

สารบัญ

คำนำพิมพ์ครั้งที่ 3

คำนำพิมพ์ครั้งที่ 2

คำนำพิมพ์ครั้งที่ 1

ส่วนที่ I	ระเบียบวิธีเชิงคำนวณและสมการพื้นฐานของการไหล	1
บทที่ 1	การแก้ปัญหาพลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณ	3
1.1	บทนำ	3
1.2	กระบวนการแก้ปัญหา	10
1.2.1	สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย	11
1.2.2	เงื่อนไขขอบเขต	13
1.2.3	ลักษณะรูปร่าง	15
1.3	องค์ประกอบความรู้ที่จำเป็น	21
1.4	บทสรุป	28
บทที่ 2	สมการเชิงอนุพันธ์ย่อยของการไหล	31
2.1	บทนำ	31
2.2	ค่าอนุพันธ์สัมบูรณ์	32
2.3	สมการเชิงอนุพันธ์มวล	37
2.4	สมการเชิงอนุพันธ์โมเมนตัม	39
2.5	สมการเชิงอนุพันธ์พลังงาน	44
2.6	ระบบสมการนาเวียร์-สโตกส์	50
2.7	เงื่อนไขขอบเขต	54

2.8 บทสรุป	56
แบบฝึกหัด	57
ส่วนที่ II	
พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์	59
บทที่ 3	ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์
3.1 บทนำ	61
3.2 ขั้นตอนโดยทั่วไป	62
3.3 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์ของการไหลในท่อ	67
3.4 ฟังก์ชันการประมาณภายในเอลิเมนต์	70
3.4.1 เอลิเมนต์หนึ่งมิติ	70
3.4.2 เอลิเมนต์สองมิติ	73
3.4.3 เอลิเมนต์สามมิติ	80
3.5 ระเบียบวิธีถ่วงน้ำหนักเศษตกร้าง	83
3.6 การอินทิเกรตเชิงตัวเลข	86
3.7 การประกอบเอลิเมนต์เข้าด้วยกัน	93
3.7.1 ความหมายทางกายภาพ	93
3.7.2 วิธีการรวมสมการไฟไนต์เอลิเมนต์	94
3.8 การแก้ระบบสมการรวม	96
3.8.1 ระบบสมการเชิงเส้น	97
3.8.2 ระบบสมการไม่เชิงเส้น	100
3.9 บทสรุป	104
แบบฝึกหัด	105

บทที่ 4	ไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับปัญหาหนึ่งมิติ	109
4.1	บทนำ	109
4.2	ปัญหาการแพร่กระจายความร้อน	111
4.2.1	สมการเชิงอนุพันธ์	112
4.2.2	สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	113
4.2.3	ตัวอย่าง	119
4.3	ปัญหาการพาและการแพร่กระจายความร้อน	130
4.3.1	สมการเชิงอนุพันธ์	130
4.3.2	สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	131
4.3.3	ตัวอย่าง	133
4.4	การสั่นของผลึก	139
4.4.1	ที่มาของการสั่นของผลึก	139
4.4.2	การแก้ไขการสั่นของผลึก	142
4.4.3	ตัวอย่าง	145
4.5	สมการเบอร์เกอร์	149
4.5.1	สมการเชิงอนุพันธ์	149
4.5.2	สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	150
4.5.3	การประยุกต์ระเบียบวิธีนิวตัน-ราฟสัน	153
4.5.4	ตัวอย่าง	158
4.6	บทสรุป	160
	แบบฝึกหัด	161
บทที่ 5	ไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับปัญหาสองมิติ	167
5.1	บทนำ	167
5.2	ปัญหาการแพร่กระจายความร้อน	168
5.2.1	สมการเชิงอนุพันธ์	168
5.2.2	สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	170

5.2.3	การประยุกต์สู่ปัญหาอื่น ๆ	184
5.3	ปัญหาการพาและการแพร่กระจายความร้อน	193
5.3.1	สมการเชิงอนุพันธ์	194
5.3.2	สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	195
5.3.3	ตัวอย่าง	197
5.4	การไหลแบบศักย์	202
5.4.1	สมการเชิงอนุพันธ์	202
5.4.2	สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	207
5.4.3	ตัวอย่าง	210
5.5	บทสรุป	214
	แบบฝึกหัด	216
บทที่ 6	การไหลแบบหนืดโดยไม่รวมพจน์การพา	221
6.1	บทนำ	221
6.2	สมการเชิงอนุพันธ์	222
6.3	สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	226
6.4	ไฟไนต์เอลิเมนต์เมทริกซ์	229
6.4.1	การประดิษฐ์ในรูปแบบเมทริกซ์	231
6.4.2	การประดิษฐ์ในรูปแบบเทนเซอร์	235
6.5	ไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์	237
6.5.1	ขั้นตอนการคำนวณ	238
6.5.2	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	240
6.6	ตัวอย่าง	242
6.6.1	การไหลระหว่างแผ่นคู่ขนาน	242
6.6.2	การไหลในท่อ	245
6.6.3	การไหลที่เกิดการเปลี่ยนแปลงตามความยาวท่อ	249

