



กลศาสตร์ โครงสร้าง

Structural Mechanics

ผศ. น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร

90.-

กลศาสตร์โครงสร้าง (Structural Mechanics)



รหัสวิชา 30121-0001



รายวิชาปรับปรุงพื้นฐานวิชาชีพ

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาโยธา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ



เรียบเรียงโดย
ผศ.น.อ.รามจิตติ ฤทธิศร



กลศาสตร์โครงสร้าง (Structural Mechanics)

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

รามจิตติ ฤทธิศร.

กลศาสตร์โครงสร้าง.--กรุงเทพฯ : วังอักษร, 2563.

218 หน้า.

1. กลศาสตร์. 2. วิศวกรรมโครงสร้าง. I. ชื่อเรื่อง.

531

ISBN 978-616-495-136-5

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 : สำนักพิมพ์วังอักษร

<http://www.wangaksorn.com>

ID Line : @wangaksorn



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2563

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ ดัดแปลง
หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต
เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางสำนักพิมพ์เท่านั้น ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ
ที่อ้างถึงในหนังสือฉบับนี้ เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย
โดยบริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

กลศาสตร์โครงสร้าง (Structural Mechanics)

รหัสวิชา 30121-0001



จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการพื้นฐานของ แรง การรวมแรง แรงลัพธ์ ชนิดของแรงหรือน้ำหนักบรรทุกฐานรองรับ
2. สามารถคำนวณหาแรงปฏิกิริยา แรงเฉือน และโมเมนต์ดัด
3. สามารถคำนวณหาแรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน
4. สามารถคำนวณหาความเค้น ความเครียด โมดูลัสยืดหยุ่น จุดศูนย์ถ่วง โมเมนต์ของความเฉื่อย
5. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดี มีความรับผิดชอบ สนใจใฝ่รู้ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์



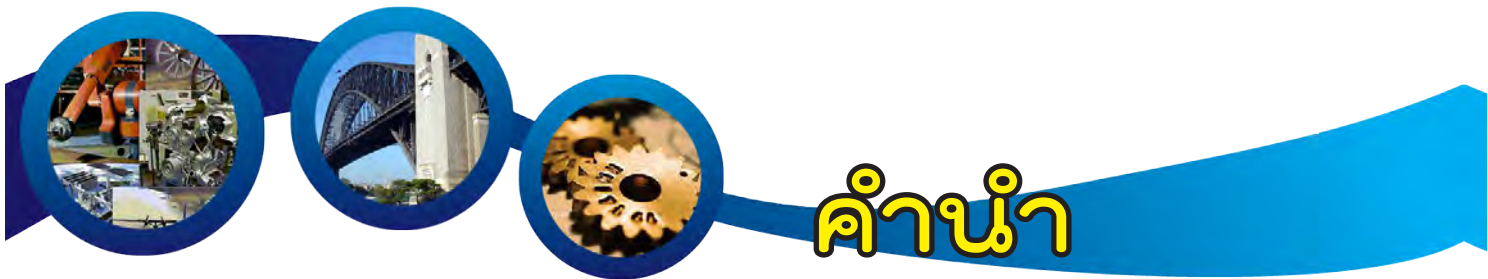
สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและกระบวนการใช้สมการในการคำนวณหาแรง
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและกระบวนการคำนวณ ในการคำนวณหาแรงของโครงสร้างคานและโครงข้อหมุน
3. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและกระบวนการคำนวณ ในการคำนวณหาความเค้น ความเครียด โมดูลัสยืดหยุ่น จุดศูนย์ถ่วง โมเมนต์ของความเฉื่อย



คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานของแรง การรวมแรง แรงลัพธ์ ชนิดของแรง ฐานรองรับ น้ำหนักบรรทุก แรงปฏิกิริยา แรงเฉือน โมเมนต์ดัด แรงภายในชิ้นส่วนโครงข้อหมุน ความเค้น ความเครียด โมดูลัสยืดหยุ่น จุดศูนย์ถ่วง และโมเมนต์ของความเฉื่อย



