ฟิสิกส์พื้นฐาน 1
บทที่ 6 ความร้อนและอุณหพลศาสตร์

สอนโดย อ.ดร.กิติยานี อาษานอก

เทอมต้น / 2555

หัวข้อที่จะพูดถึง

- ความร้อนและอุณหภูมิ
- ปริมาณความร้อน
- ความจุความร้อนและความจุความร้อนจำเพาะ
- การเปลี่ยนวัฏภาคและความร้อนแฝง
- ความชื้นสัมพัทธ์
- การขยายตัวด้วยควมร้อน
- กฎของแก๊ส
- ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส
- อุณหพลศาสตร์

ความร้อนและอุณหภูมิ

- อุณหภูมิเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งของวัตถุที่เกี่ยวกับพลังงานจลน์เฉลี่ยของอะตอมและโมเลกุลของวัตถุ
- ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งไม่ได้เป็นคุณสมบัติประจำตัวของวัตถุนั้น ๆ เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลเกิดการสั่นไหวเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น พลังงานจลน์ของมันก็จะมากขึ้นด้วย วัตถุนั้นจะร้อนและมีอุณหภูมิสูงขึ้น
- ความร้อนทำให้อุณหภูมิของวัตถุอื่นสูงขึ้น, ของแข็งหลอมเหลวหรือเดือดได้

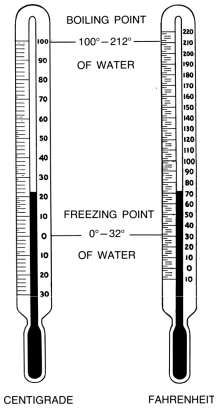
เครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิ

- เทอร์โมมิเตอร์ ใช้หลักการการทำงานขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสสารซึ่งจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนและจะหดตัวเมื่อเย็นลง
- ทำไมจึงใช้ปรอทบรรจุในเทอร์โมมิเตอร์ เพราะ

1. สามารถมองผ่านแก้วเข้าไปเห็นได้ง่าย
2. นำความร้อนได้อย่างรวดเร็ว
3. เกาะตัวกันได้ดีเมื่อสัมผัสกับแก้ว
4. จุดเยือกแข็งต่ำ (-39^{o} C) และจุดเดือดสูง (358^{o} C)
5. มีการขยายตัวต่อหนึ่งหน่วยองศาที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดและสม่ำเสมอ

การเปลี่ยนหน่วยวัดอุณหภูมิ

$$\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} = \frac{K-273}{5}$$



Gabriel Daniel Farenheit (1689 – 1736) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน
Anders Celsius (1701 – 1744) นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน
William Thomson, Lord Kelvin (1824 – 1907) นักฟิสิกส์-คณิตศาสตร์ชาวไอร์แลนด์

ปริมาณของความร้อน

- นิยมพูดในเรื่องของพลังงานความร้อนของอาหาร ซึ่งเป็นพลังงานภายในของอาหารที่ปล่อยออกมาในรูปของความร้อนที่วัดได้จากการเผาไหม้อาหารนั้น
- 1 แคลลอรี่ หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 กิโลกรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศา
- 1 cal = 4.186 J

ความจุความร้อนและความจุความร้อนจำเพาะ

- ความจุความร้อนของสาร หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สารนั้นทั้งก้อนมีอุณหภูมิเปลี่ยนไป (เพิ่มขึ้นหรือลดลง) 1 องศา ซึ่งสารแต่ละชนิดจะมีความสามารถในการรับหรือคายพลังงานความร้อนได้แตกต่างกันออกไป
- ความจุความร้อนจำเพาะของสาร หมายถึง ปริมาณพลังงานความร้อนที่ทำให้สารนั้นมวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1 องศา

$$Q = mc\Delta T$$

C มีหน่วยเป็น J/kg-K หรือ J/kg-^{o}C

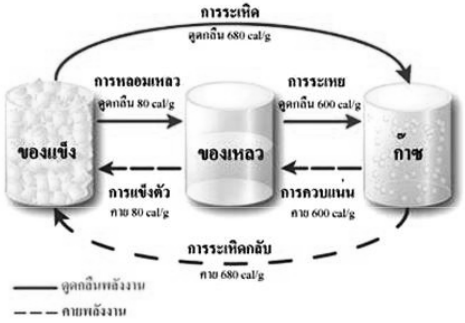
เช่น เหล็ก มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ 0.11 kcal/kg.^{o}C
น้ำ มีค่าความจุความร้อนจำเพาะ 1.0 kcal/kg.^{o}C

