.343

.355

.382

.395

.403

.427

.442

1

หลักพื้นฐานการทำความเย็น

ในปัจจุบันเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศนับว่าเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของมนุษย์มาก เช่น ตู้เย็นและตู้แช่ที่ใช้ตามบ้านเรือน เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเก็บรักษาและถนอมอาหารไม่ให้เน่าเสียเร็ว เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในอาคารที่อยู่อาศัย สำนักงาน ศูนย์การค้า โรงภาพยนตร์ ใช้สำหรับปรับอากาศเพื่อความสุขสบายของคน นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศในรถยนต์และรถโดยสารปรับอากาศก็จะช่วยให้การเดินทางของคนมีความสบายมากขึ้น เพราะไม่ต้องหงุดหงิด อารมณ์เสียในขณะที่รถติดและอากาศร้อนจัด ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของคนให้สูงขึ้น

เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศยังมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมหลาย ๆ ประเภท เช่น ในโรงงานทอผ้า การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นจะมีผลต่อคุณภาพของเส้นด้ายที่นำมาทอผ้า ในโรงงานผลิตอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ นอกจากจะต้องการการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้ได้อย่างดีแล้ว การควบคุมความสะอาดของอากาศยังเป็นสิ่งสำคัญมาก ดังนั้นความต้องการช่างฝีมือทางด้านเครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ จึงนับวันจะทวีมากขึ้น

1.1 วิวัฒนาการของการทำความเย็นและปรับอากาศ

ในสมัยโบราณมนุษย์รู้จักการเก็บรักษาและถนอมอาหารไม่ให้เน่าเสียเร็วโดยการนำอาหารไปแช่น้ำแข็งหรือหมกหิมะไว้ตามธรรมชาติ วิธีการนี้ได้ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศแถบที่มีอากาศหนาวเย็น จนกระทั่งเมื่อประมาณ พ.ศ. 2343 ได้มีการตัดน้ำแข็งที่เกิดตามธรรมชาติในฤดูหนาวในแม่น้ำลำคลองไปเก็บไว้ในห้องที่มีฉนวนกันความร้อนบุโดยรอบเพื่อเอาไว้ใช้ในฤดูร้อน และมีการขนส่งน้ำแข็งก้อนโต ๆ ที่ได้จากธรรมชาตินี้จากแถบที่มีอากาศหนาวไปใช้ในแถบที่อากาศร้อน เมื่อประมาณ 70 ปีที่ผ่านมานี้ ชาวต่างประเทศที่มาอยู่ในประเทศไทยและประเทศในเอเชียยังต้องสั่งน้ำแข็งก้อนมาทางเรือจากประเทศอังกฤษหรือยุโรปเพื่อนำมาแช่เบียร์ดื่ม เพราะสมัยนั้นประเทศในเอเชียยังไม่รู้จักตู้เย็นหรือเครื่องทำความเย็น

น้ำแข็งได้ผลิตขึ้นสำเร็จเป็นครั้งแรกในการทดลองเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2363 แต่เป็นเพียงการทดลองเท่านั้น จนกระทั่งปี พ.ศ. 2377 จาคอบ เพอร์กินส์ (Jacob Perkins) วิศวกรชาวอเมริกันจึงได้

ประดิษฐ์เครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (compression system) ขึ้นเป็นเครื่องแรกในโลก และต่อมาในปี พ.ศ. 2398 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันได้ประดิษฐ์เครื่องทำความเย็นระบบแอบซอร์ปชัน (absorption system) ขึ้นโดยอาศัยหลักทฤษฎีที่ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michale Faraday) นักวิทยาศาสตร์ชาวอเมริกันได้ค้นพบไว้เมื่อปี พ.ศ. 2367

ตู้เย็นที่ใช้ในบ้านถูกสร้างขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2453 ทั้งที่สามารถผลิตน้ำแข็งได้ตั้งแต่ต้นปี พ.ศ. 2363 ในปี พ.ศ. 2456 เจ.เอ็ม.ลาร์เซน (J.M. Lasen) ได้ผลิตเครื่องทำความเย็นควบคุมด้วยมือขึ้นเป็นครั้งแรก และในปี พ.ศ. 2461 บริษัทเคลวิเนเตอร์ (Kelvinator Company) ได้ผลิตตู้เย็นซึ่งควบคุมได้โดยอัตโนมัติขึ้นเป็นครั้งแรก และผลิตออกจำหน่ายในสหรัฐอเมริกา ในปีนั้นสามารถจำหน่ายได้ประมาณ 67 ตู้ แต่ในระยะต่อมายอดการผลิตลดต่ำลงและในปี พ.ศ. 2463 มีการจำหน่ายไปแล้วเพียง 200 ตู้เท่านั้น

ราวต้นปี พ.ศ. 2463 อุตสาหกรรมการผลิตตู้เย็นที่ใช้ในบ้านเริ่มมีความสำคัญขึ้น และเป็นที่นิยมแพร่หลายในอเมริกาและยุโรป ต่อมาในปี พ.ศ. 2469 บริษัทเจเนอรัลอิเล็กทริก (General Electric) ได้เริ่มผลิตตู้เย็นออกมาจำหน่าย หลังจากที่ทำการค้นคว้าทดลองกันกว่าสิบปี จึงได้ผลิตตู้เย็นที่ใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบเฮอร์เมติกขึ้นเป็นตู้แรก และในปี พ.ศ. 2470 บริษัทอิเล็กโทรลักซ์ (Electrolux) ได้ผลิตตู้เย็นระบบแอบซอร์ปชันควบคุมโดยอัตโนมัติขึ้นจำหน่ายในสหรัฐอเมริกา

ในอุตสาหกรรมการเก็บรักษาและถนอมอาหารสมัยใหม่ ได้ใช้วิธีการแช่ฟรีซอย่างรวดเร็ว ดังนั้นเครื่องทำความเย็นในระบบฟรีซอย่างรวดเร็ว จึงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2466 สำหรับเครื่องปรับอากาศเครื่องแรกผลิตออกสู่ท้องตลาดในปี พ.ศ. 2470 และเครื่องปรับอากาศรถยนต์ถูกผลิตขึ้นในปี พ.ศ. 2483 แต่ในระยะนั้นยังไม่มีการเก็บสถิติที่แน่นอนของจำนวนรถยนต์ที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบนี้ แต่ก่อนที่สงครามโลกครั้งที่ 2 จะยุติ ประมาณได้ว่ามีรถยนต์ที่ติดตั้งเครื่องทำความเย็นเพื่อปรับอากาศอยู่ประมาณ 3,000-4,000 คัน

ในการศึกษาเกี่ยวกับการทำความเย็น สิ่งสำคัญประการแรกคือ ผู้ศึกษาจะต้องทำความเข้าใจในหลักวิชาขั้นพื้นฐานที่จะได้กล่าวถึงในบทนี้ให้ดีเสียก่อน หลักวิชาเบื้องต้นเหล่านี้จะเป็นการกล่าวทบทวนหลักทางฟิสิกส์และทางเคมีที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นการปูพื้นฐานนำเข้าสู่การประยุกต์ทางปฏิบัติในหลักวิชาของการทำความเย็นต่อไป

1.2 แรง

แรง (force) คืออำนาจชนิดหนึ่ง ซึ่งสามารถเปลี่ยนหรือพยายามเปลี่ยนสถานภาพของวัตถุ เช่น ทำให้วัตถุที่หยุดนิ่งอยู่เคลื่อนที่ หรือทำให้วัตถุที่เคลื่อนที่อยู่แล้วหยุดนิ่ง หรือเปลี่ยนทิศทาง หรือเคลื่อนที่เร็วขึ้น หรือเคลื่อนที่ช้าลง และแรงอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรือขนาดของวัตถุ เช่น ยืด หรือหดตัว บิดโค้ง แรงจะมีหน่วยในการวัดเป็นนิวตัน (newton)

แรง 1 นิวตัน คือแรงที่ทำให้วัตถุที่มีมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 1 เมตร/(วินาที)^2

สูตรสำหรับคำนวณหาค่าแรงมีดังนี้

$$F = ma$$

โดยที่ F = แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
m = มวลวัตถุ มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (kg)
a = ความเร่งของวัตถุ มีหน่วยเป็นเมตร/วินาที^{2} (m/s^2)

ตัวอย่างที่ 1.1 จงหาค่าของแรงที่กระทำต่อวัตถุที่มีมวล 15 kg ให้เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็ว 10 m/s^2 ในทิศทางที่ถูกแรงกระทำ

วิธีทำ จากสูตร $F = ma$
ในที่นี้ $F = ?\ N$
$m = 15\ kg$
$a = 10\ m/s^2$
แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้
$F = 15 \times 10$
$= 150\ N$ *ตอบ*

1.3 ความดัน

ความดัน (pressure) หมายถึง แรงที่กระทำต่อหน่วยของพื้นที่ ซึ่งอาจอธิบายได้ว่าเป็นการวัดความหนาแน่นของแรงที่จุดใดจุดหนึ่งบนพื้นที่ผิวของวัตถุ ขณะใดก็ตามที่มีแรงกระทำบนพื้นที่ผิวทั้งหมดเท่ากันแล้ว ความดันทุกจุดบนพื้นที่ผิวนั้นจะมีค่าเท่ากันด้วย และสามารถคำนวณได้โดยเอาแรงทั้งหมดที่กระทำบนพื้นที่ผิว หารด้วยพื้นที่ผิวทั้งหมดที่รับแรงนั้น

สูตรสำหรับคำนวณมีดังนี้

$$P = \frac{F}{A}$$

โดยที่ P = ความดัน มีหน่วยเป็นนิวตัน/ตารางเมตร (N/m^2)
F = แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
A = พื้นที่ มีหน่วยเป็นตารางเมตร (m^2)

ตัวอย่างที่ 1.2 ถังรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าใบหนึ่ง บรรจุน้ำไว้เต็ม วัดขนาดก้นถังได้กว้าง 2 m ยาว 3 m ถ้ามวลของน้ำทั้งหมดหนัก 18,000 kg จงคำนวณหาค่าของ

ก. แรงที่กระทำบนก้นถังในหน่วยของนิวตัน (N)
ข. ความดันที่กระทำบนก้นถังในหน่วยของปาสคาล (Pa)

วิธีทำ ก. จากสูตร $F = ma$

ในที่นี้ $F = ?\ N$

$m = 18{,}000\ kg$

$a =$ แรงโน้มถ่วงที่ระดับน้ำทะเลมีค่า $9.807\ m/s^2$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$F = 18{,}000 \times 9.807$$

$$= 176{,}526\ N$$

ข. จากสูตร $P = \frac{F}{A}$

ในที่นี้ $P = ?\ N/m^2$ หรือ Pa

$F = 176{,}526\ N$

$A = 2 \times 3\ m^2$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$P = \frac{176{,}526}{6}$$

$$= 29{,}421\ N/m^2 \text{ หรือ } Pa$$

ตอบ

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่าหน่วยของความดันจะมีค่าเป็นนิวตัน/ตารางเมตร (N/m^2) หรือปาสคาล (Pa) หน่วยของความดันนี้ยังสามารถวัดได้เป็นบาร์ (bar) ซึ่งความดัน 1 บาร์ = 100,000 ปาสคาลหรือนิวตัน/ตารางเมตร

1.4 งาน

งาน (work) จะเกิดขึ้นเมื่อมีแรงจำนวนหนึ่งกระทำต่อวัตถุ แล้วทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ไปเป็นระยะทางช่วงหนึ่งในทิศทางที่ขนานกับแรง ปริมาณงานที่ได้คือปริมาณผลคูณระหว่างแรงกับระยะทางที่ขนานกับแรง

สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$W = F \times d$$

ในที่นี้ $W =$ งาน มีหน่วยเป็นจูล (J)

$F =$ แรง มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

$d =$ ระยะทาง มีหน่วยเป็นเมตร (m)

ตัวอย่างที่ 1.3 พัดลมระบายอากาศตัวหนึ่งมีมวลหนัก 165 kg จะต้องยกขึ้นไปติดตั้งบนหลังคาของอาคารที่สูงจากพื้นดิน 96 m จงคำนวณหาค่าของงานที่ต้องกระทำ

วิธีทำ จากสูตร $W = F \times d$

ในที่นี้ $W = ?\ J$

$F = 165\ kg \times 9.807\ m/s^2$

$d = 96\ m$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$W = 165 \times 9.807 \times 96$

$= 155{,}343\ J$ หรือ $155.34\ kJ$ *ตอบ*

1.5 กำลังงาน

กำลังงาน (power) คือ อัตราการทำงานในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หน่วยของกำลังวัดเป็นวัตต์ (watt) กำลังงาน 1 วัตต์ คืองานที่ทำได้จำนวน 1 จูลต่อวินาที (J/s)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณมีดังนี้

$$P = \frac{W}{t}$$

ในที่นี้ P = กำลังงาน มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

W = งานมีหน่วยเป็นจูล (J)

t = เวลา มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ตัวอย่างที่ 1.4 จากตัวอย่างที่ 1.3 จงคำนวณหาค่าของกำลังงานที่ต้องใช้ในการยกพัดลมระบายอากาศขึ้นบนหลังคาภายในเวลา 5 นาที

วิธีทำ จากสูตร $P = \frac{W}{t}$

ในที่นี้ $P = ?\ W$

$W = 155{,}343\ J$

$t = 5 \times 60\ s$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$P = \frac{155{,}343}{300}$$

$= 517.81\ W$ *ตอบ*

1.6 พลังงาน

พลังงาน (energy) คือ ความสามารถในการทำงานได้ พลังงานจะถูกสะสมไว้ในตัววัตถุและเมื่อถูกนำออกมาใช้ก็จะได้เป็นงาน จำนวนพลังงานที่ถูกใช้จะเท่ากับจำนวนของงานที่ได้เสมอ หน่วยของพลังงานก็เช่นเดียวกับงาน คือมีหน่วยเป็นจูล

พลังงานแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1.6.1 พลังงานจลน์ (kinetic energy) เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นกับวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ เช่น การที่กระสุนปืนพุ่งเข้าสู่เป้าหมาย ลูกกระสุนปืนจะมีพลังงานจลน์อยู่ภายในตัว

1.6.2 พลังงานศักย์ (potential energy) เป็นพลังงานที่สะสมอยู่ในตัววัตถุ เช่น ถ้าไขลานนาฬิกาให้แน่น เมื่อสปริงลานนาฬิกาคลายตัวออกก็จะหมุนเข็มนาฬิกาให้เดินซึ่งจะเป็นการทำงาน พลังงานของลานนาฬิกานี้จะเป็นพลังงานศักย์

1.7 ความร้อน

ความร้อน (heat) เป็นพลังงานชนิดหนึ่งซึ่งสามารถทำงานได้ และสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น ๆ หรือพลังงานรูปอื่น ๆ สามารถเปลี่ยนกลับเป็นพลังงานความร้อนได้ พลังงานความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งซึ่งมีอุณหภูมิต่างกัน กล่าวคือ ความร้อนจะถ่ายเทจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า และจะหยุดการถ่ายเทเมื่อวัตถุทั้งสองนั้นมีอุณหภูมิเท่ากัน

1.8 สสาร

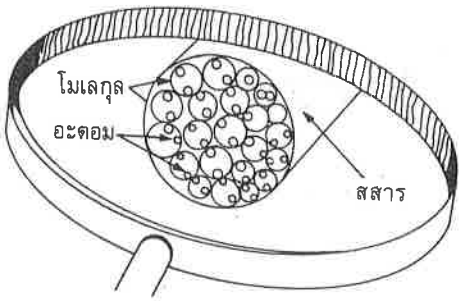
สสาร (matter) หมายถึงสิ่งที่ต้องการที่อยู่อาศัยและมีน้ำหนัก สิ่งต่าง ๆ รอบตัวเราประกอบด้วยสสารซึ่งอยู่ในสถานะของของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ตัวอย่างเช่น น้ำ โดยธรรมชาติของน้ำจะมีสถานะเป็นของเหลว ถ้าความร้อนถูกถ่ายเทออกจากน้ำจนถึงจุดหนึ่ง น้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งซึ่งเป็นของแข็ง หรือในอีกทางหนึ่งการต้มน้ำอันเป็นการเพิ่มปริมาณความร้อนให้กับน้ำ อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้นจนถึงจุดเดือดเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำซึ่งเป็นแก๊ส

โครงสร้างของสสาร สสารประกอบด้วยส่วนที่เล็ก ๆ เรียกว่า*โมเลกุล* แต่ละโมเลกุลของสสารเป็นส่วนที่เล็กที่สุดของวัตถุที่ยังคงไว้ซึ่งสมบัติของสสารนั้น ในแต่ละโมเลกุลยังประกอบด้วยส่วนที่เล็กลงอีกเรียกว่า*อะตอม*

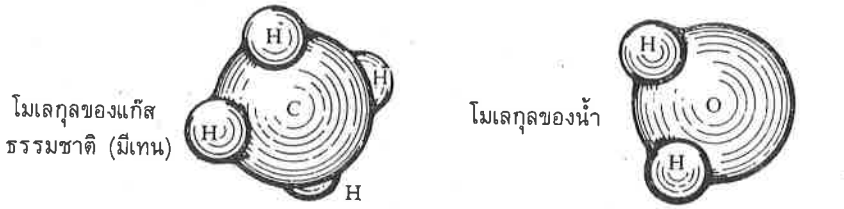
อะตอมแตกต่างจากโมเลกุลตรงที่จะไม่คงที่ (stable) เสมอไป อะตอมมักจะมีความโน้มเอียงที่จะจับตัวกับอะตอมของสารอื่นเพื่อสร้างเป็นโมเลกุลและวัตถุใหม่ที่ต่างออกไป

การจัดตัวและการเคลื่อนที่ของโมเลกุล โมเลกุลในวัตถุชนิดเดียวกันจะเหมือนกันทั้งหมด วัตถุที่ต่างกันจะมีโมเลกุลต่างกัน ลักษณะและสมบัติของวัตถุที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับธรรมชาติและการจัดตัวของโมเลกุลจำนวนล้าน ๆ โมเลกุล ซึ่งสร้างขึ้นเป็นวัตถุ

ตัวอย่างเช่น โมเลกุลของมีเทน (methane) จะมีโครงสร้างที่ประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 4 อะตอมและอะตอมของคาร์บอน 1 อะตอม หรือโมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของไฮโดรเจน 2 อะตอม และอะตอมของออกซิเจน 1 อะตอม

