

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ



● รหัสวิชา 20101-2007

(ประเภทวิชาอุตสาหกรรม)

ได้ผ่านการตรวจการประเมินคุณภาพจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562 ครั้งที่ 2
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มสมรรถนะวิชาเฉพาะ ประกาศลำดับที่ 234

กลศาสตร์เครื่องกล

Mechanical Mechanics

ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

156.-

กลศาสตร์เครื่องกล

(Mechanical Mechanics)

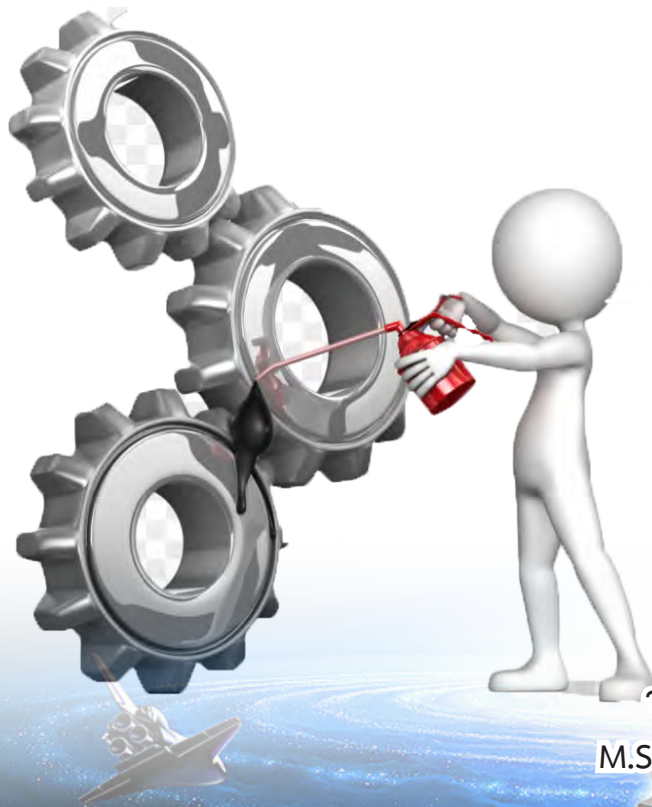
รหัสวิชา 20101-2007

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ

ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ



เรียบเรียงโดย

ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

วท.บ. (สาขาวิศวกรรมเครื่องกล)

M.Sc. (Mechanical Engineering)

กลศาสตร์เครื่องกล

(Mechanical Mechanics)

ISBN 978-616-495-026-9

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...



บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

Tel. 0-2472-3293-5 Fax 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

<http://www.wangaksorn.com>

ID Line : @wangaksorn



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2562 จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต

เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

กลศาสตร์เครื่องกล

(Mechanical Mechanics)

รหัสวิชา 20101-2007



จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการคำนวณเกี่ยวกับกลศาสตร์เครื่องกล
2. สามารถคำนวณหาค่าที่ต้องใช้ในงานเครื่องกล
3. มีความรับผิดชอบ ตรงต่อเวลา มีเจตคติที่ดีในการเรียนรู้ สืบค้นเกี่ยวกับวิชากลศาสตร์เครื่องกล



สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักกลศาสตร์และการประยุกต์ในงานเครื่องกล
2. คำนวณการสมดุลและการเคลื่อนที่
3. คำนวณงานและพลังงาน
4. คำนวณสมบัติของวัสดุ
5. คำนวณสมบัติของของไหลและเทอร์โมไดนามิกส์



คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับระบบแรง การสมดุล การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรง การเคลื่อนที่ในแนวโค้ง ความเสียดทาน ความเร็ว งานและพลังงาน ความเค้นและความเครียดของวัสดุ สมบัติของของไหลเบื้องต้น สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้นและการประยุกต์ใช้ในงานเครื่องกล

ตารางวิเคราะห์สมรรถนะรายวิชา

วิชากลศาสตร์เครื่องกล รหัสวิชา 20101 - 2007

ท-ป-น 2-0-2 จำนวน 2 คาบ/สัปดาห์ รวม 36 คาบ

หน่วยที่	สมรรถนะรายวิชา	แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักกลศาสตร์และการประยุกต์ในงานเครื่องกล	คำนวณการสมดุลและการเคลื่อนที่	คำนวณงานและพลังงาน	คำนวณสมบัติของวัสดุ	คำนวณสมบัติของของไหลและเทอร์โมไดนามิกส์
1. สถิติศาสตร์ของอนุภาค		✓	✓			
2. จลนศาสตร์ของอนุภาค			✓	✓		
3. ความเสียดทาน			✓	✓	✓	
4. แรงภายใน ความเค้นและความเครียด			✓	✓	✓	
5. สมบัติของของไหล				✓	✓	✓
6. เทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้น ตอนที่ 1				✓	✓	✓
7. เทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้น ตอนที่ 2				✓		✓
8. เทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้น ตอนที่ 3				✓		✓
9. การประยุกต์ใช้ในงานเครื่องกล		✓				✓



คำนำ

วิชากลศาสตร์เครื่องกล รหัสวิชา 20101-2007 จัดอยู่ในหมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพเฉพาะ ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 9 บทเรียน ได้**จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่เน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated)** ตรงตามจุดประสงค์รายวิชาสมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียนมุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ **เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer)** เป็นผู้สอนตนเองได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้เป็นผู้ชี้แนะ (Teacher Role) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co - Investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปใช้งานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดี ทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจ และวิชาชีพ

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

ขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสาวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียงไว้ ณ โอกาสนี้

ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

สารบัญ

บทที่ 1 สถิติศาสตร์ของอนุภาค	1
นิยาม	2
การวัดในทางฟิสิกส์ (Measurement in Physics)	3
ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์	7
วิธีทางเทคนิคของเวกเตอร์ (Vector Operation)	7
อนุพันธ์ของเวกเตอร์	9
สถิติศาสตร์ของอนุภาค	9
แรงในปริภูมิ (Force in Space)	23
โมเมนตัมและคู่ควบ	30
ทฤษฎีของแรงคู่ควบ	32
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	33
ใบงานบทที่ 1	38
 บทที่ 2 จลนศาสตร์ของอนุภาค	 40
การเคลื่อนที่วิถีตรงของอนุภาค (Rectilinear Motion of Particles)	41
การเคลื่อนที่วิถีโค้งของอนุภาค (Curvilinear Motion of Particles)	57
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	71
ใบงานบทที่ 2	76
 บทที่ 3 ความเสียดทาน	 78
บทนำ	79
ชนิดของความเสียดทาน (Types of Frictions)	80
ทฤษฎีของความเสียดทานแห้ง (Theory of Dry Friction)	80
มุมของความเสียดทาน (Angles of Friction)	83
ปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทานแห้ง	85
ความต้านทานต่อการกลิ้ง (Rolling Resistance)	92

ความเสียหายในเครื่องจักรกล	94
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	111
ใบงานบทที่ 3	116

