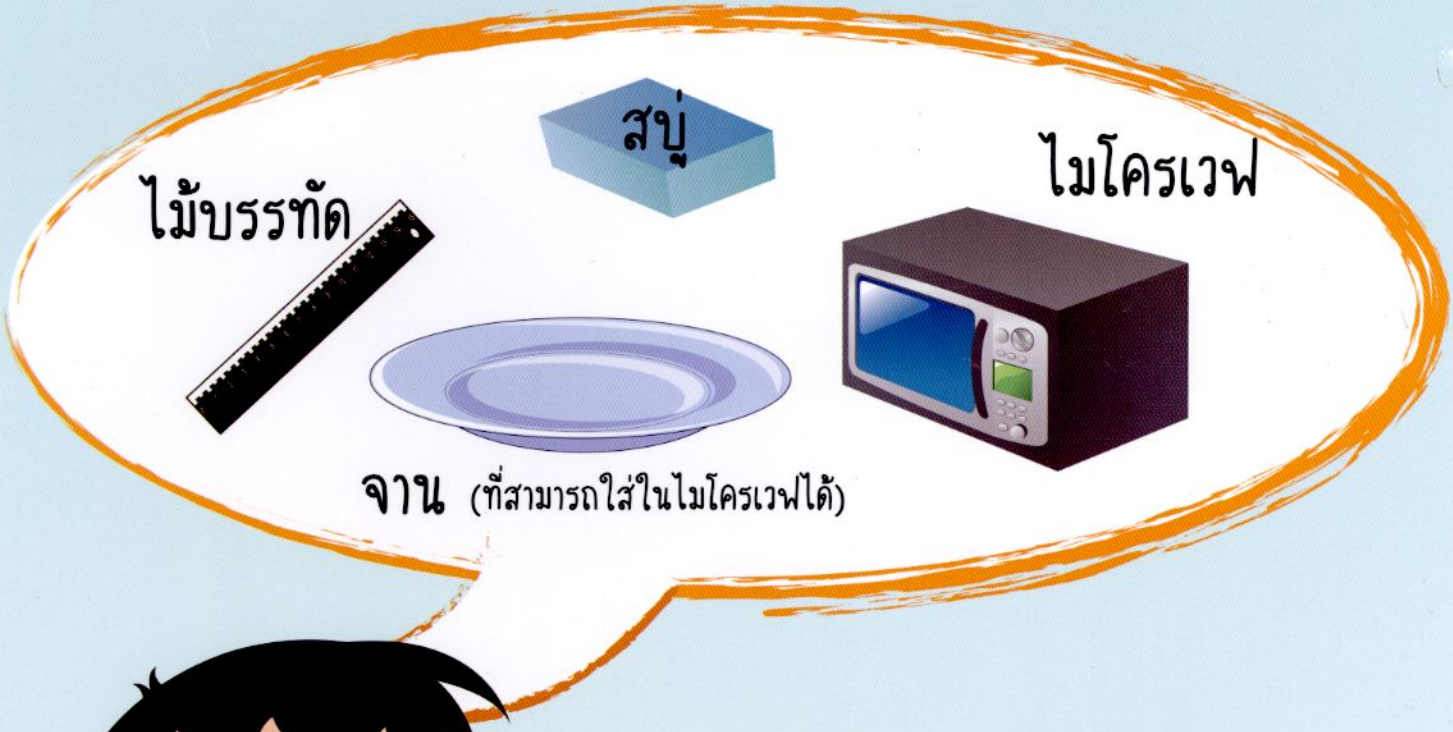
สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน
กระทรวงพลังงาน
โครงการการพัฒนากระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ
ด้านพลังงานเสริมในหลักสูตรประถมและมัธยมศึกษา (ปีที่๒)

ไวเหมือนแสง



วัตถุประสงค์

1. แสดงให้เห็นว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง
2. ให้เห็นความสัมพันธ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอัตราเร็วของแสง

