

หน่วยที่ 6 อุณหพลศาสตร์และการถ่ายเทความร้อน

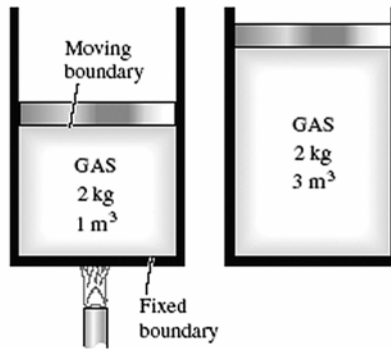
อุณหพลศาสตร์ (thermodynamics) เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับพลังงาน (energy) และเอนทัลปี (enthalpy) ของระบบ กล่าวถึงระบบ คุณสมบัติของระบบ และอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อมในรูปของพลังงานความร้อน สำหรับพลังงานที่กล่าวในวิชาอุณหพลศาสตร์นั้นอาจอยู่ในรูปต่างๆ เช่น พลังงานภายใน (internal energy) พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ งานและความร้อน พลังงานสามารถเปลี่ยนจากพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งโดยพลังงานทั้งหมดจะคงที่เสมอ นั่นคือ พลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นใหม่หรือทำลายให้หมดไปได้ ซึ่งเป็นไปตามกฎอนุรักษ์พลังงาน (principle of energy conservation)

1. มวลควบคุม (Control mass) หรือระบบปิด (close system)

เมื่อก้าวถึงระบบหนึ่งๆ ทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่ภายนอกจะเรียกว่าสิ่งแวดล้อม (surrounding) มวลควบคุมจะแยกออกจากสิ่งแวดล้อมโดยมีขอบเขตของระบบ (bound) เป็นเครื่องแบ่งพรมแดน

มวลควบคุมระบบปิด หมายถึง ปริมาณที่แน่นอนของสสารหนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษาพฤติกรรมทางอุณหพลศาสตร์ โดยมีลักษณะดังนี้

- 1.1 มวลของสสารภายในระบบไม่เปลี่ยนแปลง และไม่มีมวลสารไหลข้ามเขตของระบบ
- 1.2 มวลควบคุมจะแยกออกจากสิ่งแวดล้อมโดยขอบเขตของระบบ
- 1.3 มวลควบคุมมีเพียงความร้อนและงานที่สามารถถ่ายเทข้ามขอบเขตของระบบ
- 1.4 ขอบเขตของระบบสามารถเคลื่อนที่ได้ (หดหรือขยายตัวได้)

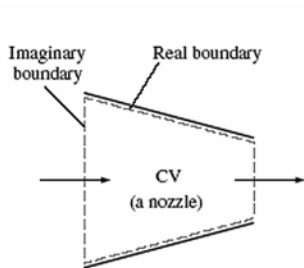


ระบบปิดแสดงขอบเขตของระบบที่เคลื่อนที่ได้

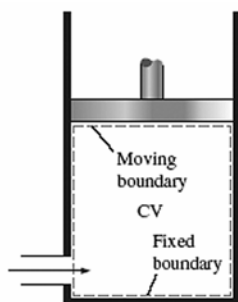
2. ปริมาณควบคุม (control volume) หรือระบบเปิด (open System) หมายถึง ปริมาตรของสสารหนึ่งๆ ที่ต้องการศึกษาพฤติกรรมทางอุณหพลศาสตร์ พื้นผิวของปริมาตรควบคุมที่เลือกขึ้นมาเพื่อทำหน้าที่เป็นพรมแดนระหว่างปริมาตรควบคุมกับสิ่งแวดล้อม เรียกว่าผิวควบคุม (control surface) หรือขอบเขต (boundary)

มีลักษณะดังนี้

- มวลสารในปริมาณควบคุมอาจเปลี่ยนแปลงหรือไม่ก็ได้
- ปริมาตรควบคุมจะแยกออกจากสิ่งแวดล้อมโดยผิวควบคุม
- ปริมาตรควบคุมมีความร้อน งาน และมวลสารที่ถ่ายเทข้ามผิวควบคุมได้
- ผิวควบคุมของปริมาตรควบคุมนั้นอาจคงที่ ขยาย หรือหดได้