วิชาหลักสูตรโครงสร้าง รหัสวิชา 30121-0001 จัดอยู่ในรายวิชาปรับปรุงพื้นฐานวิชาชีพ ประเภทวิชา
อุตสาหกรรม สาขาวิชาโยธา **ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2563** สำนักงาน
คณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ ผู้เขียนได้บริหารสาระการเรียนรู้แบ่งเป็น
6 บทเรียน ได้จัดแผนการเรียนรู้/แผนการสอนที่มุ่งเน้นฐานสมรรถนะ (Competency Based) และการ
บูรณาการ (Integrated) ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา ในแต่ละบท
มุ่งให้ความสำคัญส่วนที่เป็นความรู้ ทฤษฎี หลักการ กระบวนการ ตัวอย่าง แบบฝึกปฏิบัติ และคำถาม
เพื่อการทบทวนเพื่อฝึกทักษะประสบการณ์ เร่งพัฒนาบทบาทของผู้เรียนเป็นผู้จัดการแสวงหาความรู้
(Explorer) เป็นผู้สอนตนเองได้ สร้างองค์ความรู้ใหม่ และบทบาทของผู้สอนเปลี่ยนจากผู้ให้ความรู้มาเป็น
ผู้จัดการชี้แนะ (Teacher Roles) จัดสิ่งแวดล้อมเอื้ออำนวยต่อความสนใจเรียนรู้ และเป็นผู้ร่วมเรียนรู้
(Co-investigator) จัดห้องเรียนเป็นสถานที่ทำงานร่วมกัน (Learning Context) จัดกลุ่มเรียนรู้ให้รู้จัก
ทำงานร่วมกัน (Grouping) ฝึกความใจกว้าง มุ่งสร้างสรรค์คนรุ่นใหม่ สอนความสามารถที่นำไปทำงานได้
(Competency) สอนความรัก ความเมตตา (Compassion) ความเชื่อมั่น ความซื่อสัตย์ (Trust) เป้าหมาย
อาชีพอันยังประโยชน์ (Productive Career) และชีวิตที่มีศักดิ์ศรี (Noble Life) เหนือสิ่งอื่นใดเป็นคนดี
ทั้งกาย วาจา ใจ มีคุณธรรม จรรยาบรรณทางธุรกิจและวิชาชีพ

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

ขอขอบคุณ ท่านอาจารย์ผู้สอน ผู้ประสพวิชาความรู้ เอกสาร หนังสือที่ใช้ประกอบในการเรียบเรียง
ไว้ ณ โอกาสนี้

ผศ.น.อ.รามจิตติ ฤทธิศร

สารบัญ



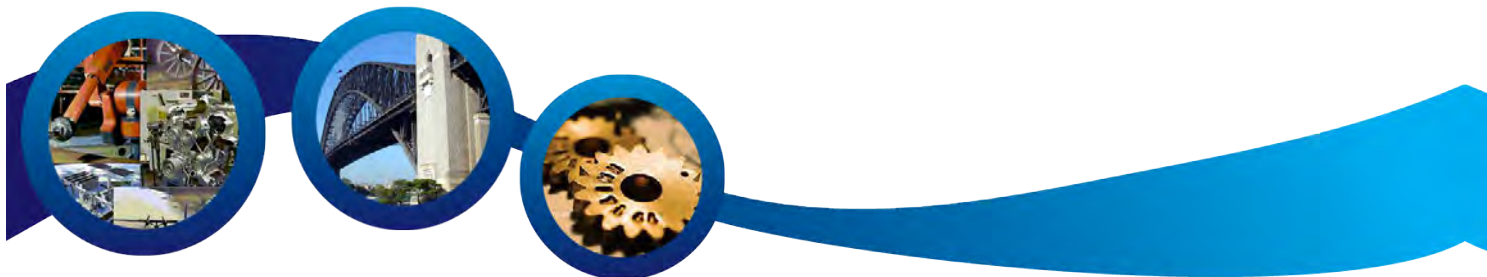
หน้า

บทที่ 1 สถิติศาสตร์ของอนุภาค

นิยาม	1
การวัดในทางฟิสิกส์ (Measurement in Physics)	2
ปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์	4
วิธีการทางเทคนิคของเวกเตอร์ (Vector Operation)	7
อนุพันธ์ของเวกเตอร์	9
สถิติศาสตร์ของอนุภาค	10
แรงในปริภูมิ (Force in Space)	23
แบบทดสอบและกิจกรรมท้ายบท	31

