

บันทึกคำบรรยายสรุปวิชาฟิสิกส์อุณหภาพ (PH 314) ครั้งที่ 3

เสียงจากผู้ประกาศนำ

“การบันทึกแถบคำบรรยายสรุปกระบวนการของมหาวิทยาลัยรามคำแหง มุ่งส่งเสริมการศึกษาด้วยตนเองและบริการความรู้มายังนักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์พระราชบัญญัติจัดตั้งมหาวิทยาลัยรามคำแหง เป็นตลาดวิชา.....ผลิตโดยสำนักเทคโนโลยีการศึกษามหาวิทยาลัยรามคำแหง ท่านผู้ฟังครับ ต่อไปนี้เป็นการบรรยายสรุปวิชาฟิสิกส์อุณหภาพหรือเทอร์มัลฟิสิกส์ (PH 314) ครั้งที่ 3 ในหัวข้อ

1. งานแอมแปร์
2. ประโยชน์ของงานแอมแปร์
3. การเปรียบเทียบกระบวนการแอมแปร์กับไอโซเทอร์มัล โดย รศ.อัจฉรา พันธุ์อำไพ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

*****บันทึกแถบคำบรรยายสรุปนี้ประกอบการบรรยาย
ด้วยการฉายแผ่นภาพโปรเจกต์ตลอดคำบรรยาย*****

งานแอดิเยแบติก

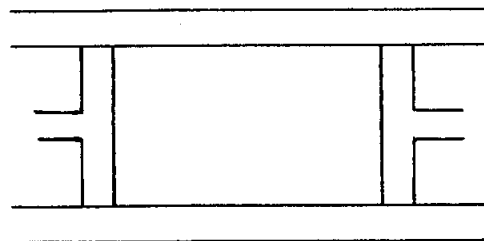
สำหรับงานแอดิเยแบติก ซึ่งเป็นงานที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแอดิเยแบติก นับว่าเป็นกรณีพิเศษซึ่งต่างไปจากงานอื่น ๆ ในทางเทอร์โมไดนามิกส์ เนื่องจากงานแอดิเยแบติกนี้ไม่ขึ้นกับชนิดของกระบวนการ เพราะดังที่กล่าวแล้วว่า ความหมายของคำว่า “แอดิเยแบติก” นั้นจะไม่มี การถ่ายเทความร้อน เช่น ระบบถูกหุ้มห่อด้วยฉนวนความร้อน เป็นต้น ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ว่า $dU = d'Q - d'W$ ในกรณีที่ไม่มี การถ่ายเทความร้อน นั่นคือ $d'Q = 0$ จึงได้ว่า งานแอดิเยแบติก เป็นฟังก์ชันของพลังงานภายใน

$$dU = d'W_{\text{Adiabatic}}$$

ซึ่งดังที่ได้แสดงแล้วว่าพลังงานภายในไม่ขึ้นกับชนิดของกระบวนการ แต่ขึ้นกับสภาวะเริ่มต้นและสภาวะสุดท้าย จัดเป็นฟังก์ชันของสภาวะ (State function) เท่านั้น ฉะนั้นงานแอดิเยแบติกจึงไม่ขึ้นกับชนิดของกระบวนการด้วย

