

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1.1 ไอโซเมอร์ชนิดต่าง ๆ	2
ภาพ 1.2 มือซ้ายและมือขวาต่างเป็นภาพในกระจกเงาซึ่งกันและกัน	3
ภาพ 1.3 มือซ้ายและมือขวาไม่สามารถซ้อนทับกันได้สนิท	3
ภาพ 1.4 อีแนนทีโอเมอร์ I และ II ของ 2-บิวเทนอล	4
ภาพ 1.5 (ก) 2-โพรพานอล (III) และภาพในกระจกเงา (IV) (ข) โครงสร้าง III และ IV สามารถซ้อนทับกันได้	4
ภาพ 1.6 วัตถุที่มีระนาบสมมาตร	5
ภาพ 1.7 (ก) 2-คลอโรโพรเพนมีระนาบสมมาตร (ข) 2-คลอโรบิวเทนไม่มีระนาบสมมาตร	5
ภาพ 1.8 การสั่นของคลื่นไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กในแสง	7
ภาพ 1.9 การทำแสงโพลาไรส์	7
ภาพ 1.10 การหมุนของระนาบแสงโพลาไรส์ในโพลาไรมิเตอร์	8
ภาพ 1.11 การเปรียบเทียบโครงสร้างโมเลกุลแบบต่าง ๆ (ก) โครงสร้างแบบลูกกลมและก้านไม้ (ข) โครงสร้างภาพฉายสามมิติ (ค) โครงสร้างภาพฉายแบบฟิชเชอร์	11
ภาพ 1.12 ไอโซเมอร์เรขาคณิต (ก) มองจากด้านข้าง (ข) มองจากด้านบน (ค) โครงรูปเก้าอี้	25
ภาพ 2.1 ความยาวคลื่นของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า	36
ภาพ 2.2 สเปกตรัมของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า	36
ภาพ 2.3 สเปกตรัมที่วัดเป็น (ก) เปอร์เซนต์ความส่องผ่าน (ข) แอ็บซอร์เบ้นซ์ ที่ความยาวคลื่น (หรือความถี่) ต่าง ๆ	39
ภาพ 2.4 การสั่นของโมเลกุลของเอซิติลไฮไดรด์	40
ภาพ 2.5 แบบการสั่นของหมู่ $-CH_2$ (ก) การยืดสมมาตร (ข) การยืดสมมาตร (ค) การงอในระนาบเดียวกันหรือการหนีบแบบกรรไกร (ง) การงอ ออกนอกระนาบหรือการกระดิก (จ) การงอออกนอกระนาบหรือการบิด (ฉ) การงอในระนาบเดียวกัน หรือการโยก	41
ภาพ 2.6 อินฟราเรดสเปกโทรโฟโตมิเตอร์	43
ภาพ 2.7 ช่วงความถี่ที่เกิดการยืดหรือของพันธะในหมู่ฟังก์ชันัลต่าง ๆ	44
ภาพ 2.8 อินฟราเรดสเปกตรัมของเฮกเซนและ 3-เมทิลเพนเทน	45

ภาพ 2.9	อินฟราเรดสเปกตรัมของเฮปเทน 1-เฮปทีน และเฟนิลอีไทม์.....	50
ภาพ 2.10	อินฟราเรดสเปกตรัมของ 1-octene, isopropyl bromide และ <i>n</i> -butylbenzene.....	51
ภาพ 2.11	อินฟราเรดสเปกตรัมของแอลคีนจากการงอของพันธะ = C-H (ก) RCH=CH ₂ (ข) R ₂ C=CH ₂ (ค) <i>cis</i> RCH=CHR (ง) <i>trans</i> RCH=CHR.....	52
ภาพ 2.12	อินฟราเรดสเปกตรัมของวงเบนซีน (ก) มีหมู่แทนที่หมู่เดียว (ข) หมู่แทนที่สองหมู่ ตำแหน่งออร์โท (ค) หมู่แทนที่สองหมู่ ตำแหน่งเมตา (ง) หมู่แทนที่สองหมู่ ตำแหน่งพารา.....	53
ภาพ 2.13	อินฟราเรดสเปกตรัมของ cyclohexanol และ pentanamine.....	54
ภาพ 2.14	อินฟราเรดสเปกตรัมของ <i>n</i> -propylamine, dipropylamine และ tripropylamine	56
ภาพ 2.15	อินฟราเรดสเปกตรัมของ <i>tert</i> -butyl alcohol ละลายในคาร์บอนเตตระคลอไรด์ ที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน	57
ภาพ 2.16	อินฟราเรดสเปกตรัมของ di- <i>n</i> -propyl ether และ phenetole.....	58
ภาพ 2.17	อินฟราเรดสเปกตรัมของ 2-pentanone และ 3,3-dimethyl-2-butanone.....	59
