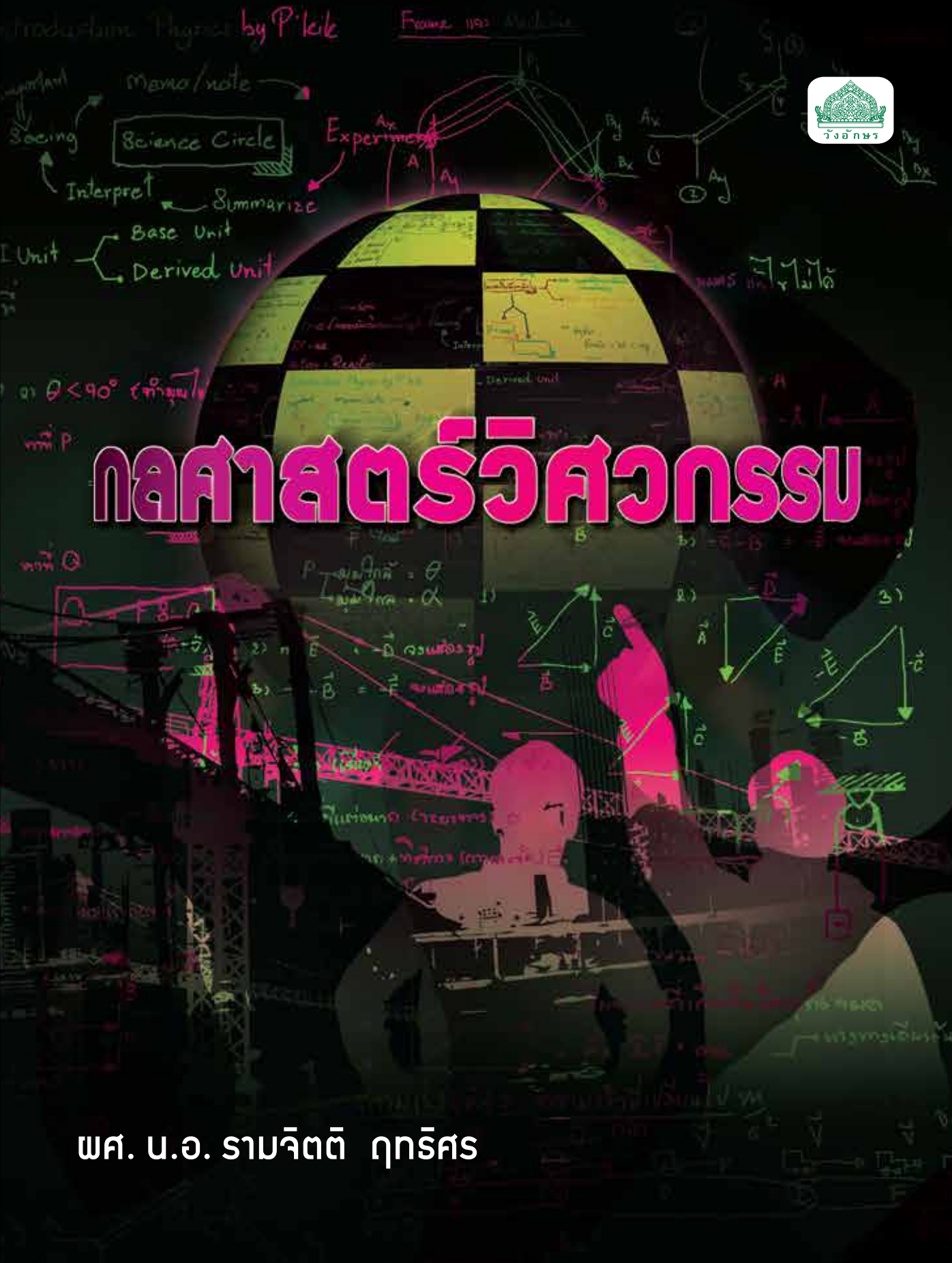
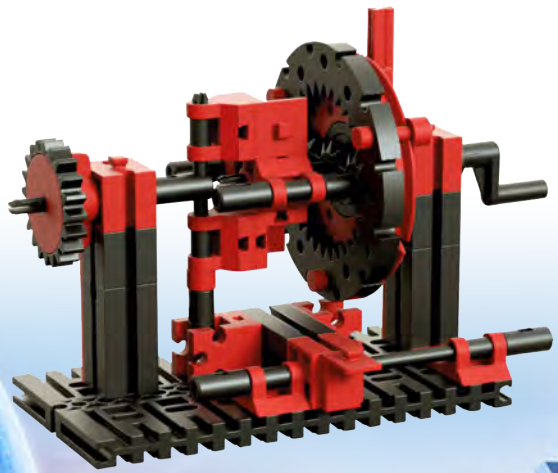