ในการศึกษางานแอดิเยแบติก นักศึกษาอาจขังใจว่าเหตุใดจึงมีงานกระทำขึ้น โดยไม่มีการรับหรือคายความร้อนมาเกี่ยวข้องด้วย ก่อนอื่นต้องพยายามทำความเข้าใจให้ดีว่า จากคำจำกัดความของงานในทางฟิสิกส์ จะต้องมีการเคลื่อนที่ในทิศทางของแรงกระทำ สำหรับงานในทางกลศาสตร์ ซึ่งเขียนเป็นสูตรได้ว่า $dW = \vec{F} \cdot d\vec{s}$ และในกระบวนการนี้ค่าหนึ่งถึงระบบของไหลมากกว่า โดยพิจารณาความดันแทนแรงที่กระทำ จึงได้ว่างานสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรดังนี้ $dW = PdV$ เมื่อขอบเขต (constraints) ของระบบเปลี่ยนแปลง จะทำให้เกิดงานกระทำขึ้นได้ ถึงแม้จะไม่มีการรับหรือคายความร้อน ทั้งนี้ระบบจะเปลี่ยนจากสภาวะหนึ่ง ไปสู่สภาวะหนึ่งก็ด้วยพลังงานกลเท่านั้น และอาจเป็นการทำงานโดยระบบเองให้กับสิ่งแวดล้อม หรือในทางที่กลับกันก็เป็นการทำงานให้กับระบบโดยสิ่งแวดล้อม ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ขอให้พิจารณาตัวอย่างระบบของไหลชนิดหนึ่งบรรจุอยู่ในภาชนะที่ทำด้วยฉนวน แต่ปริมาตรของภาชนะนี้เปลี่ยนแปลงได้ (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 10) โดยบรรจุของไหลชนิดหนึ่งไว้ในกระบอกสูบที่ทำด้วยฉนวนและมีลูกสูบทำด้วยฉนวนเช่นกันเคลื่อนที่ไปมา จนทำให้ปริมาตรของไหลในภาชนะนี้เพิ่มขึ้นหรือลดลงกลายเป็นงานแอดิเยแบติกขึ้นด้วยการขยับเลื่อนลูกสูบ



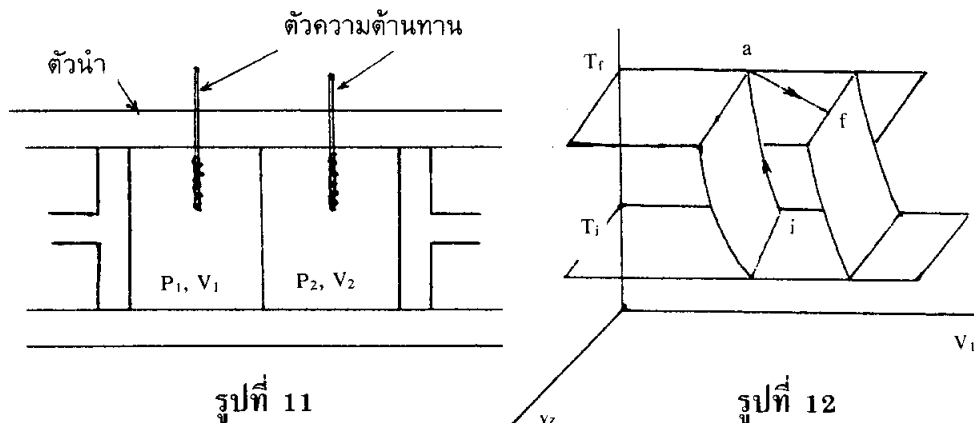
รูปที่ 10

ข้างใดข้างหนึ่ง หรือทั้งสองข้างอย่างช้า ๆ ทำให้ระบบอยู่ในสภาวะสมดุลหรือเกือบสมดุลตลอดเวลา ขณะเดียวกับที่สภาวะของระบบเปลี่ยนไปที่ละเล็กทีละน้อย เป็นกระบวนการที่เรียกว่า infinitesimal quasi-static process จะได้ว่า

$$W = \int PdV$$

อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ อาจมีงานแอดีเยแบติกเกิดขึ้นได้ เมื่อทำให้ขอบเขตของระบบเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ทำให้ความร้อนไม่ทันได้ถ่ายเทเข้า-ออกจากระบบ โดยที่ระบบอาจไม่ได้หุ้มห่อด้วยฉนวนความร้อนก็ได้

นอกจากนี้งานแอดีเยแบติก อาจเกิดขึ้นจากงานในรูปแบบอื่นที่นอกเหนือไปจากงานเชิงกล เช่น โดยการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าสู่ขดลวดความต้านทานซึ่งถือว่ามีการทำงานในรูปแบบของพลังงานไฟฟ้า (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 11 และรูปที่ 12) ตามเส้นทางของกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ โดยที่ i-a เป็นการอัดแบบแอดีเยแบติก (ไม่มีความเสียดทาน) และ a-f เป็นการทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่แบบไอโซเทอร์มัลด้วยพลังงานไฟฟ้า



