

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดทดลอง
- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ
- แบบสอบถามความคิดเห็นสำหรับนักเรียนเกี่ยวกับชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ
- การวิเคราะห์ความคิดเห็นจากการประเมินชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ
- การวิเคราะห์ความคิดเห็นจากการประเมินชุดทดลองโดยนักเรียน

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผศ.ดร.ชัยศักดิ์ อิลโร
ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี
2. ดร.ศุภเดช สุจินพรัหม
โครงการจัดตั้งสายวิชาฟิสิกส์
คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
จังหวัดนครปฐม
3. นายจอม จำปาเหลือง
ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนตราษตระการคุณ
จังหวัดตราด
4. นายดำรงศักดิ์ สัจจาธรรม
ครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม
จังหวัดตราด
5. นางสาวจิราภรณ์ ธนาลัย
ศึกษานิเทศก์ชำนาญการพิเศษ
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 17



ที่ ศธ ๐๔๒๔๗.๒๔/๓๓๖

โรงเรียนตราครุฑเสรีวิทยาคม
๒๕ ถนนท่าเรือจ้าง อำเภอเมืองตราด
จังหวัดตราด ๒๓๐๐๐

๘ สิงหาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองในการทำวิทยานิพนธ์
เรียน ดร.ชัยศักดิ์ อัสโร

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. แบบประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดทดลอง จำนวน ๑ ชุด
๒. คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวอรสิริ ต้นสกุล ตำแหน่ง ครู โรงเรียนตราครุฑเสรีวิทยาคม สำนักงาน
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๑๗ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท เรื่อง การ
ออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ในการนี้ เพื่อให้การ
ทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ โรงเรียนตราครุฑเสรีวิทยาคม จึงขอ
ความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลอง ตามเอกสารที่ส่งมา
พร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทาง
วิชาการของโรงเรียนต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายประเวศ ดีหลาย)

ผู้อำนวยการโรงเรียนตราครุฑเสรีวิทยาคม

กลุ่มบริหารทั่วไป

โทร. ๐-๓๙๕๑-๑๒๕๑

โทรสาร ๐-๓๙๕๒-๐๑๕๕

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : ts_school@hotmail.com

ที่ ศธ ๐๔๒๕๗.๒๙/๓๓๖



โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม
๒๕ ถนนท่าเรือจ้าง อำเภอเมืองตราด
จังหวัดตราด ๒๓๐๐๐

๘ สิงหาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขออนุญาตขอตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน ดร.สุกเดช สุจินพริหม

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. แบบประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดทดลอง จำนวน ๑ ชุด
๒. คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวอรสิริ ตันสกุล ตำแหน่ง ครู โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๑๗ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท เรื่อง การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ในการนี้ เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม จึงขออนุญาตของท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลอง ตามเอกสารที่ส่งมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทางวิชาการของโรงเรียนต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายประเวศ ดีหลาย)

ผู้อำนวยการโรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม

กลุ่มบริหารทั่วไป

โทร. ๐-๓๔๕๑-๑๒๕๑

โทรสาร ๐-๓๔๕๒-๐๑๕๕

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : ts_school@hotmail.com



ที่ ศธ ๐๔๒๔๗.๒๙/๓๓๖

โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม
๒๕ ถนนท่าเรือจ้าง อำเภอเมืองตราด
จังหวัดตราด ๒๓๐๐๐

๘ สิงหาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองในการทำวิทยานิพนธ์
เรียน นายจอม จำปาเหลือง

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. แบบประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดทดลอง จำนวน ๑ ชุด
๒. คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวอรลรี ต้นสกุล ตำแหน่ง ครู โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม ส่วนงาน
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๑๗ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท เรื่อง การ
ออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ในการนี้ เพื่อให้การ
ทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม จึงขอ
ความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลอง ตามเอกสารที่ส่งมา
พร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทาง
วิชาการของโรงเรียนต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายประเวศ ดีหลาย)

