

# ถุงประคบ ร้อน



ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



เวลา 3-4 ชั่วโมง



## สาระสำคัญ

การประคบร้อน เป็นการใช้ความร้อนที่ถ่ายโอนออกมาจากวัสดุไปยังบริเวณที่มีอาการปวด โดยความร้อนจะส่งผ่านไปใต้ชั้นผิวหนังทำให้หลอดเลือดขยายตัว แล้วเกิดการคลายกล้ามเนื้อ จึงช่วยบรรเทาอาการปวดได้ การประคบร้อนจะให้ประโยชน์สูงสุดเมื่อใช้ในกรณีที่ถูกต้องเท่านั้น หากใช้ในระยะเวลาที่ไม่เหมาะสมก็จะทำให้อาการบาดเจ็บนั้นรุนแรงมากขึ้น เช่น อาการปวดเมื่อยทั่วไปสามารถใช้การประคบร้อนเวลาใดก็ได้ แต่ถ้าเป็นกรณีเกิดอุบัติเหตุ เช่น ข้อแพลง เคล็ด ฟกช้ำ จะต้องประคบเย็นเพื่อบรรเทาอาการดังกล่าวก่อน เมื่อเวลาผ่านไป 24 ชั่วโมงหรืออาการอักเสบนั้นลดลง จึงประคบร้อนได้

การประคบร้อนโดยทั่วไปจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที โดยใช้ระดับความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 °C วัสดุที่นิยมใช้นำมาใช้ในการประคบร้อน เช่น กระเป๋าน้ำร้อน ลูกประคบ นอกจากนี้ อาจประยุกต์ใช้วัสดุอื่นที่สามารถค่อย ๆ คายความร้อนทดแทนได้ เช่น ไข่ต้มสุก ข้าวสุกห่อผ้า

โดยทั่วไปแหล่งให้ความร้อนในถุงประคบร้อนจะนิยมใช้น้ำร้อนหรือวัสดุอื่นที่ต้องทำให้ร้อนก่อนนำมาใช้ นอกจากนี้วิธีการดังกล่าวแล้ว อาจใช้แหล่งให้ความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาของสารเคมีในบ้านบางชนิด เช่น ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับกรด ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับเบสได้เช่นเดียวกัน

การทำถุงประคบร้อนสำหรับใช้เอง นอกจากต้องคำนึงถึงแหล่งที่ใช้ในการให้ความร้อนแล้วยังต้องคำนึงถึงการเลือกชนิดของวัสดุหรืออุปกรณ์ รวมทั้งขนาดและรูปร่างของถุงประคบร้อนให้มีสมบัติในการเก็บหรือคายความร้อน เพื่อการใช้งานได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย



## ตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน/ผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี*
<ol style="list-style-type: none"> <li>สังเกตและอธิบายการถ่ายโอนพลังงานโดยการนำความร้อนและการพาความร้อน ซึ่งอาศัยตัวกลางและการแผ่รังสีความร้อนซึ่งไม่อาศัยตัวกลาง</li> <li>สืบค้นข้อมูล อภิปราย และนำเสนอตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่ให้พลังงานและการนำพลังงานไปใช้ประโยชน์</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>นำความรู้เรื่องการวัดและเรขาคณิตไปใช้ในศิลปะและการออกแบบ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>สร้างหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือวิธีการอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ตามกระบวนการเทคโนโลยี โดยถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เป็นภาพร่างอย่างง่ายหรือภาพร่าง 3 มิติและภาพฉาย</li> <li>เลือกใช้วัสดุโดยวิเคราะห์สมบัติของวัสดุและเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานโดยคำนึงถึงความปลอดภัย</li> </ol>

**หมายเหตุ** \*ตัวชี้วัด เทคโนโลยี (T) ในที่นี้จะรวมตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยี และสาระเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในขณะที่วิศวกรรมศาสตร์ (E) ไม่ได้ปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถเทียบเคียงได้จากกระบวนการเทคโนโลยีในตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยี

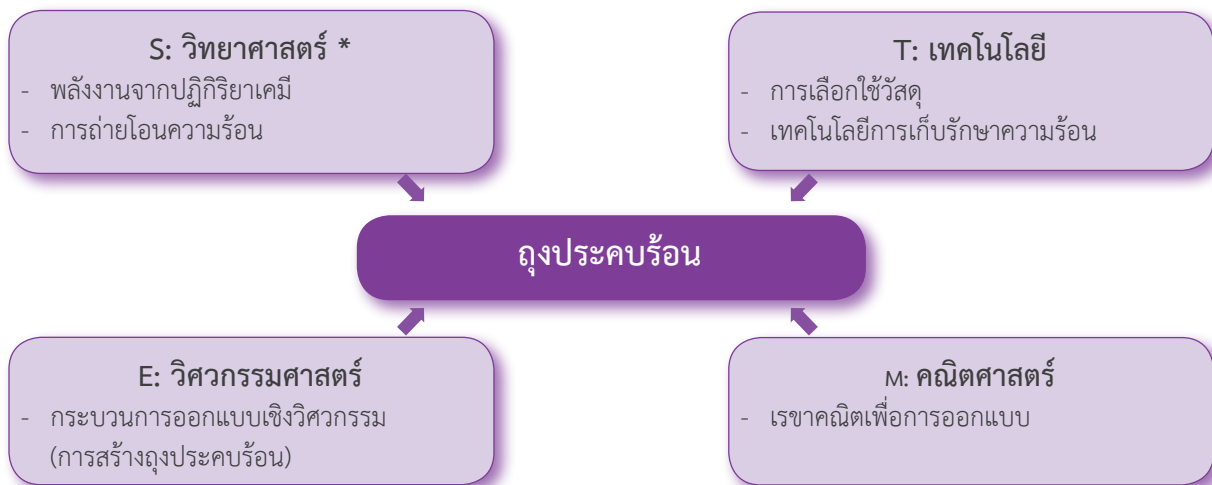


## สาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์	คณิตศาสตร์	เทคโนโลยี
<ul style="list-style-type: none"> <li>การถ่ายโอนความร้อนมี 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน โดยการถ่ายโอนความร้อนแบบการนำความร้อนและการพาความร้อน เป็นการถ่ายโอนที่อาศัยตัวกลาง</li> <li>ปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาจะให้พลังงานออกมาในรูปต่าง ๆ เช่น พลังงานความร้อน ซึ่งพลังงานที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ออกแบบแบบจำลอง ตกแต่งภายใน แพนผัง กราฟิกดีไซน์ และบรรจุภัณฑ์</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>การสร้างหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือวิธีการตามกระบวนการเทคโนโลยี โดยถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เป็นภาพร่างอย่างง่ายหรือภาพร่าง 3 มิติ และภาพฉาย อาจสร้างแบบ จำลองก่อนสร้างชิ้นงานหรือถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับวิธีการเป็นผังงาน ทำให้ผู้เรียนทำงานอย่างเป็นกระบวนการ</li> <li>การเลือกใช้วัสดุเพื่อนำมาผลิตชิ้นงาน ต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ เช่น วัสดุที่เหมาะสมต่อการสร้าง แต่ละองค์ประกอบของชิ้นงาน วิธีการผลิต ราคา และควรคำนึงถึงผลกระทบต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม</li> </ul>



