

บทที่ 4

กฎของอุณหพลศาสตร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุกฎต่าง ๆ ทางอุณหพลศาสตร์หรือเทอร์โมไดนามิกส์ที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงที่แท้จริงทางอุณหพลศาสตร์หรือเทอร์โมไดนามิกส์ได้
2. แสดงความสัมพันธ์ของกฎใด ๆ ทางอุณหพลศาสตร์หรือเทอร์โมไดนามิกส์กับค่าต่าง ๆ ของระบบในรูปแบบทั่วไปได้
3. อธิบายความหมายของกฎข้อที่หนึ่งที่สอดคล้องกับปรากฏการณ์ประจำวันได้
4. แสดงสมการพลังงานสำหรับระบบของไหลต่าง ๆ ได้
5. ชี้แจงผลการทดลองของจูล-เคลวินกับที่มาของความสัมพันธ์ตามกฎข้อที่หนึ่งได้
6. แสดงทิศทางการถ่ายเทพลังงานตามหลักเอนโทรปีและกฎข้อที่สองได้
7. ยกตัวอย่างเครื่องจักรกลที่ทำงานตามกฎของอุณหพลศาสตร์หรือเทอร์โมไดนามิกส์อย่างน้อย 3 แบบได้
8. เปรียบเทียบการทำงานของเครื่องจักรกลแต่ละแบบได้
9. แสดงความเกี่ยวข้องในการหาอุณหภูมิจากเครื่องวัดความร้อนคาร์โนต์ได้
10. คำนวณหาค่าเอนโทรปีที่เปลี่ยนแปลงของระบบใด ๆ ตามกระบวนการต่าง ๆ ได้
11. ระบุสมการสำคัญ 2 สมการในทางอุณหพลศาสตร์หรือเทอร์โมไดนามิกส์ได้
12. อธิบายทฤษฎีของเนินส์ต์กับที่มาของกฎข้อที่สามได้

เค้าโครงเรื่อง

1. กฎข้อที่หนึ่ง

- 1.1 ความสัมพันธ์ทั่วไปตามกฎข้อที่หนึ่ง
- 1.2 กฎข้อที่หนึ่งสำหรับระบบที่มีการไหลสม่ำเสมอ

1.3 อัตราการถ่ายเทพลังงานตามกฎข้อที่หนึ่ง

1.4 สมการพลังงานสำหรับก๊าซอุดมคติ

2. กฎข้อที่สอง

2.1 กฎข้อที่สองตามหลักเอนโทรปี

2.2 กฎข้อที่สองตามหลักของเคลาซิอุส

2.3 กฎข้อที่สองตามหลักของเคลวินและพลังค์

2.4 เครื่องยนต์ผันกลับได้-เครื่องยนต์คาร์โนต์

2.5 เอนโทรปี

2.6 สมการสำคัญ 2 ประการ

3. กฎข้อที่สาม

3.1 ทฤษฎีของเนินสต์

3.2 สมมติฐานของพลังค์

3.3 ความหมายของกฎข้อที่สาม

กฎข้อที่หนึ่ง

คำอธิบายศัพท์/สำนวน

1. กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ คือ หลักการคงตัวของพลังงาน หรือกฎอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งกล่าวได้ว่า “พลังงานความร้อนที่เปลี่ยนไปทั้งหมดรวมกันตลอดวัฏจักรจะเท่ากับงานที่กระทำทั้งหมดรวมกันตลอดวัฏจักรที่ระบบมีการเปลี่ยนแปลงไป” โดยพลังงานทั้งหมดที่เปลี่ยนไปรวมกันจะมีค่าคงที่และพลังงานนี้อาจอยู่ในรูปใด ๆ ก็ได้
2. สถานะคงตัว (สภาวะนิ่ง) คือ ในขณะใด ๆ ระบบมีค่าต่าง ๆ ณ จุดใดจุดหนึ่งคงที่ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา เช่น สำหรับระบบของไหลในขณะที่มีการไหลเข้าที่ระดับความสูง z_1 ด้วยอัตรา v_1 และความดัน P_1 ซึ่งมีค่าคงที่
3. อัตราการถ่ายเทพลังงาน คือ ปริมาณการรับ-คายพลังงานต่อหนึ่งหน่วยเวลาผ่านขอบเขตของระบบ
4. สมการพลังงาน คือ ความสัมพันธ์ของพลังงานรูปต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของระบบทางอุณหพลศาสตร์ ตามกฎข้อที่หนึ่ง
5. ไอเซนทาลปิก คือ โลโก้ของจุดที่มีค่าเอนทาลปีเดียวกัน เช่น ในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิตั้งแต่ความดันจากการทดลองของจูล-เคลวิน

