

## สารบัญ

คำขอบคุณ		V
คำนำ		VI
สารบัญ		IX
<b>บทที่ 1</b> ทฤษฎีเบื้องต้นในกลศาสตร์ของวัสดุแบบสองผ่าน		<b>1</b>
1.1 แนวรังสีในระบบสองส่ว		11
1.2 แนวรังสีในระบบสร้างภาพ		24
1.3 ส่วนประกอบและตระกูลของกลศาสตร์ของวัสดุ		36
1.3.1 เอสอีเอ็ม		36
1.3.2 ทีอีเอ็มเอ		36
1.3.3 เอสทีอีเอ็ม		36
1.3.4 เอสทีอีเอ็มเพื่องานวิเคราะห์		36
1.3.5 ซีทีอีเอ็ม		37
1.3.6 เออีเอ็ม		37
1.3.7 ทีอีเอ็ม/เอสทีอีเอ็มเพื่องานวิเคราะห์		37
1.4 ความแยกชัดหรือขีดจำกัดของความแยกชัด		38
1.5 ความพัว		41
1.5.1 ความพัวเนื่องจากความยาวคลื่น		41
1.5.2 ความพัวที่ไม่ได้เกิดจากความยาวคลื่น		42
1.5.3 ผลของความพัวคือความแยกชัดในกล้องทีอีเอ็ม		42
แบบฝึกหัดบทที่ 1		45
<b>บทที่ 2</b> ภาพพื้นสว่างและภาพพื้นมืด		<b>47</b>
2.1 ภาพพื้นสว่าง		48
2.2 ภาพพื้นมืด		50
2.2.1 ภาพพื้นมืดนอกแกน		50
2.2.2 ภาพพื้นมืดบนแกนหรือภาพพื้นมืดความแยกชัดสูง		51

	หน้า
2.2.3 ภาพพื้นมีดล้าจาง	62
2.2.4 ภาพพื้นมีดวงแหวน	68
2.3 การอธิบายโดยใช้กรวยกระเจิง	69
2.4 การอธิบายโดยพิจารณาว่าอิเล็กทรอนิกส์เป็นคลื่น	70
2.5 รูปร่างและขนาดของวัตถุจากภาพพื้นสว่างและภาพพื้นมืด	73
แบบฝึกหัดบทที่ 2	74
<b>บทที่ 3 ภาพความแยกชัดสูง</b>	<b>75</b>
3.1 แถบสว่างมืดของแลตทิซ	93
3.2 ภาพโครงสร้างหนึ่งมิติ	94
3.3 ภาพแลตทิซสองมิติ	94
3.4 ภาพโครงสร้างสองมิติ	95
3.5 ภาพพิเศษ	96
3.6 แบบรูปมอเร แถบสว่างมืดที่มีกฎตีความสับสนกับภาพความแยกชัดสูง	97
3.6.1 แถบสว่างมืดมอเรแบบขนาน	97
3.6.2 แถบสว่างมืดมอเรแบบหมุน	98
3.6.3 แถบสว่างมืดมอเรแบบทั่วไป	98
แบบฝึกหัดบทที่ 3	103
<b>บทที่ 4 เชาวคณิตของการเลี้ยวเบนอิเล็กทรอนิกส์</b>	<b>105</b>
4.1 กฎของแบรกก์	105
4.2 ทรงกลมอีวาลด์และแลตทิซส่วนกลับ	115
4.2.1 ทรงกลมอีวาลด์	115
4.2.2 แลตทิซส่วนกลับ	116
4.2.3 การใช้ทรงกลมอีวาลด์ร่วมกับแลตทิซส่วนกลับในการหาลักษณะของ แบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กทรอนิกส์	122
4.2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างระนาบกับค่าคงที่กลัง	134
4.2.5 การใช้แลตทิซส่วนกลับและทรงกลมอีวาลด์ในการหาลักษณะเบื้องต้นของ แบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กทรอนิกส์	135