ตัวอย่างที่ 1 จงคำนวณหาปริมาณความร้อนที่ทำให้แท่งอะลูมิเนียมมวล 15 ก.ก. อุณหภูมิ 15^{o} C เปลี่ยนเป็น 80^{o} C (ความจุความร้อนจำเพาะของอะลูมิเนียม 876 J/kg. ^{o}C)
ตอบ 56,940 จูลน์

- ตัวอย่างที่ 2 เทกาแฟร้อนอุณหภูมิ 95^{o} C จำนวน 0.3 kg ลงในแก้วมวล 0.15 kg อุณหภูมิ 25^{o} C สมมติไม่มีความร้อนสูญหายไปเลย จงคำนวณหาอุณหภูมิสุดท้าย กำหนดให้ความจุความร้อนจำเพาะของกาแฟเท่ากับ 4186 J/kg.^{o} C และแก้ว มีค่าเท่ากับ 669 J/kg.^{o} C (ตอบ 89.82 ^{o}C)

การเปลี่ยนสถานะและความร้อนแฝง

- ความร้อนแฝง เป็นการเปลี่ยนสถานะของสารโดยไม่เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ
- ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว
- ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ



http://nakhamwit.ac.th/pingpong_web/State&Changing/State&Change_clip_image004_0002.jpg

น้ำมีค่าความร้อนแฝงจำเพาะของการหลอมเหลว 80 แคลอรีต่อกรัม-องศาเซลเซียส
น้ำมีค่าความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอ 600 แคลอรีต่อกรัม-องศาเซลเซียส

ความร้อนแฝง (ต่อ) $Q = mL$

ตัวอย่างที่ 3 จะต้องใช้น้ำแข็งที่ -5° C ปริมาณเท่าใด เพื่อใส่ลงไปในน้ำจำนวน 0.8 กิโลกรัมที่ 25° C แล้วทำให้อุณหภูมิผสมกลายเป็น 0° C กำหนดให้ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งเท่ากับ 0.5 kcal/kg- °C และน้ำ 1.0 kcal/kg- °C (ตอบ 0.24 กิโลกรัม)

ความชื้นสัมพัทธ์

- ความชื้นสัมพัทธ์ (%) = $\frac{\text{จำนวนไอน้ำในอากาศ}}{\text{จำนวนไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน}} \times 100$
- หรือ ความชื้นสัมพัทธ์ (%) = $\frac{\text{ความหนาแน่นไอที่มีอยู่จริง}}{\text{ความหนาแน่นไออิ่มตัว}} \times 100$

$$\frac{11.5}{23} \times 100 = 50\%$$

เช่น อากาศที่ 25° C มีไอน้ำอยู่ 11.5 กรัม/ลบ.ม. และที่อุณหภูมินี้อากาศจะมีไอน้ำได้มากที่สุด 23 กรัม/ลบ.ม. ดังนั้นความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศขณะนั้นคือ 50% ค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุดคือ 100% ณ ความชื้นสัมพัทธ์นี้ น้ำในวัตถุจะไม่ระเหยออกมาอีก ในช่วงฤดูร้อนความชื้นสัมพัทธ์จะสูงถึง 90% ในขณะที่ฤดูหนาวอาจลดต่ำลงกว่า 40 % ความชื้นสัมพัทธ์ที่พอเหมาะอยู่ราว 60-70 % หากสูงกว่านี้เราจะรู้สึกว่าอากาศชื้นและอบอ้าว เหงื่อแห้งช้า แต่ถ้าต่ำกว่านี้เราจะรู้สึกว่าผิวแตกแห้ง คัน และไม่สบายตัว