บทที่ 4 แรงภายใน ความเค้นและความเครียด **118**

บทนำ	120
แรงภายใน (Internal Forces)	121
แนวคิดของความเค้น (Concept of Stress)	125
แรงตามแนวแกนและความเค้นตั้งฉาก	127
ความเค้นเฉือน (Shearing Stress)	127
ความเค้นแบกทาน (Bearing Stress)	130
ความเค้นบนระนาบเอียง (Stress on an Oblique Plane)	131
ความเค้นในระบบแกนพิกัดฉาก	133
ความเค้นที่ยอมให้และอัตราส่วนความปลอดภัย	137
ความเครียดตั้งฉากจากการยืดตัวตามแนวแกน	144
ความเครียดจากการเสียรูปทรง	146
แผนภูมิความเค้น - ความเครียด	153
กฎของฮุก : โมดูลัสความยืดหยุ่น	155
พฤติกรรมอีลาสติกและพลาสติก	156
แผนภูมิความเค้น - ความเครียดของเหล็ก	158
พลังงานความเครียด	159
กฎของฮุกสำหรับการเฉือน	165
ความล้า (Fatigue) และความคืบ (Creep)	166
อัตราส่วนปัวส์ซอง	167
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	169
ใบงานบทที่ 4	174

บทที่ 5 สมบัติของของไหล	176
นิยามของของไหล (Fluid Definitions)	177
ความหนาแน่นและความดัน (Density and Pressure)	177
ของไหลเมื่อหยุดนิ่ง (Fluid at Rest)	179
การวัดความดัน	183
หลักการของปาสคาล (Pascal's Principle)	185
หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimede's Principle)	187
การเคลื่อนที่ของของไหลอุดมคติ (Ideal Fluids in Motion)	190
กระแสการไหลและสมการความต่อเนื่อง (Streamlines and The Equation of Continuity)	190
สมการเบอร์นูลลี (Bernoulli's Equation)	194
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	197
ใบงานบทที่ 5	201

บทที่ 6 เทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้น ตอนที่ 1	203
เทอร์โมไดนามิกส์และพลังงาน	204
ระบบทางเทอร์โมไดนามิกส์	205
ชนิดของพลังงาน	205
นิยามทางเทอร์โมไดนามิกส์	207
สิ่งบ่งสภาวะของระบบ	209
นิยามของสารบริสุทธิ์	210
สถานะของสารบริสุทธิ์	211
อุณหภูมิอิ่มตัวและความดันอิ่มตัว	213
แผนภาพคุณสมบัติในการเปลี่ยนสถานะ	214
ตารางแสดงคุณสมบัติ	220
สมการสภาวะของก๊าซ	225
ไอน้ำกับการเป็นก๊าซอุดมคติ	228
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	231
ใบงานบทที่ 6	234

บทที่ 7 เทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้น ตอนที่ 2	236
กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับระบบปิด	237
ความร้อน	237
งาน	239
คุณลักษณะของความร้อนกับงาน	239
กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์	245
การแก้ปัญหาเทอร์โมไดนามิกส์	245
พลังงานภายในเอนทัลปีและความร้อนจำเพาะ	249
ความสัมพันธ์ระหว่างความร้อนจำเพาะของก๊าซอุดมคติ	252
พลังงานภายในเอนทัลปีและความร้อนจำเพาะของของแข็ง	254
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	256
ใบงานบทที่ 7	260

บทที่ 8 เทอร์โมไดนามิกส์เบื้องต้น ตอนที่ 3	262
กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับปริมาตรควบคุม	263
กฎทรงมวลสำหรับปริมาตรควบคุม	263
กฎอนุรักษ์ของพลังงานสำหรับปริมาตรควบคุม	265
งานของของไหล	265
การวิเคราะห์พลังงานแบบการไหลคงตัว	267
การวิเคราะห์กฎทรงมวลของการไหลคงตัว	268
อุปกรณ์การไหลทางวิศวกรรม	269
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	280
ใบงานบทที่ 8	284



บทที่ 9 การประยุกต์ใช้ในงานเครื่องกล	286
หลักในการออกแบบชิ้นส่วนและอุปกรณ์ในงานเครื่องกลเบื้องต้น	287
หลักการออกแบบรอยต่อโดยใช้วัสดุมายึดติด (Bonding)	290
หลักในการเลือกวัสดุที่ใช้ในการออกแบบชิ้นส่วนที่รับแรงเสียดทาน	291
หลักการออกแบบขนาดเพลลาที่เหมาะสม	291
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	296
 คำถามเพื่อการทบทวน	 298
คำศัพท์	314
บรรณานุกรม	324



บทที่



สถิติศาสตร์ ของอนุภาค

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (BEHAVIORAL OBJECTIVES)

หลังจากศึกษาบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. บอกนิยามของสถิติศาสตร์
2. อธิบาย/ยกตัวอย่างการวัดในทางฟิสิกส์
3. อธิบายปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์
4. บอกวิธีทางเทคนิคของเวกเตอร์
5. ทบทวน/ยกตัวอย่างสถิติศาสตร์ของอนุภาค

บทที่



สถิตยศาสตร์ ของอนุภาค



นิยาม

- 1. จลนศาสตร์ (Kinematics)** คือ แขนงวิชาที่กล่าวถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยไม่คำนึงถึงแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่นั้น โดยจลนศาสตร์จะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด (Displacement) ความเร็ว (Velocity) ความเร่ง (Acceleration) และเวลา (Time)
- 2. อนุภาค (Particle)** คือ วัตถุที่มีขนาดเล็กมากในทางคณิตศาสตร์หรือวัตถุที่มีขนาดเล็กเข้าใกล้ศูนย์จนสามารถคิดเป็นจุดได้ แต่ยังคงมีมวลอยู่ในทางพลศาสตร์ อนุภาคไม่ได้จำกัดอยู่แค่วัตถุที่มีขนาดเล็ก แต่ยังหมายถึงวัตถุที่มีขนาดใหญ่มาก ดังเช่น รถยนต์ เครื่องบิน หรือจรวด เป็นต้น ตราบใดที่ขนาดของวัตถุไม่เกี่ยวข้องกับการอธิบายถึงตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ก็สามารถถือได้ว่าวัตถุนั้นเป็นอนุภาค ซึ่งสื่อความหมายได้ว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุ (เมื่อพิจารณาเป็นอนุภาค) เป็นไปในลักษณะไปทั้งก้อนพร้อม ๆ กัน โดยไม่คำนึงถึงผลของการหมุนใด ๆ ของวัตถุรอบจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุนั้นได้
- 3. ปริภูมิ (Space)** เป็นขอบเขตทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีเหตุการณ์ต่าง ๆ บังเกิดขึ้นมา สื่อความหมายเป็นขอบเขต 3 มิติ กล่าวคือ สามารถที่จะบ่งชี้ถึงตำแหน่งของจุด P ใด ๆ ในปริภูมิได้ด้วยความยาวสามความยาวที่วัดจากจุดอ้างอิงจุดหนึ่ง (จุดกำเนิด) ในสามทิศทาง และความยาวเหล่านี้เรียกว่า **พิกัด (Coordinates)** ของ P
- 4. เวลา (Time)** เพื่อกำหนดเหตุการณ์ใด ๆ นั้น การกำหนดตำแหน่งของวัตถุในปริภูมิอย่างเดียวไม่พอเพียง ต้องกำหนดเวลาของเหตุการณ์ด้วย เวลาเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นวินาที

