



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาพฤติกรรมการถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกสองชั้นที่ไม่มีและที่มีสารเปลี่ยนสถานะทำงานร่วมโดยการทดสอบภายในห้องทดสอบที่สร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร การทดสอบภายในห้องทดสอบมีข้อดีคือสามารถกำหนดพื้นที่รับแสงให้อยู่เฉพาะบริเวณด้านหน้าของหน้าต่างกระจกทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนเมื่อรังสีอาทิตย์ไปกระทบส่วน หลังคา และผนังโดยรอบลงได้ ทำให้ผลการทดสอบมีความเชื่อถือได้ว่าพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนของห้องทดสอบเกิดจากแสงส่องผ่านระบบหน้าต่างกระจกเข้าสู่ภายในห้องเท่านั้น ในงานนี้ได้มีการออกแบบระบบทดสอบที่ประกอบไปด้วยระบบแสงจำลอง ห้องจำลองที่มีการติดตั้งหน้าต่างกระจกสองชั้น การติดตั้งเครื่องมือวัดต่อกับเครื่องเก็บบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ อีกทั้งมีการแปรผันค่าความเข้มแสงเพื่อพิจารณาผลของความเข้มแสงที่มีต่อปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านหน้าต่างกระจก การแปรผันค่าความเข้มแสงอ้างอิงค่าความเข้มรังสีอาทิตย์เฉลี่ยของจังหวัดพิษณุโลกในช่วงเวลา 10:00 – 15:00 นาฬิกา มีค่าเฉลี่ยรายเดือนระหว่าง 590 – 755 W/m^2 (Handbook of Solar Radiation and Climatic Data for Renewable Energy Applications, 2005) นอกจากนั้นได้เลือกชนิดหน้าต่างกระจกใสชนิดที่มีอากาศและชนิดที่มีแก๊สอาร์กอนบรรจุระหว่างแผ่นกระจก ตามที่มีการใช้งานและมีวงจำหน่ายทั่วไปทั้งนี้เพื่อศึกษาความสามารถในการป้องกันความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารเปรียบเทียบกับหน้าต่างกระจกสองชั้นที่มีสารเปลี่ยนสถานะทำงานร่วม โดยมีรายละเอียดอุปกรณ์ และขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

3.1 รายละเอียดระบบทดสอบและอุปกรณ์การทดลอง

1. ห้องจำลองขนาดกว้าง 2 เมตร ยาว 2 เมตร สูง 2.5 เมตร ผนังโดยรอบบุด้วยฉนวนใยหินหนา 0.05 เมตร ได้รับการออกแบบ และสร้างขึ้นในห้องปฏิบัติการ ณ อาคารภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

2. ระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นขนาดกว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.4 เมตร ความหนาไม่รวมส่วนกรอบ 0.024 m กระจกโพลีไธนาแผ่นละ 0.006 m ช่องว่างระหว่างแผ่นกระจกขนาด 0.012 m ถูกติดตั้งไว้กึ่งกลางผนังด้านหนึ่งของห้องทดสอบ ดังรูปที่ 3.1