องค์ความรู้ด้านพลังงาน

รังสีจากดวงอาทิตย์ประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหลายประเภท ตั้งแต่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีช่วงความยาวคลื่นสั้นกว่า 0.4 ไมโครเมตร เช่น รังสีอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet ray) รังสีเอกซ์ (X-ray) รังสีแกมมา (Gamma ray) และ ช่วงความยาวคลื่นยาวกว่า 0.7 ไมโครเมตร เช่น รังสีอินฟราเรด (Infrared ray) คลื่นไมโครเวฟ (Microwave) คลื่นวิทยุ คลื่นโทรทัศน์

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1983 มนุษย์สามารถคำนวณอัตราเร็ว[1] ของแสงในสุญญากาศ หรือ Speed of Light in Vacuum มีค่าเท่ากับ 299,792,458 เมตรต่อวินาที (หรือประมาณ 2.9979×10^8 เมตรต่อวินาที) [http://www.nist.gov/pml/div683/ upload/museum-timeline.pdf] และเป็นค่าคงที่ที่สำคัญค่าหนึ่ง ซึ่งมักจะถูกเขียนแทนด้วยอักษร c ที่มาจากภาษาละตินว่า celeritas (แปลว่า อัตราเร็ว) อัตราเร็วของแสงนี้ยังเป็นอัตราเร็วสูงสุดของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า[2]

---

1 อัตราเร็ว (Speed) คือ ระยะทางในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณสเกลาร์ (ไม่มีองค์ประกอบของทิศทาง) ส่วนความเร็ว (Velocity) คือ การขจัดในหนึ่งหน่วยเวลา เป็นปริมาณเวคเตอร์

2 รังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Radiation) หรือเรียก คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นคลื่นตามขวางที่ประกอบด้วย คลื่นจากสนามไฟฟ้า และ คลื่นจากสนามแม่เหล็ก ที่มีเฟสจากการสั่นที่ตั้งฉากกันและเคลื่อนที่ไปยังทิศทางเดียวกัน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่สามารถเคลื่อนที่โดยไม่อาศัยตัวกลาง และ ในสุญญากาศ รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเดินทางด้วยความเร็วของแสง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกัน เช่น แสงสว่างหรือคลื่นแสง (ตามองเห็น) อัลตราไวโอเลต อินฟราเรด คลื่นวิทยุ โทรทัศน์ ไมโครเวฟ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา เป็นต้น

เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ อัตราเร็วของแสงจะมีค่าลดลงหรือต่ำกว่า c และหากแทนอัตราเร็วของแสงที่เดินทางผ่านตัวกลางนี้ด้วยอักษร v แล้ว อัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ (c) และอัตราเร็วของแสงที่เดินทางผ่านตัวกลาง (v) นี้คือดัชนีหักเหของตัวกลาง หรือ Refractive Index และมักจะถูกเขียนแทนด้วยอักษร n นั่นคือ n = c / v ตัวอย่างดัชนีหักเหของอากาศที่อุณหภูมิ 30°C มีค่าเท่ากับ 1.00026337 [จาก http://physics.info/refraction/]

ฉะนั้นอัตราเร็วของแสงที่เดินทางผ่านอากาศที่อุณหภูมิ 30°C จะมีค่าประมาณ 299,713,622 เมตรต่อวินาที (หรือประมาณ 2.9971×10^8 เมตรต่อวินาที)

เนื่องจากรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นประเภทหนึ่ง ที่ประกอบด้วยความยาวคลื่น[3] และความถี่ของคลื่น[4] ความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร็วของแสง (c) กับ ความยาวคลื่น (λ) และความถี่ของคลื่น (ν) คือ $c = \lambda \nu$

