

บทที่ 5

การเปลี่ยนสถานะของสารบริสุทธิ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะการสมดุลของสารในสภาวะต่าง ๆ ได้
2. ระบุความหมายที่แท้จริงของฟังก์ชันเอนทัลปีและฟังก์ชันกิบส์ได้
3. แสดงสภาวะสมดุลถาวรและกึ่งสมดุลของสารในสถานะต่าง ๆ ได้
4. ชี้แจงการเปลี่ยนสถานะในระดับต่าง ๆ ของสารที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงหรือไม่เปลี่ยนแปลงของค่าทั้งหลายได้
5. นำสมการเคลาซิอุส-กลาเปรงไปใช้หาจุดเปลี่ยนสถานะภายใต้การเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ได้
6. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร และอุณหภูมิ ที่แตกต่างกัน สำหรับสารทั้งหลายโดยอาศัยสมการเคลาซิอุส-กลาเปรงได้
7. คำนวณหาค่าความร้อนของการเปลี่ยนสถานะต่าง ๆ ได้

เค้าโครงเรื่อง

1. การสมดุลของสาร
 - 1.1 การสมดุลของสารในสภาวะที่ต่างกัน
 - 1.2 การสมดุลถาวรและกึ่งถาวร
2. การเปลี่ยนสถานะ
 - 1.1 การเปลี่ยนสถานะระดับต้น
 - 1.2 สมการเคลาซิอุส-กลาเปรง
 - 1.3 การระเหิด-สมการเคิร์ชฮอฟฟ์
 - 1.4 สมการความร้อนแฝง
 - 1.5 สภาวะวิกฤติ
 - 1.6 การเปลี่ยนสถานะระดับสูง

การสมดุลของสาร

คำอธิบายศัพท์/สำนวน

1. พังก์ชันเฮล์มโฮลต์ คือ ค่าทางอุณหพลศาสตร์ซึ่งกำหนดให้เท่ากับผลต่างระหว่างพลังงานภายในกับผลคูณของเอนโทรปีของระบบ โดยระบบจะมีค่านี้ลดลงไปเท่ากับงานกระทำสูงสุดในการบวนการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะสมดุลหนึ่งไปสู่อีกสภาวะสมดุลหนึ่งที่อุณหภูมิคงที่ และมีความร้อนถ่ายเทผ่านขอบเขตของระบบจากแหล่งความร้อนที่อุณหภูมิคงที่นั้น

2. พลังงานเสรี คือ พลังงานสูงสุดที่ “ปลดปล่อย” โดยกระบวนการหนึ่ง ๆ และกลายเป็นงาน ซึ่งอาจเป็นผลรวมของงานในหลายรูปแบบ สำหรับกระบวนการที่ผันกลับได้ซึ่งทำให้ระบบเปลี่ยนไปโดยมีความร้อนผ่านขอบเขตของระบบที่อุณหภูมิคงที่ พลังงานดังกล่าวมาจากฟังก์ชันเฮล์มโฮลต์ซึ่งลดลง หรือมาจากฟังก์ชันกิบส์ซึ่งลดลงที่ความดันคงที่ด้วย แต่เป็นงานกระทำนอกเหนือจากงานกล ซึ่งเกิดจากปริมาตรเปลี่ยนแปลง

สรุปประเด็นสำคัญ

การเปลี่ยนแปลงสำหรับระบบซึ่งผ่านกระบวนการตามธรรมชาติ (ผันกลับไม่ได้) จากสภาวะสมดุลหนึ่งไปสู่อีกสภาวะสมดุลหนึ่ง จนอาจอยู่ในสภาวะสุดท้ายอย่างสมดุลได้มากกว่า 1 สภาวะ ระบบจะมีค่าเอนโทรปีในแต่ละสภาวะเท่ากัน ในกรณีที่ระบบผ่านกระบวนการที่ผันกลับได้โดยอุณหภูมิตั้งแต่คงที่ จนในที่สุดอยู่ในสภาวะสมดุลได้มากกว่า 1 สภาวะ ระบบจะมีค่าฟังก์ชันเฮล์มโฮลต์ในแต่ละสภาวะเท่ากัน แต่ในกรณีที่ระบบผ่านกระบวนการที่ผันกลับได้โดยอุณหภูมิตั้งแต่คงที่ จนในที่สุดอยู่ในสภาวะสมดุลได้มากกว่า 1 สภาวะ ระบบจะมีค่าฟังก์ชันกิบส์เท่ากันในแต่ละสภาวะ ซึ่งนับเป็นกรณีของการเปลี่ยนสถานะของสารที่อุณหภูมิตั้งแต่คงที่ โดยสารอาจอยู่ในสถานะต่างกันได้อย่างสมดุลซึ่งกันและกันจึงมีค่าฟังก์ชันกิบส์เท่ากันในแต่ละสถานะ

กิจกรรมการเรียนรู้ 1

1. ทบทวนเนื้อหาหัวข้อที่ 1 จากตำราเรียนด้วยตนเองแบบโปรแกรมสำหรับกระบวนการวิชา (รหัสสารพิมพ์ 29241) หน้า 252-260 หรือฟังก์ชันบรรยายสรุปจากฉบับคำบรรยายสรุปสำหรับกระบวนการวิชา ครั้งที่ 6 (ดูบันทึกท้ายเล่มนี้) ประกอบแบบภาพโปรเจกต์แผ่นที่ 38 (ดูต้นแบบท้ายเล่มนี้)