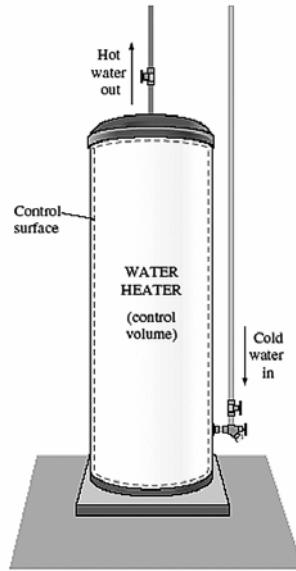


(a) A control volume with real and imaginary boundaries



(b) A control volume with fixed and moving boundaries

ปริมาณควบคุม (control volume : CV) และขอบเขตของระบบ



ปริมาณควบคุมที่มีสารไหลเข้าไหลออก

3. **สถานะ (phase)** หมายถึงปริมาณของสารที่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด ปกติจะมี 3 สถานะ ของแข็ง ของเหลว ก๊าซ การเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปสู่อีกสถานะหนึ่งของสารพิจารณาได้ดังนี้

การหลอมตัว (melting) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งไปเป็นของเหลว

การแข็งตัว (Freezing) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง

การระเหย (vaporization) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวไปเป็นไอหรือก๊าซ

การควบแน่น (condensation) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งไปเป็นไอหรือก๊าซ

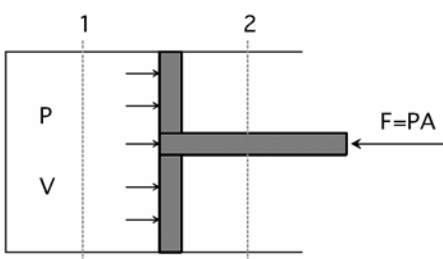
4. **พลังงาน (energy)** หมายถึงความสามารถในการทำงานได้ หรือสามารถเปลี่ยนแปลงจากพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้ ถ้าหากกล่าวถึงระบบ พลังงานนั้นหมายถึงคุณสมบัติของระบบซึ่งเปลี่ยนแปลงไป เมื่อระบบมีงานและความร้อน หรืออย่างใดอย่างหนึ่ง ข้ามขอบเขตของระบบ หน่วยเป็น N.m หรือ Joule แยกเป็น 2 ประเภท

- พลังงานสะสม ได้แก่ พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ พลังงานเคมี พลังงานการเคลื่อนไหวของโมเลกุล
- พลังงานถ่ายเท ความร้อนสัมผัส ความร้อนแฝง และงาน

5. **พลังงานศักย์ (potential energy)** คือ พลังงานของมวลใดมวลหนึ่ง ที่เป็นผลมาจากแรงดึงดูดของโลก เมื่อมวลนั้นอยู่ที่ตำแหน่งซึ่งมีความสูงเหนือระดับอ้างอิง

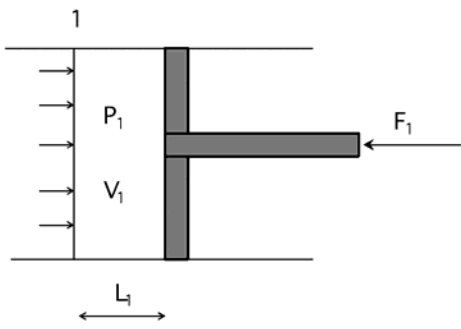
6. **พลังงานจลน์ (kinetic energy)** คือพลังงานของระบบที่เป็นผลมาจากระบบ (หรือมวล) นั้นมีการเคลื่อนที่ พลังงานจลน์มีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดความเร็วและมวลของระบบนั้น

7. **งานของระบบที่ไม่มีกรไหล** เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า งานเนื่องจากการเคลื่อนที่ของขอบเขตของระบบ หรือ งานเนื่องจากการแทนที่ (displacement work) ขอบเขตของระบบเคลื่อนที่เมื่อระบบเปลี่ยนแปลงสถานะ (ขยายหรือหดตัว) ซึ่งทำให้ระบบนั้นเปลี่ยนแปลงปริมาตรและเกิดงานเนื่องจากการแทนที่



งานที่กระทำโดยระบบ (ลูกสูบ- กระบอกสูบ)

8. งานเนื่องจากการไหล (flow work) จะทำให้มีการไหลของมวลสาร ผ่านปริมาตรควบคุมอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา เมื่อพิจารณา งานเนื่องจากการไหลบนหน้าตัดใดๆ