บทที่ 2 ระบบแรงและโมเมนต์

แรงภายนอกและแรงภายใน	35
หลักการส่งของแรงและแรงเสมือน	37
(Principle of Transmissibility and Equivalent Force)	37
ผลคูณเชิงเวกเตอร์	38
ผลคูณเชิงเวกเตอร์ในระบบพิกัดฉาก	39
โมเมนต์	40
ทฤษฎีของวาริยอง (Varignon's Theory)	42
ผลคูณเชิงสเกลาร์ (Dot Product)	44
ผลเชิงผสม	46
โมเมนต์รอบแกน	47
โมเมนต์ของแรงคู่ควบ (Moment of Couple)	50
แรงคู่ควบเสมือน (Equivalent Couple)	52
การบวกแรงคู่ควบ	53
การแทนแรงคู่ควบด้วยรูปแบบเวกเตอร์	54



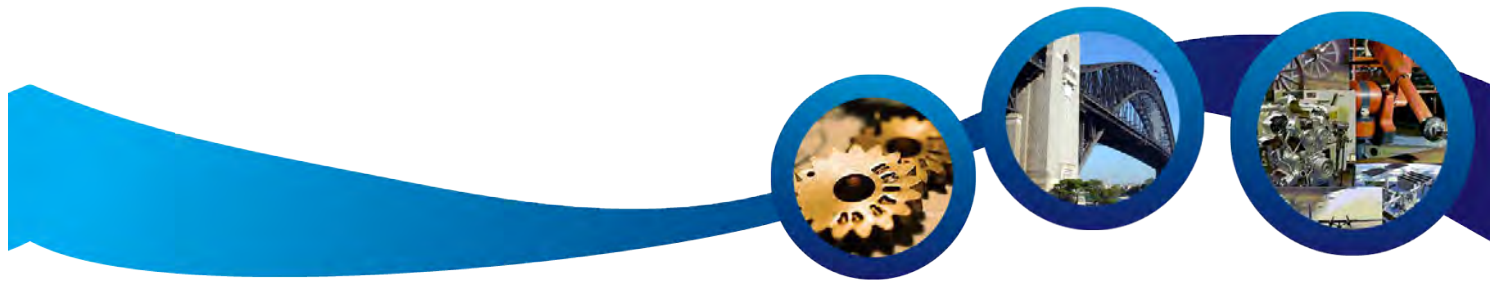
การย้ายแรง	55
การลดรูประบบแรงเป็นระบบที่มีหนึ่งแรงกับหนึ่งโมเมนต์ของแรงคู่ควบ	56
แบบทดสอบและกิจกรรมท้ายบท	62

บทที่ 3 สมดุลของวัตถุเกร็ง

แผนผังวัตถุอิสระ	69
แรงปฏิกิริยาที่ส่วนรองรับและส่วนต่อสำหรับโครงสร้าง 2 มิติ	70
สถานะสมดุลของวัตถุเกร็งใน 2 มิติ	72
สมดุลของวัตถุเกร็งภายใต้การกระทำของแรง 2 แรง	76
สมดุลของวัตถุเกร็งภายใต้การกระทำของแรง 3 แรง	77
สมดุลของวัตถุเกร็งใน 3 มิติ	80
แรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับและส่วนต่อสำหรับโครงสร้างสามมิติ	80
แบบทดสอบและกิจกรรมท้ายบท	85

บทที่ 4 จุดเซนทรอยด์และจุดศูนย์ถ่วง

จุดศูนย์ถ่วงของรูปทรง 2 มิติ	91
จุดเซนทรอยด์ของพื้นที่และเส้น	93
โมเมนต์อันดับแรกของพื้นที่และเส้น (First Moment of Area and Line)	95
แผ่นและเส้นเชิงประกอบ (Composite Plate and Wire)	98
ทฤษฎีเปาปัส-กัลดิอุส (Pappus & Guldious Theory)	101
การหาจุดเซนทรอยด์ของรูปแบบโดยการอินทิเกรต (Centroid of A Plane Figure by Integration)	107
แรงกระทำแบบกระจายบนคาน (Distributed Load on Beams)	109
จุดศูนย์ถ่วงของวัตถุ 3 มิติ และจุดเซนทรอยด์ของปริมาตร	112
วัตถุเชิงประกอบ (Composite Bodies)	114
แบบทดสอบและกิจกรรมท้ายบท	117