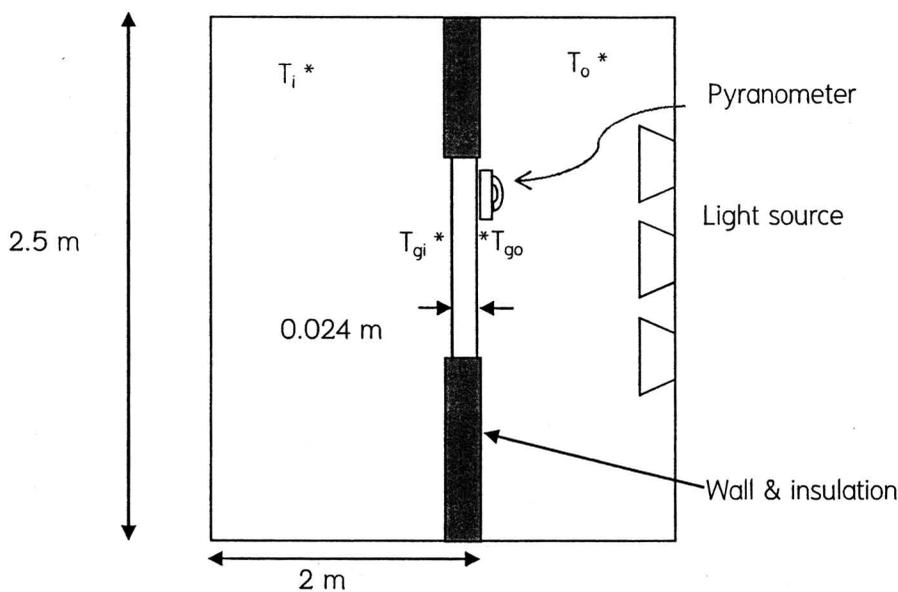
3. ระบบแสงจำลองจากหลอดไฟฮาโลเจนถูกออกแบบและทดสอบโดยกำหนดค่าความเข้มแสงเฉลี่ยให้มีค่าใกล้เคียงกับความเข้มรังสีอาทิตย์จังหวัดพิษณุโลก ระยะห่างของหลอดไฟกำหนดจากการที่แสงกระจายบนพื้นที่ขนาดเท่าหน้าต่างทดสอบอย่างสม่ำเสมอรับได้เมื่อการแปรผันของแสงบนพื้นที่นั้นไม่เกิน 5% ระบบนี้ประกอบไปด้วยหลอดไฟฮาโลเจนขนาด 500 W โคมและหลอดยี่ห้อ Philip จำนวน 25 ชุด ขนาดโครงยึดทำจากเหล็กบาร์ ระบบถูกออกแบบและติดตั้งโดยคำนึงถึงความปลอดภัยด้วยการใช้ไฟ 3 เฟสและได้รับการเดินสายไฟจากตู้ควบคุมวงจรไฟฟ้าจากช่างเทคนิคผู้ชำนาญ โครงสร้างและแผงควบคุมการเปิดและปิดไฟได้ดำเนินการโดยช่างไฟฟ้าเฉพาะทางดังแผนภาพโครงสร้างในรูปที่ 3.2 การใช้งานสามารถปรับเปลี่ยนค่าความเข้มแสงได้ด้วยแผงควบคุมการเปิด-ปิดร่วมกับการปรับระยะทาง

4. สารเปลี่ยนสถานะประเภทสารอินทรีย์ ชนิดพาราฟิน จากบริษัท Rubitherm RT42 และ RT 50 ดังรูปที่ 3.3 และประเภทสารอนินทรีย์ $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ โดยมีสมบัติของสารเปลี่ยนสถานะแสดงดังตารางที่ 3.1

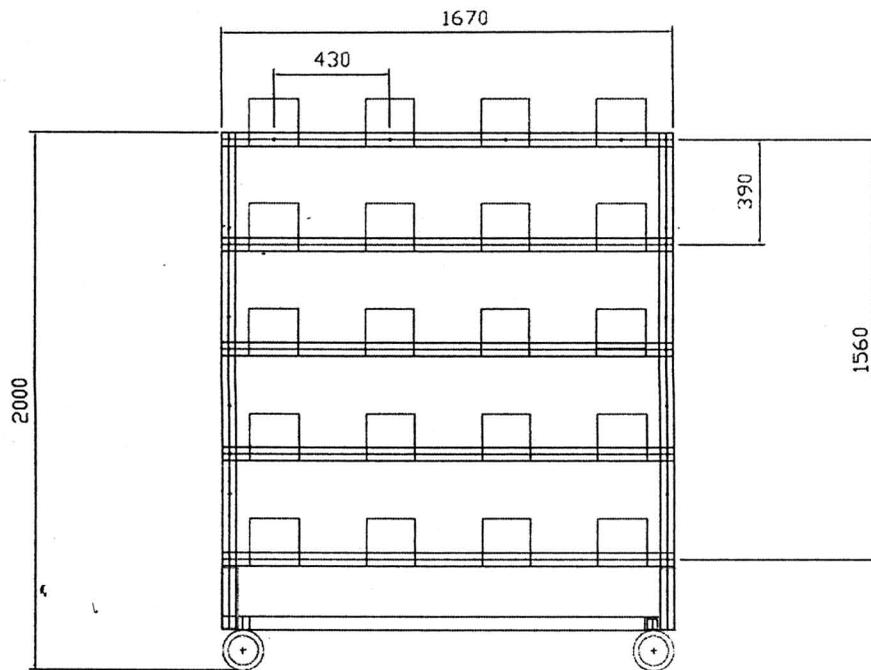
5. เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ YOKOGAWA รุ่น DX220-3-2 ดังรูปที่ 3.4

