนับจากตัวเลขจำนวนเต็ม นั่นคือ 0.00507600 มีตัวเลขนัยสำคัญ 6 ตัว คือ 0.00507600

ตัวอย่างที่ 1.5 49750000 สามารถเขียนเป็นตัวเลขนัยสำคัญ 4 ตัวได้อย่างไร

วิธีทำ

จากโจทย์จะได้ว่า เลขศูนย์ที่อยู่ด้านหลังเลขจำนวนเต็มอาจจะนับเป็นตัวเลขนัยสำคัญหรือไม่ก็ได้ และสามารถกำหนดตัวเลขนัยสำคัญให้ชัดเจน โดยจะต้องเขียนแบบสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ ดังนี้

49750000 มีตัวเลขนัยสำคัญ 4 ตัว คือ 4.975×10^7

สำหรับการอ่านค่าจากเครื่องวัดแบบแสดงผลด้วยตัวเลข เป็นการอ่านโดยตรงตามตัวเลขที่แสดงบนจอภาพ เช่น ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้า 2.14 มิลลิโวลต์, เวลา 10.08 นาฬิกา เป็นต้น ส่วนค่าความไม่แน่นอนหรือความคลาดเคลื่อนของผลการวัดนั้น ถ้าจำเป็นต้องระบุให้ศึกษาจากคู่มือการใช้งานของเครื่องวัดนั้น ๆ