6.6.4 การอัดรีดโลหะ	253
6.7 บทสรุป	260
แบบฝึกหัด	261
บทที่ 7 การไหลแบบหนืดโดยรวมพจน์การพา	267
7.1 บทนำ	267
7.2 สมการเชิงอนุพันธ์	269
7.3 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	272
7.4 ไฟไนต์เอลิเมนต์เมทริกซ์	277
7.5 การประยุกต์ระเบียบวิธีนิวตัน-ราฟสัน	284
7.6 ไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์	287
7.6.1 ขั้นตอนการคำนวณ	287
7.6.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์	289
7.7 ตัวอย่าง	292
7.7.1 การไหลหมุนวนในช่องสี่เหลี่ยม	292
7.7.2 การไหลในท่อโรงไฟฟ้า	297
7.7.3 การไหลข้ามท่อทรงกระบอก	299
7.7.4 การไหลในท่อลื่นหัวใจ	300
7.7.5 การไหลผ่านลำตัวรถ	301
7.8 บทสรุป	305
แบบฝึกหัด	307
บทที่ 8 การไหลแบบหนืดโดยรวมพจน์การพาและผลจากอุณหภูมิ	313
8.1 บทนำ	313
8.2 สมการเชิงอนุพันธ์	315
8.3 สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	321

8.4	ไฟไนต์เอลิเมนต์เมทริกซ์	326
8.5	การประยุกต์ระเบียบวิธีนิวตัน-ราฟสัน	331
8.6	ตัวอย่าง	335
8.6.1	การไหลเนื่องจากการพาความร้อนในช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัส	335
8.6.2	การไหลเนื่องจากการพาความร้อนระหว่างผิวที่อกกลม	338
8.6.3	การไหลเนื่องจากการพาความร้อนระหว่างผิวที่อกกลม หลายท่อ	340
8.6.4	การไหลผ่านกล่องสี่เหลี่ยมอุณหภูมิสูงกึ่งกลาง	343
8.6.5	การไหลในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน	346
8.7	บทสรุป	349
	แบบฝึกหัด	350
บทที่ 9	การไหลแบบอัดตัวได้	357
9.1	บทนำ	357
9.2	สมการเชิงอนุพันธ์	359
9.3	สมการไฟไนต์เอลิเมนต์	362
9.4	ไฟไนต์เอลิเมนต์เมทริกซ์	371
9.4.1	เอลิเมนต์สามเหลี่ยม	371
9.4.2	เอลิเมนต์สี่เหลี่ยมด้านไม่เท่า	374
9.5	ตัวอย่าง	379
9.5.1	การไหลแบบไม่หนืดผ่านพื้นเอียง	379
9.5.2	การไหลแบบไม่หนืดผ่านผิวโค้ง	381
9.5.3	การสะท้อนของคลื่นช็อกในช่องแคบ	384
9.5.4	การไหลแบบหนืดผ่านแผ่นเรียบปลายแหลม	386
9.6	บทสรุป	391
	แบบฝึกหัด	393

ส่วนที่ III	พลศาสตร์ของไหลเชิงคำนวณด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์วอลูม	399
บทที่ 10	ไฟไนต์วอลูมสำหรับปัญหาหนึ่งมิติ	401
10.1	บทนำ	401
10.2	ปัญหาการแพร่กระจายความร้อน	402
10.2.1	สมการเชิงอนุพันธ์	403
10.2.2	สมการไฟไนต์วอลูม	404
10.2.3	ตัวอย่าง	407
10.3	ปัญหาการพาและการแพร่กระจายความร้อน	411
10.3.1	สมการเชิงอนุพันธ์	411
10.3.2	สมการไฟไนต์วอลูม	413
10.3.3	ตัวอย่าง	415
10.4	วิธีอัปวินด์	419
10.4.1	แนวคิด	419
10.4.2	สมการไฟไนต์วอลูม	420
10.4.3	ตัวอย่าง	422
10.5	บทสรุป	428
	แบบฝึกหัด	429
บทที่ 11	ไฟไนต์วอลูมสำหรับปัญหาสองมิติ	435
11.1	บทนำ	435
11.2	ปัญหาการแพร่กระจายความร้อน	436
11.2.1	สมการเชิงอนุพันธ์	436
11.2.2	สมการไฟไนต์วอลูม	438
11.2.3	ตัวอย่าง	442
11.3	ปัญหาการพาและการแพร่กระจายความร้อน	450
11.3.1	สมการเชิงอนุพันธ์	450