ภาพ 2.18	อินฟราเรดสเปกตรัมของ butanal และ benzaldehyde.....	60
ภาพ 2.19	อินฟราเรดสเปกตรัมของ propanoic acid.....	61
ภาพ 2.20	อินฟราเรดสเปกตรัมของ <i>n</i> -butyl acetate และ ethyl benzoate.....	61
ภาพ 2.21	โปรตอนหมุนรอบตัวเองทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก (ซ้าย) โปรตอนจึงมีสมบัติคล้ายกับแม่เหล็กแท่งเล็ก ๆ (ขวา).....	62
ภาพ 2.22	การวางตัวของโมเมนต์แม่เหล็กของโปรตอนเมื่อไม่มีสนามแม่เหล็ก ภายนอก (ซ้าย) และในสนามแม่เหล็กภายนอก (ขวา).....	63
ภาพ 2.23	ความแตกต่างของพลังงานระหว่างทิศขนาและทิศขนาสวน.....	63
ภาพ 2.24	เอ็นเอ็มอาร์สเปกโทรมิเตอร์.....	64
ภาพ 2.25	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม.....	65
ภาพ 2.26	สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำเกิดจากการโคจรของอิเล็กตรอนรอบโปรตอน.....	69
ภาพ 2.27	สนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำทำให้ (ก) แอโรแมติกโปรตอนไม่ถูกกำบัง (ข) อะเซทิลีนิกโปรตอนถูกกำบัง.....	70
ภาพ 2.28	Chemical shift ในเอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัม.....	71
ภาพ 2.29	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมของ CH ₂ CCl ₂ CH ₂ Cl จากเครื่องเอ็นเอ็มอาร์ขนาด 60 เมกะเฮิรท์ซ.....	72
ภาพ 2.30	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมของ toluene, <i>p</i> -xylene และ mesitylene.....	74
ภาพ 2.31	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมของ <i>p-tert</i> -butyltoluene.....	75
ภาพ 2.32	การแตกแยกสัญญาณของ 1,1,2-tribromoethane, 1,1-dibromoethane และ ethyl bromide.....	76
ภาพ 2.33	การคู่ควบกับโปรตอนหนึ่งตัวให้สัญญาณเป็น doublet.....	77
ภาพ 2.34	การคู่ควบกับโปรตอนสองตัวให้สัญญาณเป็น triplet.....	78

ภาพ 2.35	สัญญาณ a แยกแยกออกเป็นสองสัญญาณย่อยเมื่อคู่ควบกับโปรตอนหนึ่งตัว สัญญาณ b แยกแยกออกเป็นสามสัญญาณย่อยเมื่อคู่ควบกับโปรตอนสองตัว ระยะห่างระหว่างสัญญาณย่อยเท่ากันเป็นระยะ J_{ab}	78
ภาพ 2.36	การคู่ควบกับโปรตอนสามตัวให้สัญญาณเป็น quartet.....	79
ภาพ 2.37	อัตราส่วนความเข้มของสัญญาณย่อย.....	79
ภาพ 2.38	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมของ isopropyl bromide.....	82
ภาพ 2.39	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมของ <i>n</i> -propylbenzene.....	83
ภาพ 2.40	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมของ 1,2-dibromo-1-phenylethane.....	83
ภาพ 2.41	ระดับพลังงานของออร์บิทัลเชิงโมเลกุลต่าง ๆ และการกระตุ้นของอิเล็กตรอน.....	41
ภาพ 2.42	การเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบ $\pi-\pi^*$ และ $n-\pi^*$ ของแอซิโตนและเมทิลไวนิลอีโตน.....	87
ภาพ 2.43	อัลตราไวโอเลตสเปกตรัมของแอซิโตน.....	88