เนื่องจากไม่มีวิธีหางานแอดีเยแบติกได้อย่างถูกต้องโดยตรง ตามกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งให้ทุกกระบวนการเริ่มต้นจากจุดเดียวกัน และจบลงที่อีกจุดหนึ่งเหมือนกันทุกกระบวนการ แต่ถ้าทำการทดลองโดยไม่ได้หาปริมาณงานแอดีเยแบติกโดยตรง ก็จะพบว่าไม่ว่ากระบวนการจะเป็นอย่างไร ถ้าเริ่มต้นและจบลงที่สภาวะสมดุลคู่หนึ่งตรงกันทุกกระบวนการ จะได้งานแอดีเยแบติกเท่ากันเสมอ หรือกล่าวโดยทั่วไปได้ว่า ถ้าระบบเปลี่ยนจากสภาวะสมดุลเดิมไปสู่สภาวะใหม่โดยกระบวนการแอดีเยแบติกเท่านั้น งานที่กระทำตามกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งเริ่มต้นและจบลงเหมือนกันจะมีค่าเท่ากันเสมอ จึงได้ว่าผลจากการทดลองนี้แสดงว่า งานแอดีเยแบติกเป็นฟังก์ชันหนึ่ง นั่นคือพลังงานภายในตามความสัมพันธ์ข้างต้น จะได้ว่า

$$\text{งานแอดีเยแบติก, } -W_{i \rightarrow f} = U_f - U_i$$

สำหรับเครื่องหมาย - ข้างหน้า $w_{i \rightarrow f}$ หมายความว่า ถ้าระบบทำงานให้กับสิ่งแวดล้อม จะทำให้พลังงานภายในระบบลดลง (แต่ถ้าระบบได้รับงานมาจากภายนอก จะทำให้พลังงานภายในของระบบเพิ่มขึ้น)

หมายเหตุ

ในที่นี้จะได้ให้หมายเหตุเพิ่มเติมไว้สัก 3-4 ข้อว่า ในข้อความที่กล่าวถึงงานแอดีแบติกว่า ไม่ขึ้นกับชนิดของกระบวนการ โดยกระบวนการต่าง ๆ ที่เริ่มต้นและจบลงเหมือนกัน จะได้งานแอดีแบติกเท่ากันนั้น ถือได้ว่าเป็นกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ด้วย

อีกประการหนึ่ง ในตัวอย่างที่ยกมาแสดงถึงงานแอดีแบติก ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่นั้น ถ้าการเคลื่อนที่ของลูกสูบเร็วมาก จนกระทั่งเร็วกว่าอัตราเคลื่อนที่ของโมเลกุลของไหล จะกลายเป็นการเคลื่อนที่ของโมเลกุลสุ่ว่างหรือสุญญากาศ ดังนั้นไม่ว่าลูกสูบจะเคลื่อนที่ออกไปทั้งสองข้างหรือข้างใดข้างหนึ่งก็ตาม จะไม่มีงานกระทำโดยโมเลกุลต่อผนังลูกสูบ และกล่าวได้ว่าเป็นกรณีของ “การพุ่งกระจายโดยอิสระ” ของระบบนี้

และตามที่กล่าวว่างานแอดีแบติกเป็นฟังก์ชันหนึ่งคือ ฟังก์ชันของพลังงานภายในนั้น นักศึกษาจะเทียบได้กับในทางกลศาสตร์ สำหรับกรณีของพลังงานศักย์ ซึ่งเกิดจากงานที่กระทำภายใต้แรงโน้มถ่วง นับว่าเป็นแรงที่จะให้งานโดยไม่ขึ้นกับชนิดของเส้นทาง เรียกว่า conservative force และยังเทียบได้กับศักย์ในทางไฟฟ้าของงานในการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าภายใต้สนามไฟฟ้า