ผู้อำนวยการโรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม

กลุ่มบริหารทั่วไป

โทร. ๐-๓๙๕๑-๑๒๕๑

โทรสาร ๐-๓๙๕๒-๐๑๕๕

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : ts_school@hotmail.com

ที่ ศธ ๐๔๒๔๗.๒๙/๓๓๖



โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม
๒๕ ถนนท่าเรือจ้าง อำเภอเมืองตราด
จังหวัดตราด ๒๓๐๐๐

๘ สิงหาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขออนุญาตตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองในการทำวิทยานิพนธ์
เรียน นายดำรงศักดิ์ สัจจารธรรม

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. แบบประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดทดลอง จำนวน ๑ ชุด
๒. คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวอรสิริ ต้นสกุล ตำแหน่ง ครู โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม สำนักงาน
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๑๗ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท เรื่อง การ
ออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ในการนี้ เพื่อให้การ
ทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ โรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม จึงขอ
ขออนุญาตท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลอง ตามเอกสารที่ส่งมา
พร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทาง
วิชาการของโรงเรียนต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายประเวศ ดีหลาย)

ผู้อำนวยการโรงเรียนตราดสรสเรณูวิทยาคม

กลุ่มบริหารทั่วไป

โทร. ๐-๓๙๕๑-๑๒๕๑

โทรสาร ๐-๓๙๕๒-๐๑๕๕

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : ts_school@hotmail.com



ที่ ศธ ๐๔๒๔๗.๒๔/๓๓๖

โรงเรียนตราดสรเสรีวิทยาคม
๒๕ ถนนท่าเรือจ้าง อำเภอเมืองตราด
จังหวัดตราด ๒๓๐๐๐

๘ สิงหาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขออนุญาตตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองในการทำวิทยานิพนธ์

เรียน นางสาวจิราภรณ์ ธนาลัย

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. แบบประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดทดลอง จำนวน ๑ ชุด

๒. คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู จำนวน ๑ ชุด

ด้วย นางสาวอรสิริ ต้นสกุล ตำแหน่ง ครู โรงเรียนตราดสรเสรีวิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต ๑๗ กำลังดำเนินการทำวิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาโท เรื่อง การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ในการนี้ เพื่อให้การทำวิทยานิพนธ์ดำเนินไปด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ โรงเรียนตราดสรเสรีวิทยาคม จึงขออนุญาตท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลอง ตามเอกสารที่ส่งมาพร้อมนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาทางวิชาการของโรงเรียนต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(นายประเวศ ดิฬาย)

ผู้อำนวยการโรงเรียนตราดสรเสรีวิทยาคม

กลุ่มบริหารทั่วไป

โทร. ๐-๓๔๕๑-๑๒๕๑

โทรสาร ๐-๓๔๕๒-๐๑๕๕

จดหมายอิเล็กทรอนิกส์ : ts_school@hotmail.com

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อชุดทดลองหาสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

แบบประเมินชุดนี้ เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบและสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ (Design and Fabrication of an Experimental Set for Measuring the Thermal Expansion Coefficient of Metal Using Dial Gauge)

คำชี้แจง ขอให้ท่านได้แสดงความคิดเห็นต่อชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ และคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู โดยทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด พร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

ที่	ข้อความถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		+1 เห็นด้วย	0 ไม่แน่ใจ	-1 ไม่เห็นด้วย	
	ก. ด้านการออกแบบชุดทดลอง				
1.	ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์				
2.	มีขนาดเหมาะสม				
3.	มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายหรือติดตั้ง				
4.	มีความสะดวกในการบำรุงรักษา				
5.	การออกแบบครอบคลุมวัตถุประสงค์				
	ข. ด้านการใช้ชุดทดลอง				
1.	สามารถใช้ชุดทดลองได้ตามวัตถุประสงค์				
2.	เหมาะสมกับธรรมชาติของวิชา				
3.	เหมาะสมกับระดับผู้เรียน				
4.	สามารถทำให้การเรียนรู้เข้าใจดียิ่งขึ้น				
5.	มีความปลอดภัยในการทดลอง				