บทที่ 5 โมเมนต์ความเฉื่อย

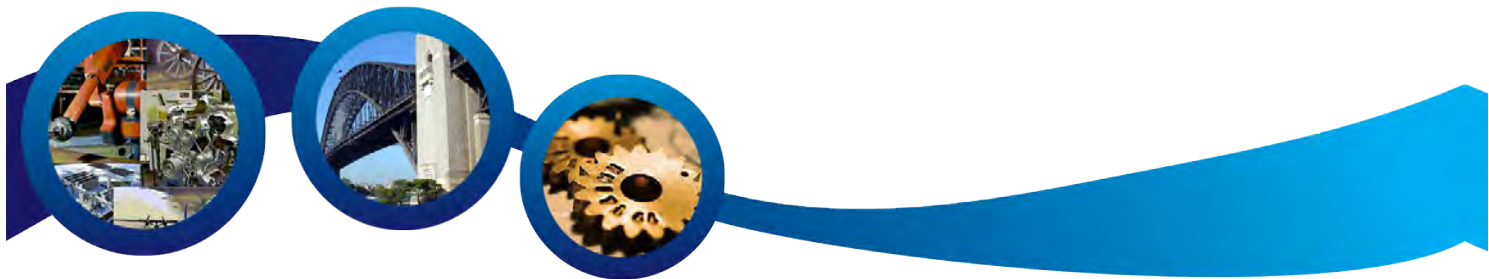
122

โมเมนต์ความเฉื่อย (Moment of Inertia)	123
รัศมีของใจเรชั่น (Radius of Gyration)	126
ทฤษฎีขนาดแกน (Pararell Axes Theorem)	130
ทฤษฎีแกนตั้งฉาก (Perpendicular Axes Theorem)	133
โมเมนต์อันดับสองของพื้นที่ (Second Moments of Area)	135
แบบทดสอบและกิจกรรมท้ายบท	140

บทที่ 6 แรงภายใน ความเค้น และความเครียด

142

แรงภายใน (Internal Forces)	144
แนวคิดของความเค้น (Concept of Stress)	147
แรงตามแนวแกนและความเค้นตั้งฉาก	149
ความเค้นเฉือน (Shering Stress)	150
ความเค้นแบกทาน (Bearing Stress)	153
ความเค้นบนระนาบเอียง (Stress on an Oblique Plane)	154
ความเค้นในระบบแกนพิกัดฉาก	156
สถานะสมดุลของวัตถุเกร็ง 2 มิติ	159
ความเครียดตั้งฉากจากการยืดตัวตามแนวแกน	166
ความเครียดจากการเสียรูปทรง	168
แผนภูมิความเค้น-ความเครียด	174
กฎของฮุก : โมดูลัสของความยืดหยุ่น	177
พฤติกรรมฮิสเทติกและพลาสติก	178
แผนภูมิความเค้น-ความเครียดของเหล็ก	179



พลังงานความเครียด	181
กฎของฮุคสำหรับการเฉือน	185
ความล้า (Fatigue) และความคืบ (Creep)	187
อัตราส่วนปัวส์ซอง	188
ความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิ (Thermal stresses)	189
แบบทดสอบและกิจกรรมท้ายบท	190

คำถาม	194
คำศัพท์	202
บรรณานุกรม	



บทที่ 1

สถิตยศาสตร์ของอนุภาค

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (BEHAVIORAL OBJECTIVES)

หลังจากศึกษาบทเรียนนี้แล้ว นักเรียนจะมีความสามารถดังนี้

1. บอกนิยามของจลนศาสตร์ได้
2. อธิบายความหมายของอนุภาคได้
3. สรุปกฎของนิวตันได้
4. ระบุหน่วยและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้
5. อธิบายปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ได้
6. ปฏิบัติวิธีการทางเทคนิคของเวกเตอร์ได้
7. บอกหลักการสร้างรูปสามเหลี่ยมและหลายเหลี่ยมได้
8. สรุปเรื่องสถิตยศาสตร์ของอนุภาคได้
9. แสดงวิธีการหาค่าประกอบของแสงได้
10. หาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์ได้
11. อธิบายเกี่ยวกับแรงในปฏิกิริยาได้