ประโยชน์ของงานแอดีแบติก

ประโยชน์ของงานแอดีแบติก ที่เห็นได้ชัดเจนและนำมาใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ โดยเฉพาะในกรณีที่ต้องการเพิ่มและลดอุณหภูมิในของไหล ซึ่งจะได้นำไปใช้ในการเปลี่ยนสถานะในบทที่ว่า การเปลี่ยนสถานะของสาร ในตอนนี้จะแสดงให้เห็นว่า เมื่อมีการอัดและการขยายแบบแอดีแบติกจะทำให้อุณหภูมิเพิ่มหรือลดลงได้โดยอาจจะพิจารณาเป็นเลข ๆ ได้จากความสัมพันธ์ $-w_{i \rightarrow f} = U_f - U_i$ สำหรับกระบวนการแอดีแบติก โดยที่พลังงานภายในเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิเท่านั้น ถ้าระบบทำให้เกิดงานกระทำกับสิ่งแวดล้อม ด้วยการขยายตัวแบบแอดีแบติก จะทำให้พลังงานภายในของระบบลดลง จะได้ว่าอุณหภูมิของระบบลดลงด้วย โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยเครื่องทำความเย็นแต่อย่างใด และในทางที่กลับกันถ้าระบบได้รับงานกระทำจากภายนอก ทำให้พลังงานภายในของระบบเพิ่มขึ้น โดยระบบถูกแรงอัดจนมีปริมาตรลดลง ดังนั้นอุณหภูมิของระบบเพิ่มขึ้น โดยไม่ต้องใช้เครื่องทำความร้อนหรือเตาหุงต้มใด ๆ

ส่วนระดับการเพิ่มหรือลดอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยเท่าใด จะคำนวณหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับปริมาตร หรืออุณหภูมิกับความดัน ดังที่จะได้พิจารณาต่อไปสำหรับระบบก๊าซอุดมคติ โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตรและอุณหภูมิ ซึ่งเรียกว่ากฎของก๊าซ คือ $PV = nRT$ เมื่อระบบมีการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาวะสมดุลเดิมเล็กน้อย จะได้ $PdV + VdP = nRT$ และจากกฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์ได้ว่า $d'Q = dU + PdV$ หรือ $d'Q = C_v dT + PdV$ เนื่องจากเป็นการเปลี่ยนแปลงในขณะที่ปริมาตรคงที่ จึงจะหาค่าความจุความร้อน $C_v = \frac{dQ}{dT} = \frac{dU}{dT}$ ดังนั้นโดยความสัมพันธ์ $C_p - C_v = nR$ จะได้ $d'Q = C_p dT - VdP$

เมื่อเทียบความสัมพันธ์ตามกฎข้อที่หนึ่งทั้งสองรูปแบบ สำหรับกรณีที่ระบบผ่านกระบวนการแอดิเอแบติก ($d'Q = 0$) ดังนั้น จะได้ $PdV = -C_v dT$ และ $VdP = C_p dT$ ซึ่งเมื่อเทียบหารสองสมการนี้แล้วจะได้ $\frac{1}{P} dP = -\frac{C_p}{C_v} \left(\frac{1}{V} dV\right)$ หรือถ้าให้อัตราส่วน $C_p/C_v = \gamma$ จะเขียนเสียใหม่ได้ว่า

$$\frac{1}{P} dP = -\frac{\gamma}{V} dV \quad \text{หรือ} \quad \ln P = -\gamma \ln V + \ln C$$

โดยพิจารณาว่า γ เป็นค่าคงที่ และ C เป็นค่าคงที่ของการอินทิเกรชันชนิดที่ไม่มีขีดจำกัด นั่นคือสำหรับระบบก๊าซอุดมคติที่ผ่านกระบวนการแอดิเอแบติก จะมีความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตรดังนี้

$$Pv^\gamma = \text{คงที่}$$

ขอให้นักศึกษาสังเกตว่าเฉพาะปริมาตร V เท่านั้นที่ยกกำลัง γ และสมการนี้จะเป็นสมการแสดงสภาวะ สำหรับก๊าซอุดมคติที่ผ่านกระบวนการแอดิเอแบติก ซึ่งอาจเขียนได้อีกแบบหนึ่งคือ $P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma = P_3 V_3^\gamma = \dots$

โดยที่ P_1 คือความดันของก๊าซที่สภาวะ 1, V_1 คือปริมาตรก๊าซที่สภาวะ 1, P_2 คือ ความดันของก๊าซที่สภาวะ 2, V_2 คือปริมาณก๊าซที่สภาวะ 2, และต่อ ๆ ไป