5. **มวล (Mass)** คือ สิ่งที่ใช้ในการกำหนดลักษณะสมบัติ และเปรียบเทียบวัตถุในการดำเนินการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

6. **แรง (Force)** เป็นสิ่งแสดงแทนการกระทำของวัตถุหนึ่งต่ออีกวัตถุหนึ่ง โดยในการกำหนดแรงจะกำหนดโดยจุดของการกระทำ ขนาด และทิศทางของแรง แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ มีหน่วยเป็นนิวตัน

7. **กรอบอ้างอิง (Reference Frame)** เป็นกรอบที่ใช้เพื่ออ้างอิงในการกำหนดตำแหน่ง ในปริภูมิที่ศึกษา ซึ่งอาจจะเป็นเชิงเส้นหรือเชิงมุม ที่ใช้กันในทางพลศาสตร์ จำแนกได้ 2 แบบ คือ

7.1 กรอบอ้างอิงตรึงอยู่กับที่ (Fixed Reference Frame) คือ กรอบอ้างอิงที่ตรึงอยู่กับโลก และพิจารณาให้ตรึงอยู่กับที่ในปริภูมิ

7.2 กรอบอ้างอิงเคลื่อนที่ (Moving Reference Frame) คือ กรอบอ้างอิงที่เคลื่อนที่ไปเมื่อเทียบกับโลก และพิจารณาว่าเคลื่อนที่ไปในปริภูมิ มี 2 แบบ คือ แบบเคลื่อนที่ขนานกับตำแหน่งเดิม และกรอบอ้างอิงแบบหมุน ซึ่งเป็นกรอบที่เคลื่อนที่ไปในลักษณะที่มีการหมุนไปของแกนอ้างอิงด้วย

8. กฎของนิวตัน

8.1 **กฎข้อที่หนึ่ง** อนุภาคจะยังคงหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงที่เป็นเส้นตรง นอกจากจะมีแรงที่ไม่สมดุลมากระทำต่ออนุภาคนั้น

8.2 **กฎข้อที่สอง** ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่ออนุภาคไม่เท่ากับศูนย์ อนุภาคจะมีความเร่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ และมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์นี้

8.3 **กฎข้อที่สาม** แรงกิริยา (Action) และแรงปฏิกิริยา (Reaction) ระหว่างวัตถุสองวัตถุ มีขนาดเท่ากัน มีทิศทางตรงกันข้ามกัน และอยู่ในแนวแรงเดียวกัน



การวัดในทางฟิสิกส์ (Measurement in Physics)

การวัดปริมาณทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากปริมาณพื้นฐาน (Base Quantities) ทางฟิสิกส์ กำหนดไว้อย่างแน่นอน 3 ปริมาณ เรียกว่า **ปริมาณปฐมภูมิ** ประกอบด้วยความยาว (Length) เวลา (Time) และมวล (Mass) ซึ่งมีหน่วยปฐมภูมิเป็นเมตร (Metre) วินาที (Second) และกิโลกรัม (Kilogram) ตามลำดับ ปริมาณอื่น ๆ นอกเหนือจากนี้ เรียกว่า **ปริมาณทุติยภูมิ** ซึ่งจะอธิบายได้ในเทอมของปริมาณปฐมภูมิ โดยจะมีหน่วยเป็นไปตาม

การปฏิบัติการของหน่วยปฐมภูมิ ตัวอย่างเช่น ความเร็ว (Velocity) ซึ่งเป็นปริมาณทุติยภูมินั้น เกิดจากการหารความยาว (ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่) ด้วยเวลา (ที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่) หน่วยของความเร็วจึงเป็นเมตรต่อวินาที เป็นต้น

หน่วย (Units)

ที่นิยมใช้โดยทั่วไปในปัจจุบันนี้ คือ ระบบเอสไอ (International System of Units) ซึ่งหน่วยปฐมภูมิที่ใช้มีดังนี้

ปริมาณ	หน่วย (สัญลักษณ์)
ความยาว	เมตร (m)
เวลา	วินาที (s)
มวล	กิโลกรัม (kg)

หน่วย SI ทุติยภูมิอื่น ๆ สามารถอธิบายได้ในเทอมของหน่วยปฐมภูมิ ตัวอย่างเช่น หน่วย SI สำหรับกำลัง (Power, W) ที่เรียกว่า **วัตต์ (Watt)** นั้น ประกอบขึ้นมาจากหน่วยปฐมภูมิของมวลความยาวและเวลา กล่าวคือ $1 \text{ watt} = 1 \text{ W} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3$ เป็นต้น

ในการบอกปริมาณที่มีขนาดใหญ่หรือเล็กมาก ๆ ในทางฟิสิกส์นิยมใช้ตัวเลขยกกำลัง 10 แทน เช่น

$$3,560,000,000 \text{ เมตร} = 3.56 \times 10^9 \text{ เมตร}$$

และ $0.000\ 000\ 492 \text{ วินาที} = 4.92 \times 10^{-7} \text{ วินาที เป็นต้น}$

อีกวิธีที่นิยม คือ การใช้สัญลักษณ์ที่เป็นสากลนิยมแทนค่า 10 ยกกำลังต่าง ๆ ดังตารางที่

ตารางที่ 1.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแทนค่ากำลัง

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

ตัวอย่างเช่น

$$\text{กำลังไฟฟ้า } 1.27 \times 10^9 \text{ watts} = 1.27 \text{ gigawatts} = 1.27 \text{ GW}$$

หรือ ช่วงเวลา $2.35 \times 10^{-9} \text{ s} = 2.35 \text{ nanosecond} = 2.35 \text{ ns}$ เป็นต้น

เลขแทนค่ากำลังที่คุ้นเคยและจะพบบ่อย ๆ เช่น มิลลิเมตร เซนติเมตร กิโลกรัม และ เมกะไบต์ เป็นต้น

การเปลี่ยนหน่วย (Changing Units)

ในการเปลี่ยนหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์จากระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่ง อาจทำได้โดยใช้ระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์กับปริมาณเดิมด้วยแฟกเตอร์ปรับค่า (Conversion Factor) ดังตารางที่ 1.2 เพื่อให้ได้ค่าที่เทียบเท่ากันตามที่ต้องการ

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างของแฟกเตอร์ปรับค่า

SOME CONVERSION FACTORS**Mass and Density**

$$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 6.02 \times 10^{26} \text{ u}$$

$$1 \text{ slug} = 14.6 \text{ kg}$$

$$1 \text{ u} = 1.66 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg/m}^3 = 10^{-3} \text{ g/cm}^3$$