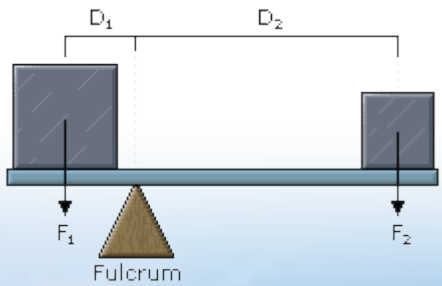
ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

กลศาสตร์วิศวกรรม
(Engineering Mechanics)

รหัสวิชา 30100-0101

หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ
กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน
ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ





เรียบเรียงโดย
ผศ.น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

กลศาสตร์วิศวกรรม
(Engineering Mechanics)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับหลักสถิตศาสตร์ ระบบของแรง โมเมนต์และแรงคู่ควบ สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง จุดศูนย์ถ่วงและจุดเซนทรอยด์ แผนภาพวัตถุอิสระ โมเมนต์ความเฉื่อย หลักการวิเคราะห์โครงสร้าง แรงเสียดทานและวิธีการงานเสมือน

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

รามจิตติ ฤทธิศร.
กลศาสตร์วิศวกรรม.-- กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563.
288 หน้า.
1. กลศาสตร์ประยุกต์. I. ชื่อเรื่อง.
620.1
ISBN 978-616-211-693-3

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย...

วังอักษร

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

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น
ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างอิงความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

คำนำ

วิชากลศาสตร์วิศวกรรม รหัสวิชา **30100-0101** หมวดวิชาสมรรถนะวิชาชีพ กลุ่มสมรรถนะวิชาชีพพื้นฐาน ประเภทวิชาอุตสาหกรรม **ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563** สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น 9 บทเรียน **ได้จัดแผนการจัดการเรียนรู้/แผนการสอนที่เน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการบูรณาการ (Integrated)** ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบทเรียน มุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่างใบงานเพื่อฝึกปฏิบัติ และคำถามเพื่อการทบทวน เพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้ (Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้เป็นผู้ชี้แนะ (Teacher Role) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้ (Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ ให้รู้จักทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปใช้งานได้ (Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมายอาชีพอันยังเป็นประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใด เป็นคนดีทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

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

ผศ.น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

สารบัญ

บทที่	**1**	**สถิตยศาสตร์ของอนุภาค**	**1**
		นิยาม	2
		การวัดในทางฟิสิกส์	4
		ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์	7
		วิธีทางเทคนิคของเวกเตอร์	8
		อนุพันธ์ของเวกเตอร์	10
		สถิตยศาสตร์ของอนุภาค	11
		การรวมแรงโดยการรวมองค์ประกอบ x และ y ของแรง	21
		สมดุลของอนุภาค	24
		กฎการเคลื่อนที่ข้อที่หนึ่งของนิวตัน	25
		ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับสภาพสมดุลของอนุภาคและ Free – Body Diagram	25
		แรงในปริภูมิ	29
		แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ	37
บทที่	**2**	**ระบบแรงและโมเมนต์**	**41**
		แรงภายนอกและแรงภายใน	43
		หลักการส่งผ่านของแรงและแรงเสมือน	43
		ผลคูณเชิงเวกเตอร์	44
		ผลคูณเชิงเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก	45
		โมเมนต์	47
		ทฤษฎีของวาริยง	49
		ผลคูณเชิงสเกลาร์	51
		ผลคูณเชิงผสม	53
		โมเมนต์รอบแกน	54
		โมเมนต์ของแรงคู่ควบ	57
		แรงคู่ควบเสมือน	59

การบวกแรงคู่ควบ 60
การแทนแรงคู่ควบด้วยรูปแบบเวกเตอร์ 61
การย้ายแรง 62
การลดรูประบบแรงเป็นระบบที่มีหนึ่งแรงกับหนึ่งโมเมนต์ของแรงคู่ควบ 64
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 69

บทที่ 3 สมดุลของวัตถุเกร็ง 74
แผนผังวัตถุอิสระ 76
แรงปฏิกิริยาที่ส่วนรอบรับและส่วนต่อสำหรับโครงสร้าง 2 มิติ 77
สภาวะสมดุลของวัตถุเกร็งใน 2 มิติ 79
สมดุลของวัตถุเกร็งภายใต้การกระทำของแรง 2 แรง 83
สมดุลของวัตถุเกร็งภายใต้การกระทำของแรง 3 แรง 84
สมดุลของวัตถุเกร็ง 3 มิติ 86
แรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับและส่วนต่อสำหรับโครงสร้าง 3 มิติ 86
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 92