การเคลื่อนที่ของลูกสูบที่มีมวลน้อยมาก และขับของไหลให้เคลื่อนที่ผ่านหน้าตัดของภาชนะบรรจุ

9. ความจุความร้อนจำเพาะ (specific heat) หมายถึง ปริมาณความร้อนที่สารนั้นสามารถรับไว้ (หรือคายออก) ต่อหนึ่งหน่วยมวลของสาร แล้วทำให้สารนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง หนึ่งองศา มีหน่วยเป็น kJ/kg.K 1 หรือ kJ/kg.C

10. ความร้อน สำหรับระบบหนึ่งๆ ความร้อนจะเกิดการถ่ายเทเมื่อมีอุณหภูมิแตกต่างกัน 2 บริเวณ โดยความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ การถ่ายเทความร้อนเข้าหรือออกจากระบบจะกำกับด้วยเครื่องหมาย บวกหรือลบ

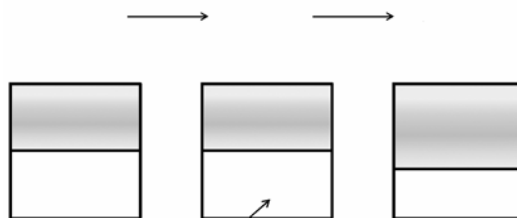
- ความร้อนมี เครื่องหมายลบ เมื่อระบบสูญเสียความร้อนหรือมีความร้อนถ่ายเทออกจากระบบ
- ความร้อนมี เครื่องหมายบวก เมื่อระบบ ได้รับความร้อนหรือมีความร้อนถ่ายเทเข้าระบบ

รูปแบบของความร้อนแยกเป็นสามประเภทคือความร้อนสัมผัส ความร้อนแฝง ความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี

- ความร้อนสัมผัส (sensible heat) คือ ปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งที่ทำให้สารหนึ่งๆมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง โดยไม่ทำให้สถานะของสารนั้นเปลี่ยนแปลง
- ความร้อนแฝง (latent heat) คือปริมาณความร้อนจำนวนหนึ่งที่ทำให้สารหนึ่งๆ (หรือดึงออกจากสาร) แล้วทำให้สารนั้นเปลี่ยนแปลงสถานะภายใต้อุณหภูมิกคงที่
- ความร้อนจากปฏิกิริยาเคมี คือ พลังงานความร้อนของสารเชื้อเพลิง ขณะสารเชื้อเพลิงเผาไหม้จะปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมา

11. พลังงานภายใน พิจารณากระบวนการให้ความร้อนแก่ระบบปิด (มวลควบคุม) ภายใต้ปริมาตรคงที่ ภายในภาชนะปิดสนิท และหุ้มฉนวนเป็นอย่างดีโดยรอบ จึงไม่มีความร้อนสูญเสียออกสู่ภายนอก

สถานะเริ่มต้น ให้ความร้อน สถานะสุดท้าย



$Q =$ พลังงานความร้อน

12. เอนทัลปี (H) เป็นคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์อีกตัวหนึ่ง ซึ่งมีค่าเท่ากับผลรวมของพลังงานภายใน (U) กับงานเนื่องจากการไหล (PV) ดังนั้นเอนทัลปีของระบบหนึ่งจึงเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ $H = U + PV$

เมื่อ $H =$ เอนทัลปีของระบบที่สถานะใดสถานะหนึ่ง หน่วยเป็น kJ

$U =$ พลังงานภายในของระบบที่สถานะเดียวกัน หน่วยเป็น kJ

$PV =$ งานเนื่องจากการไหลของระบบที่สถานะเดียวกัน หน่วยเป็น kJ

13. กฎอนุรักษ์พลังงาน (principle of energy conservation) กฎอนุรักษ์พลังงานเป็นกฎพื้นฐานแห่งธรรมชาติ ซึ่งมีความตั้งใจพลังงานไม่สามารถสร้างขึ้นหรือทำลายให้หมดไปได้ แต่พลังงานนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบหนึ่งไปสู่อีกรูปแบบหนึ่งได้ โดยพลังงานทั้งหมดยังคงเดิมเสมอ ซึ่งถ้าหากปราศจากการสูญเสียพลังงานเนื่องจากความเสียดทาน พลังงานทั้งหมดของวัตถุหรือระบบที่ตำแหน่งใดๆ (หรือสภาวะใดๆ) มีค่าคงที่เสมอ