การขยายตัวด้วยความร้อน

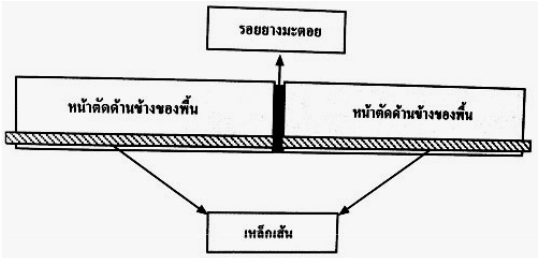
$$\frac{\Delta L}{L_0} \alpha \Delta T$$

$$\boxed{\frac{\Delta L}{L_0} = k\Delta T}$$

$$\Delta L = kL_0\Delta T$$

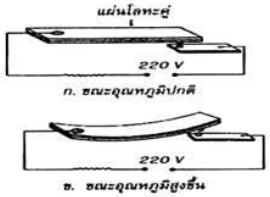
ค่า k คือ สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวตามเส้น (หน่วย /°C)
L_0 คือ ความยาวในตอนแรก
L คือ ความยาวที่ขยายตัววัดได้
T_0 คือ อุณหภูมิเดิม
T คือ อุณหภูมิที่วัดได้
เช่น ทองเหลืองมีค่า $k=18\times10^{-6}$ /°C เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส แท่งทองเหลืองจะยาวเพิ่มขึ้น 18×10^{-6} เมตร

ตัวอย่างที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน



http://www.vcharkarn.com/uploads/47/47245.jpg

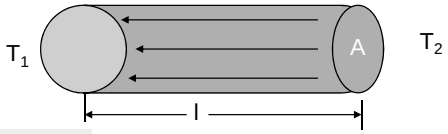
- สายไฟฟ้าที่ร้อยตามเสาไฟจะหย่อนในวันที่อากาศร้อนและตึงในวันที่อากาศเย็น



http://www.trueplookpunya.com/true/knowledge_detail.php?mul_content_id=429

การถ่ายเทความร้อน

- การนำความร้อน เป็นการส่งถ่ายความร้อนระหว่างวัตถุ 2 ชิ้นหรือระหว่างจุด 2 จุด ภายในของวัตถุเองโดยที่วัตถุนั้น ๆ ไม่มีการเคลื่อนที่ไปด้วย



$$\frac{Q}{t} = KA\frac{\Delta T}{l}$$

ค่า K คือค่าคงที่สภาพนำความร้อนของสาร มีหน่วยเป็น J/m-s-^{o}C หรือ W/m-^{o}C

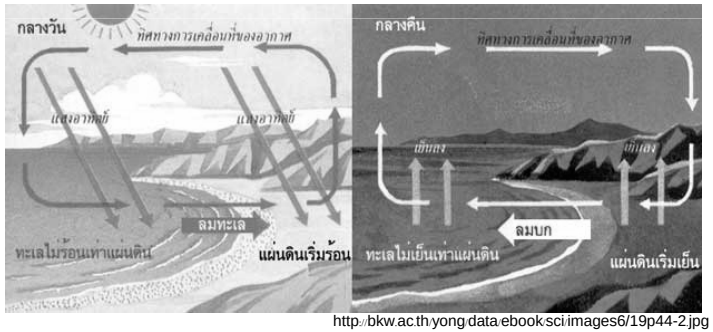
t คือ เวลา

ตัวอย่างที่ 3 อุณหภูมิของอากาศภายในห้องและภายนอกห้องแห่งหนึ่งวัดได้ 25^{o} C และ 5^{o} C ตามลำดับ หน้าต่างกระจกของห้องมีพื้นที่ 2 m^{2} และ หนา 2 mm จงคำนวณหาปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปโดยการนำผ่านหน้าต่างห้องนั้นในเวลา 1 วัน (กำหนดให้กระจกมีค่าสภาพนำความร้อน 1.0 W/m-^{o}C) ตอบ 1.73×10^{9} จูลน์

