

# สารบัญ

|                |  | หน้า     |
|----------------|--|----------|
| <b>บทที่ 1</b> | <b>ก๊าซ</b>  |          |
| 1.1            | สมการของสถานะ  | 1        |
| 1.2            | พฤติกรรมของก๊าซอุดมคติ                                   | 6        |
| 1.3            | สมบัติบางอย่างของก๊าซผสม                                 | 10       |
| 1.4            | พฤติกรรมของก๊าซจริง                                      | 17       |
| 1.5            | ความสัมพันธ์ PVT ของก๊าซและของเหลว                       | 23       |
| 1.6            | กราฟไอโซเทอร์มของสมการวานเดอร์วาลส์                      | 26       |
| 1.7            | การหาค่าคงที่วานเดอร์วาลส์                               | 27       |
| 1.8            | กฎของสภาวะสอดคล้อง<br>แบบฝึกหัด                          | 29       |
| <b>บทที่ 2</b> | <b>ทฤษฎีจลน์โมเลกุลของก๊าซ</b>                           |          |
| 2.1            | สมการมูลฐานของทฤษฎีจลน์โมเลกุล                           | 33       |
| 2.2            | พลังงานจลน์และอุณหภูมิ                                   | 36       |
| 2.3            | พลังงานจลน์และความเร็วโมเลกุล                            | 37       |
| 2.4            | การนำทฤษฎีจลน์โมเลกุลมาพิสูจน์กฎต่าง ๆ<br>ของก๊าซอุดมคติ | 39       |
| 2.5            | กฎการกระจายบารอเมตริก                                    | 41       |
| 2.6            | การกระจายความเร็วของโมเลกุล                              | 45       |
| 2.7            | ชนิดของความเร็วเฉลี่ย                                    | 48       |
| 2.8            | การแบ่งส่วนเท่ากันของพลังงาน                             | 51       |
| 2.9            | การชนกันระหว่างโมเลกุลและระยะอิสระ<br>เฉลี่ย             | 59       |
| 2.10           | การเข้าชนผนังของโมเลกุล                                  | 66       |
| 2.11           | ปรากฏการณ์การส่งผ่าน<br>แบบฝึกหัด                        | 70<br>77 |
| <b>บทที่ 3</b> | <b>ของเหลว</b>   |          |
| 3.1            | ทฤษฎีจลน์ของของเหลว                                      | 79       |

|                |  |            |
|----------------|--|------------|
| 3.2            | การกลายเป็นไอและสมดุลระหว่างของเหลว<br>กับไอของสาร | 81         |
| 3.3            | สมการเคลาสเซียส-คลาปีรอง                           | 85         |
| 3.4            | แรงตึงผิว  | 89         |
| 3.5            | ความหนืด   | 92         |
| 3.6            | การหักเหของคลื่นแสงและดัชนีหักเห<br>แบบฝึกหัด      | 97<br>101  |
| <b>บทที่ 4</b> | <b>ของแข็ง</b>                                     | 103        |
| 4.1            | โครงผลึก   | 104        |
| 4.2            | ระบบผลึก   | 104        |
| 4.3            | โครงสร้างของผลึก                                   | 110        |
| 4.4            | ชนิดของของแข็ง                                     | 112        |
| 4.5            | พลังงานโครงผลึก<br>แบบฝึกหัด                       | 113<br>115 |
| <b>บทที่ 5</b> | <b>เคมีเทอร์โมไดนามิกส์</b>                        |            |
| 5.1            | นิยามเบื้องต้น                                     | 117        |
| 5.2            | กฎข้อศูนย์ของเทอร์โมไดนามิกส์                      | 119        |
| 5.3            | งาน  | 121        |
| 5.4            | กฎข้อหนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์<br>แบบฝึกหัด         | 134<br>141 |
| <b>บทที่ 6</b> | <b>เอนทัลปีและเทอร์โมเคมี</b>                      |            |
| 6.1            | เอนทัลปี   | 143        |
| 6.2            | ความจุความร้อน                                     | 145        |
| 6.3            | การทดลองของจูลและการทดลองของจูล-<br>ทอมสัน         | 150        |
| 6.4            | การขยายตัวเอดิเอบาติกที่ผันกลับได้                 | 157        |
| 6.5            | เทอร์โมเคมี  | 165        |
| 6.6            | กฎผลรวมความร้อนของเฮสที่คงที่                      | 166        |
| 6.7            | เอนทัลปีมาตรฐานของการเกิด                          | 169        |