บทที่ 4 จุดเซนทรอยด์และจุดศูนย์ถ่วง 97
จุดศูนย์ถ่วงของรูปทรง 2 มิติ 99
จุดเซนทรอยด์ของพื้นที่และเส้น 100
โมเมนต์อันดับแรกของพื้นที่และเส้น 102
แผ่นและเส้นเชิงประกอบ 106
ทฤษฎีของปาปุส - กัลดิอุส 109
การหาจุดเซนทรอยด์ของรูปแบนโดยการอินทิเกรต 115
แรงกระทำแบบกระจายบนคาน 117
จุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ 3 มิติ และจุดเซนทรอยด์ของปริมาตร 119
วัตถุประกอบ 121
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 125

บทที่ 5 การวิเคราะห์โครงสร้าง 130
โครงถักและนิยามของโครงถัก 132
โครงถักอย่างง่าย 135
การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีพิจารณาจุดเชื่อมต่อ 135

ชิ้นส่วนและแรงที่กระทำเป็นศูนย์ 139
การวิเคราะห์โครงถักโดยวิธีการภาคตัด 140
การวิเคราะห์โครงกรอบ 142
เครื่องจักรกล 144
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 147

บทที่ 6 แรงในคาน 152
ประเภทของคาน 153
แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน 156
แผนผังแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด 158
ความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำแบบกระจาย แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด 162
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 166

บทที่ 7 ความเสียดทาน 169
บทนำ 170
ชนิดของความเสียดทาน 171
ทฤษฎีของความเสียดทานแห้ง 172
มุมของความเสียดทาน 174
ปัญหาที่เกี่ยวกับความเสียดทานแห้ง 176
ความต้านทานต่อการกลิ้ง 183
ความเสียดทานในเครื่องจักรกล 185
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 202

บทที่ 8 โมเมนต์ความเฉื่อย 207
รัศมีไจเรชั่น 212
ทฤษฎีขนานแกน 216
ทฤษฎีแกนตั้งฉาก 219
โมเมนต์อันดับสองของพื้นที่ 221
แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 225

บทที่ 9 สถิตยศาสตร์ของไหล **227**

ของไหลเมื่อหยุดนิ่ง 228

การวัดความดัน 231

หลักการของปาสคาล (Pascal's Princple) 233

หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes' Princple) 235

แรงกระทำบนพื้นที่ราบที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว (Hydrostatic Forces on Submerged Plane Surfaces) 237

แรงกระทำบนพื้นที่โค้งที่จมอยู่ภายใต้ของเหลว (Hydrostatic Forces on Submerged Curved Surfaces) 241