## กรอบแนวคิด



\* เป็นวิชาหลักในการนำกิจกรรมนี้ (เคมี)



## จุดประสงค์ของกิจกรรม

ประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมี การถ่ายโอนความร้อนของวัสดุและเรขาคณิตเพื่อออกแบบและทำถุงประคบร้อน



## อุปกรณ์และสารเคมี

### 1. สำหรับการทดลองเพื่อทดสอบอุณหภูมิของปฏิกิริยาเคมี

ที่	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1	น้ำยาล้างห้องน้ำที่มี HCl 8 – 10%	30 cm <sup>3</sup>
2	โซดาไฟ	4 g
3	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 18%	30 cm <sup>3</sup>
4	น้ำส้มสายชูกลั่น 5%	30 cm <sup>3</sup>
5	ด่างทับทิม	0.1 g (½ ซ้อนเบอร์ 1)
6	ปิ๊กเกอร์ ขนาด 100 cm <sup>3</sup>	3 ใบ
7	แท่งแก้วคนสาร	3 อัน
8	เทอร์มอมิเตอร์	1 อัน
9	ถาดรอง ขนาด 30 เซนติเมตร × 30 เซนติเมตร	1 อัน

หมายเหตุ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่พบในชีวิตประจำวัน จะมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นส่วนผสมอยู่ในปริมาณน้อย เช่น ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ล้างแผลมีไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เป็นส่วนผสมเพียง 3%v/v แต่การทดลองนี้จะใช้ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 18%v/v เพื่อให้มีความร้อนมากพอที่จะนำมาพิจารณาเลือกใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนในถุงประคบร้อนได้

## 2. สำหรับสร้างถุงประคบร้อน

ที่	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม	ที่	รายการ	จำนวนต่อกลุ่ม
1	บีกเกอร์ ขนาด 100 cm <sup>3</sup>	1 ใบ	13	กระดาษสี ขนาด A4	-
2	แท่งแก้วคนสาร	1 อัน	14	กระดาษหนังสือพิมพ์	-
3	เทอร์มอมิเตอร์	1 อัน	15	หนังยาง	-
4	ถาดรอง ขนาด 30 เซนติเมตร × 30 เซนติเมตร	1 ใบ	16	เชือกฟาง	-
5	ถุงร้อนใส ขนาด 5 นิ้ว × 8 นิ้ว	-	17	เทปใส	-
6	ถุงพลาสติกมีหูหิ้ว ขนาด 6 นิ้ว × 14 นิ้ว	-	18	กรรไกร	-
7	ถุงซิปล ขนาด 5 นิ้ว × 8 นิ้ว	-	19	น้ำยาล้างห้องน้ำที่มี HCl 8 – 10%	-
8	ลูกโป่ง เบอร์ 4 (ขนาด 5 นิ้ว)	-	20	โซดาไฟ	-
9	ผ้าฝ้าย ขนาด 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร	-	21	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 18%	-
10	ผ้าพอลิเอสเตอร์ ขนาด 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร	-	22	น้ำส้มสายชูกลั่น 5%	-
11	โฟม ขนาด 5 นิ้ว × 5 นิ้ว	-	23	ด่างทับทิม	-
12	พอยล์ ขนาด 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร	-			

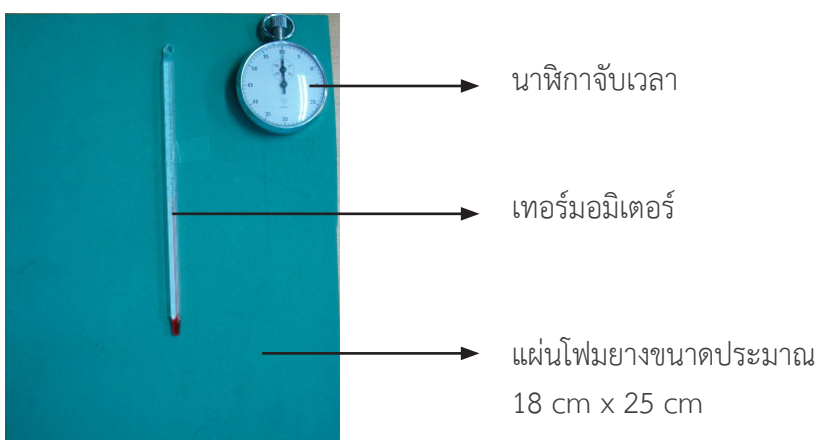
### หมายเหตุ

1. เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียนเลือกใช้อุปกรณ์ที่จะใช้ทำถุงประคบร้อนเอง ดังนั้นควรเตรียมอุปกรณ์ให้มีปริมาณที่เพียงพอสำหรับนักเรียนทุกกลุ่ม
2. ในการทำถุงประคบร้อนจะให้นักเรียนเลือกใช้สารเคมีเพื่อนำมาทำเป็นแหล่งให้ความร้อนในถุงประคบร้อนเอง ดังนั้นควรเตรียมสารเคมีให้มีปริมาณที่เพียงพอสำหรับนักเรียนทุกกลุ่ม ทั้งนี้ส่วนใหญ่ักเรียนจะเลือกปฏิกิริยาระหว่างน้ำยาล้างห้องน้ำกับโซดาไฟ จึงอาจเตรียมสารสองชนิดนี้ในปริมาณที่มากกว่าสารชนิดอื่น

### 3. สำหรับสถานีตรวจวัดอุณหภูมิ

ที่	รายการ	จำนวนต่อห้อง
1	แผ่นโฟมยางขนาด ขนาด 18 เซนติเมตร × 25 เซนติเมตร	5 แผ่น
2	นาฬิกาจับเวลา	5 อัน
3	เทอร์มอมิเตอร์	5 อัน
4	เทปใส	1 ม้วน

สถานีตรวจวัดอุณหภูมิ มีลักษณะดังแสดง



หมายเหตุ

1. ผู้สอนสามารถปรับรูปแบบของอุปกรณ์วัดอุณหภูมิได้ตามความเหมาะสม
2. อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของอุปกรณ์ร้อนควรมีอย่างน้อย 5 ชุด เพื่อความรวดเร็วในการตรวจวัดอุณหภูมิ



### แนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

#### ขั้นระบุปัญหา

1. ครูตั้งคำถามเกี่ยวกับอาการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ ซึ่งต้องบรรเทาอาการปวดด้วยการประคบร้อน จากนั้นให้นักเรียนยกตัวอย่างอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการประคบร้อน ซึ่งโดยทั่วไปนิยมใช้กระเป๋าน้ำร้อนหรือลูกประคบ อุปกรณ์ที่ใช้ประคบส่วนใหญ่จะมีการให้ความร้อนกับแหล่งที่ให้ความร้อนในอุปกรณ์นั้นก่อนการนำมาใช้ เช่น ต้องต้มน้ำให้ร้อนก่อนบรรจุในกระเป๋าน้ำร้อน ต้องนึ่งลูกประคบก่อนนำมาใช้ จากนั้นให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่ไม่ปกติและไม่สามารถจัดเตรียมกระเป๋าน้ำร้อนหรือลูกประคบได้ จึงต้องทำถุงประคบร้อนขึ้นเอง โดยเลือกใช้สารเคมีต่าง ๆ ที่มีที่บ้าน โดยที่ถุงประคบร้อนที่สร้างขึ้นต้องมีอุณหภูมิประมาณ 50-60 °C และสามารถคงความร้อนได้นานอย่างน้อย 15 นาที

## ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

- แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 4 – 5 คน แล้วให้แต่ละกลุ่มศึกษาข้อมูลในใบความรู้ที่ 1 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีในบ้านบางชนิดที่ให้พลังงานความร้อน จากนั้นให้ร่วมกันทำการทดลองเพื่อวัดอุณหภูมิของปฏิกิริยาเคมีของสารคู่ต่อไปนี้
  - น้ำยาล้างห้องน้ำ 30 cm<sup>3</sup> ผสมกับ โซดาไฟ 2 g
  - น้ำส้มสายชู 30 cm<sup>3</sup> ผสมกับ โซดาไฟ 2 g
  - ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 cm<sup>3</sup> ผสมกับ ต่างทับทิม ปริมาณประมาณ 1/2 ช้อนเบอร์ 1
- ให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองด้วยตนเอง และนำข้อมูลมาเขียนกราฟ แล้วให้วิเคราะห์ข้อมูลร่วมกันในกลุ่มเพื่อตัดสินใจเลือกปฏิกิริยาเคมีที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนในการทำถุงประคบร้อน

## หมายเหตุ

- สารเคมีที่ใช้มีฤทธิ์กัดกร่อน ควรให้นักเรียนทำการทดลองด้วยความระมัดระวัง
- ขณะทำการทดลองควรให้นักเรียนใส่อุปกรณ์สำหรับป้องกันอันตรายที่อาจเกิดจากการผสมสารเคมี ได้แก่ ถุงมือ ยาง แว่นตา และผ้าปิดปาก
- ไม่ควรให้นักเรียนผสมสารนอกเหนือจากปฏิกิริยาที่กำหนดให้
- ปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับต่างทับทิมเป็นปฏิกิริยาที่รุนแรงอาจมีฟองฟู้ออกมานอกบีกเกอร์ จึงควรให้นักเรียนค่อย ๆ ผสมสารและคนสารผสมด้วยความระมัดระวัง
- การผสมสารแต่ละคู่ให้ทำการทดลองบนถาดรอง

- ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 2 สมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์บางชนิด และใบความรู้ที่ 3 ขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อการเก็บความร้อนและคายความร้อน จากนั้นให้นักเรียนพิจารณาอุปกรณ์และสารเคมีสำหรับทำถุงประคบร้อนด้วยตนเองแล้วให้วิเคราะห์เลือกผลิตภัณฑ์ที่จะใช้ทำเป็นถุงประคบร้อน รวมถึงให้พิจารณาถึงรูปทรงของถุงประคบร้อนที่จะทำขึ้นด้วย

## ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

- ให้นักเรียนออกแบบวิธีการที่ทำให้ถุงประคบร้อนที่จะทำขึ้นให้มีอุณหภูมิและคงความร้อนได้ในระยะเวลาที่กำหนด
- ให้นักเรียนวาดภาพร่างของถุงประคบร้อนที่ออกแบบไว้ โดยให้ระบุส่วนประกอบต่าง ๆ ของถุงประคบร้อนว่าทำมาจากสิ่งใด

## ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

- ให้นักเรียนวางแผนการทำงานและลงมือทำถุงประคบร้อนตามแนวคิดและวิธีการที่ได้ออกแบบไว้ โดยที่กิจกรรมตั้งแต่ข้อ 1-5 จะใช้เวลาในการทำกิจกรรม 60 นาที

## ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

- นำถุงประคบร้อนมาทำการวัดอุณหภูมิและระยะเวลาในการให้ความร้อนของถุงประคบร้อนที่สถานีตรวจคุณภาพถุงประคบร้อน โดยจับเวลาเมื่อถุงประคบร้อนอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 50-60 °C เท่านั้น

### หมายเหตุ

1. แจ้งเกณฑ์การประเมินให้นักเรียนทราบล่วงหน้า ก่อนลงมือทำถุงประคบร้อน
2. การใช้อุปกรณ์วัดอุณหภูมิ แสดงดังภาพขวามือ



### ชั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือชิ้นงาน

9. ให้นักเรียนนำเสนอถุงประคบร้อนที่สร้างขึ้นโดยอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้สารเคมี การเลือกผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ที่ใช้ทำถุงประคบร้อน การเลือกรูปทรงของถุงประคบร้อน วิธีการที่ทำให้ถุงประคบร้อนมีอุณหภูมิและคงความร้อนได้ในระยะเวลาที่กำหนด รวมทั้งแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขถุงประคบร้อน โดยให้อภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ
10. ครูนำอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี จากนั้นขยายความรู้เพื่อเชื่อมโยงไปถึงถุงประคบร้อนทางการค้า เช่น ถุงประคบร้อนจากโซเดียมแอซีเตต จากนั้นขยายความรู้เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพลังงานที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมีอื่น ๆ ทั้งในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม



### การวัดประเมินผล

รายการประเมิน	ร้อยละของคะแนน
ผลงาน	30
เวลาที่ใช้	10
ต้นทุนการผลิต	10
การนำเสนอผลงาน	15
การออกแบบเชิงวิศวกรรม	15
การบูรณาการความรู้	20

### เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับ	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
รายการประเมิน				
ผลงาน (ร้อยละ 30)	ให้ความร้อนอยู่ในช่วง 50 - 60 °C และสามารถคงอุณหภูมิได้นานกว่า 15 นาที	ให้ความร้อนอยู่ในช่วง 50 - 60 °C และสามารถคงอุณหภูมิได้นาน 10 - 15 นาที	ให้ความร้อนอยู่ในช่วง 50 - 60 °C และสามารถคงอุณหภูมิได้นานกว่า 5 - 9 นาที	ให้ความร้อนน้อยกว่า 50 °C หรือให้ความร้อนอยู่ในช่วง 50 - 60 °C และสามารถคงอุณหภูมิได้น้อยกว่า 5 นาที