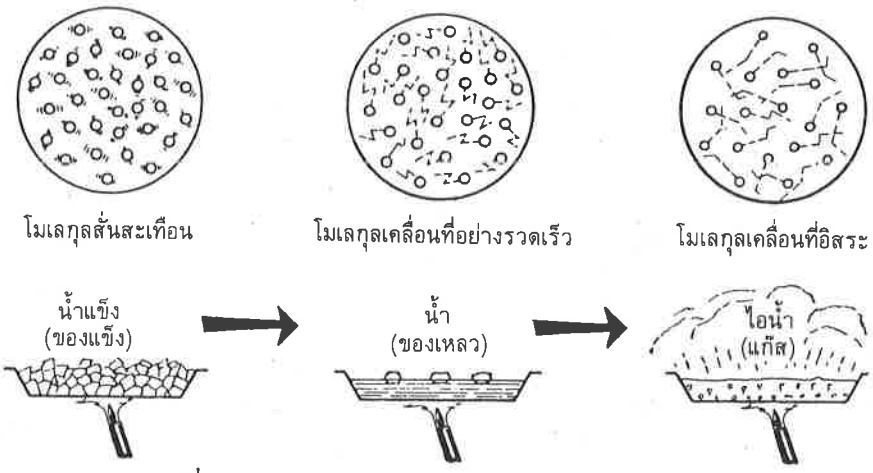


รูปที่ 1.1 โครงสร้างของสสาร



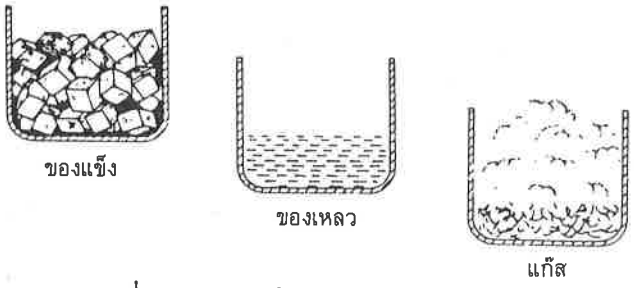
รูปที่ 1.2 โมเลกุล

โมเลกุลจะเคลื่อนที่สม่ำเสมอ การเคลื่อนที่เกิดจากพลังงานที่เรียกว่าพลังงานจลน์ การเพิ่มพลังงานความร้อนให้กับของแข็งเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ของโมเลกุลในของแข็ง การเคลื่อนไหวของโมเลกุลเป็นไปในรูปของการสั่นสะเทือน (vibration) ซึ่งส่วนที่เล็ก ๆ เหล่านี้จะไม่เคลื่อนที่ห่างจากตำแหน่งคงที่ของตัวเอง



รูปที่ 1.3 สภาพอิสระของโมเลกุลในสถานะต่าง ๆ ของสสาร

สถานะของสสาร สสารสามารถคงตัวอยู่ได้ 3 สถานะด้วยกันคือ *ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส* สิ่งต่าง ๆ รอบตัวเราอาจเปลี่ยนแปลงจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่งได้ เช่น น้ำซึ่งอยู่ในสถานะของของเหลว จะไหลและมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปตามภาชนะที่บรรจุ ของเหลวจะไม่สามารถคงรูปของตัวเองได้



รูปที่ 1.4 สถานะทั้งสามของสสาร

เมื่อน้ำถูกดึงปริมาณความร้อนออกจนถึงจุดหนึ่งจะกลายเป็นน้ำแข็ง ซึ่งมีรูปร่างและมีขนาดสามารถคงรูปร่างของตัวเองได้ ในทางตรงข้ามถ้าให้ปริมาณความร้อนแก่น้ำจนถึงจุดหนึ่ง น้ำก็จะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ (หรือแก๊ส) ซึ่งไอหรือแก๊สนี้ถ้าไม่บรรจุไว้ในภาชนะก็จะฟุ้งกระจายไปในอากาศรอบ ๆ โดยทั่วไป

ผลของความร้อนที่มีต่อสถานะของสสาร สสารภายใต้ความกดดันและอุณหภูมิ ณ จุดหนึ่งจะคงตัวอยู่ได้ในสถานะใดสถานะหนึ่งในจำนวนสถานะทั้งสามของสสาร สถานะของสสารจะถูกเปลี่ยนแปลงได้โดยการเพิ่มหรือลดปริมาณความร้อน ตัวอย่างเช่น ถ้านำเอาน้ำแข็งซึ่งอยู่ในสถานะของแข็งมาเพิ่มปริมาณความร้อน น้ำแข็งจะหลอมละลายกลายเป็นน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว และถ้ายังคงต้มน้ำนี้ต่อไปอีก อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุดเดือดและเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอน้ำซึ่งมีสถานะเป็นแก๊ส

น้ำแข็ง → (เพิ่มความร้อน) น้ำ → (เพิ่มความร้อน) ไอน้ำ

ในทางตรงข้าม ถ้านำไอน้ำเดือดซึ่งมีสถานะเป็นแก๊สมาคายความร้อนออก ไอน้ำนี้จะควบแน่นกลายเป็นน้ำซึ่งเป็นของเหลว และถ้ายังคงดึงความร้อนออกจากน้ำต่อไป อุณหภูมิของน้ำจะลดลงเรื่อย ๆ จนถึงจุดเยือกแข็ง น้ำก็จะเปลี่ยนเสถานะเป็นน้ำแข็ง

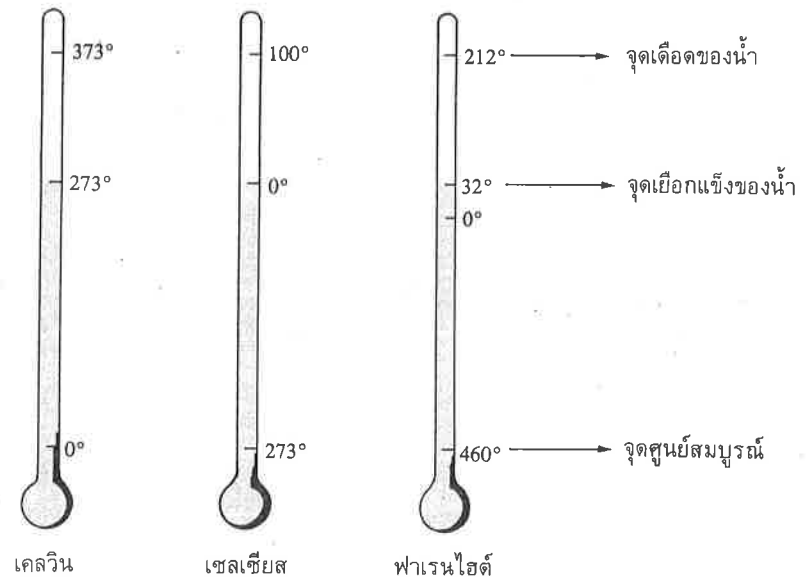
ไอน้ำ → (คายความร้อน) น้ำ → (คายความร้อน) น้ำแข็ง

1.9 อุณหภูมิ

อุณหภูมิ (temperature) เป็นขีดบอกความรู้สึกร้อนหนาว หรือเป็นการวัดระดับความหนาแน่นของความร้อน ถ้าอุณหภูมิสูงเป็นเครื่องชี้ว่าระดับของความร้อนมีมาก ทำให้ร่างกายมีความรู้สึกร้อน ในทางตรงข้าม ถ้าอุณหภูมิต่ำเป็นเครื่องชี้ว่าระดับของความร้อนมีน้อย ทำให้ร่างกายมีความรู้สึกเย็น

1.10 เทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์ส่วนมากอาศัยหลักการขยายตัวและหดตัวของของเหลวในหลอดแก้วเมื่อได้รับความร้อน ส่วนใหญ่จะใช้ของเหลวที่ใช้บรรจุในหลอดแก้วแอลกอฮอล์หรือปรอท แต่ที่นิยมใช้มากก็คือปรอท ทั้งนี้เพราะปรอทมีจุดเดือดสูงกว่าแอลกอฮอล์มาก ทำให้ช่วงผลการขยายตัวที่จะนำมาใช้วัดอุณหภูมิมีมากกว่าแอลกอฮอล์ด้วย อย่างไรก็ตามเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ปรอทก็มีข้อเสียอยู่ที่ราคาสูงและอ่านค่าได้ยาก ส่วนที่ใช้แอลกอฮอล์นั้นมีราคาถูกกว่าและสามารถย้อมสีเพื่อทำให้อ่านค่าได้ง่ายกว่า



รูปที่ 1.5 เทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดเซลเซียสหรือเซนติเกรด (Celcius or Centigrade) และชนิดฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit)

1.10.1 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดเซลเซียส กำหนดให้จุดเยือกแข็งของน้ำภายใต้ความดันบรรยากาศอยู่ที่ 0 องศา และจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 100 องศา ช่วงระหว่างจุดทั้งสองแบ่งออกเป็น 100 ช่วงเท่า ๆ กัน แต่ละช่องมีค่าเป็น 1 องศา ฉะนั้นระยะระหว่างจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำ บนสเกลของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดเซลเซียสจึงมีค่าเป็น 100 องศา จุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 0 องศาเซลเซียสและจุดเดือดอยู่ที่ 100 องศาเซลเซียส

1.10.2 เทอร์โมมิเตอร์ชนิดฟาเรนไฮต์ กำหนดให้จุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 32 องศา และจุดเดือดของน้ำอยู่ที่ 212 องศาภายใต้ความดันบรรยากาศ ช่วงระหว่างจุดเยือกแข็งและจุดเดือดของน้ำแบ่งออก

เป็น 180 ส่วนเท่า ๆ กัน จุด 0 บนสเกลของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดฟาเรนไฮต์กำหนดไว้ที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำลงไปอีก 32 ช่อง จุดเยือกแข็งของน้ำอยู่ที่ 32 องศาฟาเรนไฮต์ และจุดเดือดอยู่ที่ 212 องศาฟาเรนไฮต์

1.11 การแปลงค่าอุณหภูมิ

ค่าอุณหภูมิที่อ่านได้บนสเกลใดสเกลหนึ่งสามารถแปลงค่าอุณหภูมิ (temperature conversion) เป็นสเกลอื่นได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

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

ตัวอย่างที่ 1.5 ถ้าเทอร์โมมิเตอร์ชนิดเซลเซียสอ่านค่าได้ 50°C ถ้าเป็นชนิดฟาเรนไฮต์จะอ่านค่าได้เท่าไร?

วิธีทำ จากสูตร $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$

ในที่นี้ $F = ?$

$C = 50$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$\frac{50}{5} = \frac{F-32}{9}$$

$$10 \times 9 = F - 32$$

$$\therefore F = 90 + 32$$

$$= 122°F$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.6 ถ้าเทอร์โมมิเตอร์ซึ่งติดบนผนังห้องอ่านค่าได้ 86°F อุณหภูมิชนิดเซลเซียสจะมีค่าเท่าไร?

วิธีทำ จากสูตร $\frac{C}{5} = \frac{F-32}{9}$

ในที่นี้ $C = ?$

$F - 86°F$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$$\frac{C}{5} = \frac{86-32}{9}$$

$$\therefore C = \frac{54}{9} \times 5$$

$$= 30°C$$

ตอบ

1.12 อุณหภูมิสมบูรณ์

อุณหภูมิสมบูรณ์ (absolute temperature) มีหน่วยวัดเป็นองศาเคลวิน (K) ซึ่งสามารถเทียบหน่วยองศาเซลเซียส (°C) เป็นองศาเคลวินได้จากสูตร

$$K = C + 273$$

ตัวอย่างที่ 1.7 ถ้าอุณหภูมิของแก๊สชนิดหนึ่งวัดได้เป็น 100°C ต้องการทราบว่าแก๊สนี้จะมีอุณหภูมิเป็นเท่าใดในหน่วยของเคลวิน?

วิธีทำ จากสูตร $K = C + 273$

ในที่นี้ $K = ?$

$C = 100°C$

แทนค่าจากสูตรได้ดังนี้

$K = 100 + 273$

$= 373\ K$ *ตอบ*

ตัวอย่างที่ 1.8 ในระบบเครื่องทำความเย็น อุณหภูมิของน้ำยาในสถานะแก๊สที่ถูกดูดกลับเข้าทางท่อซักชั่น วัดได้ -30°C จะมีค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ในหน่วยของเคลวินเป็นเท่าใด?

วิธีทำ จากสูตร $K = C + 273$

ในที่นี้ $K = ?$

$C = -30°C$

แทนค่าจากสูตรจะได้

$K = -30 + 273$

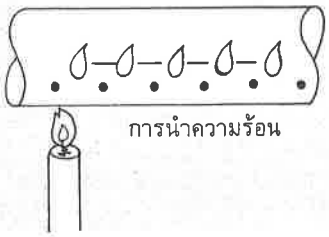
$= 243\ K$ *ตอบ*

1.13 การถ่ายเทความร้อน

ความร้อนจะถ่ายเทจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ 3 ทางคือ

1. **การนำความร้อน** (conduction) เป็นวิธีการเคลื่อนที่ของความร้อน ซึ่งความร้อนจะส่งผ่านจากโมเลกุลหนึ่งไปยังอีกโมเลกุลหนึ่งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในเนื้อวัตถุเดียวกันหรือต่างกัน ความร้อนจะไหลผ่านของแข็งโดยวิธีนี้

ตัวอย่างเช่น ถ้าจับปลายข้างหนึ่งของแท่งโลหะไว้ แล้วนำปลายอีกข้างหนึ่งของโลหะนั้นเผาไฟ ในไม่ช้าจะรู้สึกว่ามีความร้อนมาถึงมือที่จับโลหะ ที่เป็นเช่นนี้เพราะโมเลกุลของโลหะตรงจุดที่ถูกไฟเผาได้รับปริมาณความร้อนมากและมีอุณหภูมิสูงขึ้น ส่งผ่านไปให้โมเลกุลที่อยู่ข้างเคียง จากโมเลกุลแรกไปยัง



รูปที่ 1.6 การนำความร้อน

โมเลกุลที่สองและต่อ ๆ ไปจนถึงปลายอีกข้างหนึ่งของโลหะที่มือจับอยู่ ซึ่งเรียกว่าเกิดการนำความร้อนในแท่งโลหะนั้น โดยที่โมเลกุลของแท่งโลหะไม่ได้เคลื่อนที่ไปด้วย

การนำความร้อนเกิดขึ้นในของแข็งได้ดีกว่าของเหลวและแก๊ส โลหะที่เป็นตัวนำความร้อนได้ดีที่สุดคือเงิน รองมาคือทองแดง ทอง และทองเหลือง ตามลำดับ จากความรู้ในเรื่องของการนำความร้อนนี้สามารถนำมาเลือกชนิดของโลหะที่ทำท่อทางเดินน้ำยาของระบบเครื่องทำความเย็นซึ่งจะใช้ทองแดง ทั้งนี้เพราะทองแดงเป็นตัวนำความร้อนที่ดีเกือบเท่าเงิน แต่ราคาถูกกว่ากันมาก

2. การพาความร้อน (convection) เป็นวิธีการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในของไหล ซึ่งโมเลกุลมีอิสระที่จะเคลื่อนไหวไปรอบ ๆ ได้ เมื่อความร้อนเคลื่อนที่โดยวิธีนี้ จำนวนของปริมาณความร้อนจะไหลโดยติดไปกับโมเลกุลซึ่งกำลังเคลื่อนที่อยู่นั้น

รูปที่ 1.7 การพาความร้อน

การพาความร้อนจะเกิดขึ้นในของเหลวหรือแก๊สซึ่งเป็นของไหลเท่านั้น แต่จะไม่เกิดขึ้นในของแข็ง ทั้งนี้เพราะโมเลกุลของของแข็งอยู่กับที่ การพาความร้อนเกิดขึ้นโดยหลักที่ว่าเมื่อโมเลกุลของของเหลวหรือแก๊สได้รับความร้อนจะขยายตัวและมีความหนาแน่นน้อยลง จึงเบาและลอยตัวสูงขึ้นพาเอาความร้อนเคลื่อนที่ติดไปด้วย ของเหลวหรือแก๊สบริเวณใกล้เคียงซึ่งเย็นกว่าและมีความหนาแน่นมากกว่าจะไหลเข้ามาแทนที่ เกิดการไหลวนเวียนขึ้นในของเหลวหรือแก๊สนั้น ทำให้ความร้อนไหลวนเวียนตามโมเลกุลไปด้วย

3. การแผ่รังสีความร้อน (radiation) เป็นวิธีการเคลื่อนที่ของความร้อนโดยไม่ได้ขึ้นอยู่กับโมเลกุล วิธีนี้ความร้อนเคลื่อนที่ทางเดียวกับแสงเดินทางจากดวงไฟซึ่งเป็นวิธีเดียวกับที่ความร้อนจากดวงอาทิตย์ส่งผ่านมายังผิวโลก

รูปที่ 1.8 การแผ่รังสีความร้อน

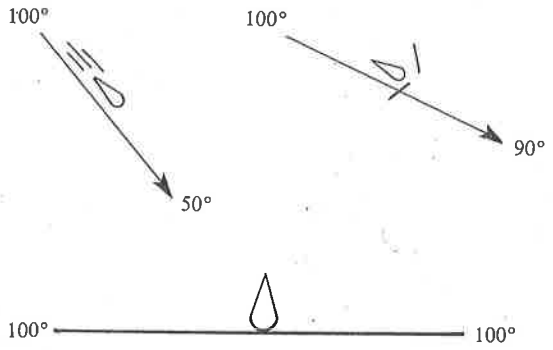
การแผ่รังสีความร้อนจึงเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยไม่ต้องอาศัยตัวกลางใด ๆ แต่การแผ่รังสีจะเกิดขึ้นในรูปของคลื่นเช่นเดียวกับคลื่นแสง ตัวอย่างที่สามารถอธิบายให้เห็นได้ง่าย ๆ คือ หลอดไฟฟ้า ซึ่งภายในเป็นสุญญากาศ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าในไส้หลอดจะเกิดความร้อนและแสงสว่างที่ไส้หลอดนั้น ถ้าเอามือจับที่ผิวหลอดไฟจะรู้สึกร้อนที่เป็นเช่นนี้เพราะความร้อนจากไส้หลอดส่งผ่านสุญญากาศในหลอดมายังผิวหลอดได้ในรูปของคลื่น เช่นเดียวกับคลื่นแสงนั่นเอง ซึ่งการถ่ายเทความร้อนโดยวิธีนี้เรียกว่า การแผ่รังสีความร้อน

1.14 ทิศทางและอัตราการไหลของความร้อน

ความร้อนจะไหลจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งเมื่อวัตถุทั้งสองนั้นมีอุณหภูมิต่างกัน ถ้าอุณหภูมิของวัตถุทั้งสองเท่ากัน ความร้อนจะหยุดการถ่ายเท

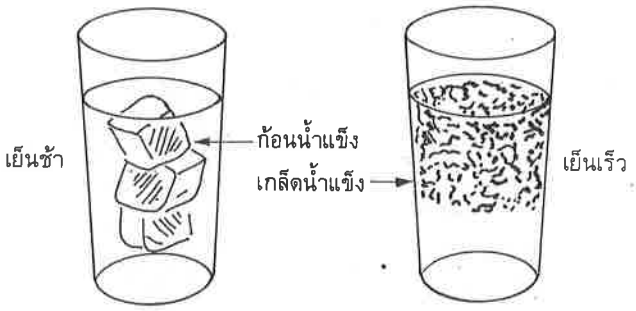
ความร้อนจะไหลจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเสมอ อัตราการถ่ายเทความร้อนขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ ดังนี้