แบบทดสอบก่อนเรียน

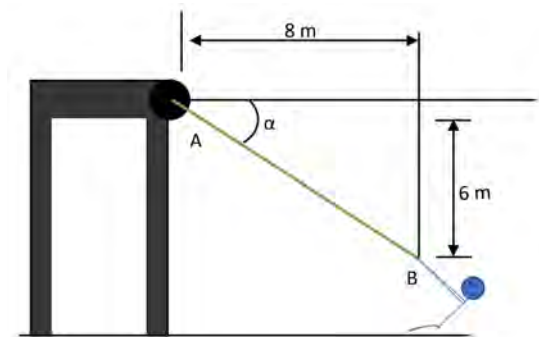
ตอนที่ 1 : จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

1. ข้อใดต่อไปนี้เป็นถูกต้อง
 - ก. อนุภาค คือ วัตถุที่มีขนาดเข้าใกล้ศูนย์จนสามารถคิดเป็นจุดได้ แต่ยังคงมีมวลอยู่ในทางพลศาสตร์
 - ข. จลนศาสตร์ คือ แขนงวิชาที่กล่าวถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยคำนึงถึงแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่
 - ค. ปริภูมิ คือ ขอบเขตทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีเหตุการณ์ต่าง ๆ บังเกิดขึ้นมา สื่อความหมายเป็นขอบเขต 2 มิติเท่านั้น
 - ง. กรอบอ้างอิง คือ กรอบที่ใช้เพื่ออ้างอิงในการกำหนดขนาดในปริภูมิที่ศึกษา
2. ข้อใดต่อไปนี้เป็นไม่ใช้กฎของนิวตัน
 - ก. วัตถุจะยังคงหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ เว้นแต่จะมีแรงมากระทำ
 - ข. ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่ออนุภาคเท่ากับศูนย์อนุภาคจะมีความเร่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์
 - ค. ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่ออนุภาคไม่เท่ากับศูนย์ อนุภาคจะมีความเร่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของแรงลัพธ์และมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์
 - ง. แรงที่วัตถุหนึ่งกระทำต่อวัตถุที่สอง ย่อมเท่ากับ แรงที่วัตถุที่สองกระทำต่อวัตถุที่หนึ่ง แต่ทิศทางตรงข้าม
3. กำลังไฟฟ้า 1,560,000,000 watts มีค่ากี่ gigawatts

ก. 156 gigawatts	ข. 15.6 gigawatts
ค. 0.156 gigawatts	ง. 1.56 gigawatts
4. ข้อใดต่อไปนี้เป็นสเกลาร์

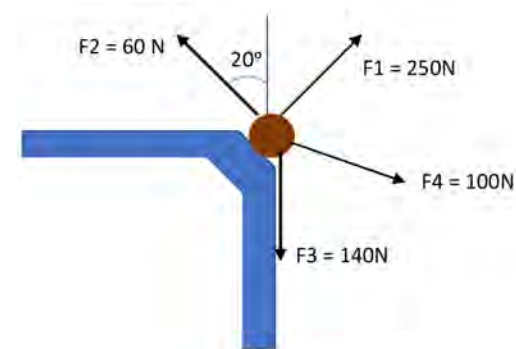
ก. เวลา	ข. ความเร็ว
ค. การกระจัด	ง. ความเร่ง

5. ข้อใดต่อไปนี้เป็นถูกต้องในเรื่องวิธีการทางเทคนิคของเวกเตอร์
- ปริมาณเวกเตอร์ A เมื่อคูณด้วยปริมาณสเกลาร์ a จะได้ปริมาณเวกเตอร์ aA มีขนาดค่าของ a
 - การลบเวกเตอร์ทำได้โดยการบวกด้วยเวกเตอร์ลบ
 - การหารปริมาณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ ใช้การคูณด้วยเศษส่วน โดยปริมาณสเกลาร์มีค่าเท่ากับศูนย์
 - หลักการสร้างรูปหลายเหลี่ยม เป็นวิธีที่คล้ายคลึงกับหลักการสร้างรูปสามเหลี่ยม แต่มีจำนวนมากกว่าสองเวกเตอร์ขึ้นไป
6. “วัตถุซึ่งมีขนาดและรูปร่างที่ไม่ส่งผลกระทบต่อวิธีการแก้ปัญหา ดังนั้น จึงสมมติให้แรงที่กระทำบนอนุภาคนั้นกระทำที่จุดเดียวกันได้” ข้อความที่กล่าวข้างต้น คือความหมายของอะไร
- ขนาดของนิวตัน
 - แรง
 - อนุภาค
 - องค์ประกอบของแรง
7. กรณีที่มีแรงมากระทำบนอนุภาคหลายแรง โดยแรงที่มากระทำอยู่ในระนาบเดียวกัน ในการหาขนาดของแรงลัพธ์ควรใช้หลักการใด
- หลักการสร้างรูปหลายเหลี่ยม
 - หลักการสร้างรูปสามเหลี่ยม
 - หลักการคูณด้วยสเกลาร์
 - หลักการหารด้วยสเกลาร์
8. ชายคนหนึ่งดึงเชือกที่ยึดติดกับตีกด้วยแรง 500N จงหาองค์ประกอบของแรงที่กระทำโดยเชือกที่จุด A ในแนวระดับและแนวตั้ง



