

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1.1	แสดงรูปขนาดเสกอะโกนัล ปริซึมฐานสามเหลี่ยมและทรงแปดหน้า	9
1.2	แสดงการเปลี่ยนตำแหน่งของลิแกนด์ B แต่จัดเป็นไอโซเมอร์เดี่ยวของ ประกอบ $MA_5B$	11
1.3	แสดงไอโซเมอร์ของสารประกอบ $MA_4B_2$	12
1.4	แสดงไอโซเมอร์ของสารประกอบ $MA_3B_3$	13
1.5	แสดงสูตรโครงสร้างของสารคีเลตบางชนิด	17
2.1	แสดงสูตรโครงสร้างของพอร์ไพรินลิแกนด์	34
2.2	แสดงสูตรโครงสร้างของพทาโลไซยานินและซีพเบส	34
2.3	แสดงสูตรโครงสร้างของ 2,6 - Trip <sub>2</sub> C <sub>6</sub> H <sub>3</sub> TI	35
2.4	แสดงสูตรโครงสร้างของ Mn [N(SiMePh <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> ] <sub>2</sub>	36
2.5	แสดงสูตรโครงสร้างของ [Ag (Te <sub>7</sub> ) ] <sup>3-</sup>	37
2.6	แสดงสูตรโครงสร้างของ [Au(PPh <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ] <sup>+</sup>	37
2.7	แสดงสูตรโครงสร้างของ [Cu(SPhMe <sub>3</sub> )Cl] <sub>3</sub>	38
2.8	แสดงสูตรโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนของทองที่มีรูปทรงเรขาคณิต แตกต่างกัน	38
2.9	แสดงสูตรโครงสร้างของ BF <sub>4</sub> <sup>-</sup> MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup> Ni(CO) <sub>4</sub> และ [Cu(py) <sub>4</sub> ] <sup>+</sup>	40
2.10	แสดงสูตรโครงสร้างของ cis- [PtCl <sub>2</sub> (NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] และ [PdCl <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup>	40
2.11	แสดงสูตรโครงสร้างของ [Cd(OAr) <sub>2</sub> (thf) <sub>2</sub> ]	41
2.12	แสดงสูตรโครงสร้างของ N-methylphenethylammonium tetrachloro cuprate (II) ที่ 25°C	42
2.13	แสดงสูตรโครงสร้างของ [CuCl <sub>5</sub> ] <sup>3-</sup>	43
2.14	แสดงสูตรโครงสร้างของ [Zn {N(CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> ) <sub>3</sub> }Cl] <sup>+</sup>	43
2.15	แสดงสูตรโครงสร้างของ [WCl <sub>4</sub> (O) ] <sup>-</sup> และ [TcCl <sub>4</sub> (N) ] <sup>-</sup>	44
2.16	แสดงสูตรโครงสร้างของ [Ni(CN) <sub>5</sub> ] <sup>3-</sup>	45
2.17	แสดงสูตรโครงสร้างของ [Cu(bipy) {NH(CH <sub>2</sub> CO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> }]	45

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
2.38	แสดงรูปทรงเรขาคณิตที่บิดเบี้ยวจากรูปพีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม จนกลายเป็นพีระมิดฐานจัตุรัส	46
2.19	แสดงการบิดเบี้ยวแบบยืดออกและหดเข้าของแกนหมุน $C_4$	47
2.20	แสดงการบิดเบี้ยวแบบยืดออกและหดเข้าของแกนหมุน $C_3$	48
2.21	แสดงรูปปริซึมฐานสามเหลี่ยมและสูตรโครงสร้าง $[WMe_6]$	48
2.22	แสดงสูตรโครงสร้างของ $[Re(S_2C_2Ph_2)_3]$ และ $[Nb(S_2C_6H_4)_3]$	49
2.23	แสดงการเกิดรูปทรงแปดหน้าและรูปปริซึมฐานสามเหลี่ยม	50
2.24	แสดงรูปพีระมิดคู่ฐานห้าเหลี่ยม รูปทรงแปดหน้าแบบมีหมวกและ รูปปริซึมฐานสามเหลี่ยมมีหมวก	50