จากความสัมพันธ์ดังกล่าว อัตราเร็วของแสงสามารถถูกประมาณค่าได้จากการทดลองอย่างง่าย ๆ โดยการวัดความยาวคลื่นและทราบความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง เตาอบไมโครเวฟ หรือ Microwave Oven หรือที่มักถูกเรียกสั้น ๆ ว่า เตาไมโครเวฟ เป็นอุปกรณ์เครื่องครัวชนิดหนึ่งที่สามารถให้ความร้อนแก่อาหาร โดยใช้ชิ้นส่วนที่เรียกว่า แมกนีตรอน[5] (Magnetron) ในการกำเนิดคลื่นไมโครเวฟ เมื่อคลื่นไมโครเวฟผ่านเข้าไปในอาหารที่มีโมเลกุลของน้ำ โมเลกุลของน้ำจะเกิดการสั่นและเสียดสีจนเกิดความร้อน และคลื่นไมโครเวฟเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นมากพอที่จะสามารถถูกบันทึกและวัดระยะห่างระหว่างตำแหน่งของการสั่นและเสียดสีจนเกิดความร้อนนั้นได้

---

3 ความยาวคลื่น (Wavelength) หรือระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ

4 ความถี่ของคลื่น (Frequency) หรือจำนวนรอบของคลื่นที่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (1/s หรือ s^{-1} หรือ cycle/s) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เฮิร์ต (Hertz) และมีสัญลักษณ์ Hz

5 แมกนีตรอน (Magnetron) เป็นอุปกรณ์กำเนิดคลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความถี่ประมาณ 2450 MHz เมื่อคลื่นไมโครเวฟผ่านเข้าไปในอาหารหรือของเหลว โมเลกุลของน้ำจะเกิดการสั่นและเสียดสีจนเกิดความร้อน หากร่างกายหรือเนื้อเยื่อของร่างกายหรือดวงตา ได้รับคลื่นไมโครเวฟในปริมาณสูงก็จะทำให้เกิดความร้อนได้เช่นเดียวกัน จนอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายหรืออวัยวะหรือเนื้อเยื่อในส่วนที่ได้รับความร้อนนั้น

อุปกรณ์การทดลอง

1. ก้อนสบู่ที่มีขนาดประมาณ 15 เซนติเมตร x 15 เซนติเมตร และหนาประมาณ 3 เซนติเมตร
2. จานรองสบู่ (ไว้รองรับสบู่ที่ละลาย)
3. เตาอบไมโครเวฟ (หากเตาอบไมโครเวฟมีถาดรองแบบหมุนได้ ให้ปิดระบบหมุน หรือให้ถอดแกนหมุนของถาดรองออก จะไม่หมุนก้อนสบู่ระหว่างดำเนินการทดลอง

ข้อควรระวังในการใช้เตาอบไมโครเวฟ

1. เตาอบไมโครเวฟที่ใช้ต้องได้รับรองมาตรฐานผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า
2. ลักษณะภายนอกของเตาอบไมโครเวฟอยู่ในสภาพสมบูรณ์ ไม่มีชิ้นส่วนเสียหาย สายไฟฟ้าไม่มีลักษณะของการชำรุด ผนังของประตูควรมีสภาพเรียบร้อยไม่มีตำหนิ
3. ประตูของเตาอบไมโครเวฟควรปิดได้สนิท สามารถเปิดปิดได้สะดวก และบานพับของประตูควรอยู่ในสภาพดี
4. ภายในเตาอบควรมีความสะอาด ไม่มีคราบหรือรอยไหม้ ไม่มีรอยสึกกร่อนที่ประตู ขอบประตู หรือผนังภายใน
5. ไม่ใช้ภาชนะหรือวัสดุใดที่มีส่วนประกอบของโลหะหรือแผ่นสะท้อนแสง หรือใช้ภาชนะที่ออกแบบมาสำหรับใช้กับเตาอบไมโครเวฟเท่านั้น
6. ขณะใช้งาน หากประตูของเตาอบไมโครเวฟถูกเปิดออก เตาอบไมโครเวฟจะต้องหยุดการทำงานทันที
7. ขณะใช้งาน ไม่มองผ่านเข้าไปภายในเตาอบไมโครเวฟ และไม่อยู่ชิดหรือใกล้เตาอบไมโครเวฟ
8. เมื่อยกภาชนะออกจากเตาอบไมโครเวฟ ภาชนะอาจมีความร้อน
9. ควรศึกษาคู่มือการใช้งานเตาอบไมโครเวฟก่อนใช้งาน