ในการอัดและขยายตัวของก๊าซแบบแอดิเอแบติกที่ได้กล่าวแล้วว่าจะทำให้อุณหภูมิของระบบเปลี่ยนแปลงไปนั้น ถ้าหากพิจารณาจากสมการแสดงสภาวะที่หามาแล้วนี้ จะเห็นว่าไม่สามารถหาค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปได้เลย เพราะมีความสัมพันธ์ระหว่าง P กับ V เท่านั้น แต่เนื่องจากได้พิจารณาจากกฎข้อที่หนึ่งคร่าว ๆ แล้วว่า การอัดและการขยายตัวแบบแอดิเอแบติกจะทำให้

อุณหภูมิของไหลเพิ่มขึ้นและลดลงตามลำดับ ต่อจากนี้ไปจะหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรที่ลดลงหรือที่เพิ่มขึ้นกับอุณหภูมิ ด้วยสาเหตุที่ได้กล่าวแล้วว่า จะนำไปใช้ประโยชน์ในเรื่องการเปลี่ยนสถานะของสารในบทที่ว่าด้วยการเปลี่ยนสถานะของสาร และโดยที่ได้พิจารณาแล้วว่า งานแอดิเอแบติกจะเกิดขึ้น ต่อเมื่อขอบเขตหรือปริมาตรเปลี่ยนแปลงไป

ดังนั้น จากสมการแสดงสภาวะสำหรับก๊าซอุดมคติ ซึ่งผ่านกระบวนการแอดิเอแบติกคือ $PV^\gamma = \text{คงที่}$ จะไม่ได้แสดงความสัมพันธ์ใด ๆ กับอุณหภูมิเลยก็ตาม แต่สมการนี้ก็ใช้ได้ แต่สมการนี้ก็จะใช้ได้ในกระบวนการแอดิเอแบติกสำหรับก๊าซอุดมคติ ซึ่งยังคงมีการเปลี่ยนแปลงตามกฎของก๊าซอุดมคติ ($PV = nRT$) อยู่ตลอดเวลา นำมาเทียบเคียงกันเมื่อก๊าซเปลี่ยนจากสภาวะสมดุล 1 ไปยังสภาวะสมดุล 2 คือ $P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma$ และ $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2$ จะได้

$$\begin{aligned} \text{หรือ} \quad (V_1/V_2)^{\gamma-1} &= T_2/T_1 \\ (P_2/P_1)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} &= T_1/T_2 \end{aligned}$$

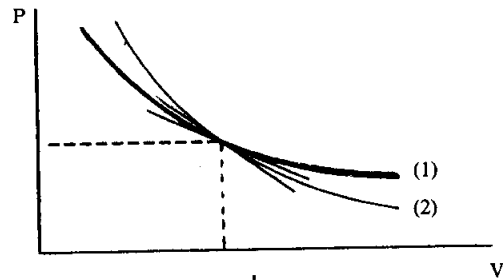
จะเห็นว่า ถ้าปริมาตรเปลี่ยนแปลงก็จะทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนไปด้วย หรือถ้าความดันเปลี่ยนก็จะทำให้อุณหภูมิต่ำลงด้วย แต่ถ้าเป็นกรณีที่ปริมาตรลดลงกลับกันจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่า ถ้าความดันเพิ่มขึ้นนั้นคือการอัดก๊าซจะทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นด้วย ดังจะยกตัวอย่างการหาค่าอุณหภูมิในกรณีการอัดก๊าซแบบแอดิเอแบติก จากความดัน 1 บรรยากาศที่ 27°C. ให้มีปริมาตรลดลงเหลือเพียง 1 ใน 10 ของปริมาตรเดิม ซึ่งปรากฏว่าอุณหภูมิสุดท้ายของก๊าซที่ถูกอัดแบบแอดิเอแบติกจะเพิ่มขึ้นเป็น 480°C.