คุณสมบัติของสารบริสุทธิ์

สารบริสุทธิ์ หมายถึง สารที่มีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกันทั้งมวลสาร ตัวอย่างเช่น น้ำ ไนโตรเจน ฮีเลียม และคาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ฟรีออน-12 เป็นต้น สารบริสุทธิ์อาจจะประกอบด้วยส่วนประกอบทางเคมีหลายอย่าง แต่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน เช่น อากาศ ที่ประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด

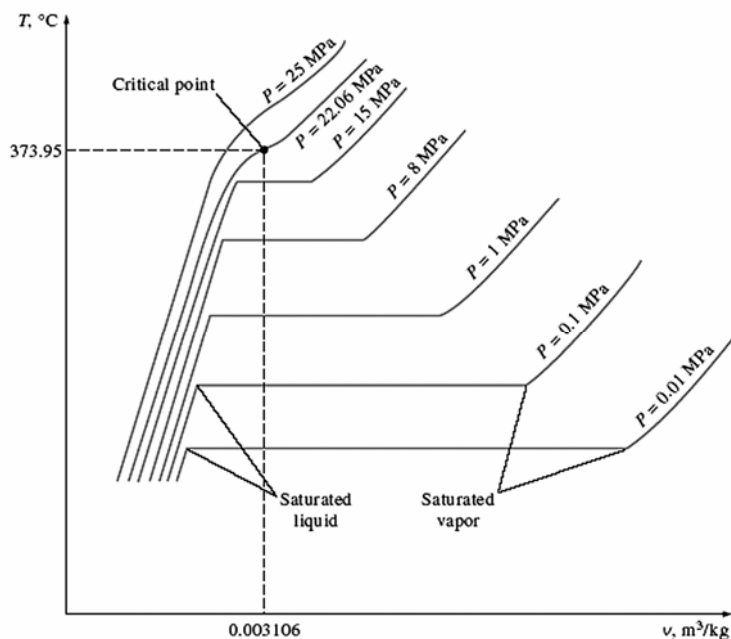
- 1. สถานะของสารบริสุทธิ์** สลายดำรงอยู่ได้ในสถานะที่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ
- 2. การเปลี่ยนสถานะ** เช่น ในหม้อต้มไอน้ำ (boiler) น้ำเดือดกลายเป็น ไอน้ำ หรืออุปกรณ์ควบแน่น (condenser) อยู่ในสภาพของผสมระหว่างของเหลวและไอ สารทำความเย็นในตู้เย็น

เมื่อน้ำอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส น้ำเปลี่ยนสถานะกลายเป็น ไอ ณ อุณหภูมิคงที่ การเปลี่ยนสถานะจะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งของเหลวกลายเป็นไอน้ำจนหมด สภาวะนี้เรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัว (saturated vapor)

ถ้ายังมีการถ่ายเทความร้อนให้กับไอน้ำอิ่มตัวต่อไป ก็จะทำให้อุณหภูมิจึงของไอน้ำและปริมาตรจำเพาะเพิ่มขึ้น เรียกว่าไอดง (superheated vapor)

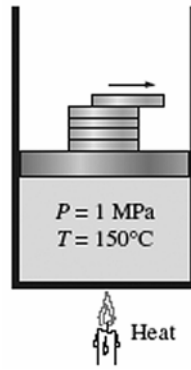
3. อุณหภูมิอิ่มตัวและความดันอิ่มตัว การเดือดของน้ำที่ 100 องศา C เกิดที่ความดันบรรยากาศ (1atm) ดังนั้นในสภาวะความดันอื่นๆ อุณหภูมิสำหรับการเดือดของน้ำก็จะแตกต่างกันไป

- 4. ไดอะแกรม T-v** เป็น ความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิ (T) และ ปริมาตรจำเพาะ (V)

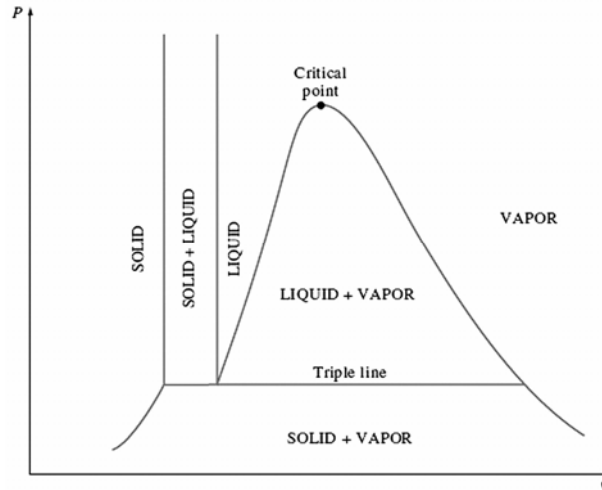


ไดอะแกรม T-v แสดงขบวนการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำ ณ ความดันต่างๆ