- แก๊สเป็นตัวนำความร้อนที่เลวที่สุดจึงนำไปใช้เป็นฉนวนเมื่อต้องการให้เกิดการถ่ายเทความร้อนดำเนินไปช้า ๆ เช่น หน้าต่างที่มีกระจก 2 ชั้น ผ้าห่มขนสัตว์ ฯลฯ
- ประโยชน์ของการนำความร้อนที่นำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ได้แก่ กระติกน้ำแข็ง กระเป๋าน้ำร้อน การประคบร้อนบริเวณฟกช้ำ ฯลฯ

การถ่ายเทความร้อน (ต่อ)

- การพาความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยที่ตัวกลางที่ความร้อนผ่านมีการเคลื่อนที่เกิดขึ้น ส่วนมากเกิดกับของไหล การพาความร้อนที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ได้แก่ อากาศร้อนเหนือเตาไฟ ลมบก ลมทะเล ลมมรสุม ระบบฮีตเตอร์ ฯลฯ



http://bkw.ac.th/yong/data/ebook/sci/images6/19p44-2.jpg

การพาความร้อน (ต่อ)

$$\frac{Q}{t} = hA\Delta T$$

Q/t อัตราการส่งถ่ายความร้อนโดยการพา
h คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของตัวกลาง
A พื้นที่ผิวของตัวกลาง
ΔT เป็นผลต่างของอุณหภูมิระหว่าง **2** จุดของตัวกลาง

การถ่ายเทความร้อน (ต่อ)

- การแผ่รังสีความร้อน เป็นการถ่ายเทความร้อนในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีความเร็วคลื่นเท่ากับความเร็วของแสงคือ $3\times10^8\ \mathrm{m/s}$ และไม่ต้องการตัวกลางในการเคลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศได้ เช่น การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ การเอามือเข้าไปใกล้ ๆ หลอดไฟฟ้าที่กำลังเปิดไฟสว่างอยู่

$$\frac{Q}{t} = \sigma eAT^4$$

Q/t อัตราการส่งถ่ายความร้อนโดยการแผ่รังสี
σ คือ ค่าคงที่ของโบลซ์มานซ์ **5.67×10^{-8} W/m^2-K^4**
e คือสภาพเปล่งรังสีของวัตถุ (**0->1** ถ้าเข้าใกล้ **0** แสดงว่าสีขาวมันวาว แต่ถ้าเข้าใกล้ **1** แสดงว่าสีดำดูดกลืนแสง)
A พื้นที่ผิวของวัตถุ
T อุณหภูมิสัมบูรณ์ของผิววัตถุ (เทียบเท่าวัตถุดำ)

ตัวอย่างที่ 4 เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดไฟฟ้าที่ทำด้วยทังสเตน ทำให้ไส้หลอดร้อนแดงมีอุณหภูมิ 3000 K สมมติพื้นที่ของไส้หลอดเป็น 1 ซม^2 สภาพเปล่งรังสีของทังสเตนเท่ากับ 0.34 จงหากำลัง(หรืออัตราการแผ่พลังงาน) การแผ่รังสีของไส้หลอดไฟ (ตอบ 156 วัตต์)

การแผ่รังสีของดวงอาทิตย์มายังโลก การสวมเสื้อผ้าสีเข้ม สีอ่อน

วัตถุถูกปิดล้อมด้วยฝาผนัง

$$\frac{Q}{t} = \sigma Ae\left(T_2^4 - T_1^4\right)$$

ตัวอย่างที่ 5 จงคำนวณหาอัตราการส่งถ่ายความร้อนโดยการแผ่รังสีจากร่างกายของชายคนหนึ่งที่ไม่ได้สวมเสื้อผ้าและกำลังยืนอยู่ภายในห้องมืดที่มีอุณหภูมิ 20^oC สมมติพื้นที่ผิวของชายคนนี้เป็น $1.5\ m^2$ และวัดอุณหภูมิของเขาได้ 33^oC กำหนดให้สภาพเปล่งรังสีของห้องมืดเท่ากับ 0.97 (ตอบ 115 วัตต์)