	หน้า
4.3 พารามิเตอร์เบี่ยงเบน	144
4.4 ผลของพารามิเตอร์เบี่ยงเบนต่อแบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กทรอนิกส์	148
4.4.1 กรณีที่ลำอิเล็กตรอนตกกระทบบตามแกนทัศน	148
4.4.1.1 ลำอิเล็กตรอนตกกระทบบตรงแกนโซน	148
4.4.1.2 ลำอิเล็กตรอนตกกระทบบเฉียงจากแกนโซนเล็กน้อย	149
4.4.2 กรณีที่ลำอิเล็กตรอนตกกระทบบเฉียงทำมุมกับแกนทัศน	150
แบบฝึกหัดบทที่ 4	154
<b>บทที่ 5 การเลี้ยวเบนอิเล็กทรอนิกส์อนแบบเลือกพื้นที่</b>	<b>157</b>
5.1 แบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กทรอนิกส์อนแบบเลือกพื้นที่จากผลึกเดี่ยว	157
5.2 แบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กทรอนิกส์อนแบบเลือกพื้นที่จากพหุผลึก	164
5.2.1 พหุผลึกที่วางตัวเป็นแบบสุ่ม	165
5.2.2 พหุผลึกที่วางตัวไม่เป็นแบบสุ่ม	168
แบบฝึกหัดบทที่ 5	173
<b>บทที่ 6 การตีความเกี่ยวกับตำแหน่งเลี้ยวเบนหลักใน</b>	
<b>แบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กทรอนิกส์อนแบบเลือกพื้นที่</b>	<b>175</b>
6.1 การหาดัชนีของแบบรูปจุดจากผลึกเดี่ยว	175
6.1.1 วิธีใช้ค่าคงที่กล้อง	175
6.1.2 วิธีใช้หลักพื้นฐานของสมมาตรและอัตราส่วน	187
6.1.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	197
6.2 การหาดัชนีของแบบรูปวงแหวนของพหุผลึก	199
6.2.1 วิธีใช้ค่าคงที่กล้อง	199
6.2.2 วิธีใช้อัตราส่วน	201
6.3 การหาแลตทิซบราวจากแบบรูปการเลี้ยวเบนแบบจุดของผลึกเดี่ยว	207
6.3.1 การตีความจากแลตทิซส่วนกลับแบบธรรมดาร่วมกับสภาวะ <i>hkl</i> ที่หายไปเชิงระบบ	207
6.3.2 การวิเคราะห์จากแลตทิซส่วนกลับแต่ละแบบ	208
6.4 ความสัมพันธ์ของการวางตัว	216

	หน้า
6.5 การวิเคราะห์แนวเส้น	223
6.6 แบบฝึกหัดบทที่ 6	227
<b>บทที่ 7 การตีความปรากฏการณ์ละเอียดในแบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กตรอนแบบเลือกพื้นที่</b>	<b>237</b>
7.1 จุดเพิ่มเติม	237
7.1.1 การเลี้ยวเบนหลายครั้ง	237
7.1.1.1 การเลี้ยวเบน 2 ครั้งในวัฏภาคเดียว	238
7.1.1.1.1 การเลี้ยวเบน 2 ครั้งของตำแหน่งเลี้ยวเบนต้องห้าม	240
7.1.1.1.2 การเลี้ยวเบน 2 ครั้งจากโซนดัชนีสูงและรอยต่อผลึก	246
7.1.1.2 การเลี้ยวเบน 2 ครั้งใน 2 วัฏภาค	248
7.1.1.3 การพิสูจน์ว่าเป็นการเลี้ยวเบน 2 ครั้ง	254
7.1.1.3.1 กรณีของการเลี้ยวเบน 2 ครั้งในวัฏภาคเดียวของจุดเลี้ยวเบนต้องห้าม	254
7.1.1.3.2 กรณีของการเลี้ยวเบน 2 ครั้งใน 2 วัฏภาค	257
7.1.2 การเลี้ยวเบนจากโครงสร้างระเบียบช่วงยาว	260
7.1.3 โครงสร้างผลึกแฝด	262
7.2 แฉกและจุดควมทึบ	264
7.2.1 ผลของรูปร่าง	264
7.2.1.1 การเลี้ยวเบนจากชิ้นงานบาง	264
7.2.1.2 ตะกอนหรืออนุภาคขนาดเล็ก	266
7.2.1.3 ความบกพร่องเชิงการเรียงซ้อนของระนาบ	271
7.2.1.3.1 ระยะห่างของระนาบไม่เท่ากันหรืออยู่เคียงตำแหน่งด้วยระยะห่างไม่เท่ากัน	271
7.2.1.3.2 ระยะห่างของระนาบเท่ากันและอยู่เคียงตำแหน่งด้วยระยะห่างที่เป็นเศษส่วนของพารามิเตอร์หน่วยเซลล์	272
7.2.1.4 โครงสร้างผลึกแฝดที่เป็นผลึกบางชั้น ๆ กัน	275
7.2.2 ผลของความเครียดยืดหยุ่นภายในเมทริกซ์	277
7.3 การแยกของจุด	278