Length and Volume

$$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 39.4 \text{ in.} = 3.28 \text{ ft}$$

$$1 \text{ mi} = 1.61 \text{ km} = 5280 \text{ ft}$$

$$1 \text{ in.} = 2.54 \text{ cm}$$

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10 \text{ \AA}$$

$$1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m} = 1000 \text{ fm}$$

$$1 \text{ light-year} = 9.46 \times 10^{15} \text{ m}$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 35.3 \text{ ft}^3 = 264 \text{ gal}$$

Time

$$1 \text{ d} = 86,400 \text{ s}$$

$$1 \text{ y} = 365\frac{1}{4} \text{ d} = 3.16 \times 10^7 \text{ s}$$

Angular Measure

$$1 \text{ rad} = 57.3^\circ = 0.159 \text{ rev}$$

$$\pi \text{ rad} = 180^\circ = \frac{1}{2} \text{ rev}$$

Speed

$$1 \text{ m/s} = 3.28 \text{ ft/s} = 2.24 \text{ mi/h}$$

$$1 \text{ km/h} = 0.621 \text{ mi/h} = 0.278 \text{ m/s}$$

Force and Pressure

$$1 \text{ N} = 10^5 \text{ dyne} = 0.225 \text{ lb}$$

$$1 \text{ lb} = 4.45 \text{ N}$$

$$1 \text{ ton} = 2000 \text{ lb}$$

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2 = 10 \text{ dyne/cm}^2 \\ = 1.45 \times 10^{-4} \text{ lb/in.}^2$$

$$1 \text{ atm} = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 14.7 \text{ lb/in.}^2 \\ = 76 \text{ cm-Hg}$$

Energy and Power

$$1 \text{ J} = 10^7 \text{ erg} = 0.239 \text{ cal} = 0.738 \text{ ft} \cdot \text{lb}$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} = 3.6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$1 \text{ cal} = 4.19 \text{ J}$$

$$1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ horsepower} = 746 \text{ W} = 550 \text{ ft} \cdot \text{lb/s}$$

Magnetism

$$1 \text{ T} = 1 \text{ Wb/m}^2 = 10^4 \text{ gauss}$$

ตัวอย่างที่ 1.1 จงเปลี่ยนความเร็ว 180 mi/h ให้เป็น km/h

วิธีทำ จากตารางที่ 1.2 ค่าแฟกเตอร์ปรับค่าที่นำมาใช้ คือ $0.621 \text{ mi/h} = 1 \text{ km/h}$

ดังนั้น
$$\frac{180 \text{ mi/h}}{0.621 \text{ mi/h}} \times 1 \text{ km/h} = 289.85 \text{ km/h} \quad \text{Ans}$$

ตัวอย่างที่ 1.2 เครื่องยนต์มีกำลัง 3 แรงม้า (hp) เทียบเท่ากับกำลังกี่วัตต์

วิธีทำ จากตารางที่ 1.2 ค่าแฟกเตอร์ปรับค่าที่นำมาใช้ คือ $1 \text{ hp} = 746 \text{ watts}$

ดังนั้น
$$3 \text{ hp} = 3 \times 746 \text{ watts} = 2238 \text{ watts} \quad \text{Ans}$$



ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์

1. **สเกลาร์ (Scalar)** คือ ปริมาณที่บ่งบอกให้ทราบเฉพาะขนาดอย่างเดียว เช่น เวลา มวล และระยะทาง (Distance) เป็นต้น

2. **เวกเตอร์ (Vector)** คือ ปริมาณที่บ่งบอกให้ทราบทั้งขนาดและทิศทาง เช่น ความเร็ว การกระจัด และความเร่ง เป็นต้น ในทางฟิสิกส์สามารถจำแนกเวกเตอร์ออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

2.1 **เวกเตอร์ตรึง (Fixed Vector)** คือ เวกเตอร์ที่ไม่สามารถเคลื่อนตำแหน่งไปได้ โดยปราศจากการดัดแปลงภาวะของปัญหา

2.2 **เวกเตอร์เลื่อน (Sliding Vector)** คือ เวกเตอร์ที่สามารถเลื่อนไปตามแนวของการกระทำได้โดยไม่ต้องดัดแปลงภาวะของปัญหา แต่ไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้

2.3 **เวกเตอร์อิสระ (Free Vector)** คือ เวกเตอร์ที่สามารถเคลื่อนไปในปริภูมิได้โดยเสรี นั่นก็คือ เปลี่ยนตำแหน่งได้โดยไม่ต้องดัดแปลงภาวะของปัญหา

3. เวกเตอร์ที่เท่ากันและเวกเตอร์ลบ

3.1 **เวกเตอร์ที่เท่ากัน** คือ เวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากัน และทิศทางเหมือนกัน

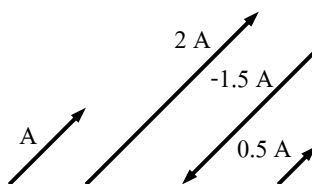
3.2 **เวกเตอร์ลบ** ของเวกเตอร์ $\vec{P}$ คือ เวกเตอร์ $-\vec{P}$ ที่มีขนาดเท่ากับ $\vec{P}$ แต่มีทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้น

$$\vec{P} + (-\vec{P}) = 0$$



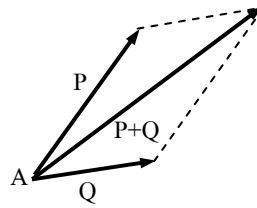
วิธีการเทคนิคของเวกเตอร์ (Vector Operation)

1. **การคูณและการหารเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ (Multiplication and Division of a Vector by a Scalar)** ปริมาณเวกเตอร์ $\vec{A}$ เมื่อคูณด้วยปริมาณสเกลาร์ a จะได้ปริมาณเวกเตอร์ $a\vec{A}$ มีขนาดค่าของ a โดยมีค่าเป็นบวกเมื่อ a เป็นบวกและมีค่าเป็นลบเมื่อ a เป็นลบ ส่วนการหารปริมาณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ จะนิยามโดยการใช้การคูณด้วยเศษส่วน โดยที่ปริมาณสเกลาร์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ ดังรูปที่ 1.1



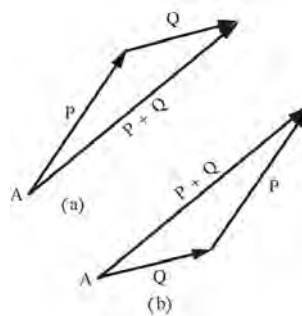
รูปที่ 1.1 การคูณและการหารเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์

2. กฎสี่เหลี่ยมด้านขนาน (Parallelogram Law) จากรูปที่ 1.2 หาผลบวกได้จาก $\vec{R} = \vec{P} + \vec{Q}$ ซึ่งจะเห็นได้ว่า $\vec{Q} + \vec{P} = \vec{P} + \vec{Q}$