ที่	ข้อความคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น			ข้อเสนอแนะ
		+1 เห็นด้วย	0 ไม่แน่ใจ	-1 ไม่เห็นด้วย	
1.	ค. ด้านคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู เนื้อหาถูกต้องและสอดคล้องกับ วัตถุประสงค์				
2.	ภาษาที่ใช้ชัดเจน กระชับ เข้าใจง่าย				
3.	ระบุน้ำหนักของครูผู้สอนได้ละเอียดครบถ้วน เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม				
4.	ใบงานการทดลองมีความเหมาะสม เป็นไป ตามลำดับขั้นตอน สามารถปฏิบัติตามได้ อย่างถูกต้อง				
5.	ใบบันทึกผลการทดลองชัดเจน เข้าใจง่าย				
6.	คำถามท้ายการทดลองกับเนื้อหา มีความ สอดคล้อง				
7.	กิจกรรมมีเพียงพอที่จะให้ผู้เรียนเข้าใจ แนวคิดที่สำคัญ				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....

แบบสอบถามความคิดเห็นสำหรับนักเรียน
เกี่ยวกับชุดทดลองหาสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับชุดทดลอง ใบความรู้ และใบงานการทดลอง

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับชุดทดลอง ใบความรู้ และใบงานการทดลอง

คำชี้แจง ทำเครื่องหมายถูก (✓) ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด

โดยมีระดับค่าคะแนนดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4	หมายถึง	เห็นด้วย
3	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
2	หมายถึง	ไม่เห็นด้วย
1	หมายถึง	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ที่	ข้อความถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	ก. ด้านการออกแบบชุดทดลอง					
1.	สามารถใช้ชุดทดลองได้ตามเวลา					
2.	ชุดทดลองมีความปลอดภัยในการใช้งาน					
3.	ชุดทดลองมีความสะดวกในการใช้งาน					
4.	ชุดทดลองมีความน่าสนใจ					

ที่	ข้อความตามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	ข. ด้านใบความรู้					
	ให้ภาษาที่เข้าใจง่าย					
	ลำดับเนื้อหาได้ดี					
	สามารถศึกษาด้วยตนเองได้					
	ค. ด้านใบงานการทดลอง					
	ลำดับขั้นตอนในการทดลองเข้าใจง่าย					
2.	ตารางบันทึกผลการทดลองเข้าใจง่าย					
	คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับการทดลอง					

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

คำชี้แจง ข้อเสนอแนะอื่น ๆ (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางที่ ก-1 แสดงการวิเคราะห์ความคิดเห็นจากการประเมินชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ

ที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					ค่า IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5		
ก. ด้านการออกแบบชุดทดลอง	1. ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	เห็นด้วย
	2. มีขนาดเหมาะสม	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	เห็นด้วย
	3. มีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายหรือติดตั้ง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	เห็นด้วย
	4. มีความสะดวกในการบำรุงรักษา	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	เห็นด้วย
	5. การออกแบบครอบคลุมวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	เห็นด้วย
	เฉลี่ยรวมด้านที่ 1							เห็นด้วย

ตารางที่ ก-1 (ต่อ)

ที่	ข้อความความคิดเห็น	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ คนที่					ค่า IOC	แปลผล
		1	2	3	4	5		
ค. ด้านคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู								
1.	เนื้อหาถูกต้องและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	เห็นด้วย
2.	ภาษาที่ใช้ชัดเจน กระชับ เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+1	0	0.80	เห็นด้วย
3.	ระบุหน้าที่ของครูผู้สอนได้ละเอียดครบถ้วนเพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม	+1	+1	0	+1	+1	0.80	เห็นด้วย
4.	ใบงานการทดลองมีความเหมาะสม เป็นไปตามลำดับขั้นตอน สามารถปฏิบัติตามได้ อย่างถูกต้อง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	เห็นด้วย
5.	ใบบันทึกผลการทดลองชัดเจน เข้าใจง่าย	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	เห็นด้วย
6.	คำถามท้ายการทดลองกับเนื้อหา มีความสอดคล้อง	+1	+1	+1	+1	+1	1.00	เห็นด้วย
7.	กิจกรรมมีเพียงพอที่จะให้ผู้เรียนเข้าใจ แนวคิดที่สำคัญ	+1	+1	+1	+1	0	0.80	เห็นด้วย
เฉลี่ยรวมด้านที่ 3								เห็นด้วย
0.91								เห็นด้วย