ระดับ รายการประเมิน	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ควรปรับปรุง (1)
เวลาที่ใช้ (ร้อยละ 10)	ไม่เกิน 60 นาที	61 - 70 นาที	71 - 80 นาที	มากกว่า 80 นาที
ต้นทุนการผลิต (ร้อยละ 10)	ไม่เกิน 100 บาท	101-110 บาท	111-120 บาท	มากกว่า 120 บาท
การนำเสนอผลงาน (ร้อยละ 15)	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ มีการอธิบายขั้นตอนการทำถุงประคบร้อนและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ หรือเลือกรูปทรงชัดเจนทำให้เข้าใจง่าย	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ มีการอธิบายขั้นตอนการทำถุงประคบร้อนที่เข้าใจง่าย แต่อธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ หรือเลือกรูปทรง ไม่ชัดเจน	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ แต่การอธิบายขั้นตอนการทำถุงประคบร้อนและการอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ หรือเลือกรูปทรง ไม่ชัดเจน เข้าใจยาก	นำเสนอผลงานได้ไม่น่าสนใจ รวมทั้งอธิบายขั้นตอนการทำถุงประคบร้อนและอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ หรือเลือกรูปทรง ไม่ชัดเจน เข้าใจยาก
การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (ร้อยละ 15)	มีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีการสืบค้นข้อมูล และแสดงถึงการใช้ออกมาเป็นพื้นฐานการตัดสินใจในการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม มีการสืบค้นข้อมูล แต่ไม่ได้นำมาใช้เป็นพื้นฐานการตัดสินใจในการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม แต่ขาดการสืบค้นข้อมูล	ขาดการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
การบูรณาการความรู้ (ร้อยละ 20)	สามารถอธิบายความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ที่นำมาใช้ในการออกแบบผลงานได้ ชัดเจนและถูกต้องครบทั้ง 3 ด้าน	สามารถอธิบายความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลงานได้ชัดเจนและถูกต้อง 2 ด้าน	สามารถอธิบายความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลงานได้ชัดเจนและถูกต้องเพียงด้านเดียว	ไม่สามารถอธิบายความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบผลงานได้

#### หมายเหตุ

- การประเมินในส่วนของ “การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม” จะประเมินจากข้อมูลที่นักเรียนตอบในใบกิจกรรม (ข้อ 1 – 7) ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นไปตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- การประเมินในส่วนของ “การบูรณาการความรู้” จะประเมินจากข้อมูลการตอบคำถามในใบกิจกรรม กรณีที่นักเรียนไม่ได้ตอบคำถาม ผู้สอนอาจพิจารณาให้คะแนนจากข้อมูลที่นักเรียนอธิบายเหตุผลในการออกแบบและเลือกวัสดุอุปกรณ์และรูปทรงในการทำถุงประคบร้อนในตอนที่น่าเสนอได้



#### สื่อและแหล่งเรียนรู้

- ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีของสารบางชนิด
- ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์บางชนิด
- ใบความรู้ที่ 3 เรื่อง ขนาดและรูปร่างที่มีผลต่อการเก็บความร้อนและคายความร้อน
- ใบความรู้ขั้นขยายความรู้ เรื่อง ถุงประคบร้อนโซเดียมแอซิเตต



## แนวคำตอบใบกิจกรรม

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไรและมีเงื่อนไขอย่างไร  
ปัญหาที่เกิดขึ้น คือ เพื่อนเกิดอาการปวดท้องซึ่งต้องบรรเทาอาการปวดด้วยการประคบร้อน แต่ไม่สามารถจัดเตรียมอุปกรณ์สำหรับการประคบร้อนได้ตามปกติเนื่องจากไม่มีไฟฟ้า จึงต้องหาวิธีทำถุงประคบร้อนขึ้นเอง  
เงื่อนไข คือ ถุงประคบร้อนที่ทำขึ้นต้องมีอุณหภูมิประมาณ  $50 - 60^{\circ}\text{C}$  และสามารถคงความร้อนได้นานอย่างน้อย 15 นาที
2. จากใบความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีบางชนิดสรุปได้ว่าอย่างไร  
**แนวคำตอบ** สารเคมีที่มีที่บ้านบางชนิดสามารถทำปฏิกิริยากันและให้พลังงานความร้อนออกมา เช่น ปฏิกิริยาระหว่างน้ำยาล้างห้องน้ำ กับ โซดาไฟ ปฏิกิริยาระหว่างโซดาไฟ กับ น้ำส้มสายชู ปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ล้างแผล กับ ด่างทับทิม ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

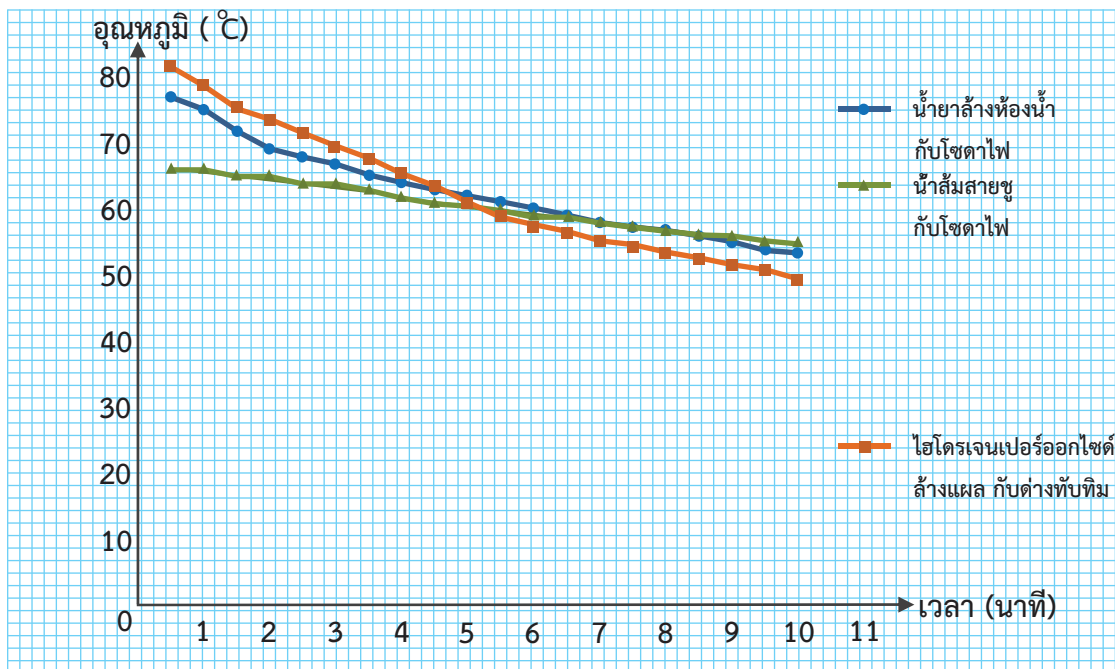
### 3. การทดสอบปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีบางชนิด

#### 3.1 ผลการทดลอง

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (°C) ที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีระหว่าง		
	น้ำยาล้างห้องน้ำ กับ โซดาไฟ	น้ำส้มสายชู กับ โซดาไฟ	ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับ ด่างทับทิม
0.5	72	56	79
1.0	70	56	76
1.5	67	55	73
2.0	64	55	71
2.5	63	54	69
3.0	62	54	67
3.5	60	53	65
4.0	59	52	63
4.5	58	51	61
5.0	57	50.5	58.5
5.5	56	50	56
6.0	55.5	49	55
6.5	54	49	54
7.0	53.5	48	53
7.5	52.5	47.5	52
8.0	52	47	51
8.5	51	46.5	50
9.0	50	46	49
9.5	49	45.5	48.5
10.0	48.5	45	47.5

หมายเหตุ การบันทึกผลการทดลองจะบันทึกข้อมูลจนถึง ณ เวลาที่แต่ละปฏิกิริยามีอุณหภูมิลดลงจนไม่อยู่ในช่วงอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว

### 3.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของแต่ละปฏิกิริยา



### 3.3 นักเรียนเลือกใช้ปฏิกิริยาใด เป็นแหล่งให้ความร้อนในถุงประคบร้อน เพราะเหตุใด

**แนวคำตอบ** เลือกใช้ปฏิกิริยาระหว่างน้ำยาล้างห้องน้ำ กับ โซดาไฟ เป็นแหล่งให้ความร้อนในถุงประคบร้อน เพราะเมื่อพิจารณาข้อมูลจากกราฟโดยเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ล้างแผลกับด่างทับทิมพบว่า ปฏิกิริยานี้ถึงแม้ความร้อนตอนเริ่มต้นจะน้อยกว่า แต่อัตราการคายความร้อนนั้นต่ำกว่าหรือมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ต้องการนานที่สุด นอกจากนี้ปฏิกิริยายังรุนแรงน้อยกว่าอีกด้วย สำหรับปฏิกิริยาระหว่างน้ำส้มสายชูกับโซดาไฟให้ความร้อนต่ำจึงไม่เลือกใช้

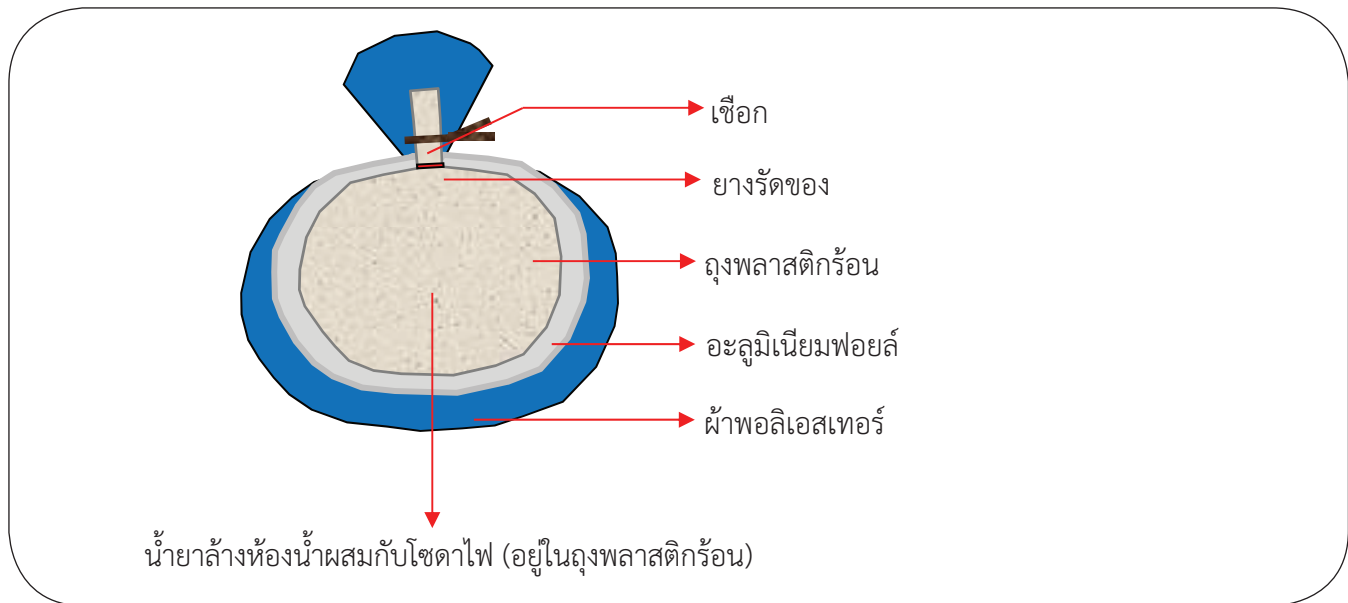
### 4. นักเรียนเลือกวัสดุและรูปทรงใดในการทำถุงประคบร้อน เพราะเหตุใด

**แนวคำตอบ** วัสดุ เลือกใช้ถุงพลาสติกร้อนสำหรับใส่สารเคมีสำหรับทำปฏิกิริยา เนื่องจากทนต่อสารเคมีและความร้อนได้ดี รวมทั้งปรับแต่งรูปทรงให้เป็นไปตามที่ต้องการได้ง่าย และใช้อะลูมิเนียมฟอยล์หุ้มเพื่อให้ความร้อนส่งผ่านจากถุงพลาสติกร้อนไปยังผ้าที่ใช้หุ้มได้ ซึ่งผ้าที่ใช้หุ้มคือ ผ้าพอลิเอสเตอร์ เนื่องจากระบายความร้อนได้ไม่ดีจึงทำให้อกเก็บความร้อนได้นานขึ้น

**รูปทรง** รูปทรงถุงประคบร้อนจะทำให้เป็นทรงกลม เนื่องจากเป็นรูปทรงที่สามารถกักเก็บความร้อนได้ดีรองลงมาจากรูปพีระมิดฐานสี่เหลี่ยมซึ่งกักเก็บความร้อนได้ดีที่สุด แต่ทรงกลมทำได้ง่ายกว่า