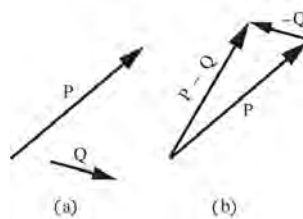
รูปที่ 1.2 กฎสี่เหลี่ยมด้านขนาน

3. หลักการสร้างรูปสามเหลี่ยม (Triangle Rule) เป็นอีกรูปแบบหนึ่งในการหาผลบวกของเวกเตอร์ โดยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยม ซึ่งนำหัวของเวกเตอร์ต่อเข้ากับหางของอีกเวกเตอร์ ดังรูปที่ 1.3



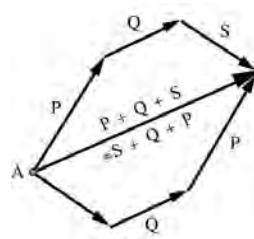
รูปที่ 1.3 หลักการสร้างรูปสามเหลี่ยม

นอกจากนี้ ยังสามารถที่จะลบเวกเตอร์ได้โดยการบวกด้วยเวกเตอร์ลบ เช่น $\vec{P} - \vec{Q} = \vec{P} + (-\vec{Q})$ ดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 การลบเวกเตอร์

4. **หลักการสร้างรูปหลายเหลี่ยม (Polygon Rule)** เป็นวิธีการที่คล้ายคลึงกับหลักการสร้างรูปสามเหลี่ยมที่ใช้ในการบวกเวกเตอร์จำนวนมากกว่าสองเวกเตอร์ขึ้นไป ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 หลักการสร้างรูปหลายเหลี่ยม



อนุพันธ์ของเวกเตอร์

ให้ $\bar{P}(t)$ และ $\bar{Q}(t)$ เป็นฟังก์ชันเวกเตอร์ (Vector Function) ของตัวแปรสเกลาร์ t ดังนั้น

$$\frac{d}{dt}(\bar{P} + \bar{Q}) = \frac{d\bar{P}}{dt} + \frac{d\bar{Q}}{dt}$$

$$\frac{d}{dt}(\bar{P} \cdot \bar{Q}) = \frac{d\bar{P}}{dt} \cdot \bar{Q} + \bar{P} \cdot \frac{d\bar{Q}}{dt}$$

$$\frac{d}{dt}(\bar{P} \times \bar{Q}) = \frac{d\bar{P}}{dt} \times \bar{Q} + \bar{P} \times \frac{d\bar{Q}}{dt}$$

และเมื่อให้ $f(t)$ เป็นฟังก์ชันสเกลาร์ (Scalar Function)

$$\frac{df\bar{P}}{dt} = \left(\frac{df}{dt} \right) \bar{P} + f \left(\frac{d\bar{P}}{dt} \right)$$



สทิตยศาสตร์ของอนุภาค

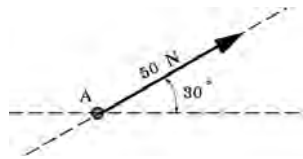
อนุภาค คือ วัตถุซึ่งมีขนาดและรูปร่างที่ไม่ส่งผลกระทบต่อวิธีการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงสมมุติให้แรงที่กระทำบนอนุภาคนั้น กระทำที่จุดเดียวกันได้

1. แรงบนอนุภาคและแรงลัพธ์ของแรงสองแรง

แรง คือ สิ่ง que แสดงการกระทำของวัตถุหนึ่งบนอีควัตถุหนึ่ง และโดยทั่วไปกำหนดโดยจุดกระทำ ขนาด และทิศทางของแรง อย่างไรก็ตาม แรงที่กระทำบนอนุภาคจะมีจุดกระทำจุดเดียวกัน ดังนั้น จึงกำหนดได้โดยสมบูรณ์ด้วยขนาดและทิศทางของแรง

ขนาดของแรงจะเป็นนิวตัน (N) โดย $1 \text{ N} = 1 \text{ kg}\cdot\text{m/s}^2$

ทิศทางของแรงกำหนดโดยแนวของการกระทำและทิศของแรง โดยแนวของการกระทำ คือ แนวเส้นตรงที่แรงจะกระทำในแนวนั้น กำหนดโดยมุมที่แนวของการกระทำทำมุมต่อแกนคงที่ และบ่งชี้ทิศของแรงด้วยลูกศร ตัวอย่างดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 การกำหนดขนาดและทิศทางของแรงด้วยเวกเตอร์

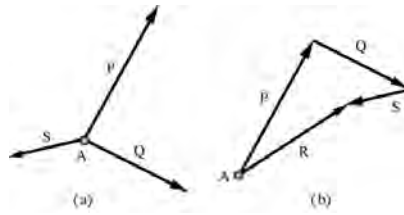
แรงสองแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงกันข้ามกัน เมื่อกระทำบนอนุภาคจะยังผลตรงกันข้าม และเนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้น การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงบนอนุภาค สามารถใช้กฎต่าง ๆ ของเวกเตอร์ เช่น กฎสี่เหลี่ยมด้านขนานในการหาได้

2. แรงลัพธ์ของแรงที่กระทำที่จุดเดียวกันในระนาบ

กรณีที่มีแรงมากระทำบนอนุภาคหลายแรง โดยแรงที่มากระทำอยู่ในระนาบเดียวกัน ซึ่งถ้าพิจารณาให้วัตถุเป็นอนุภาคแล้วนั้น ถือว่าแรงทั้งหลายจะกระทำที่จุดเดียวกัน ซึ่งสามารถหาขนาดของแรงลัพธ์ได้โดยใช้หลักการสร้างรูปหลายเหลี่ยม ดังรูปที่ 1.7 ซึ่งจะได้ว่า $\vec{R} = \vec{P} + \vec{Q} + \vec{S}$

3. การแตกแรงออกเป็นองค์ประกอบของแรง

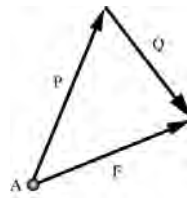
เนื่องจากเราสามารถแทนแรงจำนวนสองแรง หรือมากกว่าที่กระทำบนอนุภาคด้วยแรงเดียว (แรงลัพธ์) ได้ โดยผลต่ออนุภาคคงเดิม ในทางกลับกัน แรงเดียว $\vec{F}$ จะสามารถแทนได้ด้วยแรงสองแรงหรือมากกว่า ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันต่ออนุภาค แรงเหล่านี้จะเรียกว่า **องค์ประกอบ (Components) ของแรง $\vec{F}$**



รูปที่ 1.7 การใช้หลักการสร้างรูปหลายเหลี่ยมเพื่อหาแรงลัพธ์

3.1 เมื่อรู้องค์ประกอบหนึ่งของแรง

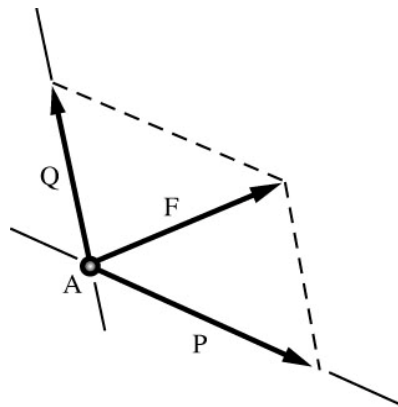
เมื่อรู้องค์ประกอบ $\vec{P}$ เราสามารถหาองค์ประกอบ $\vec{Q}$ ได้ โดยการลากเวกเตอร์จากปลายศร $\vec{P}$ ไปยังปลายศร $\vec{F}$ ดังรูปที่ 1.8