1. **ความแตกต่างของอุณหภูมิ** จะมีผลต่อความเร็วในการไหลของความร้อนนั่นคือ ถ้าวัตถุมีอุณหภูมิแตกต่างกันมาก จำนวนของแคลอรีจะไหลจากวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงไปยังวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าได้เร็ว แต่ถ้าอุณหภูมิแตกต่างกันน้อย จำนวนของแคลอรีจะไหลช้า และถ้าอุณหภูมิไม่แตกต่างกันเลยก็จะไม่มีการไหลของความร้อนเกิดขึ้น



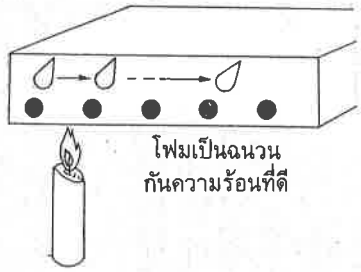
รูปที่ 1.9 ความแตกต่างของอุณหภูมิมีผลต่อความเร็วในการถ่ายเทความร้อน

2. พื้นที่ผิว ส่วนที่จะมีผลต่ออัตราการไหลของความร้อนคือพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างวัตถุที่ร้อนและวัตถุอื่น โดยทั่วไปถ้าพื้นที่ผิวถูกสัมผัสมาก อัตราการไหลของความร้อนจะมีมาก ตัวอย่างเช่น แก้วน้ำสองใบที่มีปริมาตรและอุณหภูมิที่เท่ากัน ถ้าใส่น้ำแข็งลงในแก้วทั้งสองให้มีปริมาณเท่า ๆ กัน แต่แก้วหนึ่งใส่ทั้งก้อน อีกแก้วหนึ่งทุบให้เป็นเกล็ด สังเกตดูจะเห็นว่าน้ำในแก้วที่พบเป็นเกล็ดจะเย็นเร็วกว่าน้ำในแก้วที่ใส่น้ำแข็งทั้งก้อน ที่เป็นเช่นนี้เพราะน้ำแข็งเกล็ดมีพื้นที่ผิวสัมผัสมากกว่าน้ำแข็งก้อน



รูปที่ 1.10 พื้นที่ผิว

3. ชนิดของวัตถุ จะมีผลต่ออัตราการไหลของความร้อนคือ ชนิดของวัตถุซึ่งความร้อนจำเป็นต้องผ่าน วัตถุบางชนิดจำพวกตัวนำจะปล่อยให้ความร้อนผ่านไปอย่างรวดเร็ว แต่ก็ยังมีวัตถุอีกหลายชนิด เช่น โฟม ไม่ยอมให้ความร้อนไหลผ่านโดยง่าย วัตถุที่ไม่ยอมให้ความร้อนไหลผ่านโดยง่ายจัดเป็นตัวนำความร้อนที่เลวหรือฉนวนความร้อน (insulator)



รูปที่ 1.11 ชนิดของวัตถุที่มีผลต่ออัตราการไหลของความร้อน

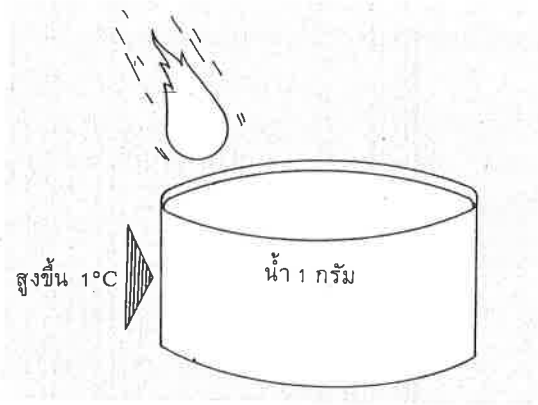
ในงานเครื่องทำความเย็น วัตถุประเภทที่เป็นตัวนำความร้อน เช่น ทองแดงหรืออะลูมิเนียม ถูกนำมาใช้เป็นท่อทางเดินน้ำยาของระบบเครื่องทำความเย็น ครีบอะลูมิเนียมก็เป็นวัตถุตัวนำที่ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวในการระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์และคอยล์เย็น ส่วนวัตถุประเภทฉนวนกันความร้อน เช่น โฟมหรือใยแก้ว ถูกนำมาใช้เป็นฉนวนที่บุโดยรอบตู้เย็นและห้องเย็น ในห้องปรับอากาศมักจะนำเอาไมโครไฟเบอร์ซึ่งเป็นสารประเภทใยแก้วมาบุบฝ้าเพดานห้อง เพื่อลดค่าปริมาณความร้อนที่จะรั่วผ่านจากหลังคาเข้ามาในบริเวณที่ปรับอากาศ

1.15 แคลอรี

แคลอรี (calory) เป็นหน่วยที่ใช้วัดปริมาณความร้อน ดังที่อธิบายไว้แล้วว่าเทอร์โมมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดระดับอุณหภูมิ ซึ่งจะใช้วัดได้เฉพาะระดับความหนาแน่นของความร้อนเท่านั้น อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติงานเกี่ยวกับความร้อน บางครั้งจำเป็นต้องวัดค่าปริมาณความร้อนด้วย

เนื่องจากความร้อนเป็นพลังงานซึ่งไม่มีตัวตนจึงไม่สามารถวัดได้โดยตรง แต่จะวัดได้จากผลของความร้อนที่กระทำต่อวัตถุ เช่น ทำให้วัตถุมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป หรือเปลี่ยนสถานะ เปลี่ยนสี เปลี่ยนขนาด เป็นต้น

ปริมาณความร้อน 1 แคลอรี* หมายถึง ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำซึ่งมีมวล 1 กรัม มีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 องศาเซลเซียส หมายความว่า ถ้าเพิ่มปริมาณความร้อนจำนวนนี้ให้กับน้ำซึ่งมีมวล 1 กรัม จะทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส หรือในทางตรงข้าม ถ้าดึงปริมาณความร้อนออก 1 แคลอรีจากน้ำซึ่งมีมวล 1 กรัม ก็จะทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลงจากเดิม 1 องศาเซลเซียสเช่นกัน



รูปที่ 1.12 หน่วยแคลอรี

แคลอรีคือ ค่าผลรวมของปริมาณความร้อนที่มีอยู่ในตัววัตถุ จึงกล่าวได้ว่าวัตถุใดที่มีค่าแคลอรีมาก วัตถุนั้นย่อมมีค่าผลรวมของปริมาณความร้อนในตัวมาก

1.16 ความร้อนจำเพาะ

ความร้อนจำเพาะ (specific heat) ของวัตถุใด หมายถึง ปริมาณความร้อนที่พอดีทำให้วัตถุซึ่งมีมวล 1 กรัมมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 1 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงเห็นได้ว่าค่าความร้อนจำเพาะของน้ำจะมีค่าเท่ากับ 1 แคลอรี และค่าความร้อนจำเพาะของวัตถุอื่นจะบอกเป็นตัวเลขที่แสดงให้ทราบว่าวัตถุนั้นมีความจุความร้อนเป็นกี่เท่าของน้ำ อย่างไรก็ตามถ้าวัตถุเปลี่ยนจากสถานะหนึ่งไปยังอีกสถานะหนึ่ง ค่าความร้อนจำเพาะของวัตถุนั้นในสถานะของแข็ง จะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งโดยประมาณของวัตถุเดียวกันในสถานะของเหลว

*ปริมาณความร้อน 1 แคลอรี มีค่าเท่ากับพลังงาน 4.2 จูล

เช่น ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำแข็งจะมีค่า 0.5 แคลอรี ขณะที่ความร้อนจำเพาะของน้ำมีค่า 1 แคลอรี ดังนั้น

ความร้อนจำเพาะของน้ำ = 1 แคลอรี/กรัม/°C
ความร้อนจำเพาะของน้ำแข็ง = 0.5 แคลอรี/กรัม/°C

1.17 การคำนวณเกี่ยวกับปริมาณความร้อน

ปริมาณความร้อนที่เพิ่มเข้าหรือดึงออกจากตัวของวัตถุจะทำให้วัตถุนั้นมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

$$Q = mst$$

โดยที่ Q = ปริมาณความร้อน มีหน่วยเป็นแคลอรี (cal)
m = มวลสสารหรือน้ำหนัก มีหน่วยเป็นกรัม (g)
s = ความร้อนจำเพาะของสารนั้น มีหน่วยเป็นแคลอรี/กรัม/องศาเซลเซียส (cal/g/°C)
t = ค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส (°C)

ตัวอย่างที่ 1.9 น้ำจำนวน 100 g ที่อุณหภูมิ 28°C ถูกทำให้ร้อนขึ้นจนถึงอุณหภูมิเป็น 88°C จงหาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้เพิ่มให้กับจำนวนนี้

วิธีทำ จากสูตร $Q = mst$

ในที่นี้ $Q = ?\ cal$

$m = 100\ g$

$s = 1\ cal/g/°C$

$t = (88 - 28)\ °C$

แทนค่าจากสูตรดังนี้ $= 100 \times 1 \times 60$

$= 6{,}000\ cal$

∴ ต้องใช้ปริมาณความร้อน $= 6{,}000\ cal$ *ตอบ*

ตัวอย่างที่ 1.10 จงหาค่าปริมาณความร้อนที่ถูกดึงออกจากน้ำ 200 g แล้วทำให้น้ำนี้มีอุณหภูมิลดต่ำลงจาก 39°C เป็น 2°C ว่ามีค่าเท่าไร?

วิธีทำ จากสูตร $Q = mst$

ในที่นี้ $Q = ?\ cal$

$m = 200\ g$

$s = 1\ cal/g/°C$

$t = (39 - 2)\ °C$

แทนค่า $Q = 200 \times 1 \times 37$

$= 7{,}400$ cal

∴ ต้องดึงปริมาณความร้อนออก = 7,400 cal *ตอบ*

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าสสารเมื่อได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และถ้ายังคงให้ปริมาณความร้อนเข้าไปเรื่อย ๆ สสารนั้นจะถูกเปลี่ยนสถานะ ฉะนั้นจึงแบ่งความร้อนออกได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. **ความร้อนสัมผัส** (sensible heat) เป็นปริมาณความร้อนที่ทำให้สสารมีอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปแต่สถานะคงเดิมอยู่ เช่น น้ำซึ่งมีสถานะเป็นของเหลว เมื่อถูกเพิ่มปริมาณความร้อนเข้าไปน้ำนั้นจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศซึ่งเรียกว่า *จุดเดือดของน้ำ* ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจนถึงจุดเดือดนี้จัดว่าเป็นความร้อนสัมผัส

2. **ความร้อนแฝง** (latent heat) เป็นปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะของสสารโดยมีอุณหภูมิคงที่อยู่ ซึ่งความร้อนแฝงนี้ยังแบ่งออกได้เป็น 2 อย่างคือ

ก. ความร้อนแฝงของการหลอมเหลว เช่น น้ำแข็งที่ 0 องศาเซลเซียส ถ้าถูกเพิ่มปริมาณความร้อนจะหลอมละลายกลายเป็นน้ำหมดที่ 0 องศาเซลเซียส

ข. ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ เช่น น้ำเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส ถ้าถูกเพิ่มปริมาณความร้อนจะกลายเป็นไอหมดที่ 100 องศาเซลเซียสเช่นกัน

ในการคำนวณหาค่าปริมาณความร้อนแฝง ใช้สูตรดังนี้

$$Q = mL$$

โดยที่ Q = ปริมาณความร้อน มีหน่วยเป็นแคลอรี (cal)

m = มวลสสารหรือน้ำหนัก มีหน่วยเป็นกรัม (g)

L = ความร้อนแฝง มีหน่วยเป็นแคลอรี/กรัม (cal/g)

หมายเหตุ ความร้อนแฝงของการหลอมเหลวของน้ำแข็ง = 79.68 แคลอรี/กรัม

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ = 540 แคลอรี/กรัม

ตัวอย่างที่ 1.11 จงคำนวณหาค่าของปริมาณความร้อนที่ใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็งจำนวน 25 g ที่ 0°C ให้กลายเป็นน้ำหมดที่ 0°C

วิธีทำ จากสูตร $Q = mL$

ในที่นี้ $Q = ?$ cal

$m = 25$ g

ความร้อนแฝงของการหลอมละลายของน้ำแข็ง (L) = 79.68 cal/g

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $Q = 25 \times 79.68$

$= 1{,}992$ cal *ตอบ*

จากตัวอย่างที่ 1.11 จะเห็นได้ว่าค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็ง 25 กรัม ที่ 0 องศาเซลเซียสให้กลายเป็นน้ำหมดที่ 0 องศาเซลเซียส ต้องใช้ปริมาณความร้อน 1,992 แคลอรี ในทางตรงข้าม ถ้าดึงปริมาณความร้อนออกจากน้ำ 25 กรัมที่ 0 องศาเซลเซียส จำนวน 1,992 แคลอรี น้ำนี้ก็จะถูกเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็งหมดพอดีที่ 0 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างที่ 1.12 ถ้าให้ปริมาณความร้อนแก่น้ำแข็ง 75 g ที่ 0°C จำนวน 3,600 cal จงหาว่าน้ำแข็งจะถูกหลอมละลายไปเป็นจำนวนเท่าไร?

วิธีทำ จากสูตร $Q = mL$

ในที่นี้ $Q = 3{,}600$ cal

$m = ?$ g

$L = 79.68$ cal/g

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $3{,}600 = m \times 79.68$

$$\therefore m = \frac{3{,}600}{79.68} = 45.18$$

นั่นคือน้ำแข็งถูกหลอมละลาย $= 45.18$ g *ตอบ*

ตัวอย่างที่ 1.13 จงหาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำเดือด 100°C จำนวน 100 g ให้กลายเป็นไอหมดพอดีที่ 100°C

วิธีทำ จากสูตร $Q = mL$

ในที่นี้ $Q = ?$ cal

$m = 100$ g

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของน้ำ (L) $= 540$ cal/g

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $Q = 100 \times 540$

∴ ต้องใช้ปริมาณความร้อน $= 54{,}000$ cal *ตอบ*

ตัวอย่างที่ 1.14 ถ้าดึงปริมาณความร้อนออกจากไอน้ำเดือด 75 g ที่ความดันบรรยากาศ เป็นจำนวน 10,800 cal จงหาว่าไอน้ำนี้จะถูกกลั่นตัวเป็นน้ำเดือดจำนวนเท่าไร?

วิธีทำ จากสูตร $Q = mL$

ในที่นี้ $Q = 10{,}800$ cal

$m = ?$ g

$L = 540$ cal/g

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $10{,}800 = m \times 540$

$$m = \frac{10,800}{540}$$

$\therefore$ ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นน้ำเดือด $= 20$ g *ตอบ*

1.18 ผลรวมของปริมาณความร้อน

ผลรวมความร้อนของสสารใดขึ้นอยู่กับการนำค่าปริมาณความร้อนในแต่ละสถานะของสสารนั้นมารวมกันทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง

ตัวอย่างที่ 1.15 จงหาค่าผลรวมของปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการทำให้น้ำแข็ง 1 g ที่ $-273°C$ ให้กลายเป็นน้ำเดือดหมดที่ $100°C$

วิธีทำ ก. หาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการทำให้น้ำแข็ง 1 g มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก $-273°C$ เป็น $0°C$ (สมมติเป็น Q_1)

สูตร $Q_1 = mst$

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $= 1 \times 0.5 \times 0-(-273)$

$= 1 \times 0.5 \times 273$

$= 136.5$ cal

ข. หาค่าปริมาณความร้อนที่ใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็ง 1 ที่ $0°C$ ให้กลายเป็นน้ำหมดที่ $0°C$ (สมมติเป็น Q_2)

สูตร $Q_2 = mL$

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $= 1 \times 79.68$

$= 79.68$ cal

ค. หาค่าปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 g ที่ $0°C$ มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น $100°C$ (สมมติเป็น Q_3)

สูตร $Q_3 = mst$

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $= 1 \times 1 \times (100-0)$

$= 100$ cal

ง. หาค่าปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำเดือด 1 g ที่ $100°C$ กลายเป็นไอหมดพอดีที่ $100°C$ (สมมติเป็น Q_4)

สูตร $Q_4 = mL$

แทนค่าจากสูตรจะได้ดังนี้ $= 1 \times 540$

$= 540$ cal

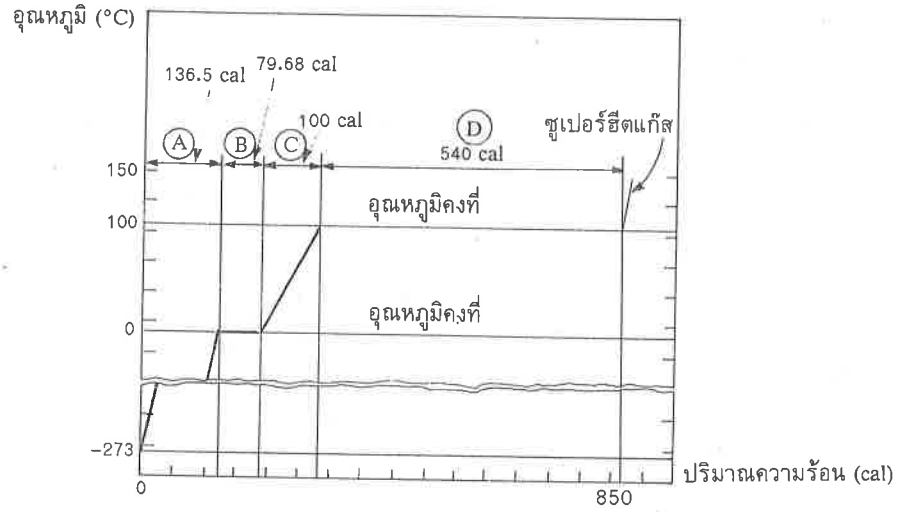
จ. หาค่าผลรวมของปริมาณความร้อนทั้งหมด

จาก $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$

$= 136.5 + 79.68 + 100 + 540$

$= 856.18$ cal *ตอบ*

ค่าผลรวมของปริมาณความร้อนที่คำนวณได้จากตัวอย่างนี้ แสดงไว้ดังรูปที่ 1.13



(A) ปริมาณความร้อนสัมผัสที่ทำให้น้ำแข็ง 1 g มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก −273°C เป็น 0°C

(B) ปริมาณความร้อนแฝงที่ใช้ในการหลอมละลายน้ำแข็ง 1 g

(C) ปริมาณความร้อนสัมผัสที่ทำให้น้ำ 1 g มีอุณหภูมิสูงขึ้นจาก 0°C เป็น 100°C

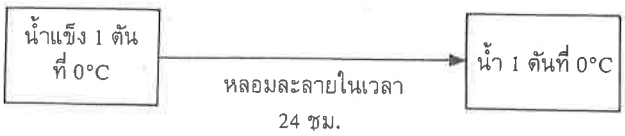
(D) ปริมาณความร้อนแฝงที่ใช้ในการกลายเป็นไอของน้ำ 1 g

รูปที่ 1.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของปริมาณความร้อน อุณหภูมิ และสถานะของสสาร

1.19 ตันของการทำความเย็น

ก่อนทำความเข้าใจถึงเรื่องตันของการทำความเย็น (ton of refrigeration) จำเป็นต้องทราบเสียก่อนว่าจำนวนปริมาณความร้อนแฝงของการหลอมละลายของน้ำแข็งหนัก 1 กรัมที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส หลอมละลายกลายเป็นน้ำหมด 1 กรัมที่ 0 องศาเซลเซียส จะต้องใช้ปริมาณความร้อนแฝง 79.68 แคลอรี

1 ตันของการทำความเย็น ได้มาจากการนำน้ำแข็งหนัก 1 ตัน (1,000 กิโลกรัม) ที่ 0 องศาเซลเซียส มาหลอมละลายดูดรับปริมาณความร้อนกลายเป็นน้ำ 1 ตันที่ 0 องศาเซลเซียสหมดพอดีในเวลา 1 วัน



จากสูตร $Q = mL$

โดยที่ Q คือปริมาณความร้อน = ? กิโลแคลอรี (kcal)

M คือมวลหรือน้ำหนักของน้ำแข็ง = 1,000 กิโลกรัม (kg)

L คือความร้อนแฝงของการหลอมละลายของน้ำแข็งมีค่า 79.68 แคลอรี

แทนค่า $Q = 1{,}000 \times 79.68$ kcal/วัน

$= 79{,}680$ kcal/วัน (288,000 Btu/วัน)

หรือ $= \frac{79{,}680}{24}$ kcal/ชม.