5. ไดอะแกรม P-v

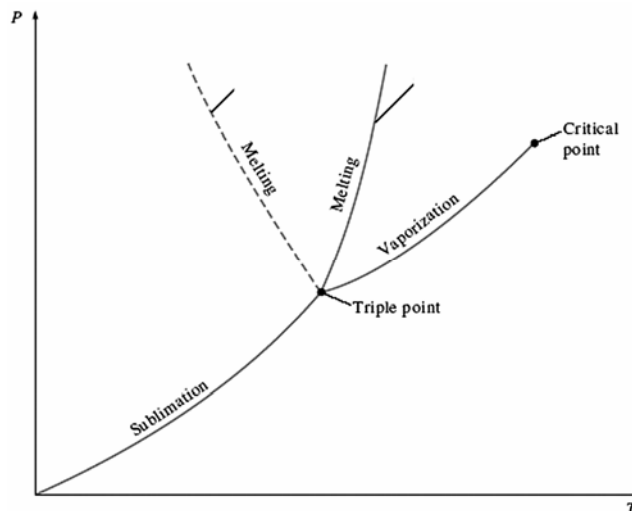


ความดันภายในกระบอกสูบ สามารถปรับลดได้โดยลดน้ำหนักของลูกสูบ



ไดอะแกรม P-v ของสารบริสุทธิ์ที่หดตัวเมื่อมีการแข็งตัว

6. ไดอะแกรม P-T ในบางสถานะ สถานะของสารบริสุทธิ์ คือของแข็ง ของเหลว ก๊าซ อาจอยู่ในสถานะเดียวกันได้ ดังแสดงเป็นเส้นทริปเปิ้ล (triple line) ในไดอะแกรม P-v ซึ่งเป็นเส้นที่มีความดันและอุณหภูมิที่คงที่ แต่มีปริมาตรจำเพาะที่แตกต่างกัน แต่ถ้าพิจารณาจาก ไดอะแกรม P-T พบว่าเส้นทริปเปิ้ลนี้จะปรากฏเป็นจุดซึ่งเรียกว่าจุดทริปเปิ้ล (triple point)

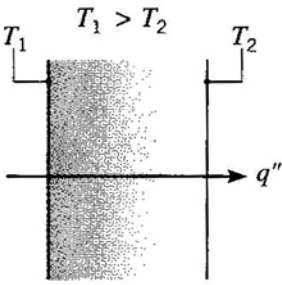
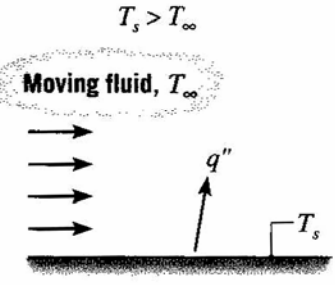
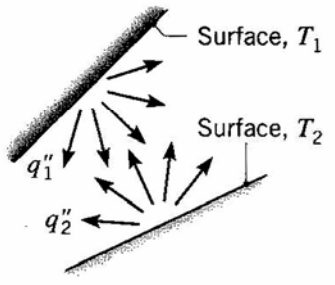


7. ตารางคุณสมบัติ

- ตารางคุณสมบัติของเหลวอิ่มตัวและไออิ่มตัว
- ตารางคุณสมบัติไอดีง (superheated vapor)

การถ่ายเทความร้อน คือ คือการที่พลังงานได้มีการส่งผ่านเนื่องจากมีความแตกต่างของอุณหภูมิ นั่นคือเมื่อใดก็ตามที่มีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในตัวกลาง หรือระหว่างตัวกลางจะต้องมีการถ่ายเทความร้อนเกิดขึ้น การถ่ายเทความร้อนมี 3 รูปแบบคือ