กฎของแก๊ส

- มีพื้นฐานมาจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลภายในแก๊ส ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีโมเลกุลจลน์ (kinetic-molecular theory) เป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตร ความดันและอุณหภูมิของแก๊ส โดยมีใจความดังนี้
- แก๊สประกอบด้วยอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ที่เรียกว่าโมเลกุล
- โมเลกุลเหล่านี้มีมวลและความเร็ว
- ปริมาตรของโมเลกุลของแก๊สนั้นเล็กมากเมื่อเปรียบเทียบกับที่ว่างทั้งหมดที่บรรจุอยู่

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b3/Robert_Boyle_0001.jpg

กฎของแก๊ส (ต่อ)

(1627–1691)

- แต่ละโมเลกุลของแก๊สจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในแนว[illegible] จนกว่าจะวิ่งไปชนเข้ากับโมเลกุลอื่น หรือผนังของภาชนะที่บรรจุ การชนกันนี้เป็นการชนแบบยืดหยุ่นสัมบูรณ์ ซึ่งหมายถึงว่าโมเลกุลจะไม่สูญเสียโมเมนตัมเลย
- กฎของบอยล์ (Boyle's Law) ถ้าอุณหภูมิของแก๊สคงที่ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดันของแก๊ส

$$V \alpha \frac{1}{P}$$ **เมื่อ T คงที่**

- กฎของชาร์ลส์ (Charles's Law) ถ้าความดันของแก๊สคงที่ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ของแก๊สนั้น

$$V \alpha T$$ เมื่อ P คงที่

ทำให้ได้ $$\frac{PV}{T} = k$$

(1746-1823)

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Jacques_Alexandre_C%C3%A9sar_Charles.jpg

http://www.nndb.com/people/885/000100585/gay-lussac-1-sized.jpg

(1778-1850)

- กฎของเกย์-ลูสแซก (Gay-Lussac's Law) ถ้าปริมาตรของแก๊สคงที่ความดันจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์

$$P \alpha T$$ เมื่อ V คงที่

$$PV = nRT \longrightarrow PV = N\left(\frac{R}{N_0}\right)T$$

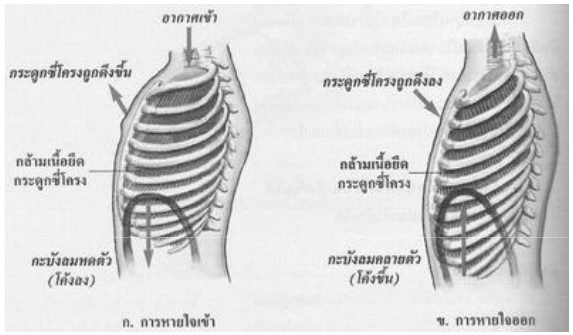
เมื่อ n คือ มวลของแก๊สมีหน่วยเป็นโมล
R คือ ค่านิจสากลของแก๊ส 8.314 J/mol-K หรือ 1.986 cal/mol-K
N_0 คือเลขอโวกาโดร 6.022×10^{23} โมเลกุล/โมล
N คือจำนวนโมเลกุลทั้งหมดของแก๊สที่ใช้

ค่านิจโบลต์ซมานน์ k_B
1.38×10^{-23} J/K

<u>ตัวอย่างที่ 6</u> แก๊ส 1 โมล ภายใต้ความดัน 1 บรรยากาศ อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส จะมีปริมาตรเท่าไร (<u>ตอบ</u> 2.24×10^{-2} ลูกบาศก์เมตร)