11.3.2	สมการไฟไนต์วอลุ่ม	451
11.3.3	วิธีผลต่างแบบตรงกลาง	452
11.3.4	วิธีอัปวินด์	453
11.4	ปัญหาการไหลแบบหนึ่งมิติโดยรวมพจน์การพา	454
11.4.1	สมการเชิงอนุพันธ์	455
11.4.2	กริดเชิง	458
11.4.3	สมการไฟไนต์วอลุ่ม	462
11.4.4	ตัวอย่าง	469
11.5	บทสรุป	477
	แบบฝึกหัด	479

บทที่ 12 ไฟไนต์วอลุ่มสำหรับการไหลแบบอัดตัวได้ **491**

12.1	บทนำ	491
12.2	สมการเชิงอนุพันธ์	493
12.3	การไหลแบบไม่รวมความหนืด	496
12.4	การไหลแบบรวมความหนืด	502
12.5	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	506
12.5.1	ขั้นตอนการคำนวณ	507
12.5.2	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	508
12.6	การปรับขนาดเอลิเมนต์โดยอัตโนมัติ	511
12.6.1	แนวความคิดพื้นฐาน	512
12.6.2	ขนาดและการวางตัวของเอลิเมนต์	513
12.6.3	การสร้างเอลิเมนต์ในโดเมน	516
12.7	ตัวอย่าง	517
12.7.1	การสะท้อนของคลื่นช็อก	518
12.7.2	การขยายตัวจากการไหลความเร็วสูง	520

	12.7.3 การไหลผ่านท่อทรงกระบอก	523
	12.7.4 การสะท้อนของคลื่นช็อกในช่องแคบ	525
	12.7.5 การไหลแบบหนืดหน้าจ็ปนาวูธ	527
	12.8 บทสรุป	530
	แบบฝึกหัด	532
ภาคผนวก ก	โปรแกรมย่อยเพื่อใช้แก้ระบบสมการรวม	539
	ก.1 โปรแกรม Gauss โดยระเบียบวิธีการกำจัดแบบเกาส์	540
	ก.2 โปรแกรม LUdecom โดยระเบียบวิธีการกำจัดแบบแอลยู	541
ภาคผนวก ข	ไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Stokes สำหรับการไหลแบบหนืดโดยไม่รวมพจน์การพา	543
	ข.1 รายละเอียดของโปรแกรม	544
	ข.2 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม	549
ภาคผนวก ค	ไฟไนต์เอลิเมนต์โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Navier สำหรับการไหลแบบหนืดโดยรวมพจน์การพา	555
	ค.1 รายละเอียดของโปรแกรม	556
	ค.2 ตัวอย่างการใช้โปรแกรม	565
ภาคผนวก ง	ไฟไนต์วอลูมโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำหรับปัญหาการแพร่กระจายและการพา	573
	ง.1 ตัวอย่างการแพร่กระจายความร้อนในหนึ่งมิติ	573
	ง.2 ตัวอย่างการแพร่กระจายพร้อมการพาความร้อนในหนึ่งมิติ	576
	ง.3 ตัวอย่างการแพร่กระจายพร้อมการพาความร้อนด้วยวิธีอัปวินด์	580
	ง.4 ตัวอย่างการแพร่กระจายความร้อนในสองมิติ	582

ภาคผนวก จ	ไฟในตู้วอลุ่มโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SIMPLE สำหรับการไหลแบบหนึ่งโดยรวมพจน์การพา	589
จ.1	แนวคิดของการประดิษฐ์โปรแกรมคอมพิวเตอร์	590
จ.2	รายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	595
จ.3	ตัวอย่างของผลลัพธ์	600
ภาคผนวก ฉ	ไฟในตู้วอลุ่มโปรแกรมคอมพิวเตอร์ hiflow สำหรับการไหลแบบไม่หนึ่งแต่อัดตัวได้	603
ฉ.1	รายละเอียดของโปรแกรม	604
ฉ.2	ตัวอย่างการใช้โปรแกรม	617
บรรณานุกรม		625
ดรรชนี		633