1. การนำความร้อน (conduction) หมายถึงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นตคร่อมระหว่างตัวสื่อกลาง
2. การพาความร้อน (convection) หมายถึงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นตคร่อมระหว่างพื้นผิวและของไหลที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่ผิว และมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน
3. การแผ่รังสีความร้อน (radiation) ทุกๆ พื้นผิวมีอุณหภูมิอยู่ค่าๆ หนึ่งจะมีการส่งพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และโดยที่ไม่ต้องมีสื่อกลางใดๆ จะมีการส่งผ่านความร้อนระหว่างสองพื้นที่ผิวที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน

การนำความร้อน	การพาความร้อน	การแผ่รังสีความร้อน
<p>Conduction through a solid or a stationary fluid</p> 	<p>Convection from a surface to a moving fluid</p> 	<p>Net radiation heat exchange between two surfaces</p> 

กิจกรรม 6.2.1

1. จงอธิบายความแตกต่างของสาขาวิชาเทอร์โม ไดนามิกส์ (thermodynamics) และการถ่ายเทความร้อน (heat transfer)
2. การถ่ายเทความร้อน (heat transfer) มีกี่รูปแบบ อะไรบ้าง

แนวตอบกิจกรรม 6.2.1

1. สาขาวิชาเทอร์โม ไดนามิกส์ (thermodynamics) และการถ่ายเทความร้อน (heat transfer) มีแนวคิดที่เหมือนกันและแนวคิดที่แตกต่างกัน ดังนี้

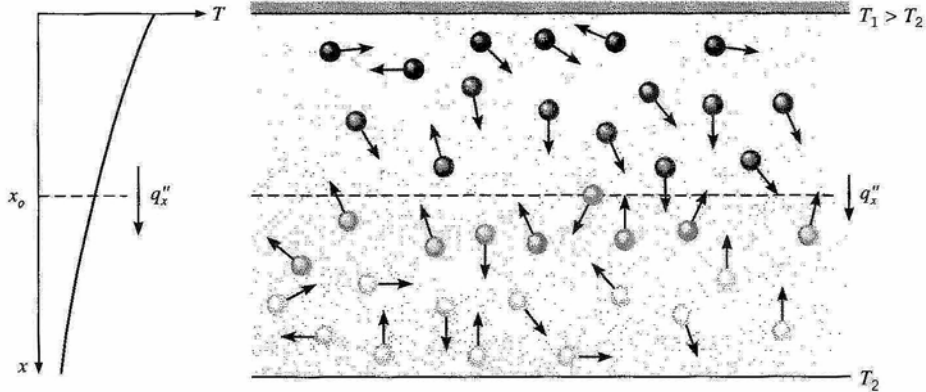
แนวคิดที่เหมือนกันคือเกี่ยวข้องกับการมีปฏิกริยากับสิ่งแวดล้อมหรือการส่งผ่านความร้อนและงานที่กระทำต่อระบบ

แนวคิดที่แตกต่างชัดเจนระหว่างเทอร์โม ไดนามิกส์และการถ่ายเทความร้อน ก็คือ เทอร์โม ไดนามิกส์ จะเกี่ยวข้องกับภาวะคงตัวของระบบ แต่จะไม่ได้ลงไปถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลา ในขณะที่การถ่ายเทความร้อนจะมีการคำนึงถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงเทียบกับเวลาด้วย

2. การถ่ายเทความร้อน (heat transfer) เกิดขึ้นได้ 3 รูปแบบ คือ
 - 1) การนำความร้อน (conduction)
 - 2) การพาความร้อน (convection)
 - 3) การแผ่รังสีความร้อน (radiation)

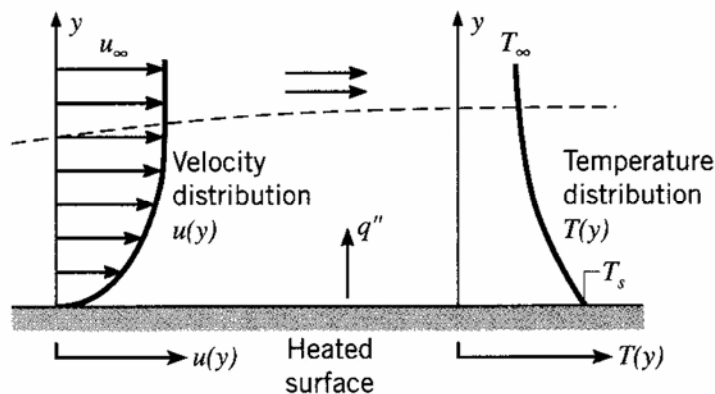
การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