- <u>ตัวอย่างที่ 7</u> อากาศ 1000 ลบ.ม. ที่ 27 องศาเซลเซียส ความดัน 80 Pa ถูกอัดจนมีปริมาตร 500 ลบ.ม. และมีความดัน 200 Pa จะมีอุณหภูมิเท่าไร (<u>ตอบ</u> 375 เคลวิน)

<u>กฎของแก๊สกับชีวิตประจำวัน</u>



http://lms.thaicyberu.go.th/officialtcu-main-advcourse/presentstu-course-bk521/007sanong-bodysuangok.jpg

http://www.gammaco.com/product-zoom/19-242.gif

<u>กฎของแก๊ส (ต่อ)</u>

- <u>กฎของดอลตัน</u> (Dalton's Law) ความดันย่อยของแก๊สแต่ละชนิดในแก๊สผสมจะแปรผันตรงกับจำนวนเปอร์เซ็นต์ของมันในแก๊สผสมนั้น

$$PV = (n_1 + n_2 + n_3 + ...)RT$$
$$P_1 = \frac{n_1 RT}{V}, P_2 = \frac{n_2 RT}{V}$$
$$\therefore P = P_1 + P_2 + P_3 + ...$$
$$P_1 = \left(\frac{n_1}{n}\right)P, P_2 = \left(\frac{n_2}{n}\right)P$$

เช่น อากาศเป็นแก๊สผสมของออกซิเจน 20.96% ไนโตรเจน 79% และคาร์บอนไดออกไซด์ 0.04% ถ้าความดันปกติวัดได้ 760 torr ความดันย่อยของออกซิเจนจึงเป็น (20.96/100)×760 = 159.3 torr

<u>กฎของแก๊ส (ต่อ)</u>

- <u>กฎของเฮนรี่</u> (Henry's Law) เมื่ออุณหภูมิของแก๊สคงที่ ปริมาณของแก๊สที่เข้าไปอยู่ในสารละลายใด ๆ จะแปรผันตรงกับความดันย่อยของแก๊สนั้น เมื่อแก๊สสัมผัสกับผิวของเหลว โมเลกุลบางโมเลกุลของแก๊สจะผ่านลงไปในของเหลวนั้น ชั่วเวลาต่อมาบางโมเลกุลก็จะหนีกลับออกสู่อากาศ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าว่าความดันย่อยของแก๊สที่ละลายอยู่ในของเหลวเท่ากับความดันย่อยของแก๊สที่อยู่เหนือของเหลว ซึ่งแสดงถึงสารละลายอิ่มตัวแล้ว

ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส

แบบจำลองของแก๊ส มีดังนี้

- แก๊สในอุดมคติประกอบไปด้วยโมเลกุลซึ่งเมื่อเกิดการชนกันจะต้องเป็นการชนแบบยืดหยุ่น พลังงานก่อนชนเท่ากับพลังงานหลังชนเสมอ
- แต่ละโมเลกุลมีแต่พลังงานจลน์เท่านั้น ไม่มีพลังงานศักย์
- ความเร็วแต่ละโมเลกุลมีไม่เท่ากัน สามารถใช้หลักการทางสถิติพิจารณาหาค่าเฉลี่ยคุณสมบัติของโมเลกุลเหล่านั้น

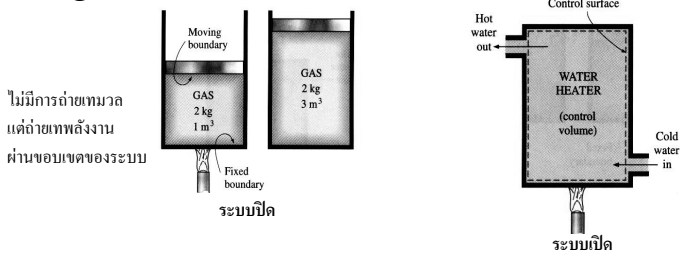
$$E_k = \frac{3}{2}k_B T$$

$$v_{rms} = \sqrt{\frac{3k_B T}{m}}$$

อัตราเร็วรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย

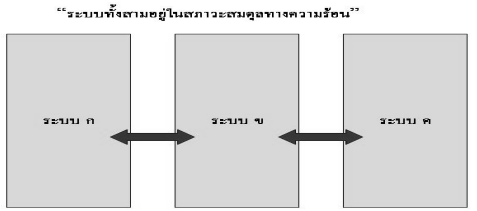
ตัวอย่างที่ 8 จงหาอัตราเร็วรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ยของโมเลกุลออกซิเจนที่อุณหภูมิ 25° C (ออกซิเจนมีมวลโมเลกุล 32 u [1 amu =1.66×10^{-27} kg) ตอบ 482.47 เมตร/วินาที

