



สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กลศาสตร์  
วิศวกรรม **สถิตยศาสตร์**

(Engineering Mechanics **STATICS**)

103

8ก

39

**ธัญญารัตน์ สิงหนาท**



กลศาสตร์  
วิศวกรรม สถิตยศาสตร์

Engineering  
Mechanics **STATICS**

ธัญญารัตน์ สิงหนาท

52arv

เลขทะเบียน	<b>M</b> 0150808
รับลงทะเบียน	<b>๓7</b> ส.ร. 2560
เลขเรียกหนังสือ	๒๐ ๑๐๓ ๒๔๖๘ ก 2559



สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2559

330.-





**สัญญาบัตร สิ่งพิมพ์**

กลศาสตร์ วิศวกรรม สถิติศาสตร์/ สัญญาบัตร สิ่งพิมพ์

1. สถิติศาสตร์, 2. กลศาสตร์

531.12

ISBN 978-974-03-3513-9

ธพจ. 2074



**สรรคุณตำราวิชาการ คู่สังคม**  
**www.ChulaPress.com**  
**'Knowledge to All'**

ลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 1,500 เล่ม พ.ศ. 2559

การผลิตและการลอกเลียนแบบลิขสิทธิ์ฉบับนี้ในารูแบบใดทั้งสิ้น

ห้วงจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ผู้จัดจำหน่าย** ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
- สาขา** ศาลาพระเนี้ยว โทร. 0-2218-7000-3 โทรสาร 0-2255-4441  
สยามสแควร์ โทร. 0-2218-9881-2 โทรสาร 0-2254-9495  
ม.เนตรดาว จ.พิษณุโลก โทร. 0-5525-0152-4 โทรสาร 0-5526-0165  
ม.เทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา โทร. 0-4421-6131-4 โทรสาร 0-4421-6135  
ม.บูรพา จ.ชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9 โทรสาร 0-3839-3239  
โรงเรียนนายร้อย จปร. จ.นครนายก โทร. 0-3739-3023 โทรสาร 0-3739-3023  
ม.พะเยา จ.พะเยา โทร. 0-5446-6799-800 โทรสาร 0-5446-6798  
จัตุรัสจามจุรี (CHAMCHURI SQUARE) ชั้น 4 โทร. 0-2160-5301-2 โทรสาร 0-2160-5304  
รัตนวิเบศร์ (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5405-0 โทรสาร 0-2950-5405  
ม.เทคโนโลยีราชมงคลธัญธานี จ.นครราชสีมา โทร. 0-4492-2662-3 โทรสาร 0-4492-2664  
มือถือ 08 6392 7785
- Call Center (จังหวัดวชิระเขต) โทร. 0-2255-4433 <http://www.chulabook.com>**  
และเครือข่าย

ร้านค้า, หนังสือเข้าชั้นเรียน ติดต่อแผนกขายส่ง สาขารัตนวิเบศร์ (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9  
โทรสาร 0-2950-5405

มีจำหน่ายที่ ร้านซีอีตทุกลานา ร้านขายสินทรัพย์ทุกสาขา และร้านหนังสือชั้นนำทั่วประเทศ

กองบรรณาธิการ : กนิษฐา กิตติคุณ

พิสูจน์อักษร : บุญฉวีตา บุญเกิดม

ออกแบบปก : Monyart

รูปเล่ม : รศ. ดร.สัญญาบัตร สิ่งพิมพ์

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 0-2218 3557 โทรสาร 0-2218-3551

<http://www.cuprint.chula.ac.th>

[5910-113]

## คำนำ

หนังสือ “กลศาสตร์วิศวกรรม สถิตยศาสตร์” เป็นหนังสือที่มีวัตถุประสงค์หลักคือ การวิเคราะห์แรงบนวัตถุที่อยู่ในสมดุล เริ่มต้นจากการอธิบายเกี่ยวกับพื้นฐานทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นสำหรับการศึกษาเนื้อหาในสถิตยศาสตร์ เช่น เวกเตอร์ กฎของนิวตัน ฯลฯ จากนั้นพิจารณาระบบของวัตถุเดียวสามประเภท คือ วัตถุที่เป็นจุด วัตถุที่มีขนาดในสองมิติ และวัตถุที่มีขนาดในสามมิติ เมื่อเข้าใจหลักการวิเคราะห์โดยการเขียนแผนภาพของวัตถุอิสระและสมการสมดุลแล้ว จะวิเคราะห์ระบบที่ซับซ้อนขึ้น คือ โครงสร้างถักและระบบรองรับและเครื่องจักร และยังวิเคราะห์ระบบภายใต้แรงกระจาย แรงกระจายจากความดันน้ำและความดันอากาศ และแรงกระจายในเส้นเชือกยืดหยุ่น และมีการพิจารณาระบบทั่วไปที่มีความเสียดทานและแรงเสียดทานในระบบทางกล เช่น ลิ่ม สกรู ฯลฯ การแก้ปัญหาด้วยสมการสมดุลมักจะให้หลักการของสมดุลแรงและโมเมนต์คู่ควบ แต่ในบางปัญหาการแก้ปัญหาอาจทำได้ง่ายกว่าด้วยหลักการพลังงานซึ่งจะกล่าวถึงในบทสุดท้าย ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์และเสริมสร้างความรู้พื้นฐานทั้งด้านสถิตยศาสตร์ เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปัญหาในชีวิตจริงและเป็นพื้นฐานสำหรับศึกษาในศาสตร์ด้านอื่น ๆ ต่อไป