	หน้า	
7.3.1	โครงสร้างจากการสลายตัวสไปโนดอลและการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบเคมีแบบอื่น ๆ	279
7.3.2	กลุ่มรอยต่อแอนติเฟสโคโมนแบบคาบหรือแบบเรียงตัวสม่ำเสมอ	281
7.3.3	โครงสร้างอินคอมเมนชูเรต	282
7.4	การกระเจิงกระจาย	283
7.4.1	การกระเจิงกระจายเพราะความร้อน	283
7.4.2	ระเบียบช่วงสั้น	284
แบบฝึกหัดบทที่ 7		286
บทที่ 8	เส้นกิริยาและแถบกิริยา	289
8.1	การเกิดเส้นกิริยา	289
8.2	ความสัมพันธ์ของตำแหน่งเส้นกิริยากับการวางตัวของผลึก	293
8.3	แผนที่กิริยา	303
8.4	การสร้างแผนที่กิริยา	306
8.5	การใช้แผนที่และแบบรูปกิริยา	314
8.6	การหาทิศทางวางตัวของผลึกจากแบบรูปกิริยา	314
8.6.1	วิธีหาจากแถบกิริยา 3 แถบที่ตัดกันเป็นสามเหลี่ยม	314
8.6.2	วิธีหาจากแถบกิริยา 2 แถบที่ตัดกัน	319
แบบฝึกหัดบทที่ 8		322
บทที่ 9	การเลี้ยวเบนอิเล็กตรอนลำสอบ	323
9.1	แนวรังสีในการเลี้ยวเบนอิเล็กตรอนลำสอบ	324
9.2	ทรงกลมอีวาลด์และแลตทิซส่วนกลับในการเลี้ยวเบนอิเล็กตรอนลำสอบ	328
9.3	เส้นลอโซนลำดับสูง	331
9.3.1	สภาวะใกล้สองลำ	336
9.3.2	สภาวะ 2 ลำ	339
9.3.3	ระนาบ $hkl$ ขนานกับแกนที่สามหรือสภาวะ 3 ลำ	342
9.3.4	ลำอิเล็กตรอนตกกระทบเฉียงทำมุมกับแกนที่สาม	342
9.3.5	สภาวะหลายลำอิเล็กตรอน	343