วิธีดำเนินการทดลอง

1. นำก้อนสบู่วางบนจานรองสบู่ และวางที่ตำแหน่งกึ่งกลางของถาดรองในเตาอบไมโครเวฟ
2. ตั้งความร้อนของเตาอบไมโครเวฟที่สูงสุด และตั้งระยะเวลาอบประมาณ 5–10 วินาที (ขึ้นอยู่กับขนาดของกำลังของเตาอบไมโครเวฟ อาจเริ่มที่ระยะเวลาน้อย เมื่อครบตามระยะเวลาที่ตั้งไว้ และเตาอบไมโครเวฟหยุดการทำงาน
3. ให้เปิดฝาและสังเกตตำแหน่งของสบู่ที่หลอมเหลว จะมีลักษณะคล้ายหลุมที่ถูกหลอมอย่างตื้น ๆ ที่ผิวด้านบนของก้อนสบู่ แต่หากไม่พบลักษณะดังกล่าว ให้อบต่ออีกครั้งละ 5 วินาที หรือจนกว่าจะพบหลุมที่ถูกหลอมจำนวน 2–3 หลุม
4. ยกจานรองสบู่ออกจากไมโครเวฟ (หากเทียนที่หลอมแข็งตัว จะยังคงสามารถสังเกตรอยยุบตัว)
5. วัดระยะห่างระหว่างหลุมที่ถูกหลอม ซึ่งจะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นไมโครเวฟ
6. คำนวนอัตราเร็วของแสง (c) จากความสัมพันธ์ $c = \lambda\nu$ ระหว่าง โดย λ คือ ความยาวคลื่นไมโครเวฟระยะทางที่วัดได้ x 2 และปรับหน่วยให้เป็นเมตร และ ν คือ ความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ ความถี่ของที่คู่มือการใช้เตาอบไมโครเวฟ โดยทั่วไปความถี่ของคลื่นไมโครเวฟในเตาอบ คลื่นไมโครเวฟระบุอยู่ ไมโครเวฟสำหรับอุปกรณ์เครื่องครัวมีค่าประมาณ 2450 MHz หรือ 2,450,000,000 Hz

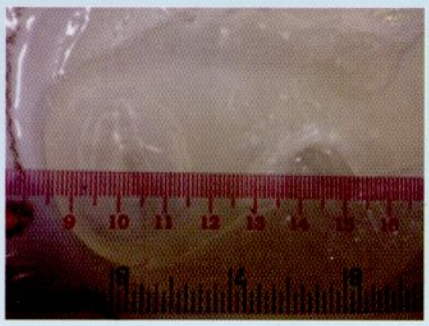
การประเมิน

1. นักเรียนเข้าใจคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงาน
2. การหลอมของสบู่เป็นผลมาจากพลังงานจากคลื่นไมโครเวฟ
3. นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอัตราเร็วของแสง และสามารถคำนวนอัตราเร็วของแสงได้
4. นักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของแสงและตัวกลางที่เคลื่อนที่ผ่าน
5. นักเรียนสามารถอธิบายผลการทดลอง
6. นักเรียนมีความพยายามอธิบายความแตกต่างที่เกิดขึ้นอย่างเป็นเหตุเป็นผล
7. หากมีการทดลองซ้ำและระยะห่างระหว่างหลุมที่ถูกหลอมมีความแตกต่างกัน นักเรียนมีความพยายามในการอธิบายความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างเป็นเหตุเป็นผล

ตัวอย่างผลการทดลองกิจกรรมการวัดอัตราเร็วของแสงและบันทึกลักษณะของก้อนสบู่ก่อนและหลังอบในเตาอบไมโครเวฟ