2.25	แสดงสูตรโครงสร้างของ 2,13-dimethyl -3,6,9,12,18-pentaazabicyclo [12.3.1]- octadeca - 1(18),2,12,14,16 pentaene bis (thiocyanato) Fe (II)	51
2.26	แสดงสูตรโครงสร้างของ $[NbF_7]^{2-}$ และ $[W(CO)_4Br_3]^-$	51
2.27	แสดงการบิดเบี้ยวของรูปลูกบาศก์ไปเป็นแอนติปริซึมจัตุรัส	52
2.28	แสดงการบิดเบี้ยวของรูปลูกบาศก์ไปเป็นรูปโดเดคะฮีดรอน	52
2.29	แสดงสูตรโครงสร้างของ $[Nb(ox)_4]^{4-}$	53
2.30	แสดงสูตรโครงสร้างของ $[Zr(acac)_2(NO_3)_2]$	54
2.31	แสดงรูปทรงเรขาคณิตรูปพีระมิดคู่ฐานหกเหลี่ยม และรูปปริซึมฐาน สามเหลี่ยมหมวกคู่	54
2.32	แสดงสูตรโครงสร้างของ $[CdBr_2(18-crown-6)]$	55
2.33	แสดงสูตรโครงสร้างของ $[ReH_9]^{2-}$	55
2.34	แสดงรูปทรงเรขาคณิต รูปแอนติปริซึมจัตุรัสหมวกคู่และรูปทรงสิบแปดหน้า	56
2.35	แสดงสูตรโครงสร้างของ $[Hf(BH_4)_4]$	57
2.36	แสดงสูตรโครงสร้างของ $[Ce(NO_3)_6]^{2-}$	57
2.37	แสดงซิส-ไอโซเมอร์และทรานส์-ไอโซเมอร์ของรูประนาบจัตุรัส	64
2.38	แสดงซิส-ไอโซเมอร์และทรานส์-ไอโซเมอร์ของรูปทรงแปดหน้า	65

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า	
2.39	แสดงแฟค-ไอโซเมอร์และเมอร์-ไอโซเมอร์ของรูปทรงแปดหน้า	66
2.40	แสดงแฟค-ไอโซเมอร์และเมอร์ไอโซเมอร์ของ $[\text{CrCl}_3(\text{H}_2\text{O})_3]$	67
2.41	แสดงการจัดเรียงตัวของลิแกนด์แบบต่างๆ ของ $\text{MA}_2\text{B}_2\text{C}_2$	68
2.42	แสดงส่วนประกอบพื้นฐานของเครื่องโพลาริมิเตอร์	69
2.43	แสดงไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{ZnBrClFI}]^{2-}$	70
2.44	แสดงไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Be}(\text{bzac})_2]$	71
2.45	แสดงไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{MABCDEF}]$	71
2.46	แสดงไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co}(\text{NH}_3)_2(\text{H}_2\text{O})_2(\text{CN})_2]^+$	71
2.47	แสดงไอโซเมอร์เชิงแสงของ $[\text{Co}(\text{en})_3]^{3+}$ และ $[\text{CoCl}_2(\text{en})_2]^+$	72
3.1	แสดง s-ออร์บิทัลของอะตอมกลางในสนามผลักรูปทรงแปดหน้า	78
3.2	แสดง p-ออร์บิทัลของอะตอมกลางในสนามผลักรูปทรงแปดหน้า	78
3.3	แสดง $t_{2g}$ -ออร์บิทัลของอะตอมกลางในสนามผลักรูปทรงแปดหน้า	79
3.4	แสดง $e_g$ -ออร์บิทัลของอะตอมกลางในสนามผลักรูปทรงแปดหน้า	80
3.5	แสดงลักษณะของ $d_{y^2-z^2}$ และ $d_{x^2}$ -ออร์บิทัลที่เกิดจากการเปลี่ยนแกน	80
3.6	แสดงพลังงานของ d-ออร์บิทัลเมื่อเป็นไอออนอิสระและอยู่ในสนามผลักรูปทรงแปดหน้า	81
3.7	แสดง f-ออร์บิทัลของอะตอมกลางในสนามผลักรูปทรงแปดหน้า	82
3.8	แสดงพลังงานของ f-ออร์บิทัลเมื่อเป็นไอออนอิสระและอยู่ในสนามผลักรูปทรงแปดหน้า	83
3.9	แสดงการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้า	84
3.10	แสดงผลของสนามผลึกในสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้าที่มีต่อ d-ออร์บิทัล	85
3.11	แสดงตำแหน่งอิเล็กตรอนใน d-ออร์บิทัลของ $\text{Ti}^{3+}$ เมื่ออยู่ในสถานะพื้นและสถานะถูกกระตุ้น	86