รูปที่ 1.8 การแตกแรงออกเป็นองค์ประกอบของแรง

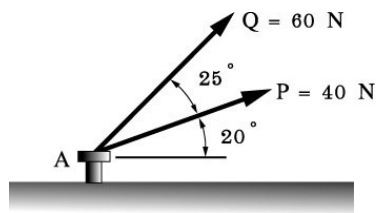
3.2 เมื่อรู้แนวการกระทำของแต่ละองค์ประกอบ (บทกลับของ Parallelogram Law)

เมื่อรู้แนวการกระทำของแต่ละองค์ประกอบก็จะหาองค์ประกอบ $\vec{P}$ และ $\vec{Q}$ ได้ โดยการสร้างสี่เหลี่ยมด้านขนานขึ้น โดยมี $\vec{F}$ เป็นเส้นทแยงมุม ดังรูปที่ 1.9



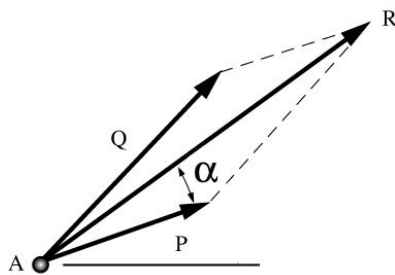
รูปที่ 1.9 การแตกแรงออกเป็นองค์ประกอบของแรง

ตัวอย่างที่ 1.3 จากรูป จงหาแรงลัพธ์ของ $\vec{P}$ และ $\vec{Q}$



วิธีทำ

1) Parallelogram Law



$$\theta = 25^\circ$$

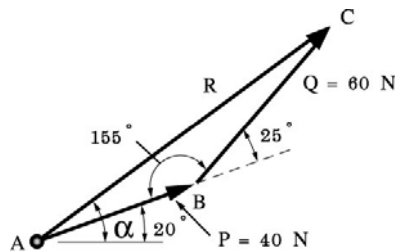
$$\therefore R = (40^2 + 60^2 - 2(40)(60) \cos 25^\circ)^{1/2}$$

$$R = 98 \text{ N}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{60 \sin 25^\circ}{40 + 60 \cos 25^\circ} = 15^\circ$$

$$\therefore \vec{R} = 98 \text{ N } \angle 35^\circ \quad \text{Ans}$$

2) Triangle



Cosine's Law

$$R = (P^2 + Q^2 - 2PQ \cos \theta)^{1/2}$$

$$R = (40^2 + 60^2 - 2(40)(60) \cos 155^\circ)^{1/2}$$

$$R = 98 \text{ N}$$

Sine's Law

$$\frac{\sin \alpha}{Q} = \frac{\sin 155^\circ}{R}$$

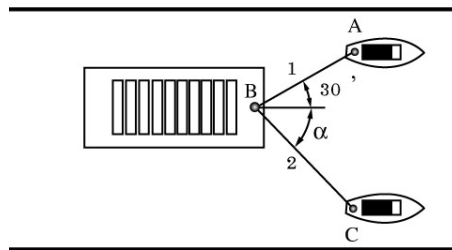
$$\sin \alpha = \frac{60}{98} \sin 155^\circ$$

$$\alpha = 20^\circ$$

$$\therefore \vec{R} = 98 \text{ N } \angle 35^\circ \quad \text{Ans}$$

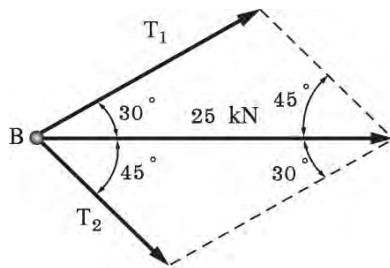
ตัวอย่างที่ 1.4 จากรูป เรือเล็ก A และ C ลากเรือใหญ่ B โดยใช้เชือก 2 เส้น ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำโดยเรือ A และ C เป็น 25 kN ทิศทางตามแนวแกนเรือ B จงหา

- ก) แรงดึงในเชือก ถ้า $\alpha = 45^\circ$
 ข) ค่าของ α ถ้าแรงดึงในเชือก 2 น้อยที่สุด



วิธีทำ

ก) Parallelogram Law



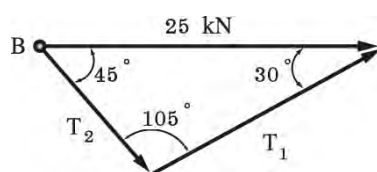
Sine's Law

$$\frac{T_1}{\sin 45^\circ} = \frac{T_2}{\sin 30^\circ} = \frac{25 \text{ kN}}{\sin 105^\circ}$$

$$T_1 = 18.30 \text{ kN} \quad \text{Ans}$$

$$T_2 = 12.94 \text{ kN} \quad \text{Ans}$$

Triangle Rule

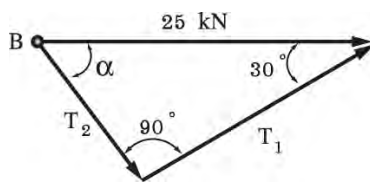


ในทำนองเดียวกัน

$$T_1 = 18.30 \text{ kN} \quad \text{Ans}$$

$$T_2 = 12.94 \text{ kN} \quad \text{Ans}$$

ข)



จาก

$$\frac{T_2}{\sin 30^\circ} = \frac{25 \text{ kN}}{\sin(150^\circ - \alpha)} = \frac{T_1}{\sin \alpha}$$

$$T_2 = \frac{25 \sin 30^\circ}{\sin(150^\circ - \alpha)} = \frac{12.5}{\sin(150^\circ - \alpha)}$$

T_2 จะมีค่าต่ำสุด เมื่อ $\sin(150^\circ - \alpha)$ มีค่าสูงสุด

คือ $\sin(150^\circ - \alpha) = \sin 90^\circ$

$$\alpha = 60^\circ$$

และ $T_2 = 12.5 \text{ kN} \angle 60^\circ$

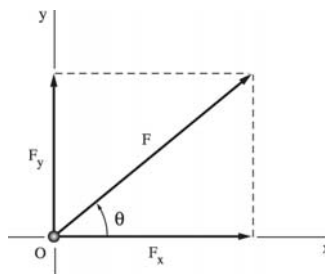
และ $T_1 = T_2 \frac{\sin 60^\circ}{\sin 30^\circ} = 21.7 \text{ kN}$

$$T_1 = 21.7 \text{ kN} \angle 30^\circ \quad \text{Ans}$$

4. Rectangular Components ของแรงและ Unit Vectors

ในปัญหาหลาย ๆ แบบจะพบว่า เป็นที่ต้องการที่จะแยกแรงออกเป็นองค์ประกอบสององค์ประกอบที่ตั้งฉากกันและกัน