- ลักษณะก้อนสบู่บนจานรองสบู่ก่อนการอบ

- หลังจากการอบ 15 วินาที ลักษณะผิวหน้าของก้อนสบู่หลังการอบ จะมีลักษณะคล้ายหลุมที่ถูกหลอมอย่างตื้น ๆ นอกจากนี้ยังมีลักษณะอันเนื่องมาจากการหลอมบริเวณด้านในและบริเวณด้านล่างของก้อนสบู่



- ระยะห่างระหว่างหลุมที่หลอมประมาณ 4.5 เซนติเมตร (นักเรียนอาจวัดได้ค่าที่แตกต่างจากนี้ได้)

ตัวอย่างการคำนวนอัตราเร็วของแสง

- ระยะห่างระหว่างหลุมที่หลอม = 4.5 เซนติเมตร
- ความยาวคลื่นไมโครเวฟ มีค่าประมาณ 4.5 x 2 = 9 เซนติเมตร หรือ 0.09 เมตร
- อัตราเร็วของแสง $c = \lambda \nu$ หรือมีค่าประมาณ 0.09 เมตร x 2,450,000,000 Hz = 220,500,000 เมตรต่อวินาที

ตัวอย่างการพิจารณาผลการทดลองเพิ่มเติม

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าคลื่นไมโครเวฟซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่ส่งผลให้สบู่หลอมได้ และผลการคำนวนอัตราเร็วของแสงแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและอัตราเร็วของแสง อย่างไรก็ตามผลการคำนวนยังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างจากอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ ซึ่งสาเหตุของความแตกต่างนี้มีหลายประการและเป็นประเด็นที่ต้องนำกลับไปพิจารณาในชั้นเรียนเพื่ออธิบายต่อไป

หากมีการทำการทดลองซ้ำ โดยใช้ก้อนสบู่เหมือนเดิมและตั้งระดับความร้อนจากเตาอบไปโครเวฟเดิม หลังการทดลอง ระยะห่างระหว่างหลุมที่หลอมอาจจะมีค่าที่ต่างไปจากเดิม สาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นเป็นประเด็นที่ต้องนำกลับไปพิจารณาในชั้นเรียนเพื่ออธิบายต่อไป

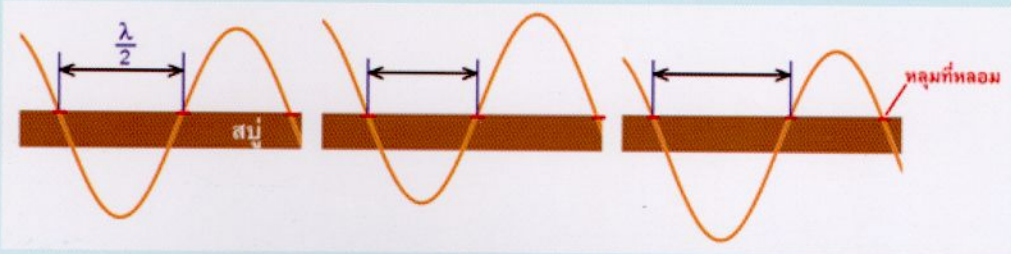
ตัวอย่างคำอธิบายเพื่อประกอบการพิจารณาในชั้นเรียน

ความแตกต่างของอัตราเร็วของแสงที่คำนวนได้จากอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศอาจเกิดจากคลื่นไมโครเวฟเดินทางผ่านตัวกลางในเตาอบไมโครเวฟ ซึ่งอาจต้องพิจารณาตัวกลางที่มีค่าดัชนีหักเหของอากาศและค่าดัชนีหักเหของสบู่

ความคลาดเคลื่อนของระยะห่างระหว่างหลุมที่หลอมอาจเกิดขึ้นจาก การระบุตำแหน่งหลุมเพื่อการวัด ความสามารถของบุคคลในการวัดระยะห่างระหว่างหลุมที่หลอม ตำแหน่งการวางสบู่ที่จะส่งผลต่อการเดินทางผ่านของคลื่นไมโครเวฟ กำลังไฟ(พลังงาน)ของเครื่องอบไมโครเวฟในการกำเนิดคลื่นไมโครเวฟอาจไม่เท่ากันตลอดเวลาซึ่งส่งผลต่อความถี่ของคลื่นไมโครเวฟ สบู่แต่ละก้อนที่นำมาทดลองอาจมีความแตกต่างกัน