	หน้า
9.3.5.1 กรณีไม่ตรงแกนโซน	343
9.3.5.2 กรณีตรงแกนโซน	344
9.4 การปรับเปลี่ยนค่ากึ่งมุมสอบ $\alpha$	347
9.5 วิธีการสร้างแบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กตรอนลำสอบของทานาคะ	348
แบบฝึกหัดบทที่ 9	353
<b>บทที่ 10 การตีความแบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กตรอนลำสอบ</b>	<b>355</b>
10.1 การหมุมเอียงชิ้นงานให้ระนาบ ( $hkl$ ) อยู่ในมุมแบรกก์พอดี	355
10.2 การหาความหนาชิ้นงาน	355
10.3 แลตทิซบราวเว พอยต์กรุป และสเปซกรุป	361
10.3.1 การตีความเรขาคณิตของลอสโซนลำดับศูนย์และลอสโซนลำดับสูงใน แบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กตรอนลำสอบ	361
10.3.1.1 ระยะห่างของระนาบอะตอม มุมระหว่างระนาบ และแกนโซน ในแบบรูปลอสโซนลำดับศูนย์	361
10.3.1.2 ระยะซ้ำบนแกนโซนของแลตทิซจริงในทิศทางกับ ลำอิเล็กตรอนตกกระทบและพารามิเตอร์แลตทิซ	362
10.3.1.3 ระบบผลึกและแบบแลตทิซ	371
10.3.1.4 ระนาบโกลตั้งฉากกับทิศของลำอิเล็กตรอนตกกระทบ	372
10.3.1.5 สัญลักษณ์การسابสูญบางส่วน	373
10.3.2 การตีความสมมาตรของแบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กตรอนลำสอบ	376
10.3.2.1 การระบุภูมิภาคโดยใช้รายละเอียดของ HOLZ	379
10.3.2.2 การหาพอยต์กรุปจากแบบรูปตรงแกนโซน	379
10.3.2.3 การหาสเปซกรุปจากการหายไปเชิงพลวัต	388
แบบฝึกหัดบทที่ 10	391
<b>บทที่ 11 ความเข้มของการเลี้ยวเบนอิเล็กตรอน</b>	<b>395</b>
11.1 การกระเจิงคลื่นโดยหนึ่งอะตอม	395
11.2 การกระเจิงคลื่นโดยหน่วยเซลล์	398
11.3 การหาค่าปัจจัยโครงสร้างของโครงสร้างบางแบบ	406

	หน้า
11.3.1 หน่วยเซลล์แบบธรรมดาหรือพริมาฟที่มีอะตอมอยู่เฉพาะตรงตำแหน่งแลตทิซ	406
11.3.2 หน่วยเซลล์แบบกลางฐานที่มีอะตอมอยู่เฉพาะตรงตำแหน่งแลตทิซ	406
11.3.3 หน่วยเซลล์แบบกลางทรงที่มีอะตอมอยู่เฉพาะตรงตำแหน่งแลตทิซ	407
11.3.4 หน่วยเซลล์แบบกลางหน้าที่มีอะตอมอยู่เฉพาะตรงตำแหน่งแลตทิซ	408
11.3.5 โครงสร้างเพชร	409
11.3.6 โครงสร้าง NaCl	411
11.3.7 โครงสร้าง ZnS	414
11.3.8 โครงสร้างเฮกซะโกนอลเรียงประชิด	417
11.3.9 โครงสร้าง CsCl	420
11.3.10 โครงสร้างผลึกที่มีสมมาตรเชิงการเลื่อน	422
11.3.11 โครงสร้างที่จุดกำเนิดมีพอยต์กรุปแบบสมมาตรผ่านศูนย์กลาง	425
11.3.12 โครงสร้างที่มีพอยต์กรุปแบบไม่มีสมมาตรผ่านศูนย์กลางที่จุดกำเนิด	426
11.4 ตารางสากลสำหรับผลึกศาสตร์	427
11.5 ปัญหาเกี่ยวกับเฟส	429
11.6 ความสัมพันธ์กับแลตทิซส่วนกลับ	430
11.6.1 แลตทิซที่ไม่ใช่แบบธรรมดาหรืออนนพริมาฟ	430
11.6.2 แลตทิซแบบธรรมดาหรือพริมาฟ	432
11.7 ทฤษฎีโคเนมาติกและไดนามิกส์ของการเลี้ยวเบน	433
11.8 การวัดค่าปัจจัยโครงสร้างและระยะสาบสูญ	436
<b>บทที่ 12 การวิเคราะห์รังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงานใน</b>	
<b>กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน</b>	<b>437</b>
12.1 หลักการทั่วไป	437
12.2 การตรวจวัด การนับ และตัวตรวจวัดแบบกระจายพลังงานของรังสีเอกซ์	445
12.3 พิกฮลอกในสเปกตรัมอีดีเอส	454
12.3.1 พีกรวม	454
12.3.2 พิกหนีเนื่องจากซิลิคอนหรือพิกหนี	454
12.3.3 พีกรบกวนจากซิลิคอน	454