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 6.8   | เอนทาลปีมาตรฐานของการสันดาป                           | 172 |
| 6.9   | วิธีวัดการเปลี่ยนแปลงของความร้อน                      | 173 |
| 6.10  | ความร้อนของสารละลายและสารละลายที่เจือ -<br>จาง        | 175 |
| 6.11  | การเปลี่ยนแปลงเอนทาลปีกับอุณหภูมิ                     | 176 |
| 6.12  | พลังงานพันธะ  | 180 |
|   | แบบฝึกหัด   | 184 |
| <b>บทที่ 7 กฎข้อที่สองและข้อที่สามของเทอร์โมไดนามิกส์</b> |   |     |
| 7.1   | วัฏจักรคาร์โนต์                                       | 191 |
| 7.2   | กฎข้อสองของเทอร์โมไดนามิกส์                           | 198 |
| 7.3   | การเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี                                | 198 |
| 7.4   | การคำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงเอนโทรปี                     | 201 |
| 7.5   | การอธิบายเอนโทรปีด้วยโมเลกุล                          | 207 |
| 7.6   | กฎข้อสามของเทอร์โมไดนามิกส์                           | 209 |
| 7.7   | เอนโทรปีมาตรฐาน                                       | 210 |
|   | แบบฝึกหัด   | 212 |
| <b>บทที่ 8 การเกิดได้เองและสภาวะสมดุล</b>                 |   |     |
| 8.1   | พลังงานอิสระเฮล์มโฮลทซ์                               | 215 |
| 8.2   | พลังงานอิสระกิบบส์                                    | 217 |
| 8.3   | การอธิบายทิศทางของการเปลี่ยนแปลงด้วยพลัง-<br>งานอิสระ | 218 |
| 8.4   | การเปลี่ยนแปลงพลังงานอิสระมาตรฐาน                     | 221 |
| 8.5   | พลังงานอิสระและค่าคงตัวสมดุล                          | 223 |
| 8.6   | การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและสมดุล                     | 227 |
| 8.7   | การเปลี่ยนแปลงของพลังงานอิสระกับอุณหภูมิ              | 228 |
| 6.8   | การเปลี่ยนแปลงของพลังงานอิสระกับความ-<br>ดัน          | 230 |
| 8.9   | สมการพื้นฐานของเทอร์โมไดนามิกส์                       | 231 |
|   | แบบฝึกหัด   | 240 |

|                 |  |            |
|-----------------|--|------------|
| <b>บทที่ ๑</b>  | <b>สารละลาย</b>                          |            |
| 9.1             | ความเข้มข้นของสารละลาย                   | 243        |
| 9.2             | ศักย์เคมี                                | 246        |
| 9.3             | ฟูกาลิตีและแอกติวิตี                     | 249        |
| 9.4             | กฎของราอูลท์และกฎของเฮนรี่               | 251        |
| 9.5             | เทอร์โมไดนามิกส์ของสารละลายอุดมคติ       | 253        |
| 9.6             | สมบัติคอลลิเกทีฟ                         | 256        |
|                 | แบบฝึกหัด                                | 273        |
| <b>บทที่ 10</b> | <b>กฎวิญภาคและสมดุลวิญภาค</b>            |            |
| 10.1            | เงื่อนไขของสมดุลระหว่างวิญภาค            | 275        |
| 10.2            | กฎวิญภาค                                 | 277        |
| 10.3            | แผนภาพวิญภาคสำหรับส่วนประกอบเดียว        | 279        |
| 10.4            | แผนภาพวิญภาคสำหรับระบบที่มีสองส่วนประกอบ | 283        |
| 10.5            | แผนภาพวิญภาคสำหรับระบบที่มีสามส่วนประกอบ | 293        |
|                 | แบบฝึกหัด                                | 297        |
| <b>ภาคผนวก</b>  |  | <b>300</b> |