ข้อสังเกต

- เมื่อคลื่นไมโครเวฟที่มีความยาวคลื่นเดียวกันแต่เดินทางผ่านก้อนสบู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน



ระยะห่างระหว่างหลุมที่หลอมจะมีขนาดต่างกัน จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของระยะห่างระหว่างหลุมที่หลอมต่างกัน

- หากกำลังไฟ(พลังงาน)ของเครื่องอบไมโครเวฟที่ใช้กำเนิดคลื่นไมโครเวฟเปลี่ยนไป เช่น มีระบบการเบาไฟหรือลดกำลังแบบอัตโนมัติ จะทำให้การเปลี่ยนแปลงของความถี่ของคลื่นไมโครเวฟนั่นคือจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นของคลื่นไมโครเวฟ

รายละเอียดเพิ่มเติม

หนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์

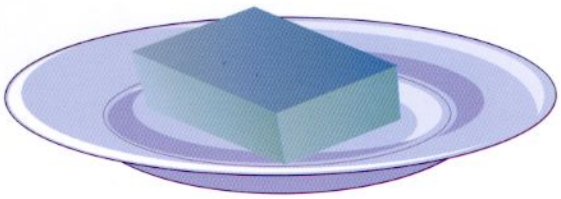
คำแนะนำ

ชุดทดลองไวเหมือนแสง สามารถนำไปเป็นอุปกรณ์ประกอบการสอนในสาระวิชา

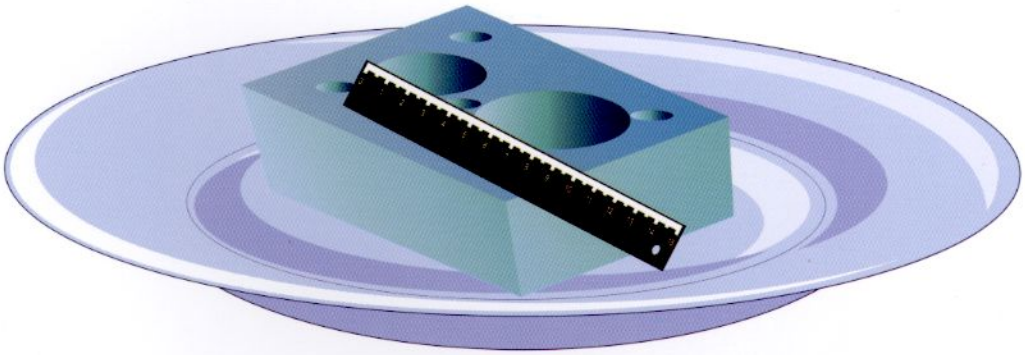
- วิทยาศาสตร์ ในเนื้อหาเกี่ยวกับ แสง ความยาวคลื่น ความเร็วของเสียง

หมายเหตุ: ในการบูรณาการ ควรศึกษาเนื้อหาจากแบบเรียน และหนังสือความรู้พื้นฐานด้านพลังงานและคู่มือรายวิชาที่เกี่ยวข้อง

1. นำก้อนสบู่วางบนจานรองสบู่
(ต้องเป็นจานที่สามารถใส่ไมโครเวฟได้ ไม่ควรเป็นจานโลหะ)
และวางที่ตำแหน่งกึ่งกลางของถาดรองในเตาอบไมโครเวฟ



2. ตั้งความร้อนของเตาอบไมโครเวฟที่สูงสุด
และตั้งระยะเวลาอบประมาณ 5-10 วินาที
(ขึ้นอยู่กับขนาดของกำลังของเตาอบไมโครเวฟ)



3. วัดระยะห่างระหว่างหลุมที่ถูกหลอม ซึ่งจะมีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นไมโครเวฟ