เนื้อหา	หน้า
12.4 ปริมาตรอันตรกิริยาในชิ้นงานบาง	455
12.5 รูปแบบการนำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์	457
12.6 การวัดความเข้มของฐานและปีก	462
12.6.1 การวัดความเข้มของฐาน	462
12.6.2 การวัดความเข้มของปีก	462
12.7 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ	462
12.7.1 สมการพื้นฐาน	462
12.7.2 การหาตัวคูณ $k$	464
12.7.2.1 การหาตัวคูณ $k$ จากการทดลอง	464
12.7.2.2 การใช้ค่าตัวคูณ $k$ ที่มีรายงานมาก่อน	466
12.7.2.3 การคำนวณตัวคูณ $k$ จากหลักการพื้นฐาน	469
12.7.3 ปริมาณวิเคราะห์โดยไม่ใช่ค่าตัวคูณ $k$	475
12.8 ขีดจำกัดของความสามารถในการตรวจวัด	478
12.9 สิ่งหลอกลวงและการขจัด	478
12.9.1 รังสีเอกซ์ที่มาจากส่วนอื่นที่ไม่ใช่ปริมาตรที่สนใจในชิ้นงาน	478
12.9.1.1 สัญญาณหลอกจากระบบส่องสว่าง	479
12.9.1.2 สัญญาณหลอกจากส่วนประกอบของห้องใส่ชิ้นงาน	482
12.10 ปัญหาเชิงปฏิบัติอื่น ๆ	485
12.10.1 การเคลื่อนชิ้นงาน	485
12.10.2 สิ่งปนเปื้อนจากการเตรียมชิ้นงาน	486
12.10.3 ปัญหาจากลักษณะกายภาพของชิ้นงาน	486
12.11 การหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในกล้องทีอีเอ็ม เพื่อการวิเคราะห์รังสีเอกซ์ระดับจุลภาค	487
12.11.1 สักยี่เร่ง	487
12.11.2 ปืนอิเล็กตรอน	488
12.11.3 พารามิเตอร์ของลำอิเล็กตรอน	488
12.11.4 ตัวแปรของอีดีเอส	488
12.11.5 สภาวะของภาพและการเลี้ยวเบนระหว่างการวิเคราะห์	488



	หน้า
<b>บทที่ 13 สเปกโทรสโกปีการสูญเสียพลังงานของอิเล็กตรอนเบื้องต้น</b>	<b>491</b>
13.1 ตัวตรวจวัดการสูญเสียพลังงานของอิเล็กตรอน	491
13.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ	492
13.3 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ	496
13.4 ความหนาของชั้นงานที่เหมาะสมสำหรับ EELS	501
13.5 ข้อมูลอื่น ๆ จาก EELS	502
13.5.1 ความหนาของชั้นงาน	502
13.5.2 โคออร์ดิเนชัน พันธะ และ โครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ของอะตอมที่ถูกละลาย	502
<b>ภาคผนวก</b>	
1. ความยาวคลื่นของอิเล็กตรอน	505
2. แลตทิซบราวเว หน่วยเซลล์ สมมาตรของหน่วยเซลล์ และสภาวะแวดล้อมของจุดแลตทิซ	509
3. ดัชนีระนาบ ดัชนีทิศทาง โชน และกฎ โชน	521
4. เมทริกซ์การแปลง	536
5. แลตทิซส่วนกลับ 14 แบบ	546
6. ผลลัพธ์คอตและครอสของเวกเตอร์	560
7. ความสัมพันธ์ระหว่างแลตทิซจริงกับแลตทิซส่วนกลับ ในเชิงเวกเตอร์	562
8. การคลายจากกฎของแบรกก์และการกว้างออกของจุดแลตทิซส่วนกลับ	566
9. ความสัมพันธ์ทางผลึกศาสตร์บางอย่าง	576
10. สภาวะ hkl ที่มีและไม่มี ความเข้มของการเลี้ยวเบน และพอยต์กรุปซึ่งทำให้เกิด แบบรูปการเลี้ยวเบนอิเล็กตรอนที่มีสมมาตรผ่านศูนย์กลางเหมือนกัน	582
11. บทนำเรื่องการฉายแบบสเตอริโอกราฟ	586
12. บทนำเกี่ยวกับสมมาตรและสเปซกรุป	599
13. แผนที่ยุคิซึชิ	612
14. ความสัมพันธ์เกี่ยวกับการยกกำลังเลขเชิงซ้อนบางอย่าง	624
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>625</b>
<b>ดัชนีภาษาไทย</b>	<b>633</b>
<b>ดัชนีภาษาอังกฤษ</b>	<b>644</b>
<b>ประวัติผู้เขียน</b>	<b>651</b>