แรงกระทำบนวัตถุจม (Forces on Submerged Body) 247

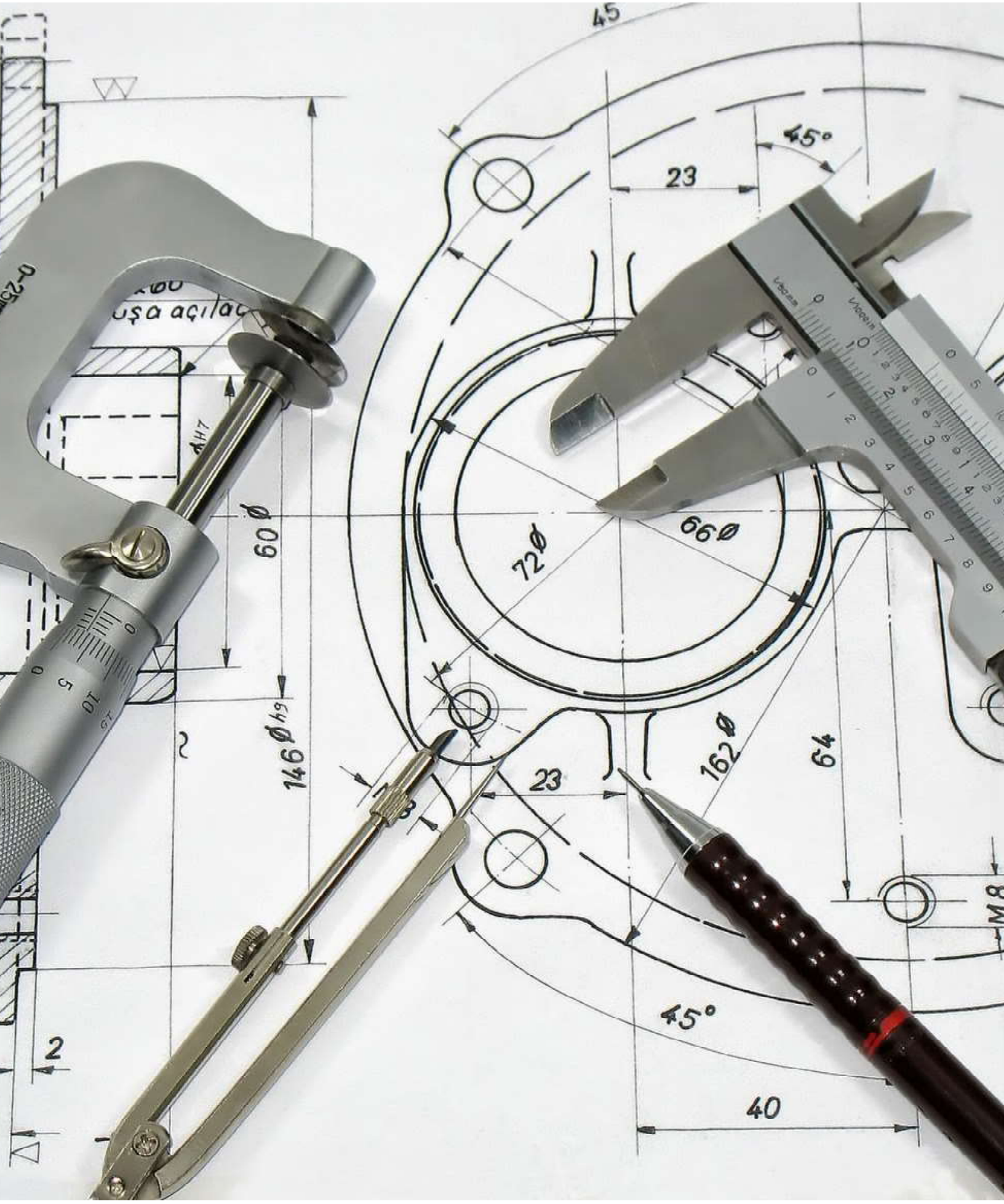
เสถียรภาพของวัตถุจมและวัตถุลอย (Stability of Submerged and Floating Bodies) 251

แบบทดสอบและกิจกรรมการฝึกทักษะ 250

คำถามเพื่อการทบทวน **262**

คำศัพท์ **272**

บรรณานุกรม


45
45°
23
72Ø
66Ø
60Ø
146Ø
162Ø
64
23
45°
40
M8
2

บทที่ 1

สถิตยศาสตร์ของอนุภาค

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)
หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. บอกนิยามทางสถิตยศาสตร์
2. อธิบายการวัดปริมาณทางฟิสิกส์และการเปลี่ยนแปลงหน่วย
3. จำแนกชนิดของเวกเตอร์
4. ระบุวิธีทางเทคนิคของเวกเตอร์
5. อธิบายสถิตยศาสตร์ของอนุภาค
6. คำนวณหาแรงลัพธ์
7. หาองค์ประกอบของแรงในแนวระดับและแนวดิ่ง
8. คำนวณหาขนาดและทิศทางของแรง
9. อธิบายการรวมแรงโดยการรวมองค์ประกอบของแรง

บทที่ 1

สถิตยศาสตร์ของอนุภาค

นิยาม

จลนศาสตร์ (Kinematics) คือ แขนงวิชาที่กล่าวถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยไม่คำนึงถึงแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่นั้น โดยจลนศาสตร์จะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่าง การกระจัด (Displacement) ความเร็ว (Velocity) ความเร่ง (Acceleration) และเวลา (Time)

อนุภาค (Particle) คือ วัตถุที่มีขนาดเล็กมากในทางคณิตศาสตร์หรือวัตถุที่มีขนาดเข้าใกล้ศูนย์จนสามารถคิดเป็นจุดได้แต่ยังคงมีมวลอยู่ วัตถุในทางพลศาสตร์ อนุภาคไม่ได้จำกัดอยู่แค่วัตถุที่มีขนาดเล็ก แต่ยังหมายถึงวัตถุที่มีขนาดใหญ่มาก ดังเช่น รถยนต์ เครื่องบิน หรือจรวดเป็นต้น ตราบใดที่ขนาด ของวัตถุไม่เกี่ยวข้องกับการอธิบายถึงตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ก็สามารถถือได้ว่าวัตถุนั้นเป็นอนุภาคนั่นเอง ซึ่งสื่อความหมายได้ว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุ (เมื่อพิจารณาเป็นอนุภาค) เป็น ไปในลักษณะไปทั้งก้อนพร้อม ๆ กัน โดยไม่คำนึงถึงผลของการหมุนใด ๆ ของวัตถุรอบจุดศูนย์กลาง มวลของวัตถุนั้นได้