6. เครื่องวัดความเข้มแสง Pyranometer ดังรูปที่ 3.5

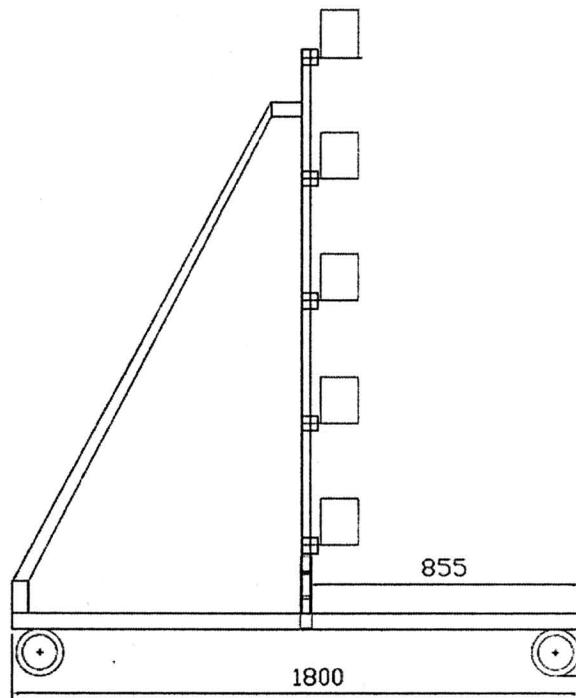
7. หัววัดอุณหภูมิและสายเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ดังรูปที่ 3.6 และรูปที่ 3.7
8. เครื่องชั่งน้ำหนักค่าความละเอียด 0.01 ค่าความคลาดเคลื่อน $\pm 3\%$
9. เครื่องวัดฟลักซ์ความร้อนยี่ห้อ Hukseflux ค่าความถูกต้อง $\pm 3\%$ ช่วงของการวัด 2000– (-2000) W/m^2
10. ฉนวนกันความร้อนใยหินยี่ห้อ Bradfort ประเภท FIBERTEX 350 ความหนาแน่น 60 kg/m^3 คำนาค่าความร้อนระหว่าง 0.04 – 0.05 $W/m.K$ ที่อุณหภูมิการทำงานระหว่าง 50–100 $^{\circ}C$
11. ฉนวนกันความร้อนผ้าและแผ่นสะท้อนความร้อน
12. ปุ่มขนาดกำลัง 120 W
13. เครื่องแก้วสำหรับบรรจุสารขนาดต่าง ๆ
14. ปิกเกอร์ แท่งแก้วคนสาร ช้อนตักสาร ถูมือ หน้ากาก และแว่นตาป้องกันสาร