ธรณินทร์ ไชยเรืองศรี

จุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์แบบสองผ่านพื้นฐานสำหรับโลหะวิทยาและวัสดุศาสตร์ / ธรณินทร์ ไชยเรืองศรี

- 1. จุลทรรศน์ศาสตร์อิเล็กทรอนิกส์แบบทรานสมิซชัน
- 2. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทรานสมิซชัน

502.285

ISBN 978-974-03-3019-6

สปจ. 1672



สรรคณค้ำวิชาการ ผู้ช่วยคม  
www.ChulaPress.com  
Knowledge to All

ลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 1,000 เล่ม พ.ศ. 2555

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น  
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้จัดทำน่าย ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

- สาขา ศาลาพระแก้ว โทร. 0-2218-7000-3 โทรสาร 0-2255-4441
- สยามสแควร์ โทร. 0-2218-9881-2 โทรสาร 0-2254-9495
- ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-4 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
- จัตุรัสจามจุรี (CHAMCHURI SQUARE) ชั้น 4 โทร. 0-2160-5301-2 โทรสาร 0-2160-5304
- รัตนานิเบศร์ (แยกแคราย) โทร. 0-2950-5408-9 โทรสาร 0-2950-5405

- เครือข่าย ศูนย์หนังสือ ม.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย โทร. 0-5391-7020-4 โทรสาร 0-5391-7025
- ศูนย์หนังสือ ม.วลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช โทร. 0-7567-3648-51 โทรสาร 0-7567-3652
- ร้านหนังสือดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) งามคำแหง 43/1 โทร. 0-2538-2573 โทรสาร 0-2539-7091
- ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏเชียงราย จ.เชียงราย โทร. 5377-6000
- ศูนย์หนังสือ ม.อุบลราชธานี จ.อุบลราชธานี โทร. 0-4535-3140, 0-4528-8400-3 ต่อ 1803  
โทรสาร 0-4535-3145
- ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏสุราษฎร์ธานี จ.สุราษฎร์ธานี โทร. 0-7735-5466, 0-7791-3333 โทรสาร 0-7735-5468
- ศูนย์หนังสือเทคโนโลยีโออาร์พีซี จ.ระยอง โทร. 0-3889-9130-2 ต่อ 331 โทรสาร 0-3889-9130 ต่อ 301
- ศูนย์หนังสือ ม.ราชภัฏเทพสตรี จ.ลพบุรี โทร. 0-3642-7485-93

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

กองบรรณาธิการ : กนิษฐา กิตติคุณ

พิสูจน์อักษร : ปุณณิศา บุญเปี่ยม

ออกแบบปก : monyart

ออกแบบรูปเล่ม : แสนคำ นุเสน

พิมพ์ที่ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทร. 0-2218-3557 โทรสาร 0-2218-3563 (5512-100)

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



เลขหมู่ 502.825  
 ค 314  
 2555  
 เลขทะเบียน 19865  
 วันที่ 04 ก.พ. 2556  
 114711

BSTI DEPT. OF SCIENCE SERVICE  
 สำนักหอสมุดฯ กรมวิทยาศาสตร์บริการ

1110014888