$= 3{,}320$ kcal/ชม. (12,000 Btu/ชม.)

นั่นคือ 1 ตันของการทำความเย็น มีค่าเท่ากับความสามารถในการดูดรับปริมาณความร้อนของเครื่อง 3,320 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง (12,000 บีทียู/ชั่วโมง)

ในปัจจุบัน การกำหนดขนาดของเครื่องทำความเย็นมักกำหนดเป็นกิโลแคลอรีมากกว่าที่จะกำหนดขนาดของเครื่องเป็นตันหรือเป็นแรงม้า แต่ถ้ากำหนดเป็นตันก็จะต้องบอกค่าเป็นกิโลแคลอรีกำกับไว้ด้วยเสมอ เช่น เครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตันหรือ 3,320 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง เป็นต้น

2

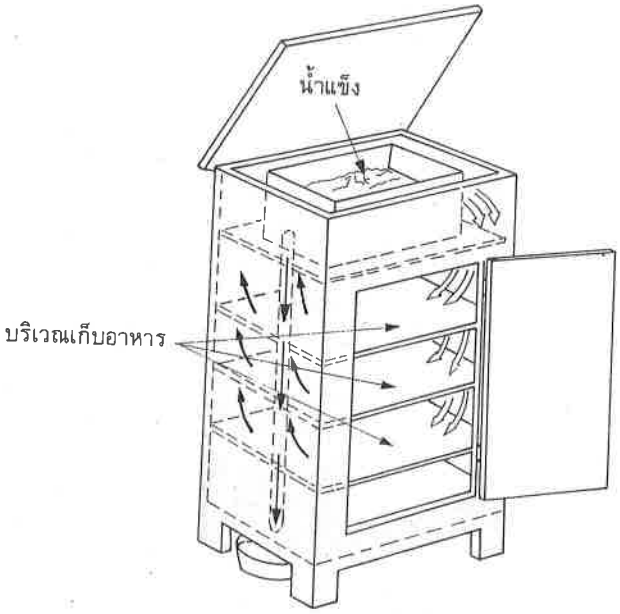
ระบบการทำความเย็น

มนุษย์รู้จักหลักการทำความเย็นในระบบต่าง ๆ มาเป็นเวลาช้านาน บางระบบที่ใช้งานแล้วให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูงก็จะถูกพัฒนาปรับปรุงให้ดีขึ้นเรื่อย ๆ บางระบบถ้าใช้งานแล้วมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นต่ำก็จะถูกเลิกใช้ไป สำหรับในบทนี้จะได้กล่าวถึงหลักการทำความเย็นในระบบต่าง ๆ ซึ่งอาจแบ่งได้หลายทาง เช่น แบ่งตามชนิดของตัวปรับอัตราการไหลของน้ำยา แบ่งตามชนิดของน้ำยาที่ใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็น หรือแบ่งตามชนิดของการควบคุมมอเตอร์ ระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (compression system) และระบบแอบซอร์ปชัน (absorption system) เป็นต้น อย่างไรก็ตามในที่นี้จะไม่มีการจัดแบ่งระบบการทำความเย็นตามแบบใดแบบหนึ่งโดยเฉพาะ แต่จะได้รวบรวมเอาระบบต่าง ๆ มากล่าวไว้เป็นเบื้องต้นเท่านั้น

2.1 การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็ง

ตู้เย็นที่ใช้น้ำแข็งในการทำความเย็นพบว่าใช้กันมานานแล้วและในปัจจุบันก็ยังใช้อยู่บ้าง ตู้เย็นแบบนี้ประกอบด้วยตัวตู้ซึ่งบุฉนวนกันความร้อน มีถาดหรือช่องใส่น้ำแข็งอยู่ที่ส่วนบนของตัวตู้ (ดูรูปที่ 2.1) ถาดนี้เจาะรูสำหรับให้น้ำละลายไหลลงสู่ถังรองน้ำทิ้งใต้ตู้ และมีชั้นสำหรับใส่อาหารที่ต้องการแช่อยู่ข้างใต้ถาดใส่น้ำแข็ง ซึ่งก็คือการทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็ง (ice refrigeration)

เมื่อนำน้ำแข็งใส่ลงในถาดหรือช่องใส่น้ำแข็ง ขณะที่น้ำแข็งหลอมละลายกลายเป็นน้ำจะดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศรอบตัวทำให้อากาศเย็นลงและมีความหนาแน่นสูงขึ้น ไหลลงสู่ตอนล่างของตู้ ไปดูดรับปริมาณความร้อนจากอาหารหรือของที่แช่ภายในตู้อีกทีหนึ่ง อากาศเย็นเมื่อดูดรับปริมาณความร้อนจากอาหารหรือของที่แช่ในตู้แล้วจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น เบา และลอยตัวสูงขึ้นด้วยแล้วไปผ่านโดยรอบน้ำแข็งทำให้น้ำแข็งหลอมละลาย อากาศจะมีอุณหภูมิลดต่ำอีกครั้งหนึ่งและไหลตกลงสู่ตอนล่างของตู้ วนเวียนอยู่เช่นนี้จนกว่าน้ำแข็งจะหลอมละลายหมดก็จะหยุดการทำความเย็น



รูปที่ 2.1 ตู้เย็นแบบใช้น้ำแข็ง

ถ้าต้องการใช้น้ำแข็งเพื่อทำความเย็นให้มีอุณหภูมิลดต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ก็ย่อมจะทำได้ โดยการใช้เกลือผสมลงในน้ำแข็งทั้งนี้เพราะเกลือสามารถละลายได้ในน้ำแข็ง ขณะที่เกลือละลายต้องการความร้อนแฝงก็จะดูดรับเอาจากน้ำแข็ง ทำให้จุดหลอมละลายของน้ำแข็งลดต่ำลงกว่า 0 องศาเซลเซียสได้

2.2 การทำความเย็นโดยใช้การระเหยตัวของน้ำ

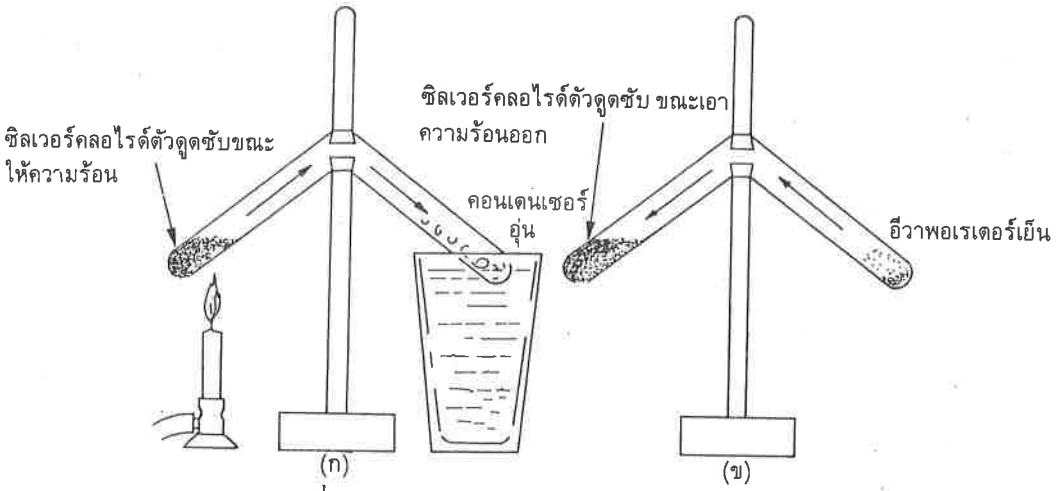
ดังได้ทราบมาแล้วว่า ในขณะที่ของเหลวระเหยตัวเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอจะดูดรับความร้อนแฝง จากความรู้เรื่องนี้ชาวอียิปต์โบราณยุคต้น ๆ ได้พบวิธีทำน้ำให้เย็นโดยการบรรจุน้ำไว้ในเหยือกพรุน (porous jars) วางไว้บนหลังคาบ้าน หลังจากพระอาทิตย์ตก น้ำในเหยือกจะซึมผ่านออกมายังผิวนอก ลมตอนกลางคืนจะระเหยน้ำที่ผิวนี้ ทำให้น้ำในเหยือกที่เหลือเย็นลง และโดยวิธีเดียวกันนี้ชาวชนบทในภาคเหนือของไทยก็ใช้ตุ่มดินที่มีผิวพรุนใส่น้ำ น้ำในตุ่มจะซึมผ่านออกมายังผิวนอกและถูกระเหยไป ในขณะที่น้ำระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอ จะดูดรับความร้อนแฝงทำให้น้ำที่เหลือในตุ่มเย็นลงเช่นกัน

จากความรู้ในเรื่องของการทำความเย็นโดยการระเหยตัวของน้ำ (water evaporative refrigeration) ได้นำมาใช้ในการระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศบางชนิด ซึ่งเรียกว่าเป็น *คอนเดนเซอร์แบบอีวาพอเรตีฟ (evaporative condenser)* คอนเดนเซอร์แบบนี้อาศัยทั้งการระเหยตัวของน้ำและอากาศช่วยกันในการระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์ โดยการฉีดน้ำให้เป็นฝอย (spray) ผ่านลงบนคอนเดนเซอร์ ในขณะเดียวกันก็ใช้พัดลมช่วยเป่าระบายความร้อน ละอองน้ำที่กระทบกับคอนเดนเซอร์บางส่วนจะระเหยตัวดูดรับความร้อน ช่วยให้การระบายความร้อนออกจากคอนเดนเซอร์มีผลดีขึ้น

2.3 การทำความเย็นโดยใช้ของแข็งเป็นตัวดูดซับ

การทำความเย็นโดยใช้ของแข็งเป็นตัวดูดซับ (solid absorbent refrigeration) เกิดขึ้นจากการทดลองของไมเคิล ฟาราเดย์ และต่อมาก็ได้มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นโดยนำเอาของแข็งหลาย ๆ ชนิดมาใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็น แต่ทุกชนิดก็เป็นไปตามหลักและกฎเกณฑ์อันเดียวกับการทดลองของฟาราเดย์ ดังจะได้อธิบายต่อไปนี้

ในปี พ.ศ.2367 ฟาราเดย์ได้ทำการทดลองโดยใช้ซิลเวอร์คลอไรด์ (silver chloride) ซึ่งเป็นของแข็งที่มีคุณสมบัติในการดูดซับแอมโมเนีย (ammonia) ได้ดี เขานำเอาซิลเวอร์คลอไรด์ซึ่งดูดซับแอมโมเนียไว้แล้วบรรจุลงในหลอดทดลอง (test tube) รูปตัว V ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การทำความเย็นโดยใช้ของแข็งเป็นตัวดูดซับ

จากนั้นก็เริ่มให้ความร้อนแก่สารผสมซิลเวอร์คลอไรด์และแอมโมเนีย เมื่อแอมโมเนียได้รับความร้อนจะระเหยกลายเป็นไอและแยกตัวออกจากซิลเวอร์คลอไรด์ ไปกลั่นตัวเป็นแอมโมเนียเหลวทางปลายอีกด้านหนึ่งของหลอดทดลอง ซึ่งจุ่มอยู่ในแก้วน้ำเย็น

เมื่อดึงเอาความร้อนออกจากปลายหลอดทดลอง ดูรูปที่ 2.2 (ข) ซิลเวอร์คลอไรด์จะเย็นลงและมีคุณสมบัติในการดูดซับแอมโมเนียได้ดีอีกครั้งหนึ่ง แอมโมเนียเหลวทางปลายหลอดทดลองอีกด้านหนึ่งจะระเหยตัวเป็นแก๊ส ดังได้ทราบมาแล้วว่า ในขณะที่สารเปลี่ยนสถานะจะต้องการความร้อนแฝง ฉะนั้นบริเวณรอบ ๆ หลอดทดลองทางด้านที่บรรจุแอมโมเนียอยู่นี้จะเย็นลง ซึ่งช่วงนี้ก็คือช่วงของการทำความเย็นนั่นเอง

จากหลักการอันนี้ได้ถูกนำมาพัฒนาใช้กับวงจรการทำความเย็นอีกหลายแบบ อย่างไรก็ตามการทดลองของฟาราเดย์นี้มิได้ถูกนำมาใช้ในการทำความเย็นโดยตรงในปัจจุบัน

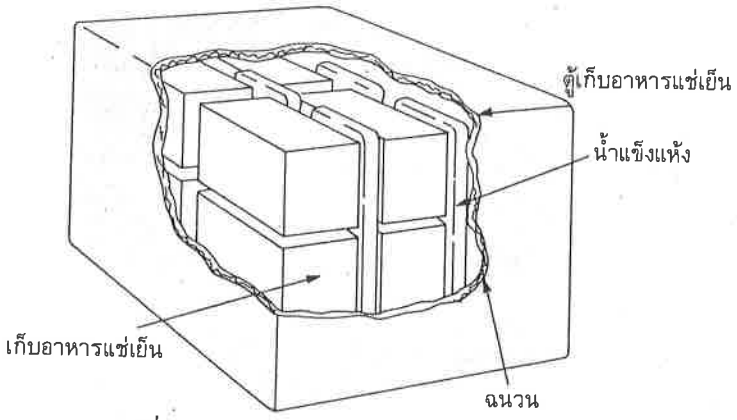
เครื่องทำความเย็นที่ถูกพัฒนาขึ้นมาจากหลักการทดลองอันนี้จะใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำความเย็น (refrigerant) และใช้ลิเทียมโบรไมด์ (lithium bromide) หรือลิเทียมคลอไรด์ (lithium chloride) เป็นตัวดูดซับ เพราะลิเทียมโบรไมด์หรือลิเทียมคลอไรด์มีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำได้ดี

ารทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง

ในการทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง (dry ice refrigeration) นั้น จะใช้น้ำแข็งแห้งซึ่งทำจากคาร์บอนไดออกไซด์ที่อยู่ในสถานะของแข็งซึ่งถูกอัดขึ้นมาให้มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไป อาจเป็นก้อนหรือแท่ง น้ำแข็งแห้งจะเปลี่ยนสถานะโดยตรงจากของแข็งเป็นแก๊ส โดยไม่ต้องเปลี่ยนสถานะให้เป็นของเหลวก่อน การเปลี่ยนสถานะในลักษณะนี้เรียกว่า *การระเหิด* ที่ความดันบรรยากาศ น้ำแข็งแห้งจะมีอุณหภูมิต่ำถึง −78.33 องศาเซลเซียส

ตามปกติการใช้น้ำแข็งแห้งในการทำความเย็นมักจะใส่น้ำแข็งแห้งลงกับภาชนะที่ต้องการเก็บรักษาซึ่งแช่เย็น โดยอาจใส่ไว้ข้างในหรือข้างบนก็ได้ ในปัจจุบันถ้าต้องการซื้อไอศกรีมจากสถานที่จำหน่ายเพื่อนำกลับมารับประทานที่บ้านย่อมทำได้โดยไม่ต้องกลัวว่าไอศกรีมจะละลาย เพราะตามสถานที่จำหน่ายไอศกรีมเหล่านี้จะบรรจุน้ำแข็งแห้งลงในถุงใส่ไอศกรีมไว้ด้วย เพื่อช่วยรักษาอุณหภูมิภายในถุงให้อยู่เสมอ โดยขณะที่คาร์บอนไดออกไซด์ระเหิดเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส จะดูดรับปริมาณความร้อนรักษาอุณหภูมิของไอศกรีมให้เย็นจัดอยู่ตลอดเวลา

จากรูปที่ 2.3 แสดงถึงวิธีธรรมดา ๆ ในการใช้น้ำแข็งแห้งเก็บรักษาอาหารให้เย็นจัดอยู่เสมอ ตามปกตินำแข็งแห้งจะต้องถูกเก็บไว้ในตู้ที่มีฉนวนกันความร้อนอย่างดี และห้ามหยิบจับน้ำแข็งด้วยมือเปล่า ทุกครั้งที่ต้องการหยิบน้ำแข็งแห้งจะต้องสวมถุงมือหนา ๆ

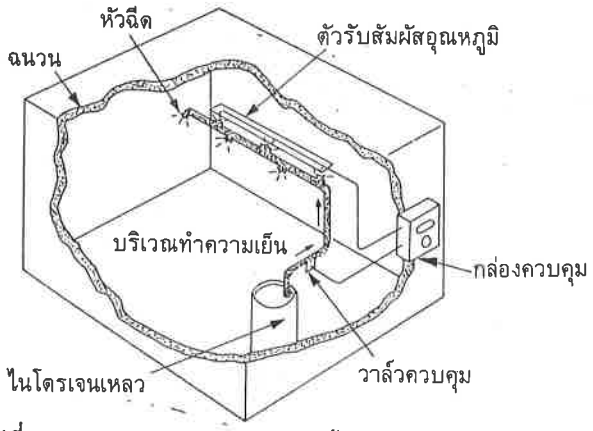


รูปที่ 2.3 การทำความเย็นโดยใช้น้ำแข็งแห้ง

2.5 ระบบทำความเย็นโดยปล่อยน้ำยาให้ระเหยตัว

การทำความเย็นด้วยระบบทำความเย็นโดยปล่อยน้ำยาให้ระเหยตัว (expendable refrigerant cooling system) นี้เป็นแบบที่ใช้ได้ดีกับรถบรรทุกเพื่อการขนส่งอาหารที่ต้องควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำอยู่เสมอ หลักการทำงานของระบบทำความเย็นแบบนี้ง่ายมาก เพียงแต่ปล่อยให้น้ำยาเหลวระเหยตัวเป็นแก๊ส ภายในบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็นซึ่งบริเวณเหล่านี้ต้องมีฉนวนกันความร้อนหุ้มโดยรอบ ดังที่ได้เคยทราบมาแล้วว่า ขณะที่สารเปลี่ยนสถานะจะต้องการความร้อนแฝงทำให้อุณหภูมิในบริเวณนี้ลดต่ำลง น้ำยาที่ใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็นในที่นี้ใช้ไนโตรเจนเหลว (liquid nitrogen) บรรจุท่อซึ่งตั้งอยู่

ภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ไนโตรเจนเหลวจากภายในท่อที่เก็บไว้ใต้ความดันประมาณ 14.6 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร จะถูกปล่อยให้ฉีดผ่านวาล์วควบคุม (liquid control valve) ลดความดันของไนโตรเจนเหลวลง แล้วเข้าตามท่อไปยังหัวฉีด ซึ่งจะฉีดไนโตรเจนเหลวให้เป็นฝอย เข้ายังบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็นโดยตรง ไนโตรเจนจะระเหยตัวดูดรับปริมาณความร้อน ทำให้บริเวณนี้มีอุณหภูมิลดต่ำลง



รูปที่ 2.4 ระบบทำความเย็นโดยปล่อยน้ำยาให้ระเหยตัว

ตัวรับสัมผัสอุณหภูมิ กล่องควบคุม และวาล์วควบคุมจะทำหน้าที่ควบคุมอัตราการไหลของไนโตรเจนเหลวจากท่อที่บรรจุไนโตรเจนให้รักษาระดับอุณหภูมิภายในห้องเย็นให้ต่ำตามกฎเกณฑ์ ในขณะที่อุณหภูมิยังสูง วาล์วควบคุมจะเปิดกว้างให้ไนโตรเจนเหลวผ่านได้มาก และเมื่ออุณหภูมิในห้องเย็นต่ำลง ตัวรับสัมผัส จะส่งผลไปยังกล่องควบคุมทำให้วาล์วควบคุมตีบ ไนโตรเจนเหลวไหลผ่านได้น้อยลง

ไนโตรเจนเหลวมีจุดเดือดต่ำถึง −195.5 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ ระบบการทำความเย็นแบบนี้ใช้ได้ดีมากกับห้องเย็นสำหรับเก็บอาหารในเรือ ซึ่งต้องการควบคุมอุณหภูมิของห้องเย็นให้ต่ำถึง −28.9 องศาเซลเซียส

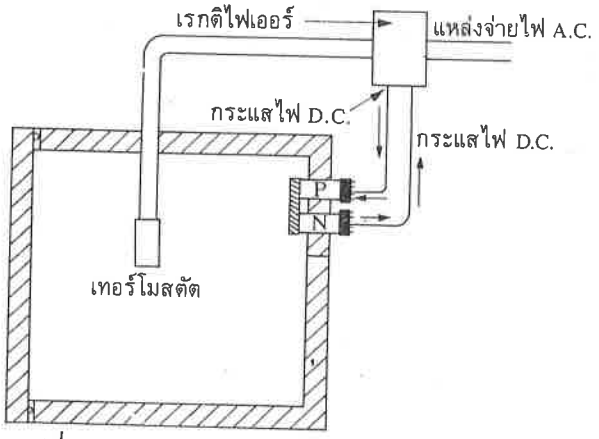
เนื่องจากไนโตรเจนเหลวเป็นผลพลอยได้จากการใช้ออกซิเจนในการถลุงเหล็กจึงทำให้มีราคาถูกและนำมาใช้ได้เลย เพราะโครงสร้างของเครื่องทำความเย็นระบบนี้เป็นแบบง่าย ๆ มีข้อยุ่งยากเพียงเล็กน้อยเมื่อไนโตรเจนเหลวถูกปล่อยออกหมด ก็ต้องเปลี่ยนท่อใหม่ ข้อดีของระบบนี้อีกประการหนึ่งก็คือ สามารถทำความเย็นได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งพลังงานอื่น ๆ

อุปกรณ์ควบคุมความปลอดภัยของระบบนี้นับว่าสำคัญมากและต้องทำงานสัมพันธ์กับการปิด-เปิดประตูของห้องเย็น และอุปกรณ์ควบคุมความปลอดภัยจะต้องปิดท่อไนโตรเจนทันทีที่มีการเปิดประตูห้องเย็น

2.6 การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

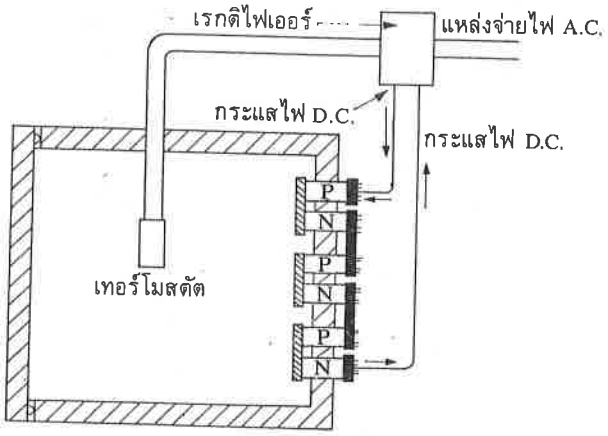
หลักการทางฟิสิกส์ในการทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก (thermoelectric refrigeration) นี้ นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบตั้งแต่ปี พ.ศ.2377 การถ่ายเทพลังงานความร้อนจากที่หนึ่งไปสู่อีกที่หนึ่งในระบบนี้ใช้อิเล็กตรอนเป็นตัวกลางในการทำความเย็นแทนที่จะใช้น้ำยาเป็นตัวกลาง จากรูปที่ 2.5 อธิบาย

ถึงหลักง่าย ๆ ของเทอร์โมอิเล็กทริกที่สามารถถ่ายเทความร้อนจากภายในบริเวณที่มีฉนวนกันความร้อนล้อมรอบดูดรับความร้อนด้วยตัวกลางที่เรียกว่าอิเล็กตรอน นำออกไปถ่ายเทยังภายนอกของบริเวณที่ต้องการทำความเย็น และเพื่อช่วยเพิ่มอัตราการดูดรับปริมาณความร้อนจากทางด้านคอยล์เย็น และทางด้านนอกก็จะใช้ครีบช่วยเพิ่มพื้นผิวในการถ่ายเทความร้อนออกให้กับอากาศโดยรอบเช่นกัน



รูปที่ 2.5 การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริก

หลักการของเทอร์โมอิเล็กทริกได้นำเอาวัตถุกึ่งตัวนำ (semi–conductor) สองชนิดมาตรึงปลายติดกัน แล้วต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (direct current, D.C.) ในที่นี้สมมติเป็น P และ N ขอให้เข้าใจว่า P และ N นี้มิใช่ใช้เป็นขั้วบวกและขั้วลบของวงจรไฟฟ้า แต่เป็นการนำเอาวัตถุกึ่งตัวนำสองชนิดมาใช้เท่านั้น เนื่องจากวัตถุกึ่งตัวนำทั้งสองนี้มีค่าระดับพลังงานภายในไม่เท่ากัน เมื่อถูกผ่านด้วยไฟฟ้ากระแสตรงแล้วจะทำให้ปลายที่ตรึงติดกันเย็นและปลายที่เหลือทั้งสองด้านร้อน (ดูรูปที่ 2.5) ส่งผลให้ภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็นมีการดูดรับความเย็นและมาคายออกยังภายนอก



รูปที่ 2.6 การทำความเย็นโดยใช้เทอร์โมอิเล็กทริกนำเอาวัตถุกึ่งตัวนำหลาย ๆ ชุดต่อเป็นอนุกรมเข้าด้วยกัน จะให้ผลความเย็นมาก

อย่างไรก็ตามการใช้วัตถุกึ่งตัวนำเพียงชุดเดียว ผลความเย็นที่ได้รับย่อมจะน้อย ดังนั้นถ้าต้องการให้เกิดผลความเย็นมาก ๆ ย่อมทำได้ โดยการนำเอาวัตถุกึ่งตัวนำหลาย ๆ ชุดมาต่อเป็นอนุกรมเข้าด้วยกัน ตามรูปที่ 2.6

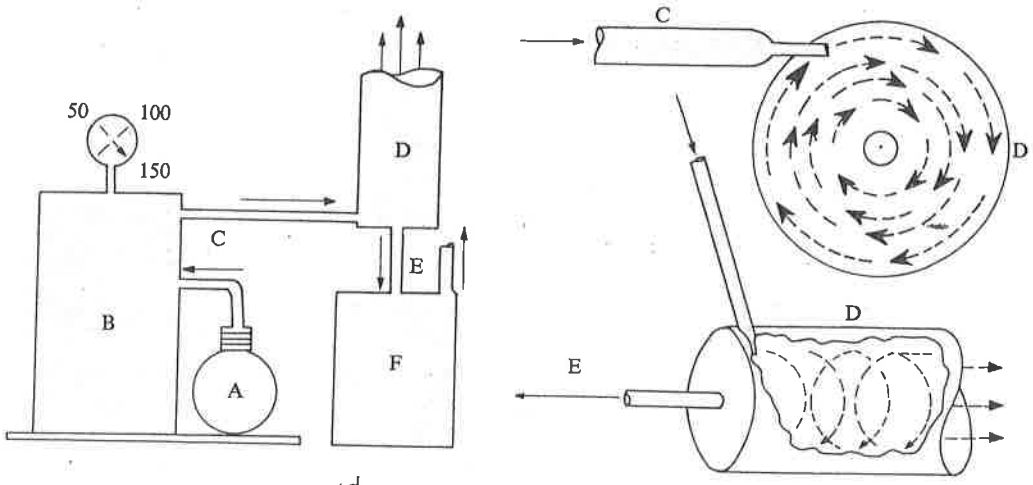
การทำงานของเทอร์โมสตัตซึ่งเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของภายในห้องที่ต้องการทำความเย็น จะอาศัยหลักการควบคุมทางอ้อมโดยไปควบคุมกระแสไฟที่เข้าเรกติไฟเออร์ (rectifier)* ให้จ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ผ่านเข้าวัตถุกึ่งตัวนำทั้งสอง มากหรือน้อยเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิในห้อง กล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิในห้องลดต่ำลง เทอร์โมสตัตจะควบคุมเรกติไฟเออร์ให้จ่ายไฟเข้าวัตถุกึ่งตัวนำน้อยลง ทำให้ผลความเย็นที่ได้รับน้อยลงด้วย และเมื่ออุณหภูมิในห้องสูงขึ้น เทอร์โมสตัตจึงยอมให้จ่ายไฟเข้าวัตถุกึ่งตัวนำมากขึ้น มีการทำความเย็นมากขึ้น

จะเห็นได้ว่าเครื่องทำความเย็นในระบบนี้ ไม่มีอุปกรณ์ใด ๆ ต้องเคลื่อนไหวเลย แต่การทำความเย็นในระบบเทอร์โมอิเล็กทริก ผลความเย็นที่ได้รับน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

ถ้ามีการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า พื้นที่ผิวทางด้านที่เคยเย็นจะเปลี่ยนเป็นร้อน และพื้นที่ผิวทางด้านที่เคยร้อนก็จะเปลี่ยนเป็นเย็น โดยอาศัยหลักการนี้จึงใช้ได้ทั้งการทำความร้อนและทำความเย็น

2.7 การทำความเย็นในระบบท่อลมวน

การทำความเย็นในระบบท่อลมวน (vortex tube refrigeration) อาศัยหลักของการอัดอากาศเข้าไว้ในถังภายใต้ความกดดันสูง ปล่อยให้เข้าไปอัดฉีดในท่อลมวน (vortex tube) แล้วทำให้อุณหภูมิของอากาศนั้นลดต่ำลง ซึ่งหลักการทำงานของระบบนี้จะได้อธิบายตามรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การทำความเย็นระบบท่อลมวน

*เรกติไฟเออร์เป็นอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับ (A.C.) ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.)

เครื่องอัดอากาศ A จะอัดอากาศให้มีความดันสูงขึ้น ส่งเข้าไปเก็บไว้ในถัง B ซึ่งโดยปกติความดันอากาศมีค่าประมาณ 10.54 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร อากาศภายใต้ความดันสูงนี้จะถูกฉีดผ่านท่อ C เข้ายังท่อลมวน D หัวฉีดปลายท่อ C จะต้องทำมุมให้อากาศเมื่อเข้าในท่อลมวน แล้วเกิดการหมุน ปลายทั้งสองด้านของท่อลมวนจะเปิดออก ทั้งทาง D และทาง E ทาง D เป็นปลายท่อใหญ่ และทาง E เป็นปลายท่อเล็ก ขณะที่อากาศเข้าไปหมุนอยู่ในท่อลมวน จะเกิดลมวนหลายชั้น มีการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อน ลมวนรอบนอก ๆ จะรับความร้อนไปเป่าออกทางปลายท่อ D ส่วนลมวนรอบในจะคายความร้อน แล้วมาเป่าออกทางท่อ E ซึ่งเป็นลมเย็น

การทำความเย็นโดยวิธีนี้ นอกจากจะเป็นการทำให้อากาศเย็นแล้วยังเป็นการทำให้อากาศบริสุทธิ์อีกด้วย (fresh air and cooling) เหมาะสำหรับนำไปใช้กับเสื้อชุดทำงานกันความร้อนของคนงานตามโรงงานอุตสาหกรรมบางชนิด เช่น คนงานขุดเหมืองแร่ การทำงานของระบบจะทำงานโดยต่อเนื่องเป่าลมเย็น และอากาศบริสุทธิ์ให้กับคนงาน โดยไม่ต้องมีเทอร์โมสตัตคอยควบคุมอุณหภูมิ เช่นเดียวกับการทำความเย็นในระบบอื่น ๆ

2.8 การทำความเย็นระบบสตีมเจ็ต

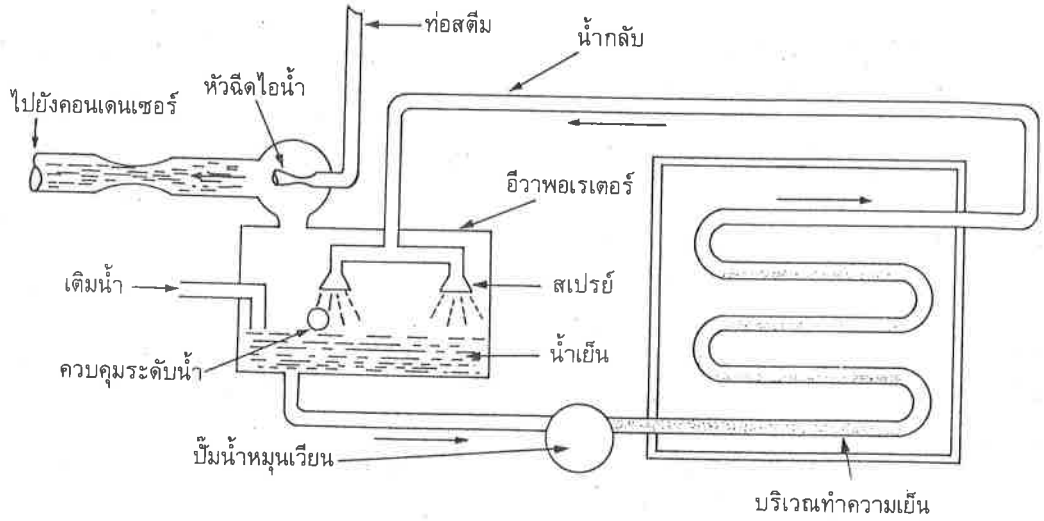
การทำความเย็นในระบบสตีมเจ็ต (steam jet refrigeration) นี้ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำความเย็น การทำงานของระบบอาศัยหลักที่ว่าเมื่อลดความดันที่ผิวหน้าของน้ำที่อยู่ในภาชนะที่ปิดมิดชิดแล้ว น้ำนั้นจะสามารถระเหยตัว เปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ บางครั้งต่ำถึง 4.44 – 10 องศาเซลเซียส จากการศึกษาทางทฤษฎีพบว่าภายใต้ความดันสุญญากาศหรือที่ความดันสูง 29.74 นิ้วปรอท จุดเดือดของน้ำจะอยู่ที่ 0 องศาเซลเซียส และที่ความดันสูง 29.67 นิ้วปรอท จุดเดือดของน้ำจะอยู่ที่ 4.44 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 2.1 ได้แสดงค่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ ณ ความดันต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าอุณหภูมิจุดเดือดของน้ำยา ณ ความดันต่าง ๆ กัน

ความดัน (kg/cm^2)	อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ (°C)	ความดัน (kg/cm^2)	อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำ (°C)
0.007	1.67	0.351	72.11
0.014	11.7	0.421	76.56
0.021	17.8	0.492	80.45
0.028	22.8	0.562	83.67
0.035	26.7	0.632	86.45
0.042	29.4	0.703	89.23
0.049	32.2	0.773	92.01
0.056	34.4	0.843	94.11
0.063	36.7	0.913	96.33
0.070	38.9	0.984	98.00
0.140	52.33	1.033	99.67
0.210	60.56	1.054	101.34
0.281	67.23	1.406	108.44

หลักการทำงานของระบบสตีมเจ็ตแสดงไว้ในรูปที่ 2.8 ไอน้ำซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำงานของหม้อไอน้ำ แทนที่จะปล่อยทิ้งโดยเปล่าประโยชน์ จะถูกส่งเข้าทางท่อไอน้ำ (steam line) เพื่อฉีดผ่านหัวฉีดไอน้ำ (steam nozzle) ด้วยความเร็วสูง ทำให้ความดันที่ผิวหน้าของน้ำในอีวาพอเรเตอร์ลดลง และสามารถระเหยตัวกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ดูดรับปริมาณความร้อนทำให้น้ำที่เหลือในอีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำลงด้วย น้ำเย็นนี้มีอุณหภูมิประมาณ 4.44–21.1 องศาเซลเซียส จะถูกปั๊มให้หมุนเวียนเข้าไปทำความเย็นให้แก่บริเวณที่ต้องการทำความเย็น และจะถูกส่งกลับเข้ามาฉีดเป็นฝอยในอีวาพอเรเตอร์อีกครั้งหนึ่ง ละอองน้ำบางส่วนจะถูกระเหยตัวทำให้น้ำที่เหลือในอีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิต่ำอยู่ตลอดเวลา



รูปที่ 2.8 การทำความเย็นระบบสตีมเจ็ต

จากการทำงานในรูปที่ 2.8 นี้จะเห็นว่าระดับของน้ำที่ถูกใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็นถูกระเหยตัวไปเรื่อย ๆ ทำให้ระดับของน้ำในอีวาพอเรเตอร์ลดลง จึงต้องมีระบบลูกลอยคอยควบคุมปั๊มเอาน้ำจากแหล่งภายนอกเข้ามาเพิ่มให้มีระดับคงที่อยู่เสมอ