จากรูปที่ 1.10 จะแยกแรง $\vec{F}$ ออกเป็นองค์ประกอบ $\vec{F}_x$ และ $\vec{F}_y$ ตามแนวแกน x และ y ตามลำดับ และจะเรียก $\vec{F}_x$ และ $\vec{F}_y$ ว่า Rectangular Components



รูปที่ 1.10 การแยกองค์ประกอบของแรง $\vec{F}$

โดยทั่วไปจะเลือกให้แกน x และ y อยู่ในระนาบและแนวตั้งตามลำดับ อย่างไรก็ตามก็
จะสามารถเลือกทิศทางใด ๆ สองทิศทางที่ตั้งฉากกันก็ได้

ดังนั้น $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y = F_x \hat{i} + F_y \hat{j} \quad (1.1)$

โดย F_x และ F_y คือ ขนาดขององค์ประกอบ $\bar{F}_x$ และ $\bar{F}_y$
 $\hat{i}$ และ $\hat{j}$ คือ Unit Vectors ในแนวแกน x และ y
 และเมื่อ $\bar{F}$ ทำมุมกับแกน x เป็นมุม θ

ดังนั้น $F_x = F \cos \theta$ และ $F_y = F \sin \theta$

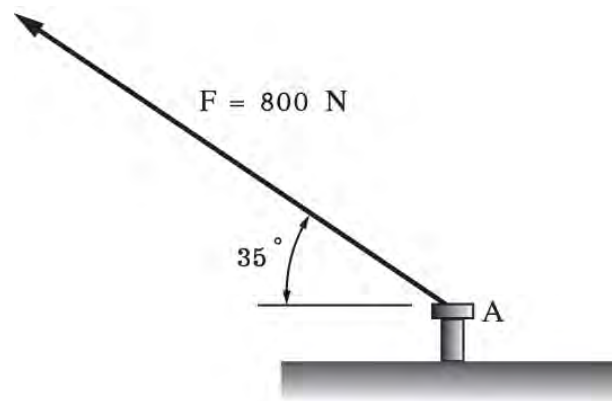
จะได้ว่า $\bar{F} = F \cos \hat{i} + F \sin \theta \hat{j}$ (1.2)

และขนาดของ $\bar{F}$ คือ

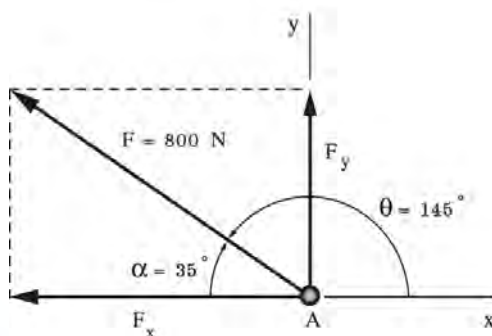
$$F = (F_x^2 + F_y^2)^{1/2} \quad (1.3)$$

และ $\theta = \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x}$ (1.4)

ตัวอย่างที่ 1.5 แรง 800 N กระทำที่สลักเกลียว A ดังรูป จงหาองค์ประกอบของแรง
 ในแนวระดับและแนวตั้ง



วิธีทำ



จาก

$$\begin{aligned} \bar{F} &= \bar{F}_x + \bar{F}_y \\ &= -F \cos 35^\circ \hat{i} + F \sin 35^\circ \hat{j} \\ &= -800 \cos 35^\circ \hat{i} + 800 \sin 35^\circ \hat{j} \end{aligned}$$

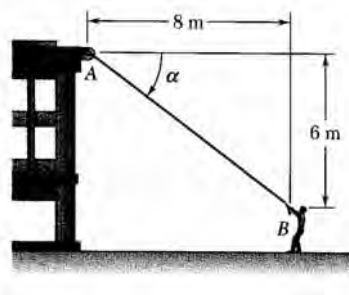
$$\bar{F} = -655 \hat{i} + 459 \hat{j} \text{ N}$$

ดังนั้น

$$\bar{F}_x = -655 \hat{i} \text{ N}$$

$$\bar{F}_y = 459 \hat{j} \text{ N} \quad \text{Ans}$$

ตัวอย่างที่ 1.6 ชายคนหนึ่งดึงเชือกที่ยึดติดกับตึกด้วยแรง 300 N จงหาองค์ประกอบของแรงที่กระทำโดยเชือกที่จุด A ในแนวระดับและแนวตั้ง



วิธีทำ

จาก $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$

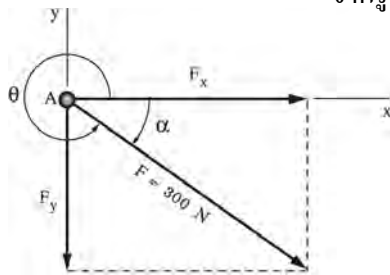
$$\vec{F} = F \cos \alpha \hat{i} + F \sin \alpha \hat{j}$$

จากรูป

$$\tan \alpha = \frac{6}{8} \quad \therefore \alpha = 36.87^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น } \vec{F} &= 300 \cos 36.87^\circ \hat{i} - 300 \sin 36.87^\circ \hat{j} \\ &= 240 \hat{i} - 180 \hat{j} \text{ N} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น } \vec{F}_x = 240 \hat{i} \text{ N และ } \vec{F}_y = -180 \hat{j} \text{ N Ans}$$



ตัวอย่างที่ 1.7 จงหาขนาดและทิศทางของแรง $\vec{F} = 3.5 \text{ kN } \hat{i} + 7.5 \text{ kN } \hat{j}$

วิธีทำ

ขนาด

$$\begin{aligned} F &= (F_x^2 + F_y^2)^{1/2} \\ &= (3.5^2 + 7.5^2)^{1/2} \end{aligned}$$

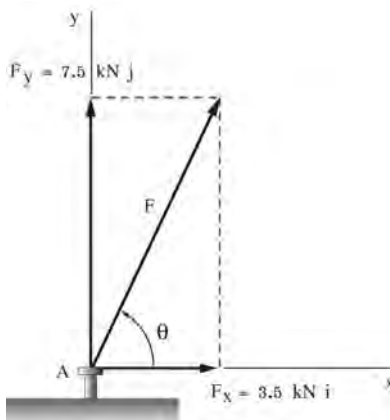
$$F = 8.28 \text{ kN}$$

และ

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1} \frac{F_y}{F_x} \\ &= \tan^{-1} \frac{7.5}{3.5} \end{aligned}$$

$$\theta = 65^\circ$$

$$\text{ดังนั้น } \vec{F} = 8.28 \text{ kN } \angle 65^\circ \quad \text{Ans}$$



5. การรวมแรงโดยการรวมองค์ประกอบ x และ y ของแรง

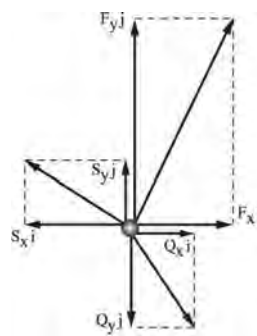
เมื่อต้องการหาแรงลัพธ์ของแรงจำนวนหลาย ๆ แรง (สามแรงหรือมากกว่า) เราอาจใช้วิธีการรวมองค์ประกอบของแรงในแนวแกน x และแกน y ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกมากเมื่อใช้ในการรวมแรง