ตารางที่ ก-2 แสดงการวิเคราะห์ความคิดเห็นจากผลการประเมินชุดทดลองโดยนักเรียน 32 คน

ที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็นของนักเรียน (ร้อยละ)					คะแนนเฉลี่ย	แปลผล
		5	4	3	2	1		
ก. ด้านการออกแบบชุดทดลอง								
1.	สามารถใช้ชุดทดลองได้ตามเวลา	62.50	28.12	9.38	0	0	4.53	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.	ชุดทดลองมีความปลอดภัยในการใช้งาน	50.00	34.38	15.62	0	0	4.34	เห็นด้วย
3.	ชุดทดลองมีความสะดวกในการใช้งาน	84.38	15.62	0	0	0	4.84	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4.	ชุดทดลองมีความน่าสนใจ	93.75	6.25	0	0	0	4.94	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
เฉลี่ยรวมด้านที่ 1							4.66	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

ที่	ข้อคำถามความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็นเห็นของนักเรียน (ร้อยละ)					คะแนนเฉลี่ย	แปลผล
		5	4	3	2	1		
ข. ด้านใบความรู้								
1.	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	87.50	12.50	0	0	0	4.62	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.	ลำดับเนื้อหาได้ดี	78.12	21.88	0	0	0	4.56	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
3.	สามารถศึกษาด้วยตนเองได้	59.38	31.25	9.38	0	0	4.50	เห็นด้วย
เฉลี่ยรวมด้านที่ 2							4.56	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ตารางที่ ก-2 (ต่อ)

ที่	ข้อความความคิดเห็น	ระดับความคิดเห็นของนักเรียน (ร้อยละ)					คะแนนเฉลี่ย	แปลผล
		5	4	3	2	1		
	ค. ด้านใบงานการทดลอง							
1.	ลำดับขั้นตอนในการทดลองเข้าใจง่าย	81.25	12.50	6.25	0	0	4.75	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.	ตารางบันทึกผลการทดลองเข้าใจง่าย	68.75	9.38	21.88	0	0	4.47	เห็นด้วย
3.	คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับการทดลอง	71.88	21.88	6.25	0	0	4.44	เห็นด้วย
เฉลี่ยรวมด้านที่ 3								เห็นด้วยอย่างยิ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ข

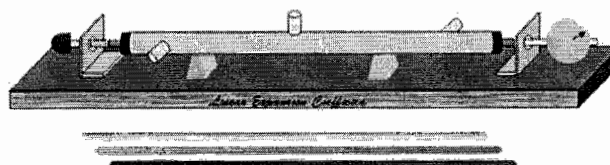
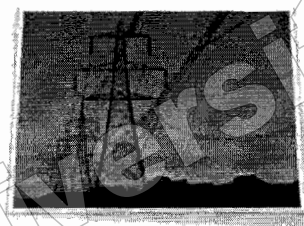
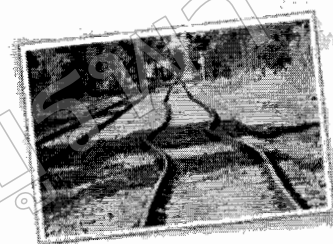
คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู



คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู

เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้คอลเลจ

วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



โรงเรียนตราดสรวิศวิทยาคม อำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 17

คำชี้แจง

คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ ไดอัลเกจ ใช้สำหรับประกอบการสอนในวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในบทเรียนเรื่อง ความร้อน เพื่อศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อน และการหาค่า สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ จากชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ ไดอัลเกจ โดยคู่มือชุดนี้จะประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ใบความรู้ ใบบันทึกผลการทดลอง ตัวอย่างผลการทดลองและตัวอย่างการตอบคำถามท้ายการทดลอง สำหรับครูผู้สอนสามารถ นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพต่อไป

ผู้จัดทำหวังว่าคู่มือชุดนี้จะเป็นประโยชน์ในการจัดการสอนในเรื่องดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

