

# บทที่ 7

## ความร้อน

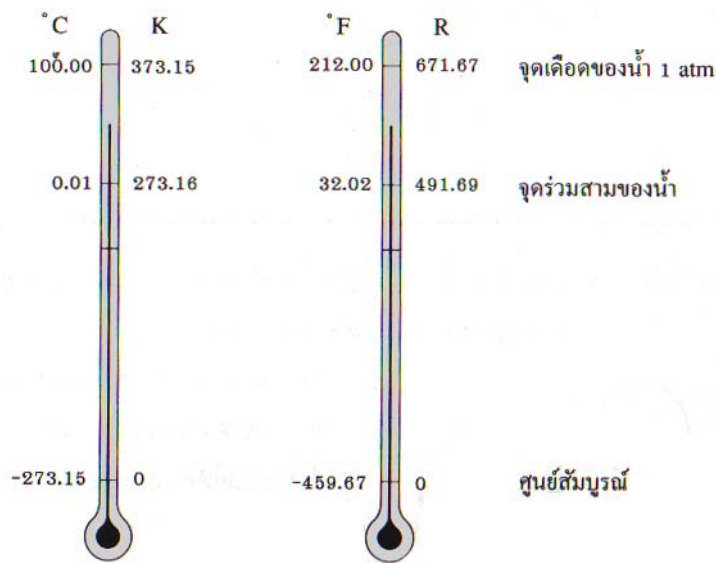
ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่งซึ่งสามารถถ่ายโอนจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงไปยังแหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำ พลังงานความร้อนอาจเปลี่ยนจากพลังงานรูปอื่น และในทางกลับกัน พลังงานความร้อนสามารถเปลี่ยนไปเป็นพลังงานรูปอื่นได้

### 7.1 อุณหภูมิและความร้อน

ความร้อนและความเย็นใช้ความรู้สึกหรือการสัมผัสบอกได้ลำบาก ถ้าจะให้การวัดมีความแม่นยำจะต้องมีปริมาณที่แน่นอนเพื่อบอกว่าความร้อนและความเย็นอยู่ตรงไหน ปริมาณนี้มีชื่อเรียกว่า “อุณหภูมิ” และอุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิที่เรารู้จักกันดีก็คือ เทอร์โมมิเตอร์

อุณหภูมิสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับระดับพลังงานจลน์ของโมเลกุลที่ประกอบขึ้นเป็นสารนั้น อาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิ คืออัตราส่วนของพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารหนึ่งต่อจำนวนโมเลกุลของสารนั้น

หน่วยของอุณหภูมิที่ใช้คือ หน่วยองศาเซลเซียส ( $^{\circ}\text{C}$ ) หน่วยองศาฟาเรนไฮต์ ( $^{\circ}\text{F}$ ) และหน่วยของศัมบูรณ์ องศาเคลวิน (K) หรือองศาเร็งกิน (R) แสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 7.1



รูปที่ 7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยของอุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิศัมบูรณ์มีหน่วยเป็นองศาเคลวิน (K) นิยมใช้กันมากในวิชาอุณหพลศาสตร์ อุณหภูมิศัมบูรณ์นี้สามารถชี้บอกปริมาณพลังงานจลน์ของโมเลกุลของสารนั้นๆ และขีดจำกัดล่างของอุณหภูมิศัมบูรณ์กำหนดไว้ที่ศูนย์ศัมบูรณ์ซึ่งตรงกับ  $-273.15^{\circ}\text{C}$  พอดี