สรุปประเด็นสำคัญ

การเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกลหรือในทางที่กลับกัน ถ้าพลังงานจลน์และศักย์ต่างคงที่ ระบบจะมีพลังงานที่เปลี่ยนไปทั้งหมดรวมกันตลอดวัฏจักรคงที่ ตามกฎข้อที่หนึ่งทางอุณหพลศาสตร์ซึ่งเป็นหลักการคงตัวของพลังงาน โดยพลังงานที่เปลี่ยนไปทั้งหมดอาจทำให้พลังงานภายในของระบบเพิ่มขึ้นหรือลดลง

กิจกรรมการเรียนรู้ 1

1. ทบทวนเนื้อหาหัวข้อที่ 1 จากตำราเรียนด้วยตนเองแบบโปรแกรมสำหรับกระบวนวิชานี้ (รหัสการพิมพ์ 29241) หน้า 170-191 หรือฟังคำบรรยายสรุปจากแถบคำบรรยายสรุปสำหรับกระบวนวิชานี้ ครั้งที่ 2-3 (ดูข่าวการบันทึกแถบคำบรรยายสรุปในท้ายเล่มนี้) ประกอบแผนภาพโปร่งใส แผ่นที่ 13 (ดูข่าวต้นแบบท้ายเล่ม)
2. แสดงสมการพลังงานตามกฎข้อที่หนึ่งในกรณีทั่วไปและกรณีอื่น ๆ โดยเฉพาะสำหรับระบบของไหลในสถานะคงตัว และสำหรับก๊าซอุดมคติ

กฎข้อที่สอง

คำอธิบายศัพท์/สำนวน

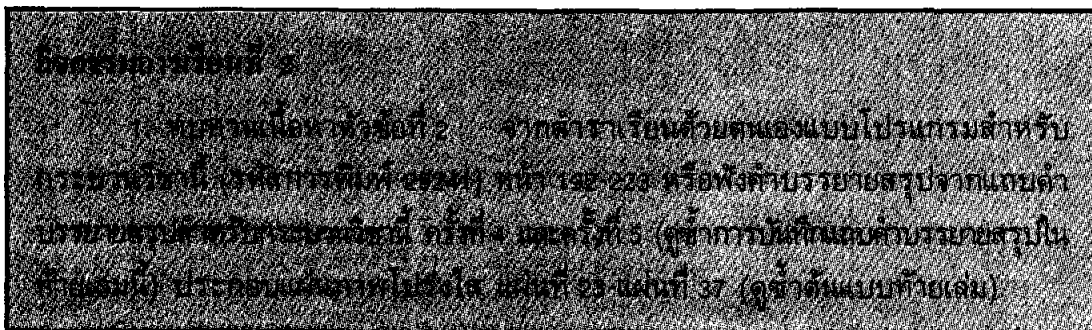
1. กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์ คือ กฎซึ่งแสดงทิศทางการถ่ายเทพลังงาน โดยอาจกล่าวได้หลายแบบ ดังเช่นคำกล่าวของเคลาซิอุสว่า “กระบวนการที่ทำให้ความร้อนไหลจากระบบหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่ำไปสู่ระบบอื่นที่มีอุณหภูมิสูงกว่าโดยปริมาณความร้อนเท่าเดิมตลอดนั้น **ไม่มี**” และคำกล่าวของเคลวินและพลังค์ว่า “กระบวนการที่ทำให้ความร้อนถ่ายเทจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำกลายเป็นงาน โดยปริมาณงานเท่ากับความร้อนเดิมนั้น **ไม่มี**” และตามหลักเอนโทรปีว่า “กระบวนการที่ทำให้ระบบอิสระใด ๆ มีเอนโทรปีลดลงนั้น **ไม่มี**”

2. เครื่องยนต์ผันกลับได้ คือ เครื่องยนต์ซึ่งทำงานตามวัฏจักรแบบใดแบบหนึ่งที่ผันกลับได้ เช่น เครื่องยนต์ความร้อนซึ่งในตอนเริ่มต้นของวัฏจักรต้องอาศัยความร้อนเพื่อทำให้กลายเป็นงานกล แต่ถ้าทำงานทวนวัฏจักรเดิมจะต้องป้อนงานให้แก่เครื่องยนต์นั้นเพื่อทำให้กลายเป็นความร้อนออกมา ดังนั้น เครื่องยนต์ผันกลับได้นี้จึงอาจเป็นเครื่องสูบลมความร้อนเมื่อทำงานตามวัฏจักรทวน โดยเครื่องยนต์คาร์โนต์นับว่าเป็นเครื่องยนต์ผันกลับได้ที่ทำงานเป็นวัฏจักรอย่างง่าย ซึ่งอาจเป็นเครื่องยนต์ความร้อนหรือเครื่องสูบลมความร้อนได้ทั้งสองประเภท

3. เอนโทรปี คือ ค่าทางอุณหพลศาสตร์ซึ่งกำหนดให้เท่ากับปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทเทียบกับอุณหภูมิตามธรรมชาติของระบบในขณะที่มีการถ่ายเทความร้อนนั้นโดยกระบวนการชนิดผันกลับได้