ภาพ 2.44	อัลตราไวโอเลตสเปกตรัมของแอซิโตนในไซโคลเฮกเซน.....	89
ภาพ 2.45	อัลตราไวโอเลตวิชิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์.....	90
ภาพ 2.46	แมสสเปกตรัมของเมทานอล.....	93
ภาพ 2.47	แมสสเปกโทรมิเตอร์.....	93
ภาพ 2.48	การลดความต่างศักย์ที่แผ่แรงความเร็วทำให้อนุภาคที่มีค่า m/e มาก สามารถปะทะกับเครื่องกักเก็บไอออนได้.....	95
ภาพ 2.49	แมสสเปกตรัมของเมทิลโบรไมด์.....	96
ภาพ 2.50	แมสสเปกตรัมของเอทิลคลอไรด์.....	96
ภาพ 2.51	แมสสเปกตรัมของ N-ethylpropylamine.....	99
ภาพ 2.52	แมสสเปกตรัมของ 1-butanol.....	99
ภาพ 2.53	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.2.....	101
ภาพ 2.54	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.3.....	102
ภาพ 2.55	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.4.....	103
ภาพ 2.56	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.5.....	104
ภาพ 2.57	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.6.....	104
ภาพ 2.58	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.7.....	105
ภาพ 2.59	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.8.....	106
ภาพ 2.60	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.9.....	107
ภาพ 2.61	อินฟราเรดสเปกตรัมของ B (บน) และ C (ล่าง) สำหรับคำถามข้อ 2.10.....	108
ภาพ 2.62	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.12.....	109
ภาพ 2.63	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.13.....	110
ภาพ 2.64	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.14.....	111

ภาพ 2.65	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.15.....	112
ภาพ 2.66	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.16.....	113
ภาพ 2.67	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.17.....	114
ภาพ 2.68	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.18.....	115
ภาพ 2.69	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.19.....	116
ภาพ 2.70	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.19.....	117
ภาพ 2.71	อินฟราเรดสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.20.....	118
ภาพ 2.72	เอ็นเอ็มอาร์สเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.20.....	119
ภาพ 2.73	แมสสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.29.....	121
ภาพ 2.74	แมสสเปกตรัมสำหรับคำถามข้อ 2.30.....	122
ภาพ 3.1	p-d π bond	131
ภาพ 3.2	(ก) อะตอมสภาพเป็นกลาง (ข) อะตอมสภาพมีขั้วได้.....	134
ภาพ 4.1	พันธะในอัมโมเนียและอะมีน.....	143
ภาพ 4.2	คู่อิแนนท์ไอเมอร์ของอะมีน.....	144
ภาพ 4.3	การผกผันของคู่อิแนนท์ไอเมอร์ของอะมีน.....	144