3.12	แสดงสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของ $[\text{Ti}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ ในสารละลายน้ำ	87

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.13 กราฟแสดงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า $\Delta_0$ ของไอออนเชิงซ้อน $[M(NH_3)_6]^{3+}$	91
3.14 แสดงสูตรโครงสร้างของ $[Cu(NO_2)_6]^{4-}$ ที่ลิแกนด์ในแกน z ยึดออก	99
3.15 แสดงพลังงานของออร์บิทัลต่างๆ และรูปร่างโมเลกุลทรงแปดหน้าและ เตตระโกนัล	100
3.16 แสดงพลังงานของออร์บิทัลต่างๆ และรูปร่างโมเลกุลทรงแปดหน้าและ เตตระโกนัลแบบแกน z ยึดออก ก และแบบแกน z หดเข้า	101
3.17 แสดงพลังงานของออร์บิทัลต่างๆ และรูปร่างโมเลกุลทรงแปดหน้าของ $d^8$ และระนาบจัตุรัส	102
3.18 แสดงการเกิดสารประกอบเชิงซ้อนลูกบาศก์	104
3.19 แสดงระยะห่างของลิแกนด์กับพู่ของ d-ออร์บิทัลของอะตอมกลาง ในสารประกอบเชิงซ้อนทรงสี่หน้า	104
3.20 แสดงการแยกตัวในสนามผลึกของ d-ออร์บิทัล ในสารประกอบเชิงซ้อน รูปทรงสี่หน้า	105
3.21 แสดงการเปรียบเทียบค่า $\Delta_0$ กับ $\Delta_t$	106
3.22 แสดงการเปรียบเทียบค่า $\Delta_c$ $\Delta_t$ และ $\Delta_0$ ของสารประกอบเชิงซ้อน	107
4.1 แสดงการรวม s และ p-ออร์บิทัล เกิดเป็น sp-ออร์บิทัล	116
4.2 แสดงรูปทรงเรขาคณิตของไฮบริดออร์บิทัลบางชนิด	117
4.3 แสดงการซ้อนเหลื่อมของออร์บิทัลบางชนิดแล้วเกิดพันธะซิกมา	120
4.4 แสดงการซ้อนเหลื่อมของออร์บิทัลบางชนิดแล้วเกิดพันธะไพ	121
4.5 แสดงการซ้อนเหลื่อมของ $d_{x^2-y^2}$ -ออร์บิทัลสองออร์บิทัลแล้วเกิดพันธะ เดลตา	121
4.6 แสดงการซ้อนเหลื่อมของ s-ออร์บิทัล พลังงานของ s-ออร์บิทัลและ ออร์บิทัลเชิงโมเลกุลที่เกิดขึ้น	130
4.7 แสดงการซ้อนเหลื่อมของ p-ออร์บิทัล แล้วเกิด $\sigma$ $\sigma^*$ $\pi$ และ $\pi^*$ -ออร์บิทัล	131

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.8	แผนภาพแสดงพลังงานของ p-ออร์บิทัล และออร์บิทัลเชิงโมเลกุลที่เกิดจากการซ้อนเหลื่อมของ p-ออร์บิทัล	132
4.9	แสดง $\sigma$ $\sigma^*$ $\pi$ และ $\pi^*$ -ออร์บิทัลเชิงโมเลกุล และแกนหมุน $C_2$	133
4.10	แสดงลักษณะการซ้อนเหลื่อมของ d-ออร์บิทัล	134
4.11	แสดงการซ้อนเหลื่อมของออร์บิทัลเชิงอะตอมที่มีพลังงานเท่ากันและต่างกัน	135
4.12	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลเชิงโมเลกุล	136
4.13	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลเชิงอะตอมของ H และ F และออร์บิทัลเชิงโมเลกุลของ HF	139
4.14	แสดงกลุ่มออร์บิทัลของลิแกนด์ที่มีสมมาตรเหมือนออร์บิทัลของอะตอมกลางและสามารถเกิดพันธะซิกมาในสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้า	142
4.15	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลเชิงโมเลกุลสำหรับสารเชิงซ้อนทรงแปดหน้า	143
4.16	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลเชิงโมเลกุลและการจัดเรียงอิเล็กตรอนในออร์บิทัลเชิงโมเลกุลของ $[\text{Co}(\text{NH}_3)_6]^{3+}$	144