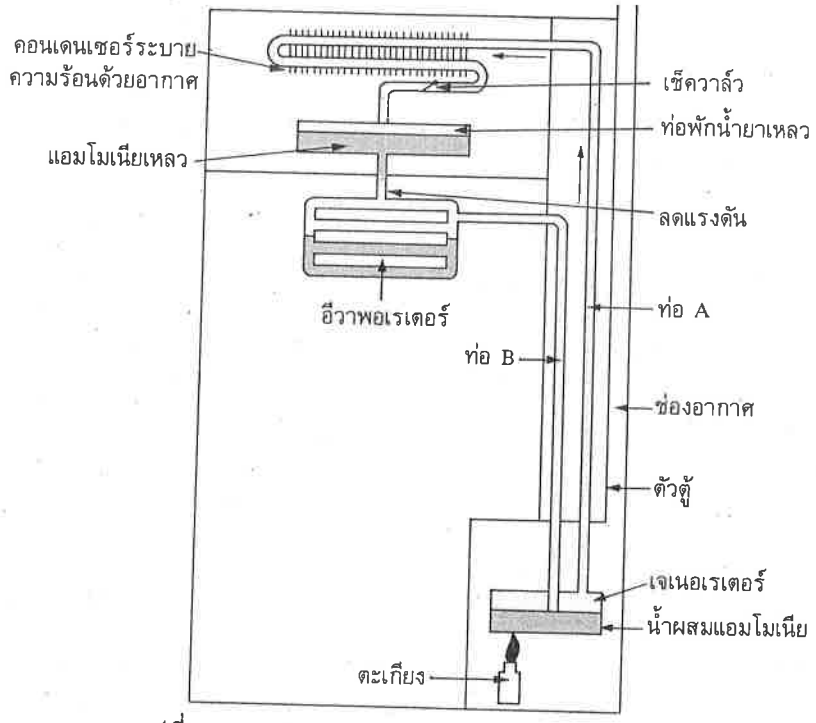
เครื่องทำความเย็นในระบบสตีมเจ็ตเหมาะสำหรับใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้หม้อไอน้ำ ซึ่งทำให้มีไอน้ำเป็นผลิตผลพลอยได้นำมาใช้ทำความเย็น โดยทั่วไปแล้วการทำความเย็นระบบนี้มีขนาดตั้งแต่ 100 ตันขึ้นไป

2.9 ระบบแอบซอร์ปชัน

การทำความเย็นโดยระบบแอบซอร์ปชัน (absorption system) นี้ ต้นกำลังที่ใช้ในการทำงานใช้ได้หลายอย่าง เช่น ไฟฟ้า ตะเกียงแก๊ส หรือตะเกียงน้ำมันก๊าด ตู้เย็นที่ใช้ตะเกียงน้ำมันก๊าดเคยเป็นที่นิยมใช้กันมาแล้วในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งตามบริเวณที่ไฟฟ้ายังไม่สามารถเข้าถึงได้

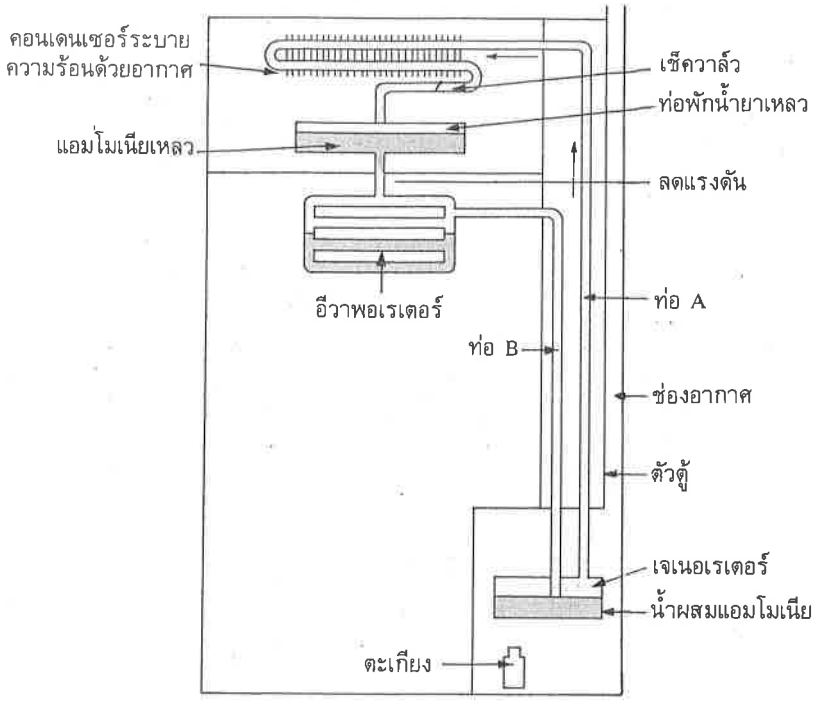
จากรูปที่ 2.9 และรูปที่ 2.10 แสดงถึงวงจรการทำความเย็นในระบบแอบซอร์ปชัน ภายในระบบที่เจเนอเรเตอร์ (generator) จะบรรจุด้วยน้ำและแอมโมเนีย

การทำงานของระบบจะแบ่งออกเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงแรกเป็นช่วงของการจุดไฟให้ความร้อนเพื่อแยกแอมโมเนียออกจากน้ำในเจเนอเรเตอร์ และช่วงหลังเป็นช่วงของการทำความเย็น โดยดับไฟเพื่อให้น้ำในเจเนอเรเตอร์เย็นลง และมีคุณสมบัติดูดแก๊สแอมโมเนียได้ดี



รูปที่ 2.9 การทำความเย็นระบบแอบซอร์ปชันช่วงจุดไฟ

จากรูปที่ 2.9 ในการทำงานของช่วงแรกนั้น *ให้จุดไฟที่ตะเกียงน้ำมันก๊าดเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำผสมแอมโมเนียภายในเจเนอเรเตอร์* โดยปกติน้ำมันก๊าดที่ใช้จุดไฟนี้จะมีปริมาณพอดีที่จะใช้จุดให้เกิดการหมุนเวียนของน้ำยาแอมโมเนียหนึ่งรอบ ซึ่งทั่ว ๆ ไปแล้วจะใช้เวลา 1 วันพอดี เมื่อน้ำผสมแอมโมเนียในเจเนอเรเตอร์ได้รับความร้อน แก๊สแอมโมเนียจะแยกตัวออกจากน้ำ ส่งขึ้นไปยังคอนเดนเซอร์ทางท่อ A ที่คอนเดนเซอร์แก๊สแอมโมเนียจะกลั่นตัวเป็นแอมโมเนียเหลวโดยการระบายความร้อนออก และไหลเข้าพักในท่อพักน้ำยาเหลว ท่อที่ต่อออกจากคอนเดนเซอร์เข้ายังท่อพักน้ำยาเหลวจะมีลิ้นให้น้ำยาไหลได้ทางเดียวเรียกว่า ลิ้นกันกลับหรือเช็ควาล์ว (check valve) กันมิให้แอมโมเนียไหลย้อนทางในวงจร ในระหว่างช่วงแรกของการทำงานนี้ ตะเกียงน้ำมันก๊าดจะให้ความร้อนแก่เจเนอเรเตอร์ จนเหลือน้ำยาแอมโมเนียที่ผสมกับน้ำในเจเนอเรเตอร์เล็กน้อยหรือไม่เหลือเลย น้ำมันก๊าดในตะเกียงก็จะหมดพอดี ทำให้ไฟดับ (โดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 20–40 นาที) ซึ่งเป็นการครบวงจรการทำงานของช่วงแรก



รูปที่ 2.10 การทำความเย็นระบบแอบซอร์ปชันช่วงดับไฟ

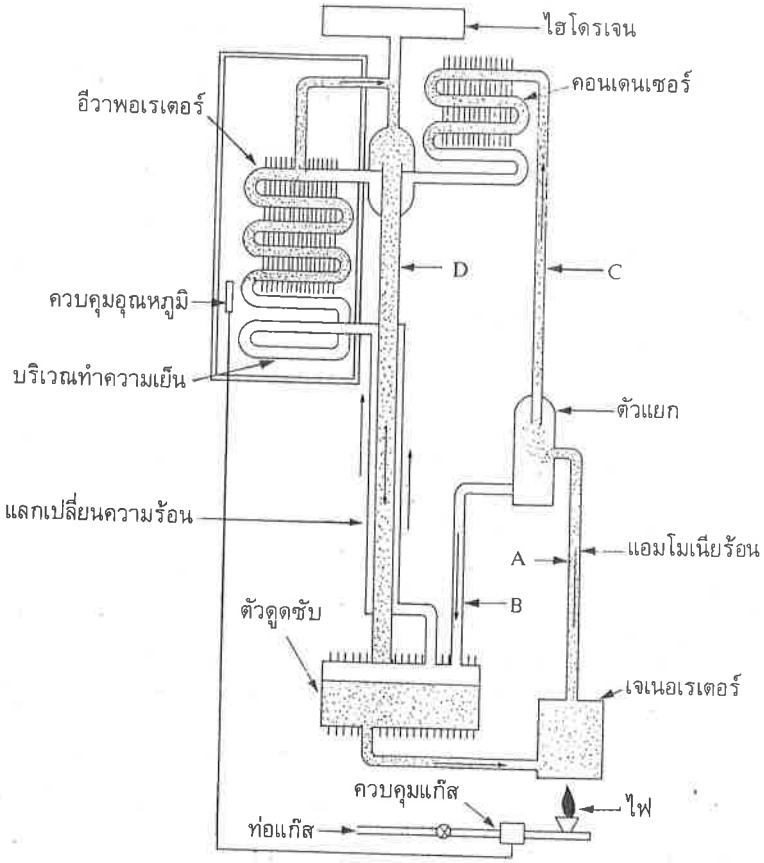
จากรูปที่ 2.10 ในช่วงที่สองของการทำงาน เมื่อไฟที่ตะเกียงน้ำมันก๊าดดับแล้ว *น้ำในเจเนอเรเตอร์จะเย็นลงและมีคุณสมบัติดูดรับแก๊สแอมโมเนียได้ดี* ความดันของน้ำยาในระบบลดต่ำลง น้ำยาแอมโมเนียเหลวจะไหลเข้าในอีวาพอเรเตอร์ และเริ่มเดือดเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ แก๊สแอมโมเนียจะไหลกลับเข้ายังเจเนอเรเตอร์ผ่านทางท่อ B ถูกดูดซับโดยน้ำในเจเนอเรเตอร์ที่เย็นตัวลงแล้ว ช่วงสองของการทำงานนี้เป็นช่วงของการทำความเย็นในอีวาพอเรเตอร์ จนกว่าน้ำยาแอมโมเนียเหลวในท่อพักจะหมด ก็ต้องจุดไฟใหม่อีกครั้งอันเป็นการเริ่มการทำงานของช่วงแรก

จะเห็นได้ว่าระบบการทำความเย็นแบบนี้ เป็นระบบง่าย ๆ ท่อทางเดินของน้ำยาในระบบต้องใช้เหล็ก เพราะน้ำยาที่ใช้ในระบบคือแอมโมเนียซึ่งไม่กัดกร่อนเหล็ก แต่กัดกร่อนโลหะอื่น เช่น ทองแดง ความดันของน้ำยาในระบบช่วงแรกจะสูงมาก ประสิทธิภาพในการทำความเย็นของตู้เย็นระบบนี้ดีมาก

การทำความเย็นในระบบนี้อาจใช้ได้ดีทั้งตู้เย็นที่ใช้ตามบ้านเรือนและตู้แช่เพื่อการค้า ตู้เย็นในระบบนี้บางแบบใช้น้ำเย็นระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ (water cooled condensor) ซึ่งหลักการของคอนเดนเซอร์แบบระบายความร้อนด้วยน้ำจะได้กล่าวโดยละเอียดในบทที่ 5

2.10 วงจรการทำงานต่อเนื่องระบบแอบซอร์ปชัน

ระบบแอบซอร์ปชันที่มีวงจรการทำงานต่อเนื่อง (continuous cycle absorption system) นี้ โดยปกติทั่วไปแล้วจะใช้แก๊สหรือไฟฟ้าเป็นแหล่งต้นกำลัง หลักการทำงานของระบบนี้ เป็นไปตามกฎของดาลตัน (Dalton's law)



รูปที่ 2.11 การทำความเย็นระบบแอบซอร์ปชั่นแบบวงจรการทำงานต่อเนื่อง

จากรูปที่ 2.11 ภายในเจเนอเรเตอร์จะบรรจุน้ำและแอมโมเนีย เมื่อจุดไฟที่หัวแก๊ส ความร้อนจะทำให้แอมโมเนียไหลขึ้นไปตามท่อ A เข้ายังตัวแยก (separator) ซึ่งจะทำหน้าที่แยกเอาน้ำบางส่วนที่ติดขึ้นมาด้วย ออกจากแก๊สแอมโมเนีย ให้ไหลกลับทางท่อ B เข้ายังตัวดูดซับ (absorber) แก๊สแอมโมเนียจะถูกไหลขึ้นทางท่อ C ไปยังคอนเดนเซอร์ และถูกกลั่นตัวให้เป็นแอมโมเนียเหลวโดยการระบายความร้อนออก น้ำยาแอมโมเนียเหลวจะไหลต่อเข้ายังอีวาพอเรเตอร์

ภายในอีวาพอเรเตอร์ ท่อ D และส่วนบนของตัวดูดซับจะบรรจุแก๊สไฮโดรเจนไว้ด้วย ความดันภายในระบบจะมีค่าประมาณ 1.4 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร จากกฎของดาลตันกล่าวว่า ถ้ามีแก๊สตั้งแต่สองชนิดขึ้นไปผสมกัน แก๊สแต่ละชนิดจะสร้างค่าความดันแก๊สของตัวเอง ดังนั้นในระบบนี้แก๊สแอมโมเนียที่อยู่ในบริเวณซึ่งมีไฮโดรเจนผสมอยู่ด้วยจะเดือดเปลี่ยนสถานะ และพยายามสร้างค่าความดันแก๊สแอมโมเนียให้มีค่า 1.4 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร แต่เนื่องจากบริเวณเหล่านี้มีแก๊สไฮโดรเจนผสมอยู่มาก ทำให้จุดเดือดของแอมโมเนียอยู่ในช่วงความดันต่ำและดูดรับความร้อนจากบริเวณโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ แก๊สแอมโมเนียและไฮโดรเจนจากอีวาพอเรเตอร์จะมีอุณหภูมิต่ำ และแก๊สทั้งสองนี้จะถูกกดให้ไหลลงทางท่อ D กลับเข้ายังตัวดูดซับ ภายในตัวดูดซับยังคงเย็นอยู่จึงมีคุณสมบัติในการดูดแก๊สแอมโมเนียได้ดี และน้ำผสม

แอมโมเนียก็จะไหลกลับเข้าสู่เจเนอเรเตอร์ ส่วนแก๊สไฮโดรเจนที่ไหลกลับเข้ายังตัวดูดซับด้วยนั้น ไม่ได้ถูกน้ำดูดซับเข้าไว้ด้วยก็จะแยกตัวไหลกลับไปยังอีวาพอเรเตอร์ ผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchange) เพื่อไปรวมกับแอมโมเนียเหลวที่มาจากคอนเดนเซอร์ภายในอีวาพอเรเตอร์อีกครั้งหนึ่ง การทำงานของวงจรในระบบนี้จะต่อเนื่องกันไปโดยตลอด

อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่เรียกว่าเทอร์โมสตัตจะคอยควบคุมอุณหภูมิภายในตู้บริเวณรอบ ๆ อีวาพอเรเตอร์ให้มีอุณหภูมิตามที่ต้องการโดยการควบคุมเปลวไฟอีกทีหนึ่ง กล่าวคือ เมื่อระบบทำงานและอุณหภูมิทางอีวาพอเรเตอร์ลดลงต่ำถึงเกณฑ์ เทอร์โมสตัตก็จะหรี่แก๊สดับไฟหยุดการแยกน้ำยาแอมโมเนียเพื่อไปทำความเย็น ซึ่งเท่ากับเป็นการหยุดระบบ และเมื่ออุณหภูมิรอบอีวาพอเรเตอร์สูงขึ้นเทอร์โมสตัตจะเร่งแก๊สติดไฟเพื่อเริ่มการทำงานของระบบต่อไป

จะเห็นได้ว่าระบบทำความเย็นแบบนี้ไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหวใด ๆ ระบบนี้เคยใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับตู้เย็นที่ใช้ตามบ้าน ต่อมาถูกพัฒนาให้เป็นเครื่องปรับอากาศทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ๆ

2.11 ระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

การทำความเย็นในระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (compression system) จะได้ศึกษากันโดยละเอียดในบทต่อ ๆ ไป เพราะเครื่องทำความเย็นหรือเครื่องปรับอากาศในปัจจุบันที่พบใช้ในบ้านเรานิยมใช้ระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ นับตั้งแต่ตู้เย็นและตู้แช่ที่ใช้ตามบ้านเรือน เครื่องปรับอากาศชนิดติดหน้าต่าง เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน จนกระทั่งถึงเครื่องทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ ๆ ที่ใช้ตามโรงงานอุตสาหกรรมและศูนย์การค้า ล้วนแต่เป็นเครื่องทำความเย็นในระบบอัดไอเกือบทั้งสิ้น

3

วงจรเครื่องทำความเย็น

โดยทั่วไปความหมายของคำว่า *การทำความเย็น* หมายถึงกระบวนการถ่ายเทความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น เช่น การดึงเอาปริมาณความร้อนจากอากาศในห้องปรับอากาศหรือภายในตู้เย็นออกไประบายทิ้งภายนอก ทำให้อากาศภายในมีอุณหภูมิลดต่ำลง เป็นต้น หรือถ้าจะกล่าวโดยเฉพาะยิ่งขึ้นก็คือ การทำความเย็นเป็นวิทยาศาสตร์สาขาหนึ่งที่ว่าด้วยกระบวนการในการลดและรักษาระดับอุณหภูมิของเนื้อที่หรือวัตถุให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิโดยรอบ

3.1 ฉนวนความร้อน

ดังได้ทราบมาแล้วว่า ความร้อนจะถ่ายเทจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอยู่ตลอดเวลา ดังนั้นเมื่อมีการทำความเย็นดึงเอาปริมาณความร้อนจากอากาศในตู้เย็นหรือในห้องปรับอากาศออกทิ้งข้างนอก ทำให้อุณหภูมิของอากาศภายในลดต่ำลงแล้ว และต้องรักษาระดับของอุณหภูมินี้ให้ต่ำกว่าอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ จึงจำเป็นต้องมี*ฉนวนกันความร้อน (insulation)* คอยป้องกันมิให้อากาศโดยรอบซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าถ่ายเทความร้อนกลับเข้ามาภายในตู้หรือภายในห้องได้อีกหรือกลับเข้าได้เพียงเล็กน้อย

ฉนวนกันความร้อนที่ใช้บุโดยรอบตู้เย็น ที่ใช้กันมากในปัจจุบันคือ โฟมและใยแก้ว ซึ่งทั้งสองชนิดนี้จัดว่าเป็นฉนวนกันความร้อนที่ดีทั้งคู่

3.2 ความร้อนที่คิดเป็นโหลด

จำนวนความร้อนที่ถ่ายเทออกจากวัตถุหรือบริเวณที่ต้องการทำความเย็นเพื่อให้อุณหภูมิลดต่ำลงนั้นเรียกว่า *ความร้อนที่คิดเป็นโหลด (heat load)* ซึ่งหมายถึง ผลรวมของปริมาณความร้อนทั้งหมดที่เกิดจากองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