- สสารที่ได้รับพลังงานความร้อนหรือคายพลังงานความร้อนออกมา เรียกว่า ระบบ (system) เช่น แก๊สที่อยู่ในกระบอกสูบทุก ๆ โมเลกุลของแก๊สคือ ตัวระบบ
- สิ่งที่ให้ความร้อนหรือรับความร้อนจากระบบคือ **สิ่งแวดล้อม** (surrounding)



อุณหพลศาสตร์

- กฎข้อที่ศูนย์ กล่าวว่า หากเรามีระบบ (หรือวัตถุ) อยู่ 3 ระบบ เช่น ระบบ ก, ข, ค แล้วระบบทั้งสามนี้สัมผัสกันอยู่และสามารถถ่ายเทความร้อนไปมาระหว่างกันได้ ถ้าหากว่า ระบบ ก กับ ระบบ ข อยู่ในสภาวะสมดุลกันทางความร้อน (มีความร้อนเท่ากันนั่นเอง) และ ระบบ ข กับ ระบบ ค อยู่ในสภาวะสมดุลกันทางความร้อนเช่นกัน



http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/86/Thermo1/index.htm

อุณหพลศาสตร์

- กฎข้อที่หนึ่ง เมื่อพลังงานความร้อนเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ ในระบบ ปริมาณของพลังงานทั้งหมดจะคงที่

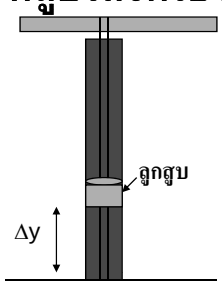
$$Q=\Delta u+W$$

เมื่อ Q คือ พลังงานความร้อน

W คือ ปริมาณงาน

Δu คือ การเปลี่ยนแปลงของพลังงานภายในระบบ

ที่สูบรถจักรยาน



W = แรง × Δy = (แรง/พื้นที่) × Δy × พื้นที่ = $P\Delta V$
จะได้ว่า $Q = \Delta u + P\Delta V$

- ตัวอย่างที่ 9 อากาศจำนวนหนึ่งเมื่อได้รับความร้อน 4.5 kJ จะขยายตัวออก 14 ลิตร ณ ความดันคงที่ กำหนดให้พลังงานภายในเพิ่มขึ้น 300 J ในการขยายตัวนี้ จงหาความดันเครื่องวัดที่กระทำโดยอากาศร้อนนี้ (ตอบ 30,000 Pa)

อุณหพลศาสตร์

- กฎข้อที่สอง เป็นไปไม่ได้ที่ระบบใด ๆ จะดำเนินการในลักษณะที่ดูดกลืนความร้อนจากแหล่งความร้อนที่มีอุณหภูมิค่าหนึ่งแล้วเปลี่ยนความร้อนนั้นให้เป็นงานกลได้อย่างสมบูรณ์ โดยเมื่อสิ้นสุดกระบวนการระบบกลับเข้าสู่สถานะเดิมตอนเริ่มต้น
- เช่น เวลาที่รถเคลื่อนที่พลังงานที่จะเข้าไปในรถในรูปของน้ำมัน พลังงานบางส่วนเปลี่ยนไปอยู่ในรูปพื้นผิวถนนร้อน ยางล้อร้อน ลูกสูบในเครื่องยนต์ร้อนขึ้น เกิดการเสื่อมสภาพ ชิ้นส่วนผุผัง ฯลฯ