นางสาวอรสิริ ตันสกุล

ครู โรงเรียนตราดสรรเสริญวิทยาคม

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
1. ข้อเสนอแนะในการใช้คู่มือปฏิบัติการ	1
2. แผนการจัดการเรียนรู้	2
3. ใบความรู้	10
4. ใบงานการทดลอง	
4.1 วัตถุประสงค์	13
4.2 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	13
4.3 อุปกรณ์การทดลอง	13
4.4 วิธีการทดลอง	14
5. ใบบันทึกผลการทดลอง	
5.1 ผลการทดลองและจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง	17
5.2 สรุปผลการทดลอง	23
5.3 อภิปรายผลการทดลอง	23
5.4 ข้อเสนอแนะ	23
5.5 คำถามท้ายการทดลอง	24
6. ตัวอย่างการบันทึกผลและจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง	25
7. ตัวอย่างการตอบคำถามท้ายการทดลอง	31

ข้อแนะนำในการใช้คู่มือปฏิบัติการ

คู่มือปฏิบัติการสำหรับครูประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้
2. ใบความรู้
3. ใบงานการทดลอง
4. ตัวอย่างการบันทึกผลและจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง
5. ตัวอย่างการตอบคำถามท้ายการทดลอง

สื่อการจัดการเรียนรู้

1. คู่มือปฏิบัติการ
2. ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. บรรยาย
2. อภิปราย
3. สาธิต
4. ทดลอง

แนวปฏิบัติของครูผู้สอน

1. ให้ความรู้โดยการบรรยายเรื่องสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ
2. ชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับแนวทางปฏิบัติตามระเบียบของห้องปฏิบัติการของโรงเรียน
3. ชี้แจงวัตถุประสงค์ของการทดลองพร้อมทั้งอธิบายส่วนประกอบของชุดทดลอง
4. อธิบายและสาธิตวิธีการทดลอง พร้อมทั้งซักถามความเข้าใจของนักเรียน
5. ควบคุมและดูแลการทำการทดลองของนักเรียนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

1. การขยายตัวเชิงเส้น (Linear Expansion) คือ การที่วัตถุนั้นขยายตัวออกไปทางด้านใดด้านหนึ่งตามความยาว เมื่อวัตถุนั้นได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น โดยความยาวที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวเดิมและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

จะได้ว่า

$$\Delta L \propto L_0 \Delta T$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

ให้ α เป็นค่าคงที่เฉพาะวัตถุแต่ละชนิด เรียกว่า สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (Coefficient of Linear Expansion)

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} = \frac{(L - L_0)}{L_0 (T - T_0)}$$

เมื่อ α	คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
L_0	คือ ความยาวเริ่มต้น (m)
L	คือ ความยาวที่อุณหภูมิ T ใดๆ (m)
T_0	คือ อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)
T	คือ อุณหภูมิขณะใดๆ ($^{\circ}\text{C}$)
ΔL	คือ ความยาวที่เพิ่มขึ้น (m)
ΔT	คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($^{\circ}\text{C}$)

เมื่อนำค่า ΔL กับ ΔT ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์โดยให้แกน y แทน ΔL และแกน x แทน ΔT พบว่าค่าความชัน (slope) ของกราฟ มีค่าเท่ากับ $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ หรือสามารถเขียนในรูปความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\alpha = \frac{\text{slop}}{L_0}$$

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของวัสดุต่างๆ
(Young, Hugh D., 2004, pp.646-651)

วัสดุ	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
อะลูมิเนียม	2.4×10^{-5}
ทองเหลือง	2.0×10^{-5}
ทองแดง	1.7×10^{-5}
แก้ว	$0.4 - 0.9 \times 10^{-5}$
เหล็ก	1.2×10^{-5}
สแตนเลส	1.73×10^{-5}

วัตถุใดที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวมากจะขยายตัวได้มากกว่าวัตถุที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวน้อย เช่น ที่อุณหภูมิ 25°C และความดันบรรยากาศเดียวกัน อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง จะมีการขยายตัวจากมากไปน้อย ตามลำดับ

2. การขยายตัวเชิงพื้นที่ (Area Expansion) คือ การที่พื้นที่ผิวด้านใดด้านหนึ่งของวัตถุนั้น มีพื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น โดยพื้นที่ที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่เดิมและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