ถ้ากล่าวถึงอุณหภูมิมาตรฐาน (standard temperature) จะอยู่ที่  $0^{\circ}\text{C}$  หรือ  $273.15\text{ K}$  การแปลงหน่วยระหว่างองศาเซลเซียสกับองศาฟาเรนไฮต์ ใช้สมการ

$$T (^{\circ}\text{F}) = 1.8 T (^{\circ}\text{C}) + 32$$

การแปลงหน่วยระหว่างองศาเซลเซียสกับองศาฟาเรนไฮต์ ใช้สมการ

$$T (K) = T (^{\circ}C) + 273.15$$

$$T (R) = T (^{\circ}F) + 459.67$$

ความสัมพันธ์ระหว่างองศาเคลวินกับองศาแรงกิน

$$T (R) = 1.8 T (K)$$

พิจารณาอุณหภูมิแตกต่าง ในหน่วยขององศาเซลเซียส องศาเคลวิน องศาฟาเรนไฮต์ และองศาแรงกิน พบว่า

$$\Delta T (K) = \Delta T (^{\circ}C)$$

$$\Delta T (R) = \Delta T (^{\circ}F) = 1.8 \Delta T (K)$$

## 7.2 ความจุความร้อน

สารต่างชนิดกันมีความสามารถในการรับหรือคายพลังงานความร้อนได้ต่างกัน และเราเรียกค่าพลังงานความร้อนที่ทำให้สารชนิดหนึ่งมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 หน่วย ว่า **ความจุความร้อน** (heat capacity “C”) ของสารชนิดนั้นตามที่ใช้ในระบบเอสไอเป็นจูลต่อเคลวิน(J/K) โดยที่ค่าความจุความร้อนของสารดังกล่าวนี้ นอกจากจะต่างกันไปตามชนิดของสารแล้วยังขึ้นกับขนาดคือปริมาตรหรือมวล รวมถึงจำนวนโมลอีกด้วย ดังนั้น จึงไม่เหมาะที่จะใช้ค่าความจุความร้อนของสารเพื่อเป็นเกณฑ์สำหรับการเปรียบเทียบ เรามักจะพิจารณาสารหลายชนิดเปรียบเทียบกัน โดยใช้ค่าความจุความร้อนต่อหนึ่งหน่วยมวลของสารแทน และเรียกปริมาณดังกล่าวนี้ว่า **ความจุความร้อนจำเพาะ** (specific heat capacity “c”) ของสารนั้นโดยมีหน่วยในระบบเอสไอเป็นจูลต่อ (กิโลกรัม-เคลวิน) “J/kg-K” แต่บางทีก็กล่าวถึงในนาม **ความร้อนจำเพาะ** (specific heat “c”) ซึ่งก็คือปริมาณเดียวกันนั่นเอง นอกจากนี้ ในกรณีที่ต้องการกล่าวให้สัมพันธ์กับจำนวนโมล (n) ของสาร ก็จะใช้ค่าความจุความร้อนต่อโมล โดยเรียกว่า **ความจุความร้อนโมลาร์** (molar heat capacity “C”) ของสารนั้นก็คือ  $C/n$  และมีหน่วยเป็นจูลต่อโมล (J/mole) ในระบบเอสไอ

ถ้าสารชนิดหนึ่งมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น  $\Delta T$  เคลวิน โดยมีพลังงานความร้อนที่ได้รับเป็น Q จูล จะได้

$$Q = c(\Delta T) = mc(\Delta T) = nC(\Delta T) \quad (7.1)$$

### 7.2.1 พลังงานความร้อนกับการเปลี่ยนสถานะของสาร

สารชนิดหนึ่งสามารถเปลี่ยนสถานะ (state) หรือวัฏภาค (phase) ณ อุณหภูมิหนึ่ง โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยน แต่จะเป็นการรับหรือคายพลังงานความร้อนก็สุดแต่กระบวนการของการเปลี่ยนสถานะ เราเรียกพลังงานความร้อนที่เกี่ยวกับกระบวนการของการเปลี่ยนสถานะของสารโดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนตามที่กล่าวถึงนี้ว่า **ความร้อนแฝง** (latent heat) ของสาร ถ้าเป็นสารชนิดเดียวกันแต่มีมวลต่างกันก็จะมีค่าความร้อนแฝงที่แตกต่างกัน ยิ่งถ้าเป็นสารต่างชนิดกัน ก็ย่อมมีค่าที่ไม่อาจมีเกณฑ์ที่ใช้เปรียบเทียบกันได้ จึงกำหนด ค่าความร้อนแฝงต่อหน่วยมวลของสารเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ โดยเรียกว่า **ความร้อนแฝงจำเพาะ** (specific latent heat “L”) ของสารมีหน่วยเป็นจูลต่อกิโลกรัม (J/kg) ในระบบเอสไอ