ผู้เขียนขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน โดยเฉพาะคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และสนับสนุนจนหนังสือเล่มนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบคุณครอบครัวอันเป็นที่รักยิ่งที่เป็นกำลังใจสำคัญและเป็นแรงผลักดันอันยิ่งใหญ่เสมอมา

รศ. ดร.ธัญญารัตน์ สิงหนาท

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

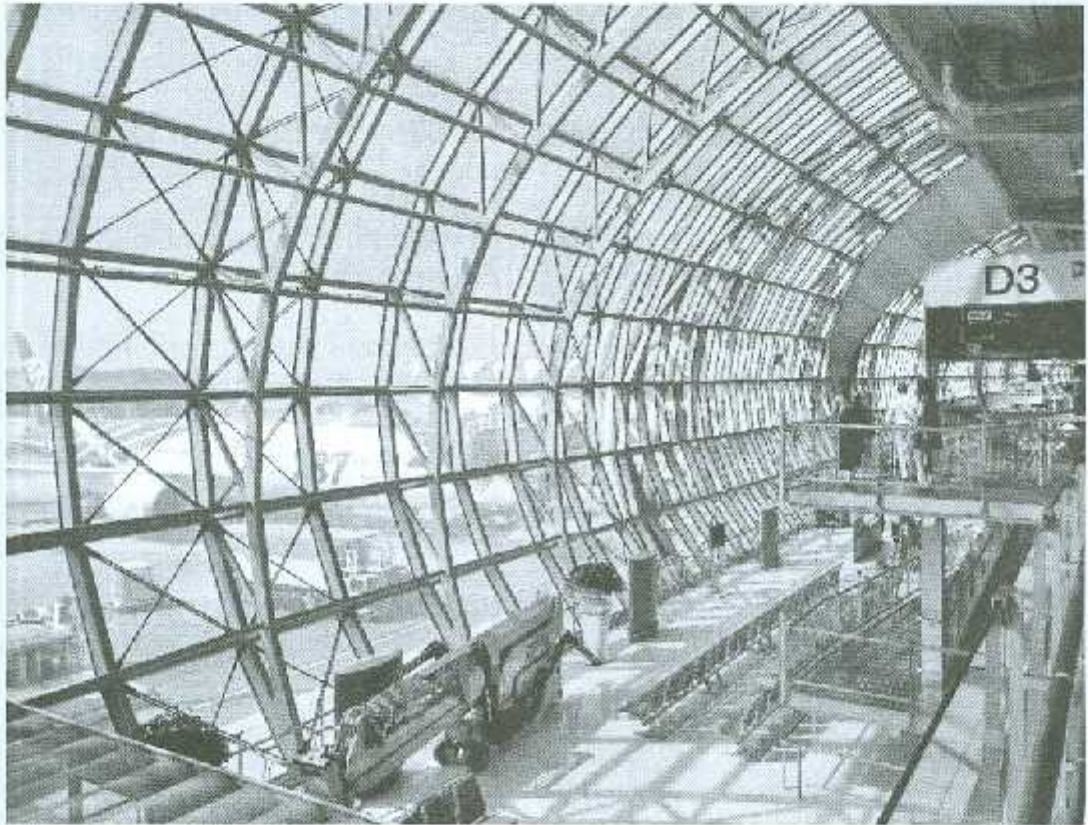
คำนำ .....	v
สารบัญ .....	vii
สารบัญรูป .....	x
สารบัญตาราง .....	xx
<b>บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้น (Introduction) .....</b>	<b>1</b>
1.1 กลศาสตร์ (mechanics) .....	2
1.2 ปริภูมิ (space) .....	3
1.3 วัตถุ .....	3
1.4 กฎของนิวตัน .....	4
1.5 กฎของแรงดึงดูดระหว่างมวล (law of gravitation) .....	4
1.6 เวกเตอร์ .....	5
1.7 การเขียนแสดงปริมาณต่าง ๆ .....	6
1.8 การจัดการเกี่ยวกับปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ .....	6
1.9 การอ่านค่าจากอุปกรณ์ .....	8
1.10 การจัดการเกี่ยวกับเสนานัยสำคัญ .....	9
1.11 หลักการแก้ปัญหาสมมูล .....	10
1.12 บทสรุป .....	11
แบบฝึกหัดบทที่ 1 .....	12
<b>บทที่ 2 แรงและโมเมนต์ (Forces and Moments) .....</b>	<b>15</b>
2.1 ชนิดของปริมาณเวกเตอร์ .....	16
2.2 เวกเตอร์พื้นฐานในปัญหาสถิตศาสตร์ .....	16
2.3 บทสรุป .....	43
แบบฝึกหัดบทที่ 2 .....	44
<b>บทที่ 3 ระบบของแรงและโมเมนต์ของแรงคู่ควบ (Force-Couple Systems) .....</b>	<b>47</b>
3.1 นิยามทั่วไปของระบบคู่ควบ .....	48
3.2 หลักการของระบบสมมูลของแรง (equivalent system) .....	48