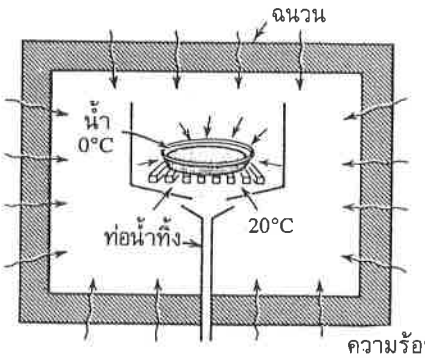
- ความร้อนที่รั่วผ่านฉนวนกลับเข้าในบริเวณที่ทำความเย็น

- ความร้อนที่ผ่านเข้าขณะเปิดประตู
- ความร้อนซึ่งมีอยู่ในวัตถุที่ถูกนำเข้าแช่เพื่อให้อุณหภูมิลดต่ำลง
- ความร้อนที่ถูกถ่ายเทจากตัวคนที่อยู่ในบริเวณที่ทำความเย็น
- ความร้อนจากอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ เช่น มอเตอร์ หลอดไฟแสงสว่าง เป็นต้น

3.3 ตัวกลางในการทำความเย็น

ในกระบวนการทำความเย็นจำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการดูดรับความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็นนี้ ซึ่งเรียกว่า *น้ำยาทำความเย็น (refrigerant)* หรือที่วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยได้บัญญัติคำศัพท์ทางวิชาการขึ้นเรียกว่า *สารความเย็น*

กระบวนการทำความเย็นทั้งหลายที่น้ำยาทำความเย็นทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการดูดรับความร้อนนั้น อาจใช้ทั้งความร้อนแฝงและความร้อนสัมผัส เช่น เมื่อน้ำยาเหลวดูดซับความร้อนแล้วทำให้อุณหภูมิของน้ำยาเหลวนั้นสูงขึ้น นับได้ว่ากระบวนการทำความเย็นนี้อาศัยความร้อนสัมผัส หรือเมื่อน้ำยาที่ใช้ในการทำความเย็นดูดรับปริมาณความร้อนแล้ว ทำให้สถานะเปลี่ยนแปลงไป (หลอมละลายหรือระเหยกลายเป็นไอ) ก็นับได้ว่ากระบวนการทำความเย็นนี้อาศัยหลักของความร้อนแฝง

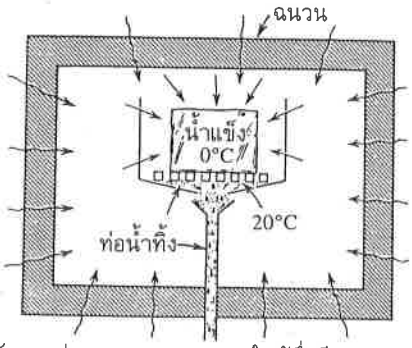


รูปที่ 3.1 ความร้อนถ่ายเทจากอากาศภายในตู้ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าเข้ายังน้ำเย็นในถาด ทำให้อุณหภูมิของน้ำเย็นนั้นสูงขึ้น จนกว่าอุณหภูมิของอากาศและน้ำจะเท่ากันจึงหยุดการถ่ายเท การทำความเย็นโดยวิธีนี้จะไม่ต่อเนื่อง

ตัวอย่างของกระบวนการทำความเย็นที่อาศัยความร้อนสัมผัส คือ ถ้านำน้ำเย็นจำนวน 1 กรัม ที่ 0 องศาเซลเซียส บรรจุในถาดที่ไม่มีฝาปิดใส่ไว้ในตู้ ซึ่งมีฉนวนกันความร้อนบุโดยรอบ อากาศในตู้นี้มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (ดูรูปที่ 3.1) ปริมาณความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศภายในตู้ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าเข้ายังน้ำเย็นในถาด ทำให้อุณหภูมิของน้ำเย็นนั้นสูงขึ้น จนกว่าอุณหภูมิของอากาศและน้ำจะเท่ากัน จึงหยุดการถ่ายเท *การทำความเย็นโดยวิธีนี้จะไม่ต่อเนื่อง เพราะเมื่ออุณหภูมิของน้ำเย็นในถาด และอุณหภูมิของอากาศในตู้สูงเท่ากันแล้ว ความร้อนหยุดการถ่ายเท ซึ่งหมายถึงหยุดการทำความเย็นด้วย* อย่างไรก็ตามปริมาณความร้อนที่น้ำในถาด (จำนวน 1 กรัม) ดูดรับไว้ทุก ๆ 1 แคลอรี จะทำให้อุณหภูมิของน้ำนั้นสูงขึ้นทุก ๆ

1 องศาเซลเซียสด้วย ดังนั้นจึงทำให้อุณหภูมิของอากาศในตู้ลดลงในขณะที่อุณหภูมิของน้ำเย็นในถาดสูงขึ้น จนกระทั่งอุณหภูมิน้ำเย็นและอากาศเท่ากัน ก็จะหยุดการถ่ายเทความร้อน การทำความเย็นจะไม่ต่อเนื่อง เพราะว่าตัวกลางในการทำความเย็นไม่สามารถรักษาระดับอุณหภูมิของตัวเองให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอากาศในตู้ได้อีกต่อไป

อีกตัวอย่างหนึ่งของกระบวนการทำความเย็นที่อาศัยความร้อนแฝงคือ ถ้านำน้ำแข็งจำนวน 1 กรัม ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียสเช่นกัน เข้าวางแทนที่ถาดน้ำเย็นดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ความร้อนจะถ่ายเทจากอากาศภายในตู้ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าเข้ายังน้ำแข็ง อุณหภูมิของอากาศจะลดลง ในขณะที่น้ำแข็งหลอมละลายดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศภายในตู้ จะถูกนำเอาออกนอกตู้ทางท่อน้ำทิ้ง

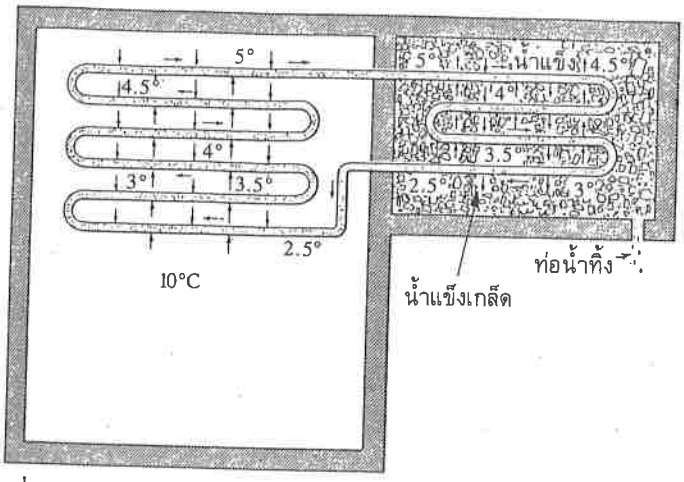
โดยวิธีนี้อุณหภูมิของตัวกลางในการทำความเย็นจะไม่เปลี่ยนแปลงไปในขณะที่ต้องดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศภายในตู้ อุณหภูมิของอากาศจะลดลงในขณะที่น้ำแข็งหลอมละลายเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และอุณหภูมิของน้ำแข็งจะยังคงรักษาระดับอยู่ที่ 0 องศาเซลเซียส ปริมาณความร้อนที่น้ำแข็งดูดรับไว้เพื่อการหลอมละลายเป็นน้ำซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวจะถูกนำออกภายนอกตู้ทางท่อน้ำทิ้ง ผลการทำความเย็นจะต่อเนื่องกันจนกว่าน้ำแข็งจะถูกหลอมละลายกลายเป็นน้ำหมด

กระบวนการทำความเย็นที่อาศัยความร้อนแฝง อาจใช้ตัวกลางได้ทั้งของแข็ง (หลอมละลาย) และของเหลว (กลายเป็นไอ) ตัวกลางในการทำความเย็นที่เป็นของแข็งที่ใช้กันมากคือ น้ำแข็งและน้ำแข็งแห้ง

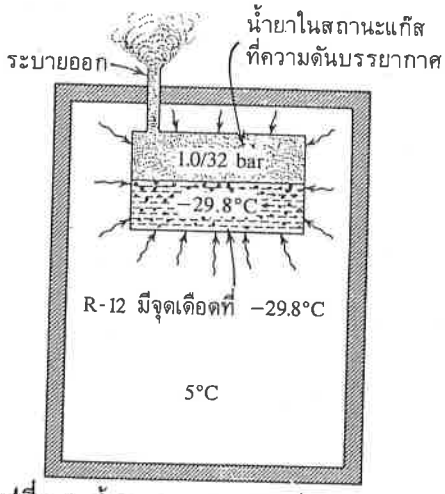
น้ำแข็งจะหลอมละลายเป็นน้ำ ดูดรับปริมาณความร้อนที่ 0 องศาเซลเซียส ส่วนน้ำแข็งแห้งจะระเหิดกลายเป็นไอที่อุณหภูมิต่ำถึง – 78.33 องศาเซลเซียส

จากความรู้เรื่องตัวกลางในการทำความเย็นดังกล่าว จะสามารถปรับปรุงให้กระบวนการทำความเย็นโดยอาศัยความร้อนสัมผัสทำความเย็นโดยต่อเนื่องได้ ดังรูปที่ 3.3

น้ำเย็นภายในท่อจะดูดรับความร้อนจากอากาศภายในตู้ ทำให้อุณหภูมิค่อย ๆ สูงขึ้นและความหนาแน่นของน้ำนั้นค่อย ๆ น้อยลง น้ำเย็นจากช่องน้ำแข็งซึ่งมีอุณหภูมิต่ำและความหนาแน่นสูงกว่าจะไหลลงมาแทนที่ เกิดการไหลหมุนเวียนของน้ำเย็นในท่อ ขณะที่น้ำแข็งภายในช่องแข็งหลอมละลายจะดูดรับปริมาณความร้อนจากน้ำเย็นภายในท่ออีกทีหนึ่ง ทำให้น้ำแข็งในท่อมีอุณหภูมิต่ำลงสามารถไปดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศในตู้ได้ต่อไปอีก



รูปที่ 3.3 ความร้อนสัมผัสทำความเย็นต่อเนื่อง ความร้อนของอากาศภายในตู้จะถูกดูดรับโดยน้ำเย็นในท่อและถูกนำออก ไปถ่ายทิ้งให้กับน้ำแข็งอีกทีหนึ่ง

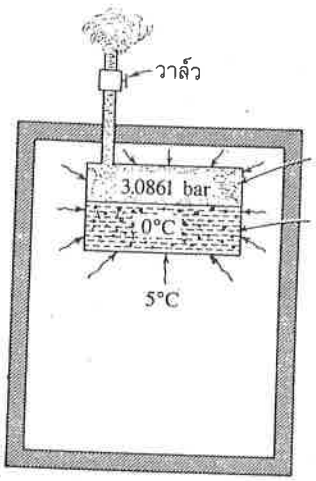


รูปที่ 3.4 น้ำยา R-12 มีจุดเดือดที่ −29.8°C ที่ความดันบรรยากาศ 1.0132 bar

อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำเป็นตัวกลางในการทำความเย็นสำหรับระบบทำความเย็นที่ต้องการลดอุณหภูมิภายในตู้ให้ต่ำมาก ๆ นั้นไม่สามารถทำได้ นักวิทยาศาสตร์จึงหาสารชนิดอื่นที่มีจุดเดือดเปลี่ยนสถานะได้ที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ ภายใต้ความดันบรรยากาศ เช่น น้ำยา R-12 ซึ่งมีชื่อทางเคมีว่า ไดคลอโร-ไดฟลูออโรมีเทน (CCl_2F_2) จะมีจุดเดือดที่ −29.8 องศาเซลเซียสที่ความดัน 1.0132 บาร์ น้ำยานี้มีชื่อทางการค้าว่า ฟรีออน (freon)

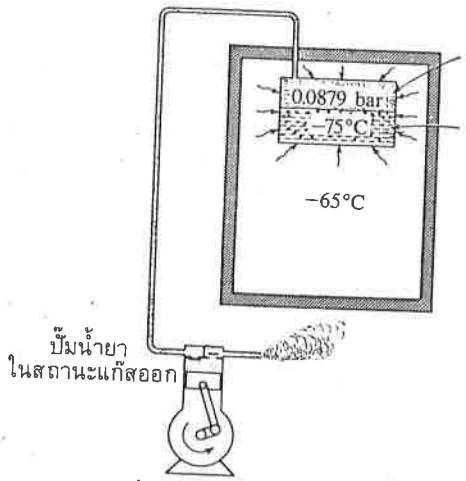
จากรูปที่ 3.4 ในขณะที่น้ำยา R-12 เดือดเปลี่ยนสถานะที่อุณหภูมิ −29.8 องศาเซลเซียส จะดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศภายในตู้ซึ่งมีอุณหภูมิที่ 5 องศาเซลเซียส น้ำยา R-12 ในสถานะแก๊สจะถูกปล่อยทิ้งออกสู่อากาศโดยตรงซึ่งจะทำให้อากาศภายในตู้มีอุณหภูมิลดต่ำลง

จุดเดือดของน้ำยาเหลวที่ถูกนำมาใช้เป็นตัวกลางในการทำความเย็น สามารถจะควบคุมให้มีอุณหภูมิจุดเดือดที่สูงขึ้นได้โดยการควบคุมความดันของน้ำยาให้สูงขึ้น จากรูปที่ 3.5 เมื่อปิดวาล์วให้น้ำยา R-12 ในสถานะปล่อยทิ้งออกสู่อากาศได้น้อยลง จะทำให้ความดันของน้ำยาภายในสูงขึ้นเป็น 3.0861 บาร์ และที่ความดันขนาดนี้ น้ำยา R-12 จะมีจุดเดือดที่ 0 องศาเซลเซียส ซึ่งก็ยังคงทำให้อากาศภายในตู้มีอุณหภูมิต่ำลงได้



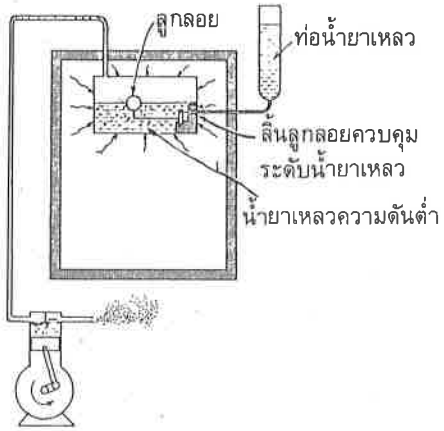
รูปที่ 3.5 จุดเดือดของน้ำยา R-12 จะสูงขึ้นเป็น 0°C ที่ความดัน 3.0861 bar

ในทางตรงกันข้าม ถ้าลดความดันของน้ำยาเหลวลงให้ต่ำกว่าความดันบรรยากาศแล้ว อุณหภูมิจุดเดือดของน้ำยาจะลดต่ำลงด้วย จากรูปที่ 3.6 ถ้ามีคอมเพรสเซอร์ช่วยปั๊มน้ำยาในสถานะแก๊สออกทิ้ง น้ำยา R-12 จะมีความดันลดต่ำลงเหลือ 0.0879 บาร์ ซึ่งที่ความดันขนาดนี้ น้ำยา R-12 จะมีจุดเดือดที่ −75 องศาเซลเซียส สามารถทำให้อุณหภูมิภายในตู้มีอุณหภูมิลดต่ำลงได้ถึง −65 องศาเซลเซียส



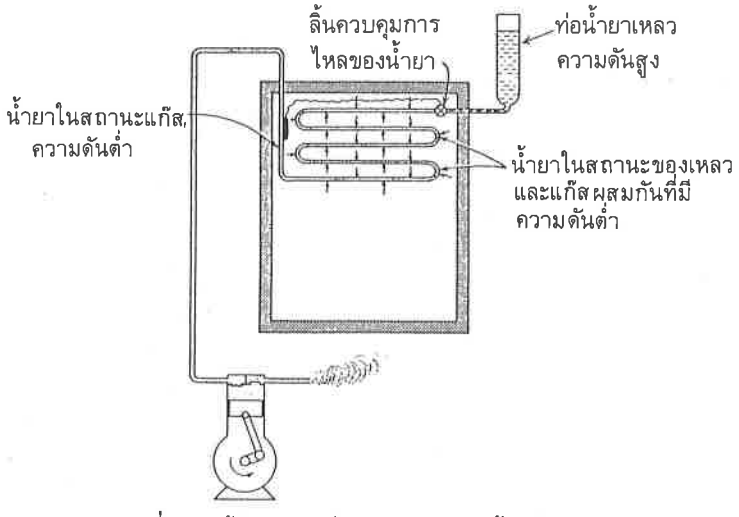
รูปที่ 3.6 ใช้คอมเพรสเซอร์ปั๊มน้ำยาออก

การทำความเย็นโดยให้มีคอมเพรสเซอร์ช่วยปั๊มน้ำยาในสถานะแก๊สออกทิ้งนี้ จะทำให้น้ำยา R-12 เดือดเปลี่ยนสถานะหมดอย่างรวดเร็วเช่นกัน และเมื่อน้ำยาเหลวหมดลงแล้ว ก็เท่ากับเป็นการหยุดการทำความเย็นภายในตู้ ดังนั้นเพื่อให้มีการทำความเย็นได้ต่อไปอีกก็จะต้องมีน้ำยาเหลวเพิ่มเข้าทดแทน ดังรูปที่ 3.7 น้ำยาเหลวจากท่อเก็บน้ำยาซึ่งมีความดันสูงจะไหลผ่านลิ้นลูกลอยเข้ามาเพิ่มเติมรักษาให้ระดับของน้ำยาเหลวที่ความดันต่ำให้มีระดับคงที่อยู่เสมอ



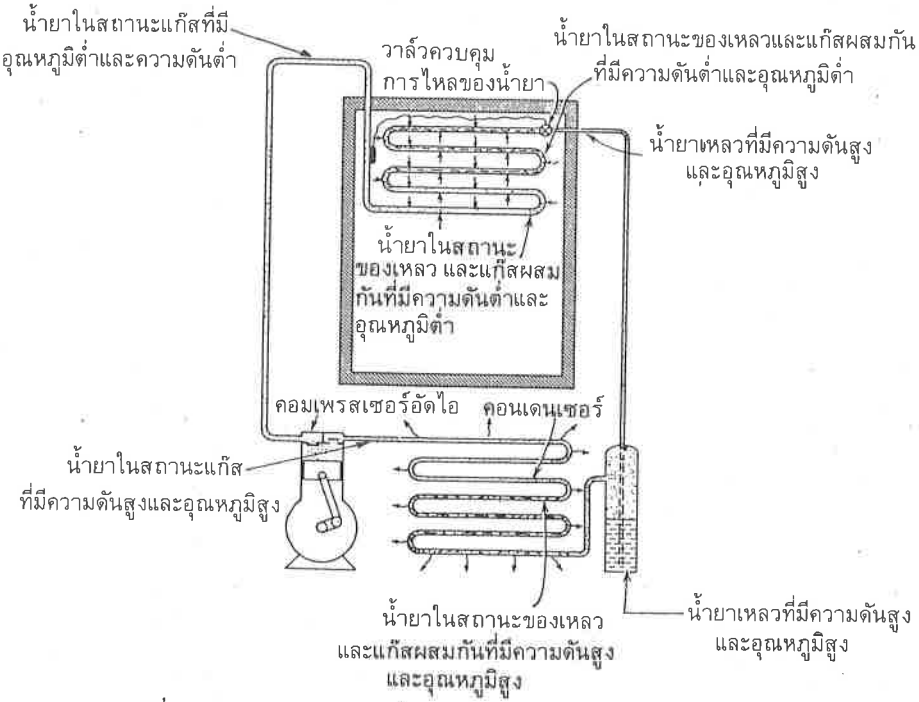
รูปที่ 3.7 น้ำยาเหลวเพิ่มเข้าทดแทนผ่านลูกลอย