4.17	แสดงการเกิดพันธะไพของ d-ออร์บิทัลกับออร์บิทัลชนิดต่างๆ ของลิแกนด์	145
4.18	แสดงการซ้อนเหลื่อมของ $d_{xy}$ -ออร์บิทัลของอะตอมกลางกับ $t_{2g}$ -ออร์บิทัลของลิแกนด์	147
4.19	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลเชิงโมเลกุลเมื่อเกิดพันธะไพของ $[\text{CoF}_6]^{3-}$	148
4.20	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลต่างๆ เมื่อเกิดพันธะไพของสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้าเมื่อลิแกนด์รับอิเล็กตรอนจากอะตอมกลาง	149
4.21	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลต่างๆ ในสารประกอบเชิงซ้อนทรงสี่หน้าที่เกิดเฉพาะพันธะซิกมา	150
4.22	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลต่างๆ ในสารประกอบเชิงซ้อนระนาบจัตุรัสที่เกิดเฉพาะพันธะซิกมา	153

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5.1	กราฟแสดงพลังงานไฮเดรชันของไอออนโลหะ ( $M^{2+}$ ) ที่มีจำนวนอิเล็กตรอน ใน d-ออร์บิทัลต่างกัน	163
5.2	แสดงระนาบโคออร์ดิเนตของออร์บิทัลในสารประกอบเชิงซ้อนระนาบจัตุรัส	164
5.3	แสดงออร์บิทัลที่เกิดพันธะไพในสารประกอบเชิงซ้อนระนาบจัตุรัส	165
5.4	แสดงแผนภาพการเกิดออร์บิทัลเชิงโมเลกุลที่เกิดพันธะซิกมาและพันธะไพในสารประกอบเชิงซ้อนระนาบจัตุรัส	166
5.5	แสดงการเกิดอันตรกิริยาผู้ให้แบบซิกมา ตามวิธีการซ้อนเหลื่อมเชิงมุม	168
5.6	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลต่างๆ ในสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้าที่เกิดอันตรกิริยาผู้ให้แบบซิกมาอย่างเดียว ตามวิธีการซ้อนเหลื่อมเชิงมุม	172
5.7	แสดงการเกิดอันตรกิริยาผู้รับแบบไพ ตามวิธีการซ้อนเหลื่อมเชิงมุม	173
5.8	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลต่างๆ เมื่อสารประกอบเชิงซ้อนเกิดอันตรกิริยาผู้ให้แบบซิกมาและอันตรกิริยาผู้รับแบบไพตามวิธีการซ้อนเหลื่อมเชิงมุม	175
5.9	แสดงการเกิดอันตรกิริยาผู้ให้แบบไพ ตามวิธีการซ้อนเหลื่อมเชิงมุม	176
5.10	แผนภาพแสดงพลังงานของออร์บิทัลต่างๆ ในสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดอันตรกิริยาผู้ให้แบบซิกมาและอันตรกิริยาผู้ให้แบบไพตามวิธีการซ้อนเหลื่อมเชิงมุม	177
5.11	แสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนและขนาดของ $\Delta_o$ ในไอออนเชิงซ้อนบางชนิด	180
6.1	แสดงสเปกตรัมดูดกลืนของ $[Cu(H_2O)_6]^{2+}$	186
6.2	แสดงการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่าง	188
6.3	แผนภาพแสดงพลังงานของเทอมสัญลักษณ์ย่อยของ ${}^2D (d^1)$ ในสนามผลึกทรงแปดหน้า	204
6.4	แผนภาพแสดงพลังงานของเทอมสัญลักษณ์ย่อยของ ${}^2D (d^9)$ ในสนามผลึกทรงแปดหน้า	205
6.5	แสดงแผนภาพออร์เกิลของ $d^1$ $d^4$ (สปีนสูง) $d^6$ (สปีนสูง) และ $d^9$ ในสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้าและทรงสี่หน้า	207

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
6.6	แผนภาพแสดงพลังงานของเทอมสัญลักษณ์ย่อยของ $^3F$ และ $^3P$ ในสนามผลึกทรงแปดหน้า	208