จะได้ว่า

$$\Delta A \propto A_0 \Delta T$$

$$\Delta A = \beta A_0 \Delta T$$

ให้ β เป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่ของวัตถุ (Coefficient of Area Expansion)

$$\beta = \frac{\Delta A}{A_0 \Delta T} = \frac{(A - A_0)}{A_0 (T - T_0)}$$

เมื่อ β	คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่ ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
A_0	คือ พื้นที่เริ่มต้น (m^2)
A	คือ พื้นที่ที่อุณหภูมิ T ใดๆ (m^2)
T_0	คือ อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)
T	คือ อุณหภูมิขณะใดๆ ($^{\circ}\text{C}$)
ΔA	คือ พื้นที่ที่เพิ่มขึ้น (m^2)
ΔT	คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($^{\circ}\text{C}$)

เนื่องจากการคำนวณหาพื้นที่ได้มาจากผลคูณความยาวของด้าน 2 ด้าน ดังนั้นทำให้ความสัมพันธ์ระหว่าง β และ α เป็นดังนี้

$$\beta = 2\alpha$$

3. การขยายตัวเชิงปริมาตร (Volume Expansion) คือ การที่ปริมาตรของวัตถุทั้งก่อนเพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุนั้นได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น โดยปริมาตรที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาตรเดิมและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น

จะได้ว่า $\Delta V \propto V_0 \Delta T$

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

ให้ γ เป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของวัตถุ (Coefficient of Volume Expansion)

$$\gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \Delta T} = \frac{(V - V_0)}{V_0 (T - T_0)}$$

เมื่อ γ	คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
V_0	คือ ปริมาตรเริ่มต้น (m^3)
V	คือ ปริมาตรที่อุณหภูมิ T ใดๆ (m^3)
T_0	คือ อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)

T คือ อุณหภูมิขณะใด ๆ ($^{\circ}\text{C}$)

ΔV คือ ปริมาตรที่เพิ่มขึ้น (m^3)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($^{\circ}\text{C}$)

ความสัมพันธ์ระหว่าง γ β และ α เป็นดังนี้

$$\gamma = 3\alpha$$

หรือ

$$\gamma = \frac{3}{2}\beta$$

กระบวนการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ

1.1 ครูทบทวนเนื้อหาเรื่องความร้อนและอุณหภูมิ โดยสรุปในประเด็นดังนี้

- ความร้อนเป็นพลังงานรูปหนึ่ง ซึ่งแปลงรูปมาจากพลังงานรูปอื่นๆ ได้ เช่น พลังงานไฟฟ้า พลังงานเคมี พลังงานกล พลังงานแสง เป็นต้น

- อุณหภูมิ เป็นปริมาณที่ใช้บอกระดับความร้อน อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ มีชื่อเรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์

- วัตถุที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น พลังงานความร้อนของวัตถุจะเพิ่มขึ้น

- ในการถ่ายโอนพลังงานความร้อนระหว่างวัตถุสองวัตถุ พลังงานความร้อนที่เพิ่มขึ้นของวัตถุหนึ่ง เท่ากับพลังงานความร้อนที่ลดลงของอีกวัตถุหนึ่ง

- การถ่ายโอนพลังงานความร้อนมี 3 แบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน

1.2 ครูใช้คำถามเพื่อนำเข้าสู่เนื้อหา โดยยกคำถามพร้อมแสดงรูปภาพประกอบเกี่ยวกับการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนที่สามารถพบเห็นได้ เช่น

- ทำไมรางรถไฟจึงไม่ต่อเนื่องกันโดยตลอด ทำไมจึงต้องเว้นช่องว่างเล็กๆ เอาไว้ระหว่างรางแต่ละเส้น (แนวทางการตอบ เนื่องจากว่า วัตถุเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว ทำให้ความยาว พื้นที่หน้าตัด และปริมาตรของวัตถุเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม ในทางตรงกันข้ามถ้าวัตถุคายความร้อนออก (วัตถุมีอุณหภูมิลดลง) ย่อมทำให้เกิดการหดตัว ความยาว