น้ำยาเหลวจากท่อเก็บน้ำยาซึ่งมีความดันสูงจะไหลผ่านลิ้นควบคุมการไหลของน้ำยา เพื่อลดแรงดันของน้ำยาลง ลิ้นควบคุมการไหลของน้ำยานี้มีใช้แตกต่างกันถึง 6 ชนิด และบางชนิดได้ถูกพัฒนาให้นำไปใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน เช่น เทอร์โมสแตติกเอกซ์แพนชันวาล์ว จากรูปที่ 3.8 แสดงหลักการทำงานของลิ้นควบคุมการไหลของน้ำยานี้ ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดในบทที่ 6 ต่อไป



รูปที่ 3.8 น้ำยาเหลวเพิ่มเข้าทดแทนผ่านลิ้นควบคุมการไหล

จากหลักการทำความเย็นโดยให้น้ำยา R-12 เดือดเปลี่ยนสถานะ ดูดรับปริมาณความร้อนจากภายในตู้ และน้ำยา R-12 ในสถานะแก๊สถูกปั๊มออกทิ้งสู่อากาศเช่นนี้ เป็นการสิ้นเปลืองอย่างมากและไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนเพื่อการทำความเย็น จึงมีการหาทางนำเอาน้ำยาในสถานะแก๊สนี้กลับมาใช้ทำความเย็นอีก จากรูปที่ 3.9 น้ำยาในสถานะแก๊สที่ถูกคอมเพรสเซอร์ปั๊มออกมานั้น จะถูกนำไปกลั่นตัวเป็นน้ำยาเหลวภายในคอนเดนเซอร์ด้วยการระบายความร้อนออก และน้ำยาเหลวนี้จะส่งไปเก็บไว้ในท่อพักน้ำยาเหลวเพื่อนำกลับใช้ทำความเย็นอีก และหลักการนี้ก็คือต้นแบบของวงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอนั่นเอง

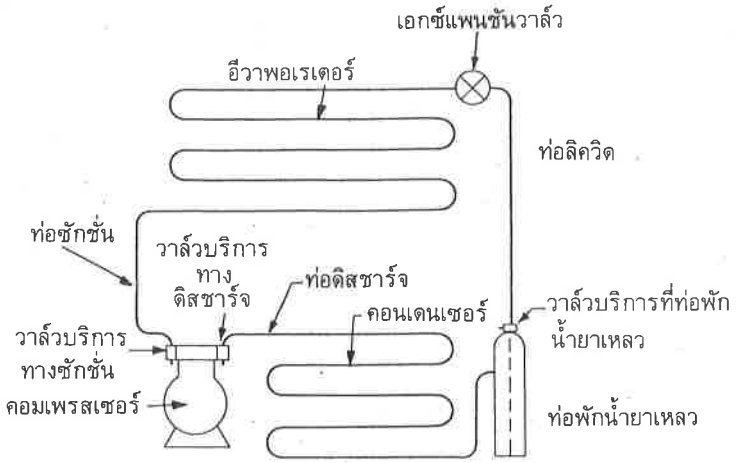


รูปที่ 3.9 ต้นแบบของวงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

3.4 วงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ

วงจรเครื่องทำความเย็นระบบคอมเพรสเซอร์อัดไอ (vapor compression system) ประกอบด้วยอุปกรณ์หลักที่สำคัญดังนี้

1. อีวาพอเรเตอร์ (evaporator)
2. คอมเพรสเซอร์ (compressor)
3. คอนเดนเซอร์ (condenser)
4. ท่อพักน้ำยาเหลว (receiver tank)
5. เอกซ์แพนชันวาล์ว (expansion valve)



รูปที่ 3.10 อุปกรณ์หลักของเครื่องทำความเย็น

หน้าที่การทำงานของอุปกรณ์หลักมีดังนี้คือ

1. **อีวาพอเรเตอร์** ทำหน้าที่ดูดรับปริมาณความร้อนจากบริเวณหรือเนื้อที่ที่ต้องการทำความเย็น ขณะที่น้ำยาทำความเย็นภายในระบบตรงบริเวณนี้ระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สจะดูดรับปริมาณความร้อนผ่านผิวท่อทางเดินน้ำยาเข้าไปยังน้ำยาภายในระบบ ทำให้อุณหภูมิโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ลดลง

2. **คอมเพรสเซอร์** ทำหน้าที่ในการดูดและอัดน้ำยาในสถานที่เป็นแก๊ส โดยดูดแก๊สที่มีอุณหภูมิต่ำและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์ และอัดให้มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง จนถึงจุดที่แก๊สพร้อมจะควบแน่นเป็นของเหลวเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนออกจากน้ำยา

3. **คอนเดนเซอร์** ทำหน้าที่ให้น้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊สกลั่นตัวเป็นของเหลวด้วยการระบายความร้อนออกจากน้ำยานั้น กล่าวคือน้ำยาในสถานะแก๊ส อุณหภูมิสูง ความดันสูง ซึ่งถูกอัดส่งมาจากคอมเพรสเซอร์ เมื่อถูกระบายความร้อนแฝงออกจะกลั่นตัวเป็นของเหลว แต่ยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่

4. **ท่อพักน้ำยาเหลว** น้ำยาเหลวที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูงซึ่งกลั่นตัวมาแล้วจากคอนเดนเซอร์จะถูกส่งเข้ามาพักในท่อพักน้ำยานี้ ก่อนที่จะถูกส่งไปยังเอกซ์แพนชันวาล์วอีกทีหนึ่ง

5. **เอกซ์แพนชันวาล์ว** ทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้าไปยังอีวาพอเรเตอร์ลดความดันของน้ำยาให้มีความดันต่ำลง จนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ในอีวาพอเรเตอร์

นอกจากอุปกรณ์หลักที่สำคัญของระบบการทำความเย็นที่กล่าวมาแล้ว ยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ควรทราบคือ

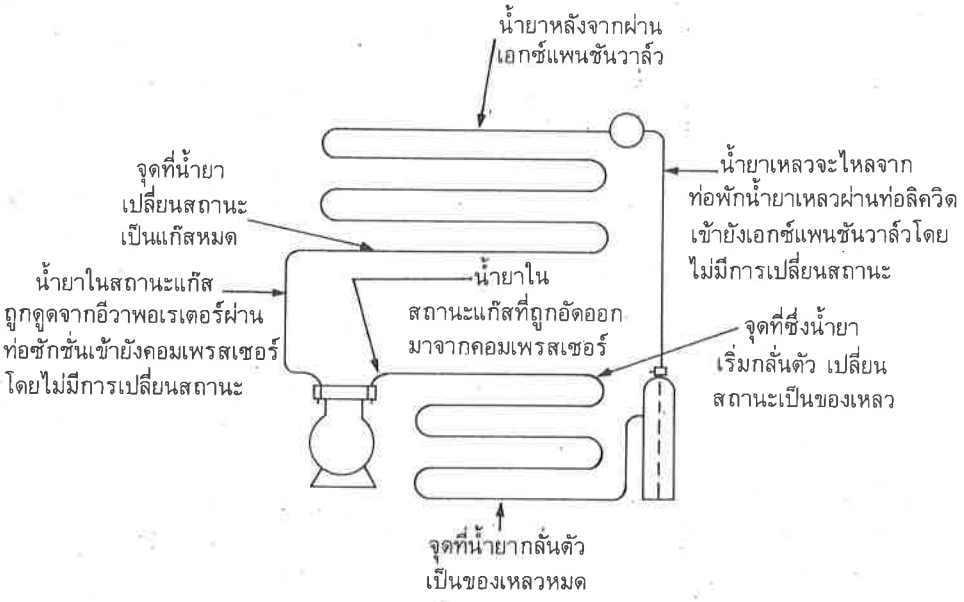
ท่อซักชั่น (suction line) เป็นท่อทางเดินน้ำยาที่ต่ออยู่ระหว่างอีวาพอเรเตอร์กับทางดูดของคอมเพรสเซอร์ น้ำยาในสถานะแก๊ส อุณหภูมิต่ำและความดันต่ำ จากอีวาพอเรเตอร์จะถูกดูดผ่านท่อซักชั่นเข้ายังคอมเพรสเซอร์

ท่อดิสชาร์จ (discharge line) เป็นท่อทางเดินน้ำยาที่ต่ออยู่ระหว่างท่อทางอัดของคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ น้ำยาในสถานะที่เป็นแก๊สซึ่งถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น จะถูกส่งไปยังคอนเดนเซอร์ โดยผ่านท่อดิสชาร์จนี้

ท่อลิควิด (liquid line) เป็นท่อทางเดินน้ำยาที่ต่อระหว่างท่อพักน้ำยาเหลวกับเอกซ์แพนชันวาล์ว น้ำยาเหลว ความดันสูง อุณหภูมิสูง จากท่อพักน้ำยา จะถูกอัดส่งไปยังเอกซ์แพนชันวาล์วโดยผ่านทางท่อลิควิดนี้

3.5 หลักการทำงานของวงจรทำความเย็น

หลักการทำงานของวงจรการทำความเย็น ดังแสดงในรูปที่ 3.11 เริ่มที่ท่อพักน้ำยาเหลว น้ำยาในท่อพักมีสถานะเป็นของเหลวที่มีอุณหภูมิสูง ความดันสูง ถูกส่งเข้าไปยังเอกซ์แพนชันวาล์วโดยผ่านทางท่อลิควิด ซึ่งเอกซ์แพนชันวาล์วนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำยาเหลวที่ผ่านเข้ายังอีวาพอเรเตอร์ ลดความดันของน้ำยาเหลวให้มีความดันต่ำลงจนสามารถระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊สและดูดรับปริมาณความดันได้ที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ภายในอีวาพอเรเตอร์



รูปที่ 3.11 หลักการทำงานของวงจรเครื่องทำความเย็น

ขณะที่น้ำยาเหลวภายในอีวาพอเรเตอร์ระเหยตัวเปลี่ยนสถานะเป็นแก๊ส จะดูดรับปริมาณความร้อนจากอากาศโดยรอบ ทำให้อากาศโดยรอบที่อีวาพอเรเตอร์มีอุณหภูมิลดต่ำลง และถ้ามีฉนวนกันความร้อนกั้นโดยรอบอีวาพอเรเตอร์ไว้ ความร้อนจากภายนอกไม่สามารถผ่านเข้าไปได้หรือผ่านได้น้อย ก็จะทำให้อุณหภูมิภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็นลดต่ำลง

แก๊สซึ่งมีอุณหภูมิและความดันต่ำจากอีวาพอเรเตอร์จะถูกคอมเพรสเซอร์ดูดผ่านเข้าทางท่อซักชั่น และอัดส่งออกทางท่อดิสชาร์จ ในลักษณะของแก๊สที่มีอุณหภูมิและความดันสูง เพื่อส่งไปกลั่นตัวเป็นของเหลวในคอนเดนเซอร์โดยการระบายความร้อนออก แต่น้ำยาเหลวนี้จะยังคงมีความดันและอุณหภูมิสูงอยู่ และถูกส่งเข้าไปในท่อพักน้ำยาเหลว ก่อนที่จะถูกส่งไปยังเอกซ์แพนชันวาล์วอีกครั้งหนึ่งอันเป็นการครบวงจร

ในระบบของเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก ๆ เช่น ตู้เย็นที่ใช้ในบ้าน และเครื่องปรับอากาศชนิดติดหน้าต่าง บางครั้งไม่ต้องมีท่อพักน้ำยาเหลว แต่น้ำยาเหลวซึ่งถูกกลั่นตัวเรียบร้อยแล้วจากคอนเดนเซอร์จะถูกส่งต่อเข้ายังเอกซ์แพนชันวาล์วโดยตรง

3.6 การแบ่งส่วนการทำงานของระบบทำความเย็น

เมื่อพิจารณาถึงความดันภายในระบบเครื่องทำความเย็นแล้ว จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ด้านความดันสูงของระบบและด้านความดันต่ำของระบบ

1. ด้านความดันสูง (high side) ประกอบด้วยทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ท่อดิสชาร์จ คอนเดนเซอร์ ท่อพักน้ำยาเหลว ท่อลิควิด และทางเข้าของเอกซ์แพนชันวาล์ว ความดันของน้ำยาด้านความอัดสูงนี้บางครั้งเรียกว่า ความดันทางคอนเดนเซอร์ (condensing pressure) หรือความดันด้านอัด (discharge pressure)

2. ด้านความดันต่ำ (low side) ประกอบด้วยทางออกของเอกซ์แพนชันวาล์ว อีวาพอเรเตอร์ ท่อซักชั่น และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ ความดันของน้ำยาด้านความดันต่ำนี้ บางครั้งเรียกว่า ความดันทางอีวาพอเรเตอร์ (evaporator pressure) หรือความดันด้านดูด (suction pressure) หรือความดันด้านกลับ (back pressure)

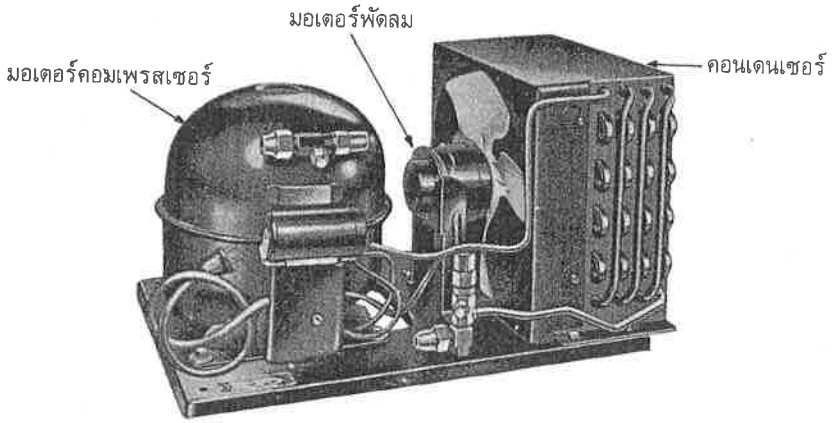
จะเห็นได้ว่าทั้งคอมเพรสเซอร์และเอกซ์แพนชันวาล์วเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งความดันของระบบเครื่องทำความเย็นออกเป็น 2 ส่วนดังกล่าว

3.7 คอนเดนซิ่งยูนิต

คอนเดนซิ่งยูนิต (condensing unit) หมายถึง ส่วนของระบบซึ่งทำหน้าที่ทำให้น้ำยาภายในระบบกลั่นตัวเปลี่ยนสถานะจากแก๊สเป็นน้ำยาเหลว ซึ่งประกอบด้วยคอมเพรสเซอร์ ท่อทางอัด คอนเดนเซอร์ และท่อพักน้ำยา รวมกันเป็นส่วนหนึ่งของระบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.12

โดยปกติคอนเดนซิ่งยูนิตแบ่งออกได้ 2 แบบตามลักษณะของตัวกลางในการระบายความร้อนออกที่คอนเดนเซอร์คือ

1. คอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (air-cooled condensing unit)
2. คอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (water-cooled condensing unit)

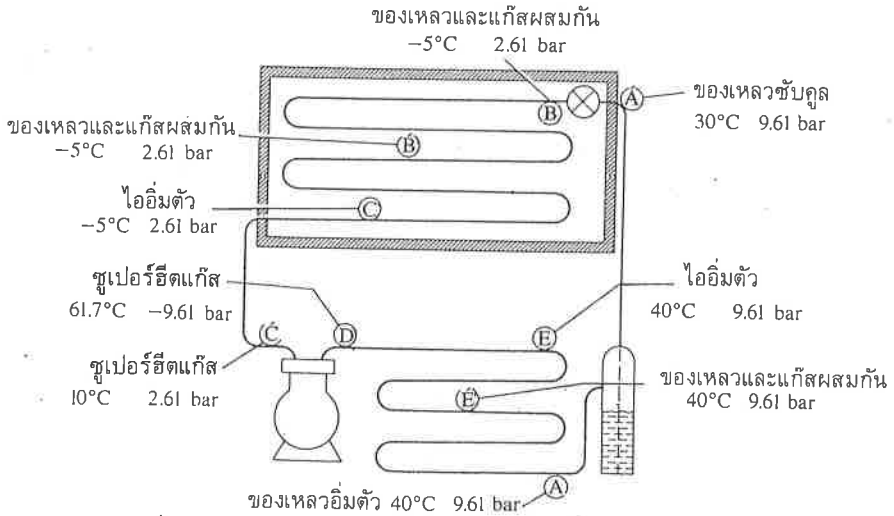


รูปที่ 3.12 คอนเดนซิ่งยูนิตแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

คอนเดนซิ่งยูนิตที่ใช้กับเครื่องทำความเย็นซึ่งมีแรงม้าต่ำ ๆ ส่วนมากใช้แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ เช่น ตู้เย็นและตู้แช่ที่ใช้ในครัวเรือน เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (split type) ที่มีขนาดเล็กกว่า 5 ตันลงไป

3.8 สถานะ อุณหภูมิและความดันของน้ำยาที่ตำแหน่งต่าง ๆ ในระบบเครื่องทำความเย็น

เพื่อให้ทราบถึงสถานะ อุณหภูมิ และความดันของน้ำยา ที่จุดต่าง ๆ ของวงจรเครื่องทำความเย็นแสดงดังรูปที่ 2.13 และตารางที่ 3.1 ซึ่งใช้น้ำยา (R-12) ในระบบเครื่องทำความเย็น



รูปที่ 3.13 แสดงสถานะ อุณหภูมิ และความดันของสารความเย็น ณ ตำแหน่งต่าง ๆ ในระบบเครื่องทำความเย็น

ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่ง สถานะ อุณหภูมิ และความดันของน้ำยา (จากรูปที่ 3.13)

ตำแหน่งที่	สถานะของน้ำยา	ความดัน (bar)	อุณหภูมิ (°C)
A	ของเหลวอิ่มตัว	สูง (9.61)	สูง (40)
A′	ของเหลวซับคูล	สูง (9.61)	สูง (30)
B	ของเหลว (90%) + แก๊ส (10%)	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (– 5)
B′	ของเหลว (50%) + แก๊ส (50%)	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (– 5)
C	ไออิ่มตัว	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (– 5)
C′	ซูเปอร์ฮีตแก๊ส	ต่ำ (2.61)	ต่ำ (10)
D	ซูเปอร์ฮีตแก๊ส	สูง (9.61)	สูง (61.7)
E	ไออิ่มตัว	สูง (9.61)	สูง (40)
E′	แก๊ส (50%) + ของเหลว (50%)	สูง (9.61)	สูง (40)