สมมติ สารชนิดหนึ่ง ซึ่งมีมวล m กิโลกรัม และมีค่าความร้อนแฝงจำเพาะ L จูลต่อกิโลกรัมเมื่อเปลี่ยนสถานะจนหมด โดยมีการรับหรือคายพลังงานความร้อน Q จูล จะได้

$$Q = mL \quad (7.2)$$

ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิขณะที่สารชนิดนั้นมีการเปลี่ยนสถานะเลย

สิ่งที่ควรทราบ

$$c_{\text{น้ำ}} = 4.18 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K} = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$$

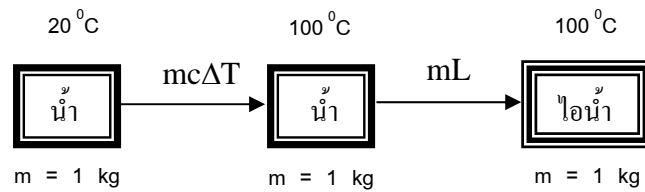
$$L_{\text{น้ำแข็ง}} = 333 \times 10^3 \text{ J/kg} = 80 \text{ cal/g}$$

$$L_{\text{ไอน้ำ}} = 2,256 \times 10^3 \text{ J/kg} = 540 \text{ cal/g}$$

**ตัวอย่างที่ 7.1** จงหาพลังงานความร้อนที่ใช้ในการต้มน้ำ 1 กิโลกรัม ซึ่งมีอุณหภูมิเริ่มต้น 20 องศาเซลเซียส ให้เดือดและระเหยกลายเป็นไอทั้งหมด

กำหนดให้ ค่าความร้อนแฝงจำเพาะของการกลายเป็นไอของน้ำเท่ากับ 2,300 กิโลจูลต่อกิโลกรัม และค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 4.2 กิโลจูลต่อกิโลกรัมต่อเคลวิน

วิธีทำ เขียนแผนภาพการต้มน้ำจนเดือดกลายเป็นไอดังรูป



จากแผนภาพจะได้

$$Q = mc\Delta T + mL$$

แทนค่า

$$Q = 1 \times 4.2 (100 - 20) + 1 \times 2,300$$

$$= 336 + 2,300$$

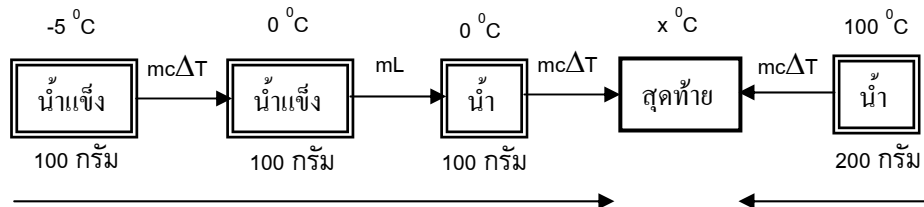
$$= 2636 \text{ กิโลจูล}$$

คำตอบ ใช้พลังงานในการต้มน้ำเท่ากับ 2636 กิโลจูล

**ตัวอย่างที่ 7.2** น้ำเดือด 200 กรัม ผสมกับน้ำแข็ง 100 กรัม ที่ -5 องศาเซลเซียส จงหาอุณหภูมิผสม

กำหนดความร้อนแฝง และความจุความร้อนจำเพาะน้ำแข็งเท่ากับ 80 แคลอรี/กรัม และ 0.5 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำเท่ากับ 1 แคลอรี/กรัม องศาเซลเซียส