ปริภูมิ (Space) เป็นขอบเขตทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีเหตุการณ์ต่าง ๆ บังเกิดขึ้นมา สื่อความหมายเป็นขอบเขต 3 มิติ กล่าวคือ สามารถที่จะบ่งชี้ถึงตำแหน่งของจุด P ใด ๆ ในปริภูมิได้ด้วยความยาวสามความยาวที่วัดจากจุดอ้างอิงจุดหนึ่ง (จุดกำเนิด) ในสามทิศทางและความยาวเหล่านี้เรียกว่าพิกัด (Coordinates) ของ P

เวลา (Time) เพื่อกำหนดเหตุการณ์ใด ๆ นั้น การกำหนดตำแหน่งของวัตถุในปริภูมิอย่างเดียวไม่พอเพียง ต้องกำหนดเวลาของเหตุการณ์ด้วย เวลาเป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยเป็นวินาที

มวล (Mass) คือ สิ่งที่ใช้ในการกำหนดลักษณะสมบัติ และเปรียบเทียบวัตถุในการต้านการเปลี่ยนแปลงการเคลื่อนที่ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

แรง (Force) เป็นสิ่งแสดงแทนการกระทำของวัตถุหนึ่งต่ออีกวัตถุหนึ่ง โดยในการกำหนดแรงจะกำหนด โดยจุดของการกระทำ ขนาด และทิศทางของแรง แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยเป็น นิวตัน

กรอบอ้างอิง (Reference Frame) เป็นกรอบที่ใช้เพื่ออ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งในปริภูมิที่ศึกษา ซึ่งอาจจะเป็นเชิงเส้นหรือเชิงมุม ที่ใช้กันในทางพลศาสตร์จำแนกได้ 2 แบบ คือ

1. *กรอบอ้างอิงตรึงอยู่กับที่ (Fixed Reference Frame)* คือ กรอบอ้างอิงที่ตรึงอยู่กับโลกและพิจารณาให้ตรึงอยู่กับที่ในปริภูมิ
2. *กรอบอ้างอิงเคลื่อนที่ (Moving Reference Frame)* คือ กรอบอ้างอิงที่เคลื่อนที่ไปเมื่อเทียบกับโลก และพิจารณาว่าเคลื่อนที่ไปในปริภูมิ มี 2 แบบ คือ แบบเคลื่อนที่ขนานกับตำแหน่งเดิม และกรอบอ้างอิงแบบหมุนซึ่งเป็นกรอบที่เคลื่อนที่ไปในลักษณะที่มีการหมุนไปของแกนอ้างอิงด้วย

กฎของนิวตัน

1. **กฎข้อที่หนึ่ง** อนุภาคจะยังคงหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงที่เป็นเส้นตรง นอกจากว่ามีแรงที่ไม่สมดุลมากระทำต่ออนุภาคนั้น

2 **กฎข้อที่สอง** ถ้าแรงลัพท์ที่กระทำต่ออนุภาคไม่เท่ากับศูนย์ อนุภาคจะมีความเร่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ และมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์นี้

3. **กฎข้อที่สาม** แรงกริยา (Action) และแรงปฏิกริยา (Reaction) ระหว่างวัตถุสองวัตถุมีขนาดเท่ากัน มีทิศทางตรงกันข้ามกัน และอยู่ในแนวแรงเดียวกัน

การวัดในทางฟิสิกส์ (Measurement in Physics)

การวัดปริมาณทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากปริมาณพื้นฐาน (Base Quantities) ทางฟิสิกส์กำหนดไว้อย่างแน่นอน 3 ปริมาณ เรียกว่าปริมาณปฐมภูมิ ประกอบด้วยความยาว (Length) เวลา (Time) และมวล (Mass) ซึ่งจะมีหน่วยปฐมภูมิเป็นเมตร (Meter) วินาที (Second) และกิโลกรัม (Kilogram) ตามลำดับ ปริมาณอื่น ๆ นอกเหนือจากนี้เรียกว่า ปริมาณทุติยภูมิ ซึ่งจะอธิบายได้ในเทอมของปริมาณปฐมภูมิ โดยจะมีหน่วยเป็นไปตามการปฏิบัติการของหน่วยปฐมภูมิ ตัวอย่างเช่น ความเร็ว (Velocity) ซึ่งเป็นปริมาณทุติยภูมินั้นเกิดจากการหารความยาว (ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่) ด้วยเวลา (ที่วัตถุใช้ในการเคลื่อนที่) หน่วยของความเร็วจึงเป็น เมตรต่อวินาที 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) นั้นประกอบขึ้นมาจากหน่วยปฐมภูมิของมวล ความยาว และเวลา กล่าวคือ 1 Watt = 1 W = 1 $kg.m^2/s^3$ เป็นต้น