2. แสดงความสัมพันธ์ของค่าต่าง ๆ กับฟังก์ชันกิบส์และฟังก์ชันเอนทัลปีสำหรับระบบในกรณีที่สอดคล้องกัน

(หน้า 261-284)

การเปลี่ยนสถานะ

คำอธิบายศัพท์/สำนวน

1. การเปลี่ยนสถานะระดับต้น คือ การเปลี่ยนสถานะของสารโดยอนุพันธ์ดิริเวทิฟลำดับที่หนึ่งของฟังก์ชันกิบส์เปลี่ยนแปลง เนื่องจากปริมาตรและเอนโทรปีของสารเปลี่ยนตามอนุพันธ์นั้น ในขณะที่ความดันและอุณหภูมิคงที่ นอกจากนั้นค่าของความจุความร้อน สมภาพัดได้และสมภาพขยายได้ของสารอาจมีค่าสูงสุดจนถึงอนันต์ในการเปลี่ยนสถานะระดับต้น
2. การระเหิด คือ การเปลี่ยนสถานะของแข็งเป็นไอ เนื่องจากจุดเดือดของสารต่ำใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้อง สารจะกลายเป็นไอโดยไม่เปลี่ยนเป็นสถานะของเหลวก่อนที่จะกลายเป็นไอ และสารในสถานะไอจะมีความดันต่ำเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้น ที่อุณหภูมิต่ำสารระเหิดที่มีความดันไอต่ำมาก
3. สมภาวะวิกฤติ คือ ในขณะที่สารอยู่ในสถานะของเหลวและไออย่างสมดุล โดยสารในสถานะทั้งสองมีค่าปริมาตรจำเพาะเท่ากัน ส่วนค่าความจุความร้อน สมภาพัดได้และสมภาพขยายได้ของสารในสมภาวะนี้จะมีค่าสูงสุดจนถึงอนันต์
4. การเปลี่ยนสถานะระดับสูง คือ การเปลี่ยนสถานะระดับที่สูงกว่าระดับต้น เช่น การเปลี่ยนสถานะระดับที่สอง ซึ่งนอกจากสารจะเปลี่ยนสถานะในขณะที่อุณหภูมิและความดันคงที่แล้ว ยังมีค่าเอนโทรปีและปริมาตรคงที่ โดยดิริเวทิฟลำดับต้นของฟังก์ชันกิบส์จะคงที่ด้วย รวมทั้งเอนทัลปี พลังงานภายในและเอนทัลปีจะคงที่ ส่วนดิริเวทิฟลำดับที่สองของฟังก์ชันกิบส์จะเปลี่ยนแปลงด้วยค่าที่แน่นอน

กิจกรรมการเรียนรู้ 2

1. ทบทวนเนื้อหาหัวข้อที่ 2 จากตำราเรียนด้วยตนเองแบบโปรแกรมสำหรับกระบวนวิชานี้ (รหัสเลขการพิมพ์ 29241) หน้า 261-284 หรือฟังคำบรรยายสรุปจากแถบคำบรรยายสรุปสำหรับกระบวนวิชานี้ ครั้งที่ 6 (ฉบับที่กท้ายเล่มนี้) ประกอบแผ่นภาพโปร่งใสแผ่นที่ 40-50 (ดูต้นแบบท้ายเล่มนี้)

๒. เปรียบเทียบผลการตรวจวัดปริมาณสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมของสารพิษอันตรายที่
รื้อถอนแล้วจะนำไปใช้ใหม่กับของที่เหลือใช้ และจะดำเนินการอย่างไรต่อไป

สรุปประเด็นสำคัญ

ในการเปลี่ยนสถานะของสารทั้ง 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ตามปกติจะทำให้สารมีปริมาณและเอนโทรปีเปลี่ยนไป ในขณะที่อุณหภูมิและความดันคงที่ โดยฟังก์ชันกิบส์ของสารในสถานะต่างกันนั้นเท่ากัน แต่ค่าจิริเวทิจุดดับตันของฟังก์ชันกิบส์เปลี่ยนตามปริมาณและเอนโทรปี จึงเรียกว่าการเปลี่ยนสถานะระดับตัน นอกจากนี้ ยังมีการเปลี่ยนแปลงค่าอื่น ๆ ในการเปลี่ยนสถานะแบบอื่น ๆ อีก สารทั้งหลายในโลกอาจจำแนกได้ 2 ประเภท ตามลักษณะการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็ง โดยส่วนใหญ่จะมีปริมาตรลดลง แต่มีสารบางชนิดจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

การประเมินผลท้ายบทที่ 5

1. จงระบุว่าข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด อย่างไร

(คำถามใน ทดสอบ 5 กรอบที่ 5-75 ถึง 5-80 ในหน้า 289-291 ในตำรารหัสการพิมพ์ 29241)

๒. จงทำ แบบฝึกหัด 5 ในกรอบที่ 5-81 ถึง 5-85 ในหน้า 292-294 ในตำรารหัสการพิมพ์ 29241