**หมายเหตุ** นักเรียนอาจเลือกคู่ปฏิกิริยาที่ใช้เป็นแหล่งให้ความร้อน วัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ หรือรูปทรงของถุงประคบร้อนที่แตกต่างจากแนวคำตอบนี้ได้ ทั้งนี้ผู้สอนควรพิจารณาความถูกต้องจากการอธิบายเหตุผลที่มีความสอดคล้องกันกับข้อมูลที่นักเรียนมีอยู่

5. ภาพร่างของถุงประคบร้อน พร้อมระบุส่วนประกอบที่ใช้ในการทำถุงประคบร้อน



6. ถุงประคบร้อนสามารถคงความร้อนที่อุณหภูมิ 50 – 60 °C ได้นาน 15 นาที

7. แนวทางการพัฒนาหรือปรับปรุงแก้ไขถุงประคบร้อน

**แนวคำตอบ** การตอบคำถามข้อนี้ต้องอยู่บนพื้นฐานของปัญหาที่พบจริง หลังการทดสอบถุงประคบร้อนว่าเป็นไปตามเงื่อนไขหรือไม่ โดยเสนอแนวทางที่เป็นไปได้ที่สอดคล้องกับหลักการหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างเช่น

**ปัญหา** อุณหภูมิของถุงประคบร้อน (ตรงผิวสัมผัสภายนอก) มีอุณหภูมिन้อยกว่าช่วงอุณหภูมิที่กำหนด

**แนวทางการปรับปรุงแก้ไข** เปลี่ยนจากผ้าพอลิเอสเตอร์ เป็นผ้าฝ้าย เพื่อช่วยให้ระบายความร้อนออกมาจากภายในได้มากขึ้น

## แนวคำตอบคำถามท้ายกิจกรรม

1. นักเรียนได้บูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในการออกแบบและทำถุงประคบร้อนอย่างไร

**แนวคำตอบ** ในการทำถุงประคบร้อน ต้องใช้ความรู้ในด้านวิทยาศาสตร์ในเรื่องของพลังงานความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีเพื่อเลือกสารเคมีที่จะใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนในถุงประคบร้อน รวมทั้งใช้ความรู้เรื่องสมบัติและการถ่ายโอนความร้อนของวัสดุ ในการพิจารณาเลือกวัสดุที่เหมาะสมในการทำถุงประคบร้อนต้องใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ในเรื่องของขนาดและรูปร่างที่มีผลต่อการเก็บความร้อนและคายความร้อน เพื่อวิเคราะห์เลือกรูปทรงของถุงประคบร้อน และใช้กระบวนการเทคโนโลยีในการวิเคราะห์เลือกวัสดุที่เหมาะสมต่อการสร้างแต่ละองค์ประกอบของถุงประคบร้อน โดยคำนึงถึงสมบัติของวัสดุ วิธีการผลิตและราคา รวมทั้งถ่ายทอดความคิดเกี่ยวกับการทำถุงประคบร้อนออกมาในรูปของภาพร่าง

2. ยกตัวอย่างการนำความรู้ที่ได้จากการทำถุงประคบร้อน ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

**แนวคำตอบ** ความรู้เกี่ยวกับพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาเคมี ช่วยให้สามารถเลือกใช้ปฏิกิริยาที่เหมาะสมกับความต้องการได้ เช่น การบ่มผลไม้ที่ใช้ปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์ไบด์กับน้ำ ซึ่งเกิดแก๊สอะเซทิลีน และมีความร้อนเกิดขึ้น จะช่วยให้ผลไม้สุกเร็วขึ้น นอกจากนี้อาจใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรที่มีผลต่อการเก็บและคายความร้อน ในการจัดเรียงผลไม้ที่ต้องการบ่มให้อยู่ในภาชนะโดยให้เหลือพื้นที่ว่างภายในภาชนะน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยให้สูญเสียความร้อนช้าลง ทำให้ความร้อนกักเก็บอยู่ภายในภาชนะได้

ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและการถ่ายโอนความร้อนของวัสดุ ช่วยให้สามารถเลือกใช้วัสดุต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ตัวอย่างการใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน เช่น ใช้โลหะอะลูมิเนียม เหล็ก ซึ่งนำความร้อนได้ดี มาทำภาชนะในการประกอบอาหาร ใช้ผ้าช่วยในการหีบจับภาชนะที่ร้อน ใช้ผ้าห่มช่วยป้องกันการถ่ายโอนความร้อนจากร่างกายไปสู่สิ่งแวดล้อมทำให้ร่างกายอบอุ่น ใช้ภาชนะกระเบื้องแทนภาชนะโลหะเพื่อช่วยให้ความร้อนจากอาหารถ่ายโอนไปสู่สิ่งแวดล้อมช้า อาหารจึงร้อนอยู่ได้นาน

## ใบความรู้ที่ 1

### ปฏิกิริยาเคมีของสารบางชนิด

ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันประกอบด้วยสารเคมีหลากหลายชนิด ตัวอย่างองค์ประกอบของผลิตภัณฑ์บางชนิด เป็นดังตาราง

ผลิตภัณฑ์	สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบ
น้ำยาล้างห้องน้ำ	HCl
โซดาไฟ	NaOH
น้ำส้มสายชู	CH <sub>3</sub> COOH
ต่างทับทิม	KMnO <sub>4</sub>
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

สารเคมีบางชนิดเมื่อทำปฏิกิริยากันจะให้พลังงานความร้อนออกมา เรียกปฏิกิริยาประเภทนี้ว่า ปฏิกิริยาคายความร้อน การศึกษาเกี่ยวกับพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้น รวมทั้งสมบัติบางประการของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี จะช่วยให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีเป็นดังนี้

- ปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีในน้ำยาล้างห้องน้ำกับโซดาไฟ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นโซเดียมคลอไรด์และน้ำ ดังสมการ  
$$\text{HCl(aq)} + \text{NaOH(s)} \rightarrow \text{NaCl(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$$

โซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นสามารถละลายน้ำได้ และมีสมบัติเป็นกลาง
- ปฏิกิริยาระหว่างโซดาไฟ กับน้ำส้มสายชูได้ผลิตภัณฑ์เป็นโซเดียมแอสีเตตและน้ำ ดังสมการ  
$$\text{NaOH(s)} + \text{CH}_3\text{COOH(aq)} \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa(aq)} + \text{H}_2\text{O(l)}$$

โซเดียมแอสีเตตที่เกิดขึ้นละลายน้ำได้ดี และมีสมบัติเป็นเบสเล็กน้อย
- ปฏิกิริยาระหว่างไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์กับต่างทับทิม ซึ่งเกิดปฏิกิริยาได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สออกซิเจน น้ำ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และแมงกานีสไดออกไซด์ ดังสมการ  
$$3\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + 2\text{KMnO}_4(\text{s}) \rightarrow 3\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O(l)} + 2\text{KOH(aq)} + 2\text{MnO}_2(\text{s})$$

แมงกานีสไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะเป็นตะกอนสีดำ ส่วนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์แตกตัวในน้ำให้ไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีสมบัติเป็นเบส

## ใบความรู้ที่ 2

### สมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์บางชนิด

พอลิเมอร์ถูกนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น ถังพลาสติก เส้นใย ทั้งธรรมชาติและสังเคราะห์ นำมาทำเสื้อผ้าหรือของใช้ ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ นำมาทำเป็นล้อรถยนต์หรือผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อีกมากมาย ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์แต่ละชนิดมีสมบัติแตกต่างกัน สมบัติของผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์บางชนิดเป็นดังตาราง

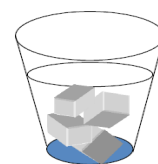
ผลิตภัณฑ์	สมบัติ
ถุงมือยาง	ผลิตมาจากยางพารา ทนความร้อนได้ที่อุณหภูมิประมาณ 70 °C
ถุงพลาสติกเย็น	ผลิตจากพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ (low density polyethylene: LDPE) ซึ่งมีสมบัติป้องกันของเหลวซึมผ่านเข้าออก นิยมทำเป็นถุงที่ใช้บรรจุสิ่งของที่มีอุณหภูมิปกติหรือมีความเย็น
ถุงพลาสติกร้อน	ผลิตจากพอลิโพรพิลีน (polypropylene : PP) เนื้อถุงมีลักษณะใสใช้บรรจุอาหารหรือของร้อน เนื่องจากทนต่อไขมันและทนความร้อนจนถึงช่วงอุณหภูมิ 110 - 120 °C
ถุงซิปลิส และ ถุงพลาสติกชนิดมีหูหิ้ว	ผลิตจากพอลิเอทิลีน (polyethylene: PE) นิยมนำมาทำเป็นถุงที่ใช้บรรจุสิ่งของทั่วไป ไม่เหมาะกับการใช้บรรจุอาหารและของร้อน
ลูกโป่ง	ลูกโป่งที่ทำมาจากน้ำยางหรือยางธรรมชาติ มีสมบัติยืดหยุ่นสามารถใช้บรรจุแก๊สหรือน้ำได้ และทนความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 70 °C ได้
ผ้าฝ้าย	ทำจากเส้นใยธรรมชาติซึ่งประกอบด้วยกลูโคสต่อกันเป็นสายยาว ระบายความร้อนได้ดี ทนต่อความร้อนและแสงแดด สามารถทนความร้อนได้ถึงอุณหภูมิ 218 °C แต่ไม่ทนต่อกรดแก่
ผ้าพอลิเอสเตอร์	ทำมาจากเส้นใยสังเคราะห์ ทนความร้อนจนถึงช่วงอุณหภูมิ 145 – 165 °C ทนต่อสารเคมีและแสงแดด แต่ระบายความร้อนได้ไม่ดี

### ใบความรู้ที่ 3

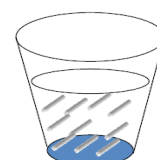
#### ขนาดและรูปร่างที่มีผลต่อการเก็บความร้อนและคายความร้อน

การศึกษาเรื่องขนาดและรูปร่างที่มีผลต่อการเก็บความร้อนและคายความร้อนมีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์หรือโครงสร้างอาคารต่าง ๆ เพื่อให้เก็บความร้อนไว้ได้นาน ๆ หรือแม้กระทั่งพืชและสัตว์ซึ่งต้องมีการปรับตัวและวิวัฒนาการขนาดและรูปร่างให้เหมาะสมกับสิ่งแวดล้อมที่อาศัยอยู่ เพื่อประโยชน์ในการเก็บความร้อนและการคายความร้อนซึ่งสิ่งเหล่านี้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับพื้นที่ผิวและปริมาตรของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้

พื้นที่ผิวมีผลต่อการเก็บความร้อนและการคายความร้อนอย่างไร สังเกตได้ง่าย ๆ เมื่อนำน้ำแข็งเป็นก้อนใส่ไปในแก้วน้ำ และอีกแก้วหนึ่ง ใส่ น้ำแข็งที่ทุบละเอียด ตั้งทิ้งไว้สักพักจะเห็นว่าแก้วที่มีน้ำแข็งทุบละเอียดจะหลอมเหลวเร็วกว่า นั่นเพราะว่า วัตถุที่มีพื้นที่ผิวมากกว่าจะถ่ายเทความร้อนได้ดีกว่าวัตถุชนิดเดียวกันที่มีพื้นที่ผิวน้อยกว่า



หลอมเหลวช้า



หลอมเหลวเร็ว

ดังนั้นในการออกแบบรูปร่างและรูปทรงของภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อให้เก็บความร้อนไว้ได้นาน ๆ ควรต้องคำนึงถึงพื้นที่ผิวของบรรจุภัณฑ์นั้น ๆ ว่ามีพื้นที่ผิว

เปิดมากน้อยเพียงใด ในทางคณิตศาสตร์ ทรงเรขาคณิตที่มีปริมาตรเท่ากัน แต่อาจมีพื้นที่ผิวแตกต่างกัน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

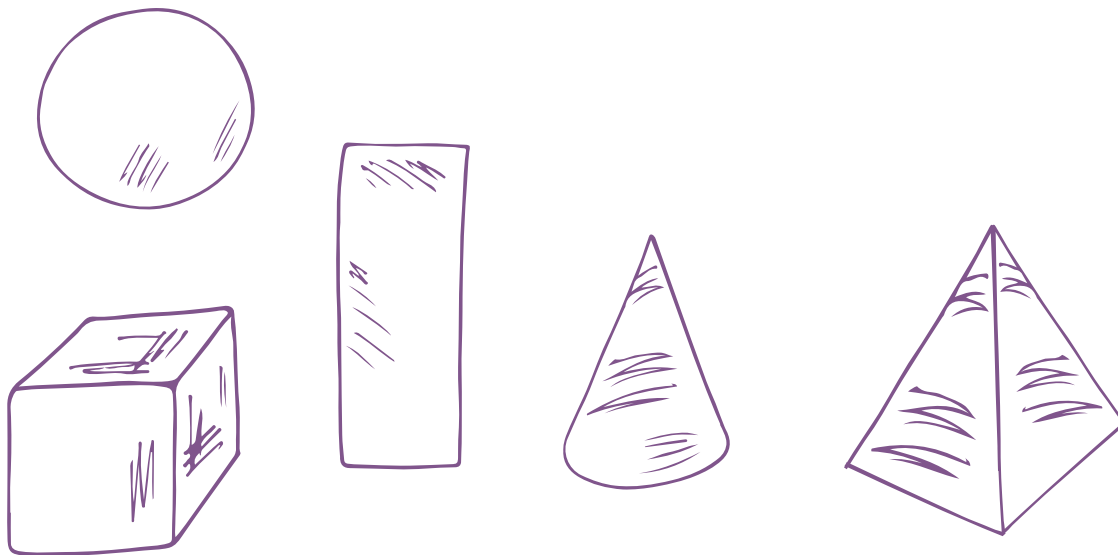
ทรงเรขาคณิต	ชื่อ	ปริมาตร (ลูกบาศก์หน่วย)	ตัวอย่างพื้นที่ผิวที่เป็นไปได้ (ตารางหน่วย)
	ทรงกระบอก	25	47.34
	ทรงกลม	25	41.35
	กรวย	25	52.84
	พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม	25	27.08
	ทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก	25	42.36