รูปที่ 3.1 แผนภาพภาคตัดขวางระบบทดสอบ ตำแหน่งเครื่องมือวัดอุณหภูมิ และความเข้มแสง

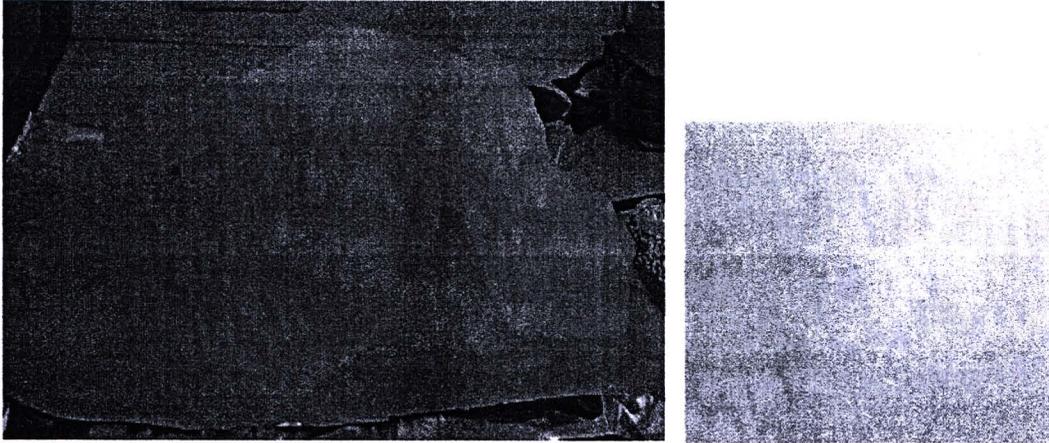


ก. ด้านหน้า



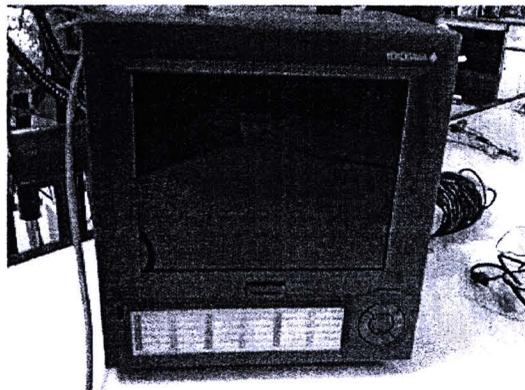
ข. ด้านข้าง

รูปที่ 3.2 แผนภาพโครงสร้างระบบแสงจำลอง ก ด้านหน้า ข ด้านข้าง

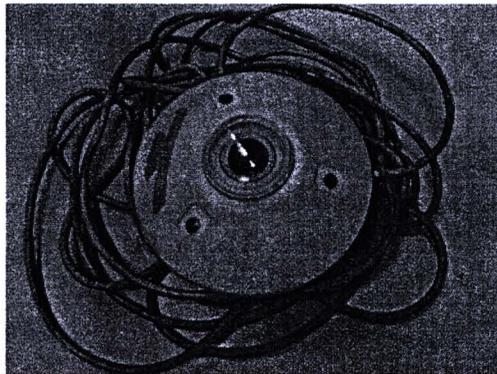


รูปที่ 3.3 สารเปลี่ยนสถานะ ภาพซ้าย RT42 ขณะจัดเตรียมเพื่อใช้ในการทดสอบ ภาพขวา

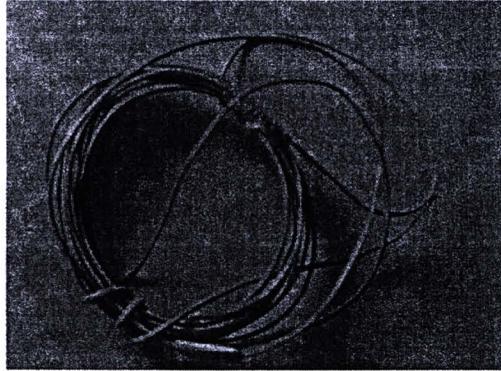
ภาพขยายเห็นลักษณะเป็นผลึกของเนื้อสาร



รูปที่ 3.4 เครื่องเก็บบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ YOKOGAWA รุ่น DX220-3-2



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดความเข้มแสง Pyranometer



รูปที่ 3.6 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K



รูปที่ 3.7 หน้าต่างกระจกสองชั้นมีสารเปลี่ยนสถานะทำงานร่วม ถ่ายภาพจากด้านในห้อง
ทดสอบเมื่อสารเปลี่ยนจากของแข็งเป็นของเหลวใสขณะได้รับความร้อน