ภาพ 4.4	คู่อิแนนท์ไอเมอร์ของเกลืออัมโมเนียมจุดตกภูมิ.....	161
ภาพ 4.5	การเตรียมและปฏิกิริยาของเกลือเบนซีนโตอะโซเนียม.....	165
ภาพ 4.6	การสร้างพันธะ C \equiv N ของไนไตรล์.....	167
ภาพ 5.1	กราฟแสดงการเปรียบเทียบพลังงานความร้อนที่คายออกมา จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของพอลิอินและของแนพทาลีน.....	180
ภาพ 5.2	ออร์บิทัลเชิงโมเลกุลของแนพทาลีนและกลุ่มหมอกพวยซึ่งอยู่ด้านบน และด้านล่างของระนาบโมเลกุล.....	182
ภาพ 5.3	ระดับพลังงานของสารตั้งต้นที่เปลี่ยนแปลงไปจนกลายเป็นผลผลิต.....	192
ภาพ 5.4	ออร์บิทัลเชิงโมเลกุลของแอนทราซีนและฟิแนนทริน.....	196
ภาพ 5.5	ตำแหน่งที่เกิดปฏิกิริยาซัลฟะเนชันในฟิแนนทริน.....	202
ภาพ 6.1	อะตอมมิกออร์บิทัลของพีโรล.....	213
ภาพ 6.2	อะตอมมิกออร์บิทัลของพิวแรน.....	214
ภาพ 6.3	โครงสร้างเรโซแนนซ์ของ (ก) พีโรล (ข) พิวแรน (ค) ไทอะฟินเมื่อใช้ p-ออร์บิทัล (ง) ไทอะฟินเมื่อใช้ p-ออร์บิทัล และ d-ออร์บิทัล.....	214
ภาพ 6.4	โครงสร้างเรโซแนนซ์ของพีระดีน.....	221
ภาพ 6.5	อะตอมมิกออร์บิทัลของพีระดีน.....	222
ภาพ 7.1	พอลิเมอร์ร่วมแบบสลัปไม่แน่นอน.....	240
ภาพ 7.2	พอลิเมอร์ร่วมแบบสลัปตัวต่อตัว.....	240

ภาพ 7.3	พอลิเมอร์ร่วมแบบสลับกุ่ม	240
ภาพ 7.4	พอลิเมอร์ร่วมแบบแยกกิ่ง	240
ภาพ 7.5	พันธะไฮโดรเจนในเส้นใยไหม	241
ภาพ 7.6	พันธะไฮโดรเจนในไนลอน 66	242
ภาพ 7.7	สารยึดหยุ่นเมื่อถูกยึดออกจะเปลี่ยนจากสภาวะอสัณฐานเป็นสภาวะผลึก	242
ภาพ 7.8	การเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลในสารยึดหยุ่น	243
ภาพ 7.9	โครงสร้างซิสโดยตลอดในโมเลกุลของยางธรรมชาติ	243
ภาพ 7.10	(ก) โครงแบบซิสในยางธรรมชาติ (ข) โครงแบบแทรนส์ในยางกัททาเพอร์ซา	244
ภาพ 7.11	การเชื่อมโยงด้วยกำมะถันในยางธรรมชาติ	244
ภาพ 7.12	หุ้ยมผลึก (บริเวณที่โมเลกุลจัดเรียงอย่างเป็นระเบียบ)	245
ภาพ 7.13	การเปลี่ยนแปลงของพอลิเมอร์ที่ไม่มีการเชื่อมโยงเป็นพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงมาก	246
ภาพ 7.14	การปั่นด้าย (ก) การปั่นเหลว (ข) การปั่นแห้ง (ค) การปั่นเปียก	254
ภาพ 7.15	พอลิโพรพิลีน (ก) แบบไอโซแทกติก (ข) แบบซินดิโอแทกติก (ค) แบบเอแทกติก	261
ภาพ 7.16	โมเลกุลของ (ก) ไยไหม (ข) ขนสัตว์	262
ภาพ 7.17	บริเวณหุ้ยมผลึกในพอลิเอทิลีน	269
ภาพ 7.18	การเปรียบเทียบการจัดเรียงตัวของโมเลกุลในหุ้ยมผลึก (ก) ไม่อยู่ในแนวเดียวกัน (ข) แนวเดียวกัน	270
ภาพ 8.1	แอนไอออนกำลังเคลื่อนที่เข้าหาแอนไอออน	279
ภาพ 8.2	การเปรียบเทียบโครงสร้างของกรดแอลฟาอะมิโนกับโครงสร้างของ กลีเซอรอลดีไฮด์โดยใช้โครงสร้างแบบลูกกลมและก้านไม้	287
ภาพ 8.3	การเปรียบเทียบโครงสร้างของกรดแอลฟาอะมิโนกับโครงสร้างของ กลีเซอรอลดีไฮด์โดยใช้โครงสร้างภาพฉายแบบฟิชเชอร์	287
ภาพ 8.4	พันธะโคเวเลนต์และพันธะนอนโคเวเลนต์ในโปรตีน	292
ภาพ 8.5	โครงสร้างทุติยภูมิแบบหนึ่งของโปรตีนเป็นรูปเกลียวชนิดแอลฟา	293