3.3	ระบบของแรงลัพธ์และโมเมนต์คู่ควบลัพธ์ที่จุดอ้างอิงจุดหนึ่ง (resultant about a point) .....	48
3.4	การหาระบบอย่างง่ายที่สุด (simplest resultant system).....	54
3.5	บทสรุป .....	62
	แบบฝึกหัดบทที่ 3.....	63
บทที่ 4	สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง (Equilibrium of Rigid Body) .....	65
4.1	หลักการของการแก้ปัญหาสมดุล .....	66
4.2	วัตถุที่สามารถพิจารณาเป็นจุด (particles).....	69
4.3	วัตถุแข็งเกร็งในสองมิติ (2D rigid body) .....	75
4.4	วัตถุแข็งเกร็งในสามมิติ (3D rigid body).....	85
4.5	ปัญหาที่แก้ไม่ได้ด้วยสถิตยศาสตร์ (statically indeterminate problems, SI problem).....	95
4.6	บทสรุป .....	98
	แบบฝึกหัดบทที่ 4 .....	99
บทที่ 5	โครงสร้าง (Structures).....	103
5.1	ความหมายทั่วไปของโครงสร้าง.....	104
5.2	โครงและเครื่องจักร (frame and machine) .....	105
5.3	โครงสร้างดัก (truss).....	114
5.4	บทสรุป .....	129
	แบบฝึกหัดบทที่ 5.....	130
บทที่ 6	แรงกระจาย (Distributed Loads) .....	133
6.1	จุดศูนย์กลาง จุดศูนย์กลางมวล และเงาทรอยด์.....	134
6.2	โมเมนต์ของพื้นที่.....	141
6.3	การแก้ปัญหาโจทย์ที่มีแรงกระจาย .....	145
6.4	ระบบของแรงกระจายจากความดันของเหลว (fluid statics) และแรงกระจายจากความดันก๊าซ (aero statics).....	150
6.5	เส้นเชือกแบบยืดหยุ่น (flexible cables).....	157
6.6	บทสรุป .....	170
	แบบฝึกหัดบทที่ 6.....	171

บทที่ 7 แรงเสียดทาน (Friction).....	177
7.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแรงเสียดทาน .....	178
7.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแรงเสียดทาน.....	178
7.3 การเคลื่อนที่ของระบบที่มีแรงเสียดทานและการวิเคราะห์ปัญหาที่มีแรงเสียดทาน .....	181
7.4 แรงเสียดทานในระบบทางกลต่าง ๆ.....	188
7.5 บทสรุป .....	203
แบบฝึกหัดบทที่ 7.....	204
บทที่ 8 งานเสมือน (Virtual Work).....	209
8.1 หลักการของงานเสมือนในการแก้ปัญหาสถิตยศาสตร์ .....	210
8.2 หลักการของพลังงานศักย์.....	218
8.3 บทสรุป.....	223
แบบฝึกหัดบทที่ 8.....	224
บรรณานุกรม .....	227
ดัชนี.....	229
ประวัติผู้เขียน .....	233

# บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้น (Introduction)



ในบทนี้ จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐาน เช่น กฎของนิวตัน ปริมาณต่าง ๆ เช่น ปริมาณสเกลาร์และ ปริมาณเวกเตอร์ และการคำนวณเบื้องต้นเกี่ยวกับปริมาณสเกลาร์และเวกเตอร์ เช่น การบวกหรือลบปริมาณเวกเตอร์ การคูณปริมาณเวกเตอร์ ฯลฯ ซึ่งล้วนเป็นหลักการสำคัญในการแก้ปัญหาสามมิติ และเนื่องจากปริมาณต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณมาจากการวัดเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น จะพิจารณาการวัดปริมาณเหล่านั้นด้วยเครื่องมือวัดต่าง ๆ เพื่ออ่านค่าที่เหมาะสมโดยพิจารณาความละเอียดของ อุปกรณ์และการประมาณค่าการอ่าน และท้ายที่สุดจะสรุปหลักการในการแก้ปัญหาสามมิติ