ในการบอกปริมาณที่มีขนาดใหญ่หรือเล็กมาก ๆ ในทางฟิสิกส์นิยมใช้ตัวเลขยกกำลัง 10 แทน เช่น

3,560,000,000 เมตร = 3.56×10^9 เมตร

และ 0.000 000 492 วินาที = 4.92×10^{-7} วินาที เป็นต้น

อีกวิธีที่นิยม คือ การใช้สัญลักษณ์ที่เป็นสากลนิยมแทนค่า 10 ยกกำลังต่าง ๆ ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแทนค่ายกกำลัง

Factor	Preflx	Symbol	Factor	Preelx	Symbol
10^{24}	Yotta–	Y	10^{-24}	Yocto–	y
10^{24}	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–	M	10^{-3}	Milli–	m
10^{2}	Hecto–	h	10^{-2}	Cento–	c
10^{1}	Deka–	da	10^{-1}	Deci–	d

ตัวอย่าง เช่น กำลังไฟฟ้า 1.27×10^{9} Watts = 1.27 Gigawatts = 1.27 GW หรือ ช่วงเวลา 2.35×10^{-9} s = 2.35 Nanosecond = 2.35 ns เป็นต้น

เลขแทนค่ายกกำลังที่คุ้นเคยและจะพบบ่อย ๆ เช่น มิลลิเมตร เซนติเมตร กิโลกรัม และเมกะไบต์ เป็นต้น

การเปลี่ยนหน่วย (Changing Units)

ในการเปลี่ยนหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์จากระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่ง อาจกระทำได้โดยการใช้ระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์กับปริมาณเดิมด้วยแฟคเตอร์ปรับค่า (Conversion Factor) ดังตารางที่ 1.2 เพื่อให้ได้ค่าที่เทียบเท่ากันตามที่ต้องการ

ตารางที่ 1.2 ตัวอย่างของแฟคเตอร์ปรับค่า

Some Conversion Factors	
Mass and Density	**Speed**
1 kg = 100 g = 6,02 X 10^{26} u	1 m/s = 3.28 ft/s = 2.24 mi/h
1 Slug = 14.6 kg	1 km/h = 0.621 mi/h = 0.278 m/s
1 u = 1.66 X 10^{-27} kg	
1 kg/m3 = 10^{-3} g/cm^3	**Force and Pressure**
	1 N = 10^5 Dyne = 0.225 Ib
Length and Volume	1 Ib = 4.45 N
1m = 100 cm = 39.4 in. = 3.28 ft	1 ton = 2000 Ib
1 mi = 1.61 km = 5280 ft	1 Pa = 1 N/m^2 = 10 dyne/cm^2
1 in = 2.54 cm	= 1.45 X 10^{-4} Ib/$in.^2$
1 in. = 10^{-9} m = 10 Å	1 atm = 1.01 X 10^5 Pa = 14.7 Ib/$in.^2$
1 pm = m = 10^{12} m = 1000 fm	= 76 cm – Hg
1 Light – Year = 9.46 X 10^{15} m	
1 m3 = 1000 L = 35.3 ft^3 = 264 gal	**Energy and Power**
	1 J = 10^7 erg = 0.239 cal = 0.738 ft – Ib
Time	1 kW.h = 3.6 X 106 J
1 d = 86,400 s	1 cal = 4.19 J
1 y = 365 $\frac{1}{4}$ d = 3.16 X 107 s	1 eV = 1.60 X 10^{19} J
	1 Horsepower = 746 W = W = 550 ft – Ib/s
Angular Measure	**Magnetism**
1 rad = 57.3° = 0.159 rev	1 T = 1 Wb/m^2 = 10^4 gauss
π rad = 180° = $\frac{1}{2}$ rev	

ตัวอย่างที่ 1.1 จงเปลี่ยนความเร็ว 180 mi/h ให้เป็น km/h

วิธีทำ จากตารางที่ 1.2 ค่าแฟคเตอร์ปรับค่าที่นำมาใช้คือ 0.621 mi/h = 1 km/h

ดังนั้น $\frac{180\ \text{mi/h}}{0.621\ \text{mi/h}} = 289.85\ \text{km/h}$

ตัวอย่างที่ 1.2 เครื่องยนต์มีกำลัง 3 แรงม้า (hp) เทียบเท่ากับกำลังกี่วัตต์

วิธีทำ จากตารางที่ 1.2 ค่าแฟคเตอร์ปรับค่าที่นำมาใช้คือ 1 hp = 746 watts

ดังนั้น 3 hp = 3 X 746 watts = 2238 watts

ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์

สเกลาร์ (Scalar) คือปริมาณที่บ่งบอกให้ทราบเฉพาะขนาดอย่างเดียว เช่น เวลา มวล และระยะทาง (Distance) เป็นต้น