ภาพ 8.6	โครงสร้างทุติยภูมิอีกแบบหนึ่งของโปรตีนเป็นรูปแผ่นหุ้กลอนชนิดเบตา	294
ภาพ 8.7	โครงสร้างตติยภูมิของโปรตีน	294
ภาพ 8.8	โครงสร้างจตุตถภูมิของโปรตีน	295
ภาพ 8.9	การพิสูจน์เอกลักษณ์ของกรดแอลฟาอะมิโนโดยโครมาโทกราฟี (ก) โครมาโทแกรมของสารตัวอย่าง (ข) โครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐาน ที่ทราบชนิดของกรดแอลฟาอะมิโนและมีจำนวนโมลเท่า ๆ กัน	296
ภาพ 8.10	โครงสร้างภาพฉายแบบฟิชเชอร์ของมอโนแซ็กคาไรด์ที่สำคัญบางตัว	302
ภาพ 8.11	โมเลกุลของไอโอดีนถูกกักอยู่ในเกลียวของแอมิโลส	319
ภาพ 8.12	โครงสร้างโมเลกุลของแอมิโลเพกติน (จุดดำแต่ละจุดหมายถึงโมเลกุลของกลูโคส)	319

ภาพ 8.13	การเปรียบเทียบโครงสร้างโมเลกุลของกลีเซอไรด์อิ่มตัวและไม่อิ่มตัว	323
ภาพ 8.14	ไมเซลล์ของสบู่ในน้ำ	325
ภาพ 8.15	กลไกการทำงานของสบู่	326
ภาพ 9.1	อะตอมมีกอร์บีทัลของอินอเลตแอนไอออน	342
ภาพ 11.1	ลักษณะกราฟของพลังงานเสรีของปฏิกิริยาที่ไม่มีเอนเทอร์มีเดียต และผลผลิตมีพลังงานเสรีต่ำกว่าสารตั้งต้น	409
ภาพ 11.2	ลักษณะกราฟของพลังงานเสรีของปฏิกิริยาที่มีเอนเทอร์มีเดียตโดยที่ ΔG_1^\ddagger และ ΔG_2^\ddagger คือพลังงานเสรีก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาขั้นตอนที่หนึ่งและที่สองตามลำดับ	411
ภาพ 11.3	ลักษณะกราฟของพลังงานเสรีของปฏิกิริยาที่มีเอนเทอร์มีเดียต โดยที่ขั้นตอนแรกมีพลังงานเสรีก่อกัมมันต์สูงกว่าขั้นตอนที่สอง	412
ภาพ 11.4	ลักษณะกราฟของพลังงานเสรีของปฏิกิริยาที่มีผลผลิตควบคุมโดย จลนพลศาสตร์และผลผลิตควบคุมโดยอุณหพลศาสตร์	413
ภาพ 11.5	ความแตกต่างของพลังงานการสั่นที่จุดศูนย์ของพันธะ C—H และ C—D ซึ่งก่อให้เกิดปรากฏการณ์ไอโซโทป	
ภาพ 12.1	ลักษณะกราฟของพลังงานศักย์ของกลไกปฏิกิริยาแบบ S_N1	439
ภาพ 12.2	ลักษณะกราฟของพลังงานศักย์ของกลไกปฏิกิริยาแบบ S_N2	440
ภาพ 12.3	การซ้อนทับของ p-ออร์บิทัลของแอลฟาคาร์บอนกับพันธะพายที่อยู่ข้างเคียง	442
ภาพ 12.4	(ก) 18-Crown-6 โพร่งข้างในมีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.7 Å (ข) โพรแทสเซียมไอออนถูกจับอยู่ในโพร่งของ 18-Crown-6 โพรแทสเซียมไอออน มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 2.66 Å	446
ภาพ 12.5	สภาวะแทรนซิชันของปฏิกิริยาอะซีโทลิสซิสของ anti-7-norbornenyl tosylate	451
ภาพ 12.6	แอรีเนียมไอออนที่เกิดจากการเข้าเกาะของอิเล็กโทรไฟล์ที่ตำแหน่งออร์โท เมตา และพารา ของหมู่ก่อกัมมันต์ที่มีอิเล็กตรอนคู่ไม่สร้างพันธะ	467
ภาพ 12.7	แอรีเนียมไอออนที่เกิดจากการเข้าเกาะของอิเล็กโทรไฟล์ที่ตำแหน่ง ออร์โท เมตา และพารา ของหมู่แอลคิล	468
ภาพ 12.8	แอรีเนียมไอออนที่เกิดจากการเข้าเกาะของอิเล็กโทรไฟล์ที่ตำแหน่ง ออร์โท เมตา และพารา ของหมู่ลดกัมมันต์	469
ภาพ 12.9	แอรีเนียมไอออนที่เกิดจากการเข้าเกาะของอิเล็กโทรไฟล์ที่ตำแหน่ง ออร์โท เมตา และพารา ของหมู่ธาตุแฮโลเจน	470