นอกจากพื้นที่ผิวที่มีผลต่อการเก็บความร้อนแล้ว ปริมาตรก็มีผลต่อการเก็บความร้อนเช่นกัน มีการศึกษาเกี่ยวกับอัตราส่วนของปริมาตรกับพื้นที่ผิวว่ามีผลต่อการเก็บความร้อนได้อย่างไร ดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบสิ่งของ 2 สิ่ง อัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตร (area : volume) ที่มีค่ามากกว่า จะได้รับหรือสูญเสียความร้อนได้เร็วกว่า ทั้งนี้ เนื่องจากพื้นที่ผิวที่มากขึ้นทำให้สิ่งของได้รับหรือสูญเสียความร้อนได้เร็วขึ้น ส่วนปริมาตรที่มากขึ้นทำให้สิ่งของได้รับหรือสูญเสียความร้อนช้าลง เมื่อพื้นที่ผิวมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาตร (นั่นคือสิ่งของที่พิจารณา มีขนาดเล็ก เช่น คนผอม) การรับหรือถ่ายเทความร้อนจะเป็นไปอย่างรวดเร็วเพราะพื้นที่ผิวที่มากทำให้สิ่งของได้รับหรือสูญเสียความร้อนเร็วขึ้น ในขณะที่เดียวกันสิ่งของดังกล่าวก็มีปริมาตรที่จะใช้ในการเก็บรักษาความร้อนไว้ได้ไม่มากนัก

ตัวอย่างเช่น ถ้ามีลูกบาศก์ 2 ลูก ที่ทำจากวัสดุชนิดเดียวกันโดยลูกแรกมีความกว้าง 1 หน่วย ยาว 1 หน่วย และสูง 1 หน่วย และลูกที่สองมีความกว้าง 2 หน่วย ยาว 2 หน่วย และสูง 2 หน่วย ลูกบาศก์ลูกที่ 1 จะมีพื้นที่ผิว 6 ตารางหน่วย ซึ่งน้อยกว่าลูกที่ 2 ที่มีพื้นที่ผิว 24 ตารางหน่วย ในขณะเดียวกัน ลูกบาศก์ลูกแรกก็จะมีปริมาตร 1 ลูกบาศก์หน่วย น้อยกว่าลูกที่ 2 ที่มีปริมาตร 8 ลูกบาศก์หน่วย ทำให้ลูกบาศก์ลูกที่ 1 มีค่าของอัตราส่วนระหว่างพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ( $6/1 = 6$ ) มากกว่าลูกบาศก์ลูกที่ 2 ( $24/8 = 3$ ) ถึง 2 เท่า ลูกบาศก์ลูกแรกจึงได้รับหรือสูญเสียความร้อนได้เร็วกว่าลูกที่ 2



## ใบความรู้ขั้นขยายความรู้

### เรื่อง ถุงประคบร้อนโซเดียมแอสีเตต

ถุงประคบร้อนที่วางจำหน่ายตามท้องตลาดบางประเภทบรรจุด้วยสารละลายโซเดียมแอสีเตต (sodium acetate) ซึ่งสารละลายนี้มีจุดเยือกแข็ง (freezing point) ที่  $54\text{ }^{\circ}\text{C}$  แต่สารละลายโซเดียมแอสีเตตในถุงประคบร้อนจะอยู่ในสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง โดยอยู่ในสถานะที่เรียกว่า ของเหลวเย็นยิ่งยวด (supercooled liquid) นอกจากนี้ยังบรรจุแผ่นโลหะชิ้นเล็ก ๆ ภายในด้วย ดังรูป



เมื่อหักหรือบิดแผ่นโลหะที่อยู่ในถุงประคบร้อนจะทำให้สารละลายโซเดียมแอสีเตตจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของแข็งทันที และคายความร้อนออกมาในช่วงอุณหภูมิประมาณ  $54\text{ }^{\circ}\text{C}$  เนื่องจากเป็นจุดเยือกแข็งของสารละลายนั่นเอง



ภาพการเปลี่ยนสถานะของสารละลายโซเดียมแอสีเตตในถุงประคบร้อน

ถุงประคบร้อนที่แข็งเป็นก้อนแล้วสามารถนำกลับมาใช้งานได้ใหม่โดยนำไปต้มหรือแช่ในน้ำร้อน เพื่อให้สารละลายโซเดียมแอสีเตตที่แข็งตัวอยู่นั้นหลอมเหลวหมดอย่างสมบูรณ์ หลังจากที่ของเหลวเย็นตัวลง อุณหภูมิจะลดต่ำลงจนผ่านจุดเยือกแข็งและลดลงจนเท่ากับอุณหภูมิห้อง เป็นการกลับไปอยู่ในสภาพของเหลวเย็นยิ่งยวดอีกครั้งซึ่งเป็นสถานะที่พร้อมใช้งานต่อไป

ใบรายการวัสดุอุปกรณ์ทำถุงกระดาษร้อน กลุ่มที่ \_\_\_\_\_

รายการ	รายละเอียดสินค้า		ต้องการสั่งซื้อ	
	จำนวน	ราคา/หน่วย	จำนวน	เป็นเงิน
โซดาไฟ	1 แพ็ค	10		
น้ำยาล้างห้องน้ำ	30 cm <sup>3</sup>	15		
น้ำส้มสายชู	30 cm <sup>3</sup>	12		
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	30 cm <sup>3</sup>	10		
ต่างทับทิม	1 แพ็ค	5		
ถุงร้อนใส	1 ใบ	2		
ถุงพลาสติกมีหูหิ้ว	1 ใบ	2		
ถุงซิปล	1 ใบ	3		
ลูกโป่ง	1 ลูก	3		
ผ้าฝ้าย 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร	1 ผืน	15		
ผ้าพอลิเอสเตอร์ 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร	1 ผืน	15		
โฟม 5 นิ้ว × 5 นิ้ว	1 แผ่น	8		
ฟอยล์ 20 เซนติเมตร × 20 เซนติเมตร	1 แผ่น	12		
กระดาษสี ขนาด A4	1 แผ่น	5		
กระดาษหนังสือพิมพ์ ขนาด A4	1 แผ่น	2		
			รวม	