- $F_x = 300 \hat{i}$, $F_y = -400 \hat{j}$ N
- $F_x = 400 \hat{i}$, $F_y = -300 \hat{j}$ N
- $F_x = 500 \hat{i}$, $F_y = -600 \hat{j}$ N
- $F_x = 600 \hat{i}$, $F_y = -500 \hat{j}$ N

9. จากรูป จงหาแรงลัพธ์ของแรงที่กระทำบนสลักเกลียว A



- 360.9 N $\angle 0.64^\circ$
- 340.9 N $\angle 0.44^\circ$
- 320.9 N $\angle 0.24^\circ$
- 300.9 N $\angle 0.04^\circ$

10. ข้อใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับแรงในปริภูมิ

ก. สมการการสร้างเวกเตอร์เมื่อทราบจุดบนปริภูมิสองจุด คือ $\vec{\lambda} = \frac{\vec{MN}}{MN}$

ข. ภาวะสำหรับสภาพสมดุลของอนุภาคในปริภูมิ คือ $\Sigma \vec{F} = 0$

ค. การรวมแรงที่กระทำที่จุดเดียวกันในปริภูมิ ซึ่งสมการที่ใช้ในการหาขนาดของแรงลัพธ์ $\vec{R}$ คือ $R = (R_x^2 + R_y^2 + R_z^2)^{1/2}$

ง. สมการของ Rectangular Components of a Force in Space คือ $\cos \theta_x = \frac{F_x}{F}$

สถิตยศาสตร์ของอนุภาค

บทที่ 1



จลนศาสตร์ (Kinematics)

จลนศาสตร์ คือ แขนงวิชาที่กล่าวถึงลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยไม่คำนึงถึงแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่นั้น โดยจลนศาสตร์จะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด (displacement) ความเร็ว (velocity) ความเร่ง (acceleration) และเวลา (time)

อนุภาค (Particle)

อนุภาค คือ วัตถุที่มีขนาดเล็กมากในทางคณิตศาสตร์หรือวัตถุที่มีขนาดเล็กเข้าใกล้ศูนย์จนสามารถคิดเป็นจุดได้ แต่ยังคงมีมวลอยู่ในทางพลศาสตร์ อนุภาคไม่ได้จำกัดอยู่แค่วัตถุที่มีขนาดเล็ก แต่ยังหมายถึงวัตถุที่มีขนาดใหญ่มาก ดังเช่น รถยนต์ เครื่องบิน หรือจรวด เป็นต้น ตราบใดที่ขนาดของวัตถุไม่เกี่ยวข้องกับการอธิบายถึงตำแหน่งและการเคลื่อนที่ของวัตถุนั้น ก็สามารถถือได้ว่าวัตถุนั้นเป็นอนุภาคนั่นเอง ซึ่งสื่อความหมายได้ว่าการเคลื่อนที่ของวัตถุ (เมื่อพิจารณาเป็นอนุภาค) เป็นไปในลักษณะไปทั้งก้อนพร้อมๆ กัน โดยไม่คำนึงถึงผลของการหมุนใด ๆ ของวัตถุรอบจุดศูนย์กลางมวลของวัตถุนั้นได้

ปริภูมิ (Space)