โดยที่ตามตัวอย่างนี้ระบุแต่เพียงว่าปริมาตรของอากาศลดลงจากเดิมถึง 1 ใน 10 ของปริมาตรเดิม จึงต้องใช้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรกับอุณหภูมิคือ $(V_1/V_2)^{\gamma-1} = T_2/T_1$ ซึ่งในที่นี้อุณหภูมิต้องใช้สเกลองศาสัมบูรณ์คือเคลวิน จากที่กำหนดไว้ว่าเป็นองศาเซ็นติเกรด เดิมอากาศมีอุณหภูมิ 27°C. ความดัน 1 บรรยากาศ ถือว่าความดันต่ำสามารถใช้ความสัมพันธ์ของก๊าซอุดมคติได้ เมื่อแทนค่า $T_1 = (273 + 27)$ เคลวิน = 300 เคลวิน และ $V_2/V_1 = 1/10$ จะได้ $T_2 = T_1(V_1/V_2)^{\gamma-1} = 300 \times 10^{(1.4-1)} = 480^\circ\text{C}$. ในที่นี้กำหนดค่าของ $\gamma = 1.4$ สำหรับอากาศที่ประกอบด้วยก๊าซออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งโมเลกุลหนึ่ง ๆ มีอะตอม 2 ตัว เป็นชนิดโมเลกุลคู่ จึงได้อุณหภูมิสุดท้ายของอากาศที่ถูกอัดแบบแอดิเอแบติกตามตัวอย่างนี้เป็น 480°C. จากตัวอย่างนี้หวังว่าจะช่วยให้นักศึกษาเห็นความสำคัญของกระบวนการแอดิเอแบติก โดยเฉพาะประโยชน์ในการอัดหรือการขยายตัวของก๊าซแบบแอดิเอแบติก จะทำให้อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงได้ โดยไม่ต้องใช้เครื่องทำความเย็นหรือเครื่องทำความร้อนใด ๆ ทั้งสิ้น ซึ่งจะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการลดอุณหภูมิ หรือเพิ่มอุณหภูมิของก๊าซไปได้มาก

การเปรียบเทียบกระบวนการแอดเดียแบติกกับกระบวนการไอโซเทอร์มัล

ในการเปรียบเทียบเส้นทางของกระบวนการต่าง ๆ ในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตร (P-V diagram) จะดูได้จากรูปแบบของสมการแสดงสภาวะสำหรับกระบวนการนั้น และอาจดูได้จากความชันของกราฟ โดยความชันของเส้นแอดเดียแบติกเป็นลบมากกว่าของไอโซเทอร์มัล เป็นต้น (ดูรูปที่ 13)

สำหรับก๊าซอุดมคติที่ผ่านกระบวนการแอดเดียแบติก จะมีความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตรเป็น $PV^\gamma = \text{ค่าคงที่}$ แต่ถ้าผ่านกระบวนการไอโซเทอร์มัลจะเป็น $PV = \text{ค่าคงที่}$ เมื่อแสดงกระบวนการทั้งสอง ลงในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาตร (ดังแสดงไว้ในรูปที่ 13) จะเห็นว่ากราฟของเส้นแอดเดียแบติก และของเส้นไอโซเทอร์มัลมีความคล้ายกันมาก โดยเป็นเส้นไฮเพอร์โบลิกด้วยกันทั้งคู่ ดังนั้นถ้าเขียนเส้นแอดเดียแบติกและเส้นไอโซเทอร์มัลลงในกราฟเดียวกัน จะบอกได้ว่าอย่างไรว่าเส้นไหนแสดงถึงกระบวนการแอดเดียแบติก และเส้นไหนคือกระบวนการไอโซเทอร์มัล



รูปที่ 13

เมื่อพิจารณาจากสมการแสดงสภาวะของก๊าซอุดมคติ ซึ่งผ่านกระบวนการแอดเดียแบติกคือ $PV^\gamma = \text{ค่าคงที่}$ และที่ผ่านกระบวนการไอโซเทอร์มัลคือ $PV = \text{ค่าคงที่}$ และหาค่าความชันของเส้นทั้งสองที่จุดเดียวกัน จะได้ ความชันของเส้นแอดเดียแบติกมีค่าติดลบมากกว่าของเส้นไอโซเทอร์มัล ดังนี้

$$\text{สำหรับเส้นแอดเดียแบติก : ความชัน} = (dP/dV)_s = -\gamma P/V$$

$$\text{สำหรับเส้นไอโซเทอร์มัล : ความชัน} = (dP/dV)_T = P/V$$

โดยที่สัมประสิทธิ์ข้างหน้าค่าทางด้านขวาของสมการความชันทั้งสองนี้ต่างกันว่า γ จะเห็นว่าของเส้นแอดเดียแบติก เป็น $-\gamma$ แต่ของไอโซเทอร์มัลเป็น -1 ซึ่งโดยทั่วไปไม่เขียนเลข 1 ที่เป็นสัมประสิทธิ์ของค่าใด ๆ ไว้ข้างหน้านั้น ๆ และโดยทั่วไป γ มีค่ามากกว่า 1 เสมอ เพราะเป็นอัตราส่วนของ c_p กับ c_v ซึ่ง c_p มีค่ามากกว่า c_v ดังได้ศึกษาแล้วในการบรรยายครั้งก่อน

ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบค่าความชันของเส้นแอดีแบติกกับเส้นไอโซเทอร์มัล จะเห็นว่าเส้นแอดีแบติกมีค่าความชันติดลบมากกว่าของเส้นไอโซเทอร์มัล จากการเปรียบเทียบที่จุดเดียวกัน คือจุดที่เส้นทั้งสองตัดกัน โดยที่ค่าความดันตรงกันและมีปริมาตรเดียวกันด้วย

ในตอนท้ายนี้ ขอให้นักศึกษาทดสอบความเข้าใจบทเรียนที่ได้เรียนมาแล้วดังตัวอย่างต่อไปนี้

แบบทดสอบความเข้าใจ 2

1. สมการแสดงสภาวะ (equation of state) สำหรับก๊าซอุดมคติมีรูปแบบอย่างไร
2. ประโยชน์ที่สำคัญประการหนึ่งของกระบวนการแอดีแบติกในระบบอุทกสถิตคืออะไร
3. ในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันและปริมาตร จะทราบได้อย่างไรว่าเส้นกราฟใดแสดงถึงกระบวนการแอดีแบติกหรือไอโซเทอร์มัล

คำตอบแบบทดสอบ 2

1. สมการแสดงสภาวะของก๊าซอุดมคติอาจเขียนได้หลายแบบด้วยกันจาก $PV = nRT$ อาจเขียนได้ว่า $P_1V_1 = nRT_1, P_2V_2 = nRT_2, \dots$ หรือ $P_1V_1/T_1 = P_2V_2/T_2 = P_3V_3/T_3 = \dots$ แต่เมื่อก๊าซอุดมคติผ่านกระบวนการแอดีแบติกจะได้ว่า $PV^\gamma = \text{ค่าคงที่}$ หรือ $P_1V_1^\gamma = P_2V_2^\gamma = \dots$ และถ้าผ่านผ่านกระบวนการไอโซเทอร์มัลจะพบว่า $PV = \text{ค่าคงที่}$ หรือ $P_1V_1 = P_2V_2 = \dots$ ทั้งนี้ สมการ $PV = nRT$ คือกฎของก๊าซ (Gas law) จะยังคงใช้ได้ถูกต้องเสมอสำหรับก๊าซอุดมคติ ไม่ว่าจะผ่านกระบวนการใด ๆ
2. ประโยชน์ของการอัดและการขยายตัวแบบแอดีแบติก จะทำให้อุณหภูมิของระบบเพิ่มหรือลดลงได้ โดยไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องทำความร้อนหรือเครื่องทำความเย็นแต่อย่างใด
3. โดยการพิจารณาความชันของเส้นสัมผัสกราฟ ณ จุดตัดของเส้นแอดีแบติกและเส้นไอโซเทอร์มัล ซึ่งมีค่าความดันและปริมาตรตรงกัน ถ้าค่าความชันของเส้นใดเป็นค่าติดลบมากกว่า แสดงว่าเส้นนั้นคือเส้นแอดีแบติก (เส้นหมายเลข 2 ในรูปที่ 13)

ขอจบคำบรรยายสำหรับครั้งนี้ไว้เพียงเท่านี้ ในครั้งต่อไปจะพูดถึงกฎข้อที่สองของเทอร์โมไดนามิกส์

เสียงจากผู้ประกาศ “ที่จบลงไปนั้นคือการบรรยายสรุปวิชาเทอร์มัลฟิสิกส์ หรือ PH 314 ครั้งที่ 3 โดย รศ.อัจฉรา พันธุ์อำไพ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

.....การบันทึกแถบคำบรรยายสรุปกระบวนการของมหาวิทยาลัยรามคำแหง มุ่งส่งเสริมการศึกษาด้วยตนเองและบริการความรู้มายังนักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป โปรดส่งคำถามและข้อข้องใจไปยังคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง กรุงเทพฯ 10240.....