ตารางที่ 3.1 สมบัติของสารเปลี่ยนสถานะ

สมบัติ \ ชนิด	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	CaCl ₂ ·6H ₂ O	RT 42 [*]	RT 50 [*]	Paraffin wax
คุณลักษณะ/สี (ของแข็ง)	ผงเป็นก้อน/ขาว	เหลว	ก้อน/ขาวขุ่น	ก้อน/ขาวขุ่น	ก้อน/ขาวขุ่น
(ของเหลว)	ใส มีตะกอนขาว	ใส	ใส	ใส	ใส
ความหนาแน่น (ของแข็ง)	(kg/m ³) 1485	(kg/m ³) 1710	(kg/l) 0.76	(kg/l) 0.76	(kg/m ³) 818 ⁺
(ของเหลว)	-	1562	0.88	0.88	760 ⁺
อุณหภูมิหลอมเหลว	32 °C	29 °C	41 °C	49 °C	43–56 °C ⁺
เอนทาลปีของการ หลอมเหลว (kJ/kg)	254	171	174	168	266 ⁺
ค่านำความร้อน (W/m.K) (ของเหลว)	0.554	0.54	0.2	0.2	0.24 ⁺
สภาวะกัดกร่อน	โลหะ	โลหะ	เฉื่อยต่อการ ทำปฏิกิริยา	เฉื่อยต่อการ ทำปฏิกิริยา	เฉื่อยต่อการ ทำปฏิกิริยา

* อ้างอิงจาก www.rubitherm.de/english/index.htm

⁺ อ้างอิงจาก Totten G.E., Westbrook S.R., Shah R.J., Fuels and lubricants handbook:

technology, properties, performance and testing, 2003, p. 535 (available online at

http://books.google.co.uk/books?id=J_AkNu-Y1wQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f

=false

3.2 ขั้นตอนการทดสอบ

1. ติดตั้งเครื่องมือวัดความเข้มแสงที่ด้านนอก ทำการทดสอบหาค่าความเข้มแสงที่ต้องการบนพื้นที่ขนาดเท่าหน้าต่างกระจก และใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบแสงจำลอง เมื่อสำเร็จแล้วสามารถใช้ในการทดสอบได้โดยเพียงควบคุมระยะห่างระหว่างระบบแสงจำลองและห้องทดสอบ ร่วมกับการเปิดและปิดแสงจากแผงวงจร เพื่อให้ได้ความเข้มที่ต้องการ

2. ติดตั้งหัววัดอุณหภูมิเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จำนวน 20 จุด ที่ผิวกระจกหน้าต่างภายใน ภายนอกห้องทดสอบ ผังภายใน ผังภายนอก อากาศภายใน และภายนอกห้องทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 3.8 และต่อเข้ายังเครื่องเก็บบันทึกข้อมูลอัตโนมัติ

3. เปิดไฟให้แสงส่องผ่านหน้าต่างกระจกสองชั้นที่มีอากาศบรรจุภายในช่องว่าง ณ ความเข้มแสง 572 W/m^2 ทำการวัดและเก็บบันทึกผลอุณหภูมิทุกหนึ่งนาทิจนเป็นเวลาสามชั่วโมง

4. ปิดไฟและรอให้ห้องทดสอบมีอุณหภูมิกลับคืนสู่สภาวะปกติ

5. ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 3. ลงมา โดยเปลี่ยนความเข้มแสงเป็น 663 W/m^2 และ 756 W/m^2 ตามลำดับ