วิธีทำ จากโจทย์พวกคายความร้อนได้แก่ น้ำ และพวกรับความร้อนได้แก่ น้ำแข็ง เขียนแผนภาพแล้วคำนวณหาอุณหภูมิสุดท้ายจาก  $Q_{\text{ลด}} = Q_{\text{เพิ่ม}}$  เขียนแผนภาพดังรูป



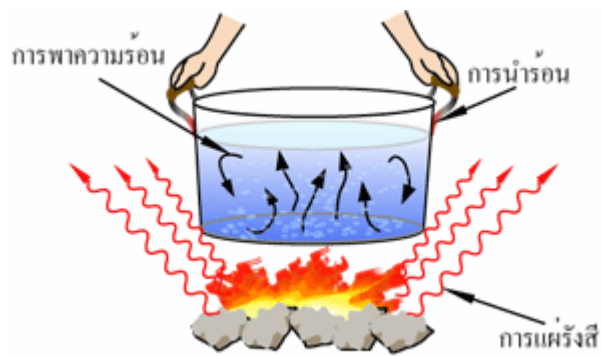
$$\begin{aligned}
 Q \text{ เพิ่ม} &= Q \text{ ลด.} \\
 (mc\Delta T)_{\text{น้ำแข็ง}} + (mL)_{\text{น้ำแข็ง}} + (mc\Delta T)_{\text{น้ำ}} &= (mc\Delta T)_{\text{น้ำ}} \\
 100 \times 0.5 \times 5 + 100 \times 80 + 100 \times 1(x - 0) &= 200 \times 1(100 - x) \\
 250 + 8,000 + 100x &= 20,000 - 200x \\
 300x &= 11,750 \\
 x &= \frac{11,750}{300} = 39.17
 \end{aligned}$$

คำตอบ อุณหภูมิผสมเท่ากับ 39.17 องศาเซลเซียส

### 7.3 การถ่ายโอนความร้อน

การถ่ายโอนความร้อนจะเกิดขึ้นเมื่อเกิดความแตกต่างกันระหว่างอุณหภูมิ 2 บริเวณ โดยความร้อนจะถ่ายโอนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่บริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ถ่ายโอนจนกระทั่งทั้ง 2 บริเวณมีอุณหภูมิเท่ากัน ซึ่งเราสามารถแบ่งการถ่ายโอนความร้อนออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. การถ่ายโอนความร้อนโดยการนำ
2. การถ่ายโอนความร้อนโดยการพา
3. การถ่ายโอนความร้อนโดยการแผ่รังสี



รูปที่ 7.2 การถ่ายโอนความร้อน

#### 7.3.1 การถ่ายโอนความร้อนโดยการนำ

การนำความร้อน คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่ง ๆ หรือระหว่างวัตถุสองชิ้นที่สัมผัสกัน โดยมีทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าการนำความร้อนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นบนชั้นอะตอมของอนุภาค โมเลกุล การนำความร้อนเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ (คล้ายการนำไฟฟ้า) ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำเป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระ (คล้ายการนำไฟฟ้า) ในของเหลวและของแข็งที่มีสภาพการนำความร้อนต่ำเป็นผลมาจากการสั่นของโมเลกุลข้างเคียง ในก๊าซการนำความร้อนเกิดขึ้นผ่านการสั่นสะท้อนระหว่างโมเลกุลหรือกล่าวคือการนำความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อน

ผ่าน โดยตรงจากวัตถุหนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งโดยการสัมผัสกัน เช่น การเอามือไปจับทัพพี จะทำให้ความร้อนจากทัพพีถ่ายเทไปยังมือ จึงทำให้รู้สึกร้อน เป็นต้น