เวกเตอร์ (Vector) คือปริมาณที่บ่งบอกให้ทราบทั้งขนาดและทิศทาง เช่น ความเร็ว การกระจัด และความเร่ง เป็นต้น ในทางฟิสิกส์ จะสามารถจำแนกเวกเตอร์ออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. *เวกเตอร์ตรึง (Fixed Vector)* คือ เวกเตอร์ที่ไม่สามารถจะเคลื่อนตำแหน่งไปได้โดยปราศจากการดัดแปลงภาวะของปัญหา

2. *เวกเตอร์เลื่อน (Sliding Vector)* คือ เวกเตอร์ที่สามารถเลื่อนไปตามแนวของการกระทำได้โดยไม่ต้องดัดแปลงภาวะของปัญหา แต่ไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้

3. *เวกเตอร์อิสระ (Free Vector)* คือ เวกเตอร์ที่สามารถเคลื่อนไปในปริภูมิได้โดยเสรี นั่นก็คือ เปลี่ยนตำแหน่งได้โดยไม่ต้องดัดแปลงภาวะของปัญหา

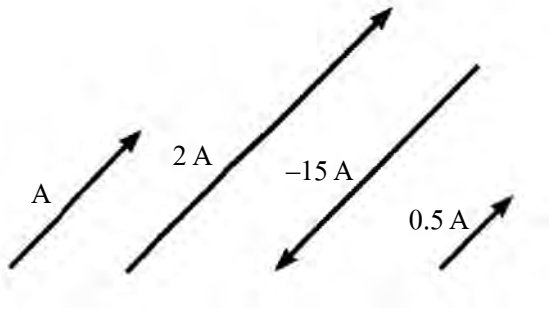
เวกเตอร์ที่เท่ากันและเวกเตอร์ลบ เวกเตอร์ที่เท่ากัน คือ เวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากัน และทิศทางเหมือนกัน เวกเตอร์ลบของเวกเตอร์ $\overline{P}$ คือ เวกเตอร์ $-\overline{P}$ ที่มีขนาดเท่ากับ $\overline{P}$ แต่มีทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้น

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

วิธีทางเทคนิคของเวกเตอร์ (Vector Operation)

การคูณและการหารเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ (Multiplication and Division of a Vector by a Scalar)

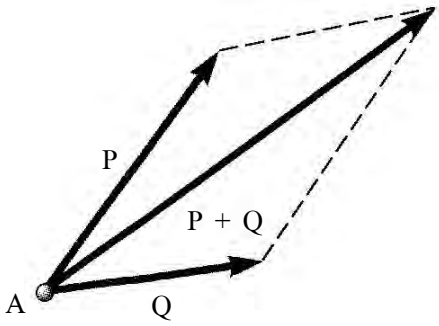
ปริมาณเวกเตอร์ A เมื่อคูณด้วยปริมาณสเกลาร์ a จะได้ปริมาณเวกเตอร์ aA มีขนาดค่าของ a โดยมีค่าเป็นบวกเมื่อ a เป็นบวกและมีค่าเป็นลบเมื่อ a เป็นลบ ส่วนการหารปริมาณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์จะนิยามโดยการใช้การคูณด้วยเศษส่วน โดยที่ปริมาณสเกลาร์มีค่าไม่เท่ากับศูนย์ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 *การคูณและหารเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์*

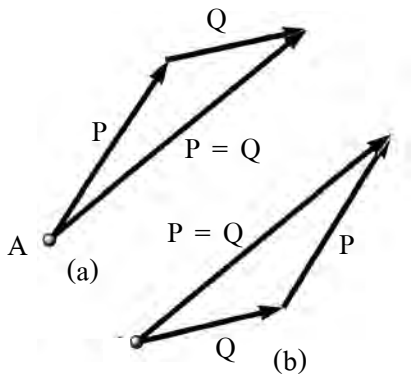
กฎสี่เหลี่ยมด้านขนาน (Parallelogram Law)

จากรูปที่ 1.2 หาผลบวกได้จาก $\overline{R} = \overline{P} + \overline{Q}$ ซึ่งจะเห็นได้ว่า $\overline{Q} + \overline{P} = \overline{P} + \overline{Q}$