เป็นขอบเขตทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีเหตุการณ์ต่าง ๆ บังเกิดขึ้นมา สื่อความหมายเป็นขอบเขต 3 มิติ กล่าวคือ สามารถที่จะบ่งชี้ถึงตำแหน่งของจุด P ใด ๆ ในปริภูมิได้ด้วยความยาวสามความยาวที่วัดจากจุดอ้างอิงจุดหนึ่ง (จุดกำเนิด) ในสามทิศทาง และความยาวเหล่านี้เรียกว่าพิกัด (Coordinates) ของ P

เวลา (Time)

เพื่อกำหนดเหตุการณ์ใด ๆ นั้น การกำหนดตำแหน่งของวัตถุในปริภูมิอย่างเดียวไม่พอเพียง ต้องกำหนดเวลาของเหตุการณ์ด้วย เวลาเป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยเป็นวินาที

มวล (Mass)

มวล คือ สิ่งที่ใช้ในการกำหนดลักษณะสมบัติ และเปรียบเทียบวัตถุในการต้านการเปลี่ยนแปลง การเคลื่อนที่ มวลเป็นปริมาณสเกลาร์มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

แรง (Force)

เป็นสิ่งที่แสดงแทนการกระทำของวัตถุหนึ่งต่ออีวัตถุหนึ่ง โดยในการกำหนดแรงจะกำหนดโดยจุดของการกระทำ ขนาด และทิศทางของแรง แรงเป็นปริมาณเวกเตอร์มีหน่วยเป็นนิวตัน

กรอบอ้างอิง (Reference Frame)

เป็นกรอบที่ใช้เพื่ออ้างอิงในการกำหนดตำแหน่งในปริภูมิที่ศึกษา ซึ่งอาจจะเป็นเชิงเส้นหรือเชิงมุม ที่ใช้กันในทางพลศาสตร์จำแนกได้ 2 แบบ คือ

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

กฎของนิวตัน

1. กฎข้อที่หนึ่ง

อนุภาคจะยังคงหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ต่อไปด้วยความเร็วคงที่เป็นเส้นตรง นอกจากว่ามีแรงที่ไม่สมดุลมากระทำต่ออนุภาคนั้น

2. กฎข้อที่สอง

ถ้าแรงลัพธ์ที่กระทำต่ออนุภาคไม่เท่ากับศูนย์ อนุภาคจะมีความเร่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดของแรงลัพธ์ และมีทิศทางเดียวกับแรงลัพธ์นี้

3. กฎข้อที่สาม

แรงกระทำ (action) และแรงปฏิกิริยา (reaction) ระหว่างวัตถุสองวัตถุมีขนาดเท่ากัน มีทิศทางตรงกันข้ามกัน และอยู่ในแนวแรงเดียวกัน



การวัดปริมาณทางฟิสิกส์เป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาเรื่องราวทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากปริมาณพื้นฐาน (Base quantities) ทางฟิสิกส์กำหนดไว้อย่างแน่นอน 3 ปริมาณ เรียกว่า ปริมาณปฐมภูมิ ประกอบด้วย ความยาว (Length) เวลา (Time) และมวล (Mass) ซึ่งจะมีหน่วยปฐมภูมิเป็น เมตร (Meter) วินาที (Second) และกิโลกรัม (Kilogram) ตามลำดับ ปริมาณอื่นๆ นอกเหนือจากนี้ เรียกว่า ปริมาณทุติยภูมิ ซึ่งจะอธิบายได้ในเทอมของปริมาณปฐมภูมิ โดยจะมีหน่วยเป็นไปตามการปฏิบัติการของหน่วยปฐมภูมิ 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) นั้นประกอบขึ้นมาจากหน่วยปฐมภูมิของมวล ความยาว และเวลา 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

อีกวิธีที่นิยมคือการใช้สัญลักษณ์ที่เป็นสากลนิยมแทนค่า 10 ยกกำลังต่าง ๆ ดังตารางที่ 1.1

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

ตารางที่ 1.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการแทนค่ายกกำลัง

ตัวอย่างเช่น

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

เลขแทนค่ายกกำลังที่คุ้นเคยและจะพบบ่อย ๆ เช่น มิลลิเมตร เซนติเมตร กิโลกรัม และเมกะไบต์ เป็นต้น

การเปลี่ยนหน่วย (Changing Units)