รูปที่ 7.2 วัสดุที่นำความร้อนได้ดี เป็นวัสดุโลหะ

### 7.3.2 การถ่ายโอนความร้อนโดยการพา

การพาความร้อน เป็นกระบวนการถ่ายเทพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของของไหล เช่น อากาศ น้ำหรือ ไอน้ำ เมื่อมีของไหล(Fluid) สัมผัสกับพื้นที่ผิวของวัตถุใดๆ ที่สภาพธรรมชาติเมื่อของไหลถูกทำให้ร้อนจะสามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ ทำให้เกิดการไหลเวียนความร้อนเพราะโมเลกุลที่เย็นและหนักกว่าจะตกลงข้างล่าง ส่วนโมเลกุลที่ร้อนและเบากว่าจะลอยตัวขึ้นหรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า การพาความร้อนเป็นลักษณะการถ่ายเทความร้อน โดยมีอากาศหรือลมเป็นสื่อกลาง ในการพาความร้อนจากวัตถุ หนึ่งไปยังอีกวัตถุหนึ่งเช่น พัดลมเป่าผม จะใช้ลมเป่าผ่านเครื่องทำความร้อน(Heater) ให้ความร้อนไปให้เส้นผม เป็นต้น ลักษณะของการพาความร้อนที่เกิดขึ้นอาจขึ้นแบ่งออกได้ตามแรงที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของความร้อนในโมเลกุลของของไหลได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) การพาความร้อนแบบอิสระ หรือโดยธรรมชาติ (Free or Natural Convection) เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยอาศัยความแตกต่างของความหนาแน่นของของไหลเนื่องจากของไหล เมื่อได้รับความร้อน (อุณหภูมิสูงขึ้น) จะมีความหนาแน่นลดลงกว่าอากาศโดยรอบ ทำให้เกิดการลอยตัวสูงขึ้น เช่น ควันที่ลอยขึ้นจากปล่องไฟ

2) การพาความร้อนแบบบังคับ เป็นการถ่ายเทความร้อนโดยใช้แรงภายนอกมาทำให้ของไหลเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวของแข็งที่มีอุณหภูมิต่างกันไปในทิศทางที่กำหนดไว้ เช่น แรงแจากปั๊ม หรือพัดลม

### 7.3.3 การถ่ายโอนความร้อนโดยการแผ่รังสี

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทพลังงานความร้อนทะลุผ่านช่องว่างใดๆ(Through Space)ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(Electromagnetic Waves) จากพื้นผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังพื้นผิวของวัตถุที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในทุกทิศทาง ในความเป็นจริงแล้วการเกิดการแผ่รังสีเกิดการแผ่รังสีอย่างแท้จริงของความร้อนระหว่างวัตถุใดๆ จะไม่ทำให้อุณหภูมิของตัวกลางที่ความร้อนนั้นผ่านเพิ่มสูงขึ้น เมื่อรังสีนี้ไปตกกระทบวัตถุใดๆ บางส่วนอาจจะสะท้อน บางส่วนอาจจะส่งผ่านทะลุไป บางส่วนอาจ ถูกดูดกลืนไว้และถ้ารังสีตกกระทบคือ รังสีความร้อนรังสีที่ถูกดูดกลืนไว้จะปรากฏเป็นความร้อนภายในวัตถุนั้น