6.7	แสดงแผนภาพออร์เกิลของ $d^2$ $d^3$ $d^7$ (สปินสูง) และ $d^8$ ในสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้าและทรงสี่หน้า	209
6.8	แผนภาพความสัมพันธ์ของเทอมสัญลักษณ์กับพลังงานของ $d^2$ ในสารประกอบทรงแปดหน้า	211
6.9	แสดงแผนภาพทานาเบ-ซูกาโน ของ $d^2$ ในสารประกอบทรงแปดหน้า	213
6.10	แสดงแทรนซิชันยินยอมตามกฎการเลือกสปินของการจัดเรียงอิเล็กตรอน แบบ $d^2$ ในสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้า	214
6.11	แสดงสเปกตรัมดูดกลืนของ $[V(H_2O)_6]^{3+}$	215
6.12	แสดงแผนภาพทานาเบ-ซูกาโน ของการจัดเรียงอิเล็กตรอน $d^2 - d^8$ ในสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้า	216
6.13	แสดงสเปกตรัมดูดกลืนของ $[M(H_2O)_6]^{n+}$ ของโลหะแทรนซิชันแถวที่ 1	218
6.14	แสดงการแยกของ d-ออร์บิทัลของ $d^9$ ตามทฤษฎีจอร์แดน-เทลเลอร์ ของสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้า	221
6.15	แสดงการจัดเรียงอิเล็กตรอนและแผนภาพทานาเบ-ซูกาโน ของ $d^1$ $d^4$ (สปินสูง) $d^6$ (สปินสูง) และ $d^9$	223
6.16	แสดงการแยกของเทอมสัญลักษณ์ F ในสนามผลึกทรงแปดหน้า	224
6.17	แสดงกราฟที่เกิดจากความสัมพันธ์ของ $V_2/V_1$ กับ $\Delta_o/B$ ของ $d^2$	227
6.18	แสดงแถบดูดกลืนของ $[Co(en)_3]^{3+}$	229
6.19	แสดงการถ่ายโอนประจุจากลิแกนด์ไปยังโลหะ	230
6.20	แสดงการถ่ายโอนประจุจากโลหะไปยังลิแกนด์	231
7.1	แสดงการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนของโลหะแทรนซิชันรอบแกน z ของสารประกอบเชิงซ้อนทรงแปดหน้า	240
7.2	แสดงผลของการเขียนกราฟระหว่าง $1/\chi_M$ กับ T	251

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
7.3	แสดงแผนภูมิของเครื่องมือของฟาราเดย์ที่ใช้หาค่าสภาพรีดิวซ์ได้โมลาร์	252
7.4	แสดงการพลอตของโกทานิสำหรับไอออนโลหะบางชนิดที่มี การจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบ $t_{2g}^4$ ที่ 298 K	253
7.5	แสดงการจัดเรียงชั่วคราวแม่เหล็กของ พาราแมกเนติก เฟอร์โรแมกเนติก และแอนติเฟอร์โรแมกเนติก	256
7.6	กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของค่าสภาพรีดิวซ์ได้แม่เหล็กกับอุณหภูมิ ของสารที่มีสมบัติแม่เหล็กชนิดต่างๆ	257
7.7	แสดงกลไกการเกิดการแลกเปลี่ยนพิเศษของการคู่ควบใน แอนติเฟอร์โรแมกเนติก	258
8.1	แสดงการดำเนินไปของปฏิกิริยากับพลังงาน	262
8.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่า $\log t_{1/2}$ และพลังงานเสถียรภาพกับ จำนวนอิเล็กตรอนใน d-ออร์บิทัลของไอออนโลหะ	276
8.3	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\log k$ กับ $\log K$ ของปฏิกิริยา ไฮโดรไลซิสของ $[\text{Co}(\text{NH}_3)_5\text{X}]^{2+}$ ที่ $25^\circ\text{C}$	278
8.4	แสดงสเตอริโอเคมีและอิทธิพลของทรานส์ลิแกนด์ในปฏิกิริยาของ $\text{Pt}^{2+}$	299
8.5	แสดงพลังงานก่อกัมมันต์ของสารมัธยันตร์เนื่องจากอิทธิพลของ ทรานส์ลิแกนด์	300
8.6	แสดงการเกิดพันธะซิกมาของลิแกนด์ T และ X กับ $\text{Pt}^{2+}$	301