สรุปประเด็นสำคัญ

การถ่ายเทพลังงานจะต้องเป็นไปตามกฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์ โดยไม่ทำให้เอนโทรปีของระบบอิสระลดลง จึงไม่มีกระบวนการใดที่ทำให้ความร้อนถ่ายเทจากที่อุณหภูมิต่ำไปยังที่อุณหภูมิสูงกว่า และไม่มีกระบวนการใดที่จะทำให้ความร้อนกลายเป็นงานกลได้ทั้งหมดจากแหล่งความร้อนหนึ่ง ๆ



2. แสดงแผนภูมิการไหลถ่ายเทพลังงานตามกฎข้อที่สอง และเครื่องยนต์ต่าง ๆ ที่ได้ศึกษาแล้วในหัวข้อนี้
3. เปรียบเทียบสูตรสำหรับหาประสิทธิภาพและสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะของเครื่องยนต์ประเภทต่าง ๆ
4. แสดงสมการสำคัญ 2 สมการตามสมการพลังงานในกฎข้อที่หนึ่ง สำหรับระบบที่มีความยืดหยุ่น แต่ไม่มีการเคลื่อนที่

(หน้า 223-231)

กฎข้อที่สาม

คำอธิบายศัพท์/สำนวน

1. กฎข้อที่สามของอุณหพลศาสตร์ คือ กฎซึ่งแสดงขีดจำกัดทางอุณหพลศาสตร์ที่ศูนย์องศาสัมบูรณ์ โดยกล่าวว่า “เอนโทรปีของสารในสถานะของแข็งหรือของเหลวทุกชนิด ซึ่งมีความสมดุลภายในที่ศูนย์องศาสัมบูรณ์จะมีค่าเป็นศูนย์” หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า “เป็นไปได้ที่จะลดอุณหภูมิของระบบให้เป็นศูนย์ในกระบวนการใด ๆ”

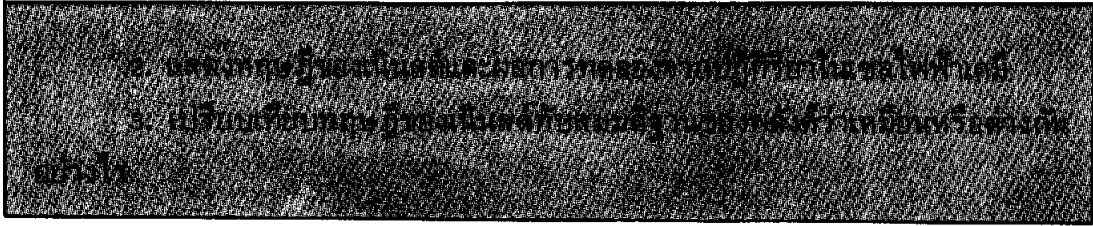
2. ฟังก์ชันกิบส์ คือ ค่าทางอุณหพลศาสตร์ซึ่งแสดงทิศทางการเปลี่ยนแปลงจากสภาวะสมดุลหนึ่งไปสู่อีกสภาวะสมดุลหนึ่งในกระบวนการไอโซแบริกและมีการถ่ายเทความร้อนกับแหล่งความร้อนที่อุณหภูมิต่างที่ โดยที่ฟังก์ชันกิบส์จะมีค่าลดลงและอัตราการเปลี่ยนแปลงของฟังก์ชันกิบส์เมื่อเทียบกับอุณหภูมิจะมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์ที่อุณหภูมิใกล้เคียงกับศูนย์ เนื่องจากอัตราดังกล่าวคือค่าเอนโทรปี (เป็นลบ)

สรุปประเด็นสำคัญ

กฎข้อที่สามของอุณหพลศาสตร์กำหนดค่าของเอนโทรปีที่ศูนย์องศาสัมบูรณ์ให้เท่ากับศูนย์ไว้ จึงหาค่าของเอนโทรปีสำหรับระบบที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้

กิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3

1. ทบทวนเนื้อหาหัวข้อที่ 3 จากคำบรรยายด้วยตนเองแบบโปรแกรมสำหรับกระบวนการวิชา (รหัสการพิมพ์ 29241) หน้า 223-231



การประเมินผลท้ายบทที่ 4

1. จงระบุว่าข้อความต่อไปนี้ถูกหรือผิด อย่างไร
(ดูคำถามใน ทดสอบ 4 กรอบที่ 4-121 ถึง 4-128 ในหน้า 237-241 ในตำรารหัส
การพิมพ์ 29241)
 2. จงทำแบบฝึกหัด 4 ในกรอบที่ 4-129 ถึง 4-138 ในหน้า 241-248 ในตำรารหัส
การพิมพ์ 29241
-