เพื่อให้เข้าใจในวิธีการได้ง่าย จึงใช้วิธียกตัวอย่างจากรูปที่ 1.11 เมื่อต้องการหาแรงลัพธ์ของ $\bar{P}$, $\bar{Q}$ และ $\bar{S}$ ก็สามารถจะหาได้โดยการทำให้แรงทั้งสามอยู่ในรูปของผลบวกขององค์ประกอบของแรงในแนวแกน x และแกน y

$$\bar{P} = P_x \hat{i} + P_y \hat{j}$$

$$\bar{Q} = Q_x \hat{i} + Q_y \hat{j}$$

$$\bar{S} = S_x \hat{i} + S_y \hat{j}$$



รูปที่ 1.11 การแยกองค์ประกอบของแรง

เมื่อกำหนดให้ $\bar{R} = \bar{P} + \bar{Q} + \bar{S}$

ดังนั้น $\bar{R} = (P_x + Q_x + S_x) \hat{i} + (P_y + Q_y + S_y) \hat{j} \quad (1.5)$

เมื่อให้ $\bar{R} = \bar{R}_x + \bar{R}_y = R_x \hat{i} + R_y \hat{j}$

ดังนั้น
$$\left. \begin{aligned} R_x &= P_x + Q_x + S_x \\ R_y &= P_y + Q_y + S_y \end{aligned} \right\} \quad (1.6)$$

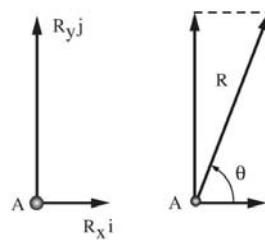
และขนาดของแรงลัพธ์ $\bar{R}$ คือ (พิจารณารูปที่ 1.12 ประกอบ)

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (1.7)$$

และ
$$\theta = \tan^{-1} \frac{R_y}{R_x} \quad (1.8)$$

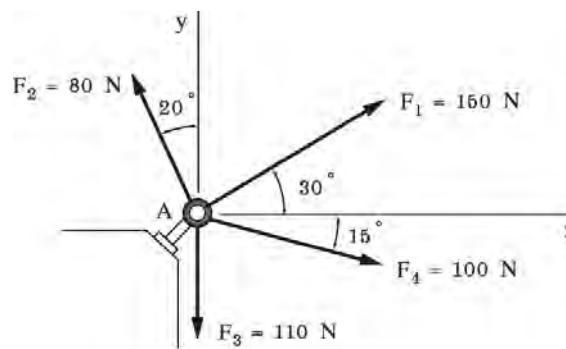
ดังนั้น
$$\bar{R} = R_x \hat{i} + R_y \hat{j}$$

หรือ
$$\bar{R} = R \angle \theta^\circ \quad (1.9)$$



รูปที่ 1.12 เวกเตอร์องค์ประกอบ

ตัวอย่างที่ 1.8 จากรูป จงหาแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำบนสลักเกลียว A



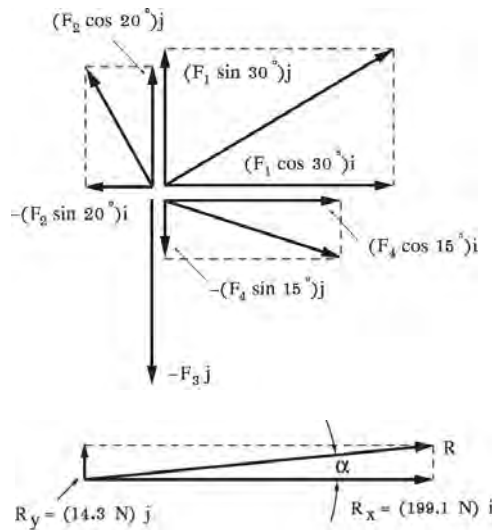
วิธีทำ จาก
$$\bar{R} = \bar{F}_1 + \bar{F}_2 + \bar{F}_3 + \bar{F}_4$$

$$\bar{R} = (\bar{F}_{1x} + \bar{F}_{2x} + \bar{F}_{3x} + \bar{F}_{4x})\hat{i} + (\bar{F}_{1y} + \bar{F}_{2y} + \bar{F}_{3y} + \bar{F}_{4y})\hat{j}$$

$$\bar{R} = (150\cos 30^\circ - 80\sin 20^\circ + 0 + 100\cos 15^\circ)\hat{i} + (150\sin 30^\circ + 80\cos 20^\circ - 110 - 100\sin 15^\circ)\hat{j} \text{ N}$$

$$\bar{R} = (129.9 - 27.4 + 96.6) \hat{i} + (75 + 75.2 - 110 - 25.9) \hat{j}$$

$$\bar{R} = 199.1 \hat{i} + 14.3 \hat{j} \text{ N}$$



ขนาด

$$R = ([199.1]^2 + [14.3]^2)^{1/2}$$

$$R = 199.6 \text{ N}$$

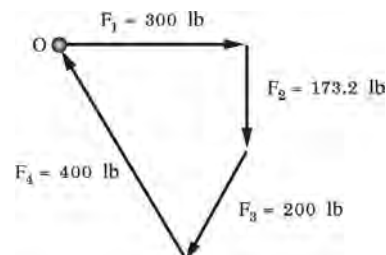
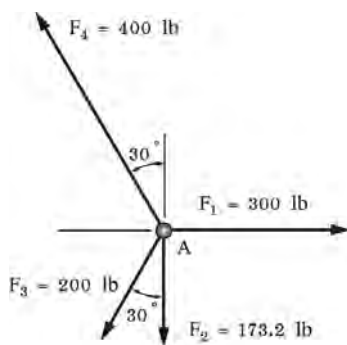
ทิศทาง

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{14.3}{199.1}$$

$$\alpha = 4.1^\circ$$

$$\bar{R} = 199.6 \text{ N } \angle 4.1^\circ \text{ Ans}$$

อนุภาคจะอยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำบนอนุภาคเป็นศูนย์ จากรูปที่ 1.13 ถ้าอนุภาค A อยู่ในสภาวะสมดุล เมื่อเขียนรูปหลายเหลี่ยมของแรง จะได้เป็นรูปปิด คือ หัวลูกศรของแรงสุดท้ายจะอยู่ที่จุดเดียวกับหางของแรงตัวแรกพอดี ดังนั้น สภาวะของสภาพสมดุล คือ



รูปที่ 1.13 แสดงตัวอย่างสมดุลแรงบนอนุภาค

$$\bar{R} = \sum \bar{F} = 0 \quad (1.10)$$

ดังนั้น

$$\sum \bar{F}_x + \sum \bar{F}_y = 0$$

$$(\sum \bar{F}_x) \hat{i} + (\sum \bar{F}_y) \hat{j} = 0$$