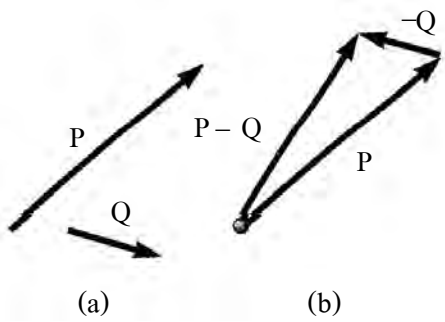
รูปที่ 1.2 *กฎสี่เหลี่ยมด้านขนาน*

หลักการสร้างรูปสามเหลี่ยม (Triangle Rule) เป็นอีกรูปแบบหนึ่งในการหาผลบวกของเวกเตอร์ โดยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยม ซึ่งนำหัวของเวกเตอร์ต่อเข้ากับหางของอีกเวกเตอร์ ดังรูป ที่ 1.3



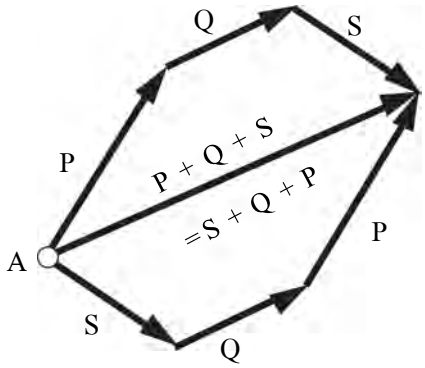
รูปที่ 1.3 *หลักการสร้างรูปสามเหลี่ยม*

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



รูปที่ 1.4 *การลบเวกเตอร์*

หลักการสร้างรูปหลายเหลี่ยม (Polygon Rule) เป็นวิธีการที่คล้ายคลึงกับหลักการสร้างรูปสามเหลี่ยมที่ใช้ในการบวกลบเวกเตอร์จำนวนมากกว่าสองเวกเตอร์ขึ้นไป ดังรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 *หลักการสร้างรูปหลายเหลี่ยม*

อนุพันธ์ของเวกเตอร์

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

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

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

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

และเมื่อให้ f (t) เป็นฟังก์ชันสเกลาร์ (Scalar Function)

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

สถิตยศาสตร์ของอนุภาค

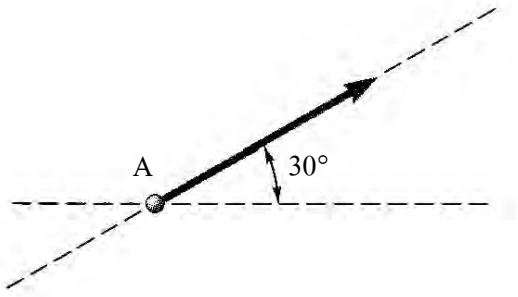
อนุภาค คือ วัตถุซึ่งมีขนาดและรูปร่างที่ไม่ส่งผลกระทบต่อวิธีการแก้ปัญหา ดังนั้นจึงสมมุติให้แรงที่กระทำบนอนุภาคนั้นกระทำที่จุดเดียวกันได้

แรงบนอนุภาคและแรงลัพท์ของแรงสองแรง

แรง คือ สิ่งที่แสดงการกระทำของวัตถุหนึ่งบนอีกวัตถุหนึ่ง และโดยทั่วไปจะกำหนดโดยจุดกระทำ ขนาด และทิศทางของแรง อย่างไรก็ตามแรงที่กระทำบนอนุภาคจะมีจุดกระทำจุดเดียวกัน ดังนั้น จึงกำหนดได้โดยสมบูรณ์ด้วยขนาดและทิศทางของแรง

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

ทิศทางของแรงจะกำหนดโดยแนวของการกระทำและทิศของแรง โดยแนวของการกระทำ คือ แนวเส้นตรงที่แรงจะกระทำในแนวนี้ กำหนดโดยมุมที่แนวของการกระทำทำมุมต่อแกนคงที่ และบ่งชี้ทิศของแรงด้วยลูกศร ตัวอย่างดังรูป 1.6



รูปที่ 1.6 *การกำหนดขนาดและทิศทางของแรงด้วยเวกเตอร์*

แรงสองแรงที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศตรงกันข้ามนั้น เมื่อกระทำบนอนุภาคจะยังผลตรงกันข้าม และเนื่องจากแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ ดังนั้น การหาแรงแรงลัพธ์ของแรงสองแรงบนอนุภาค สามารถใช้กฎต่าง ๆ ของเวกเตอร์ เช่น กฎสี่เหลี่ยมด้านขนานในการหาได้