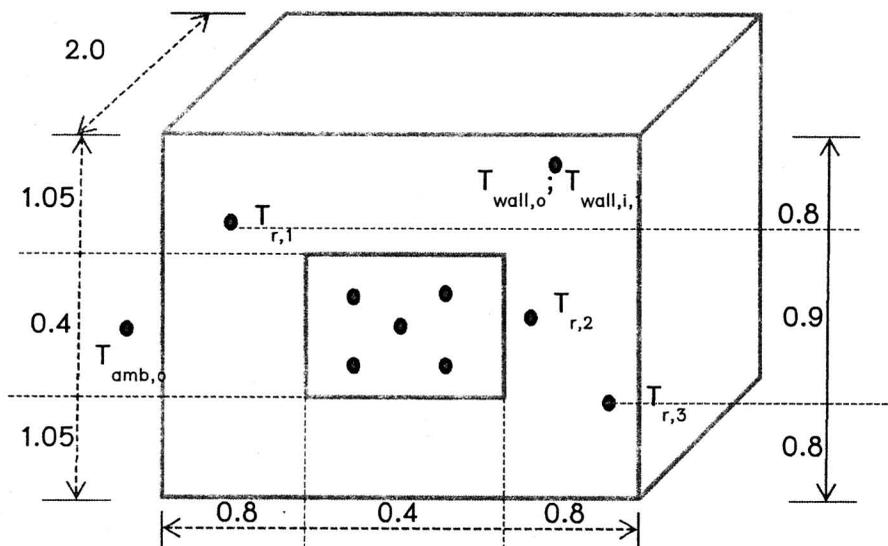
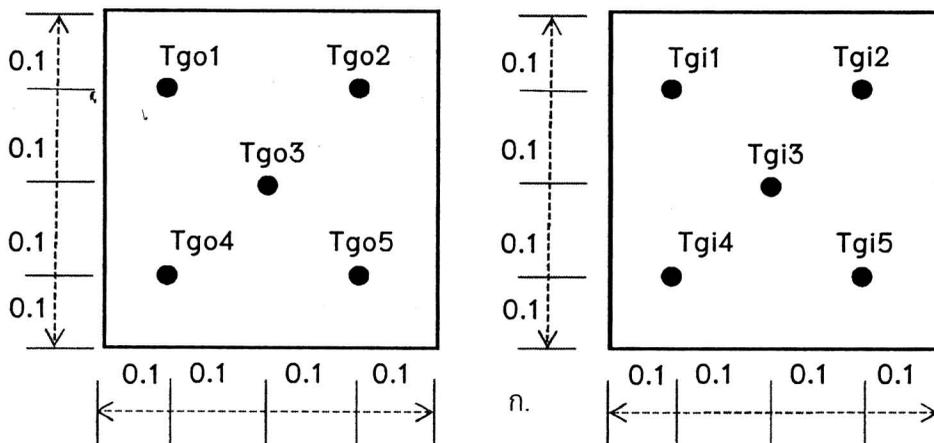
6. เปลี่ยนหน้าต่างกระจกสองชั้นเป็นแบบที่มีแก๊สอาร์กอนบรรจุภายในช่องว่างแล้วทำตามขั้นที่ 3 ถึง 5.

7. ทำการเจาะช่องที่ด้านบนและด้านล่างของกรอบหน้าต่างกระจกบริเวณกึ่งกลางระหว่างแผ่นกระจกทั้งสองของระบบหน้าต่างกระจกสองชั้นชนิดที่มีอากาศบรรจุภายใน จากนั้นต่อท่อทองแดงและสายยางลงไปเพื่อใช้เป็นช่องเติมสารเปลี่ยนสถานะ ติดตั้งวาล์วเปิดปิดที่ท่อด้านล่างเพื่อใช้เป็นท่อระบายสารออกจากระบบหน้าต่างสองชั้นที่มีการทำงานร่วมกับสารเปลี่ยนสถานะ

8. จัดเตรียมสารเปลี่ยนสถานะให้อยู่ในสถานะของเหลวเพื่อบรรจุลงภายในช่องว่างระหว่างแผ่นกระจกทั้งสองของระบบหน้าต่างกระจกสองชั้น หลังจากนั้นรอเวลาให้สารเปลี่ยนสถานะเปลี่ยนเป็นของแข็งทั้งหมดจึงเริ่มทดสอบ

9. ทำการทดสอบตั้งแต่ข้อ 3. ลงมา สิ้นสุดการทดสอบเมื่อสารเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวทั้งหมด

10. นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์พฤติกรรมถ่ายเทความร้อนผ่านหน้าต่างกระจกสองชั้น



ข.

รูปที่ 3.8 ตำแหน่งวัดอุณหภูมิ ก. ผิวกระจกด้านนอกและด้านใน ข. ภายนอกและภายในห้อง

แสดงระยะในหน่วยเมตร