1. การนำความร้อน (conduction) เกิดขึ้นจากการส่งผ่านพลังงานจากอนุภาคที่มีพลังงานมากไปยังอนุภาคที่มีพลังงานน้อยกว่า กลไกของการนำความร้อนอาจพิจารณาตัวอย่างได้จากก๊าซที่มีความแตกต่างของอุณหภูมิ ขณะที่ก๊าซอยู่ในช่องว่างระหว่างสองระนาบที่มีอุณหภูมิแตกต่างกัน อนุภาคที่มีอุณหภูมิสูงย่อมมีพลังงานที่สูงกว่า และมีการเคลื่อนที่ที่มากกว่า เกิดการชนกันของอนุภาค และเกิดการส่งถ่ายพลังงานจากโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่าไปยังโมเลกุลที่พลังงานต่ำกว่า ในสภาพที่อุณหภูมิแตกต่างกัน การส่งผ่านพลังงานจะต้องเกิดขึ้นในทิศทางจากอุณหภูมิสูงไปยังที่อุณหภูมิต่ำกว่า

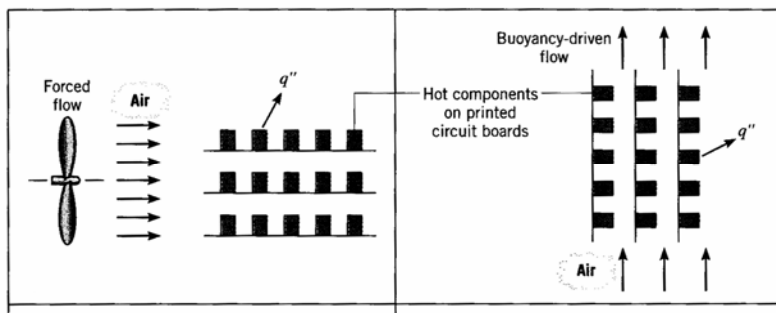


ตัวอย่างเช่น การนำความร้อนของฉนวนกาแฟโลหะที่จุ่มลงในถ้วยกาแฟร้อน เมื่อผ่านไปช่วงเวลาหนึ่ง ปลายที่จับของฉนวนกาแฟที่อยู่ด้านบนก็จะเกิดความร้อนขึ้นมา

2. การพาความร้อน (convection) การพาความร้อนประกอบด้วยกลไกการทำงาน 2 กลไกคือ การส่งผ่านพลังงานเนื่องจากการเคลื่อนที่กลับปมาของโมเลกุล และการส่งผ่านพลังงานเนื่องจากการเคลื่อนที่ของๆไหลเอง การเคลื่อนที่ของของไหลนี้เกี่ยวข้องกับความจริงที่ว่า โมเลกุลจำนวนมากเคลื่อนที่และไหลไปสะสมกัน การไหลดังกล่าวยังคงมีการเคลื่อนที่กลับปมา การส่งผ่านความร้อนทั้งหมด เกิดขึ้นเนื่องจากการชนกันของการส่งผ่านพลังงานโดยการเคลื่อนที่ของโมเลกุลและของๆไหล



การพาความร้อนสามารถแบ่งแยกตามการไหลของๆไหลได้เป็น การพาความร้อนแบบบังคับ (forced convection) และการพาความร้อนแบบธรรมชาติ (free or natural convection)



การพาความร้อนแบบบังคับ

การพาความร้อนแบบธรรมชาติ

3. การแผ่รังสี (radiation) พิจารณาวัตถุของแข็ง เริ่มต้นมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อม เมื่อปล่อยวัตถุทิ้งไว้ระยะหนึ่งของแข็งขึ้นนี้จะเย็นตัวลง และท้ายสุดจะมีอุณหภูมิเท่ากับสิ่งแวดล้อม การเย็นตัวลงเกี่ยวข้องกับการลดลงของพลังงานภายในที่เก็บไว้ในของแข็งและเป็นผลโดยตรงจากการแผ่รังสี (emission) ของการแผ่รังสีจากพื้นผิวของแข็ง ซึ่งในขณะเดียวกันพื้นผิวของแข็ง ก็มีการรับและดูดซับรังสีที่ออกมาจากสิ่งแวดล้อมด้วย