## แบบฝึกหัดบทที่ 7

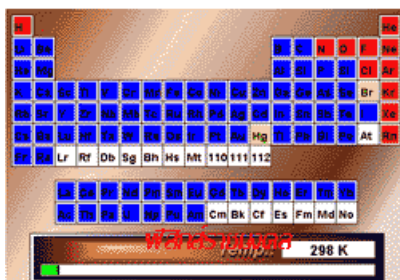
1. แท่งเหล็กมวล 5 กิโลกรัม และ 10 กิโลกรัม จะมีค่าความจุความร้อนจำเพาะเท่ากันหรือต่างกันอย่างไร
2. ถ้าใส่ตะปูที่เผาจนร้อนแดงลงในแก้วซึ่งใส่น้ำพอสมควร อุณหภูมิของน้ำและตะปูจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้เป็นเวลานานพอสมควร อุณหภูมิควรมีค่าอย่างไร พลังงานความร้อนของตะปูและน้ำมีการถ่ายโอนให้แก่กันหรือไม่ และพลังงานความร้อนของตะปูและน้ำจะมีการถ่ายโอนให้แก่สิ่งแวดล้อมหรือไม่
3. ก่อนฝนตก เหตุใด เราจึงรู้สึกว่ายากอากาศรอบตัวเราร้อนกว่าปกติ
4. เพื่อเป็นการประหยัดไฟฟ้า นิยมปรับอุณหภูมิให้ห้องปรับอากาศให้เท่ากับ 25 องศาเซลเซียส ถ้ามว่าอุณหภูมิ นี้เท่ากับกึ่งศาฟาเรนไฮต์
5. อุณหภูมิใดที่หน่วยองศาเซลเซียสและองศาฟาเรนไฮต์ ที่มีตัวเลขเท่ากัน
6. จงหาพลังงานความร้อนที่ทำให้เหล็กมวล 200 กรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 60 องศาเซลเซียส
7. จงหาปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำแข็งมวล 250 กรัม อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส กลายเป็นน้ำหมดและสุดท้ายน้ำ 10 กรัมกลายเป็นไอ
8. เราทราบกันดีอยู่แล้วว่า สีดำจะดูดและเก็บกักความร้อนได้ดีกว่าสีขาว อย่างไรก็ตามคนที่อาศัยอยู่ในทะเลทรายชอบใส่เสื้อสีดำมากกว่าเสื้อสีขาว ตอนกลางวันทะเลทรายมีความร้อนสูงมาก การสวมใส่เสื้อสีดำจะไปเพิ่มความร้อนมากขึ้นไปอีก ข้อสงสัย เสื้อสีดำจะเปล่งรังสีความร้อนได้มากกว่าเสื้อสีขาว แต่ในขณะเดียวกันเสื้อสีดำจะดูดกลืนและเก็บกักพลังงานความร้อนได้มากกว่าเสื้อสีขาว ดังนั้นจึงมีอุณหภูมิสูงกว่า นักวิจัยได้พิสูจน์ให้เห็นว่าผู้ใส่เสื้อสีดำจะมีอุณหภูมิสูงกว่า 6° C เมื่อเทียบกับผู้ใส่เสื้อสีขาว แต่ทำไมคนที่อาศัยอยู่ที่นั่นจึงชอบใส่เสื้อสีดำ ให้นักศึกษาเข้าอ่านเรื่องเสื้อดำกับทะเลทรายใน

<http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/mythphysics/picture/G-temperature/index1.htm>

9. ให้นักศึกษาเข้าทำการทดลองเสมือนจริงเรื่องอุณหภูมิกับการเปลี่ยนเฟสที่

<http://www.rmutphysics.com/charud/virtualexperiment/lectureonline/ritphysics/period/phasethai.htm>

และตอบคำถาม



### คำถาม

- อุณหภูมิที่ธาตุต่างๆ เป็นแก๊สทั้งหมด = \_\_\_\_\_ K
- ที่อุณหภูมิห้อง ธาตุที่อยู่ในสถานะแก๊ส
- ที่อุณหภูมิห้อง ธาตุที่อยู่ในสถานะของเหลว มี 1. \_\_\_\_\_ 2. \_\_\_\_\_
- ที่อุณหภูมิ 1900 K ธาตุทรานสิชั่นที่อยู่ในสถานะของเหลว มีอะไรบ้าง
- อุณหภูมิหลอมเหลวของเหล็กเท่ากับกี่เคลวิน

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต</b> 	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