ในการเปลี่ยนหน่วยของปริมาณทางฟิสิกส์จากระบบหนึ่งไปเป็นอีกระบบหนึ่ง อาจทำได้โดยใช้ระเบียบวิธีทางคณิตศาสตร์กับปริมาณเดิมด้วยแฟกเตอร์ปรับค่า (Conversion Factor) ดังตารางที่ 1.2 เพื่อให้ได้ค่าที่เทียบเท่ากันตามที่ต้องการ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\pi \text{ rad} = 180 = \frac{1}{4} \text{ rev}$$

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

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

$$1 \text{ k-Wh} = 3.16 \times 10^6 \text{ J}$$

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

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

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

Magnetism

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

ตารางที่ 1.2 ตารางของแฟกเตอร์ปรับค่า

ตัวอย่างที่ 1.1 จงเปลี่ยนความเร็ว 180 mi/h ให้เป็น km/h

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

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

ตัวอย่างที่ 1.2 เครื่องยนต์มีกำลัง 3 แรงม้า (hp) เทียบเท่ากับกำลังกี่วัตต์

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

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



สเกลาร์ (Scalar)

สเกลาร์ คือ ปริมาณที่บ่งบอกให้ทราบเฉพาะขนาดอย่างเดียว เช่น เวลา มวล และระยะทาง (distance) เป็นต้น

เวกเตอร์ (Vector)

เวกเตอร์ คือ ปริมาณที่บ่งบอกให้ทราบทั้งขนาดและทิศทาง เช่น ความเร็ว การกระจัด และ ความเร่ง เป็นต้น ในทางฟิสิกส์จะสามารถจำแนกเวกเตอร์ออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

ก) เวกเตอร์ตรึง (Fixed Vector) คือ เวกเตอร์ที่ไม่สามารถจะเคลื่อนตำแหน่งไปได้โดยปราศจากการตัดแปลงภาวะของปัญหา

ข) เวกเตอร์เลื่อน (Sliding Vector) คือ เวกเตอร์ที่สามารถเลื่อนไปตามแนวของการกระทำได้โดยไม่ต้องตัดแปลงภาวะของปัญหา แต่ไม่สามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้

ค) เวกเตอร์อิสระ (Free Vector) คือ เวกเตอร์ที่สามารถเคลื่อนไปในปริภูมิได้โดยเสรี นั่นก็คือเปลี่ยนตำแหน่งได้โดยไม่ต้องตัดแปลงภาวะของปัญหา

เวกเตอร์ที่เท่ากันและเวกเตอร์ลบ

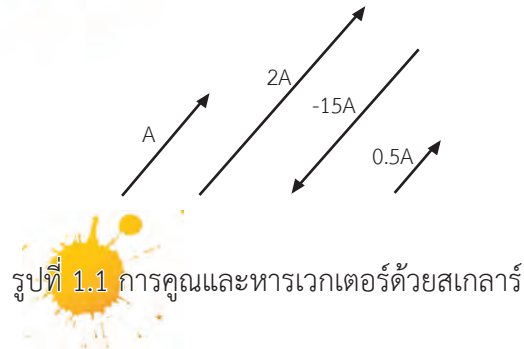
เวกเตอร์ที่เท่ากัน คือ เวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากันและทิศทางเหมือนกัน เวกเตอร์ลบของเวกเตอร์ $\vec{P}$ คือ เวกเตอร์ $-\vec{P}$ ที่มีขนาดเท่ากับ $\vec{P}$ แต่มีทิศทางตรงกันข้าม ดังนั้น

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



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



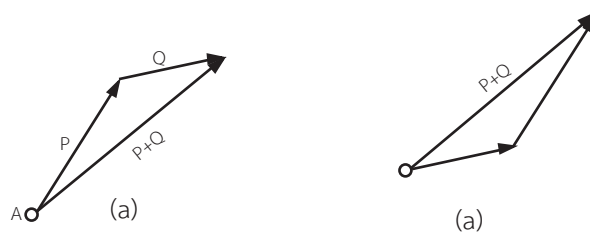
กฎสี่เหลี่ยมด้านขนาน (Parallelogram Law)

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



หลักการสร้างรูปสามเหลี่ยม (Triangle Rule)

เป็นอีกรูปแบบหนึ่งในการหาผลบวกของเวกเตอร์ โดยวิธีการสร้างรูปสามเหลี่ยม ซึ่งนำหัวของเวกเตอร์ต่อเข้ากับหางของอีกเวกเตอร์ ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 หลักการสร้างรูปสามเหลี่ยม