พื้นที่หน้าตัด และปริมาตรลดน้อยลง ทางรถไฟซึ่งทำด้วยเหล็กกล้า จึงต้องเว้นช่องว่างไว้สำหรับขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เพราะถ้าไม่มีที่ให้ขยายตัว ก็จะทำให้รางรถไฟโก่งหรือคดได้)

1.3 ครูนำชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจออกมาแสดง และสุ่มถามนักเรียนในชั้นเรียนว่ารู้จักอุปกรณ์ดังกล่าวหรือไม่ ถ้ารู้จักคืออะไร (ถ้านักเรียนตอบว่าไม่รู้ ให้สุ่มถามไปเรื่อยๆ ถ้าไม่มีนักเรียนคนใดตอบได้เลยให้ครูเป็นคนบอกว่าอุปกรณ์ดังกล่าวคืออะไร)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 4-5 คน

2.2 ครูแจกใบงานการทดลองให้แต่ละกลุ่ม

2.3 ครูอธิบายรายละเอียดการทดลอง โดยใช้โปรแกรม PowerPoint ประกอบการอธิบาย ซึ่งมีลำดับดังต่อไปนี้

- อธิบายทฤษฎีและการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

- อธิบายวัตถุประสงค์ในการทดลอง

- แนะนำอุปกรณ์ในการทดลอง และวิธีติดตั้งชุดทดลอง

- อธิบายวิธีการทดลอง การบันทึกผลในใบบันทึกผลการทดลอง และข้อควรระวังในการทำการทดลอง

2.4 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลอง โดยที่ครูคอยควบคุมและดูแลการทำการทดลองของนักเรียนตลอดเวลา

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป

3.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนผลการทดลองที่ได้ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต (flip chart) และออกมานำเสนอผลการทดลองของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่ได้ของแต่ละกลุ่ม เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

3.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ได้จากการตอบคำถามท้ายการทดลอง

4. ขั้นขยายความรู้

4.1 ครูเชื่อมโยงการทดลองไปสู่ความรู้ใหม่ของนักเรียน โดยการให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าจะความรู้นี้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างไร

(แนวทางตอบ ความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนถูกนำไปใช้

ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น การเว้นช่องว่างของหัวสะพาน การเว้นช่องว่างระหว่างถนน คอนกรีต การชิงสายไฟระหว่างเสาไฟฟ้า ห่วงที่ใช้รัดสิ่งของ หม้อน้ำในรถยนต์ การประดิษฐ์ เทอร์มิเตอร์ และการติดตั้งเทอร์มิสแตตไฟฟ้า เพื่อให้ควบคุมระดับอุณหภูมิของเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น)

5. ขั้นประเมิน

5.1 วัดความเข้าใจของนักเรียนโดยการสังเกตความสนใจ ความตั้งใจเรียน การแสดงความคิดเห็น การตอบคำถามและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้

5.2 ตรวจจากรายงานการทดลองของนักเรียน

สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ
2. คู่มือปฏิบัติการ เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ
 - ใบความรู้
 - ใบงานการทดลอง
 - ใบบันทึกผลการทดลอง
 - คำถามท้ายการทดลอง
3. โปรแกรม PowerPoint ประกอบการอธิบาย เรื่อง สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ
4. กระดาษฟลิปชาร์ต (flip chart)

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

ผลการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงพัฒนา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน
(.....)

ความเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้

.....

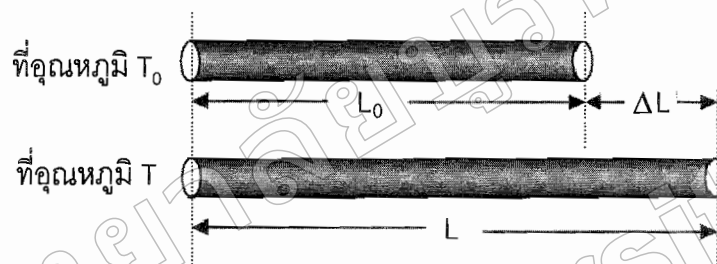
.....

.....

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้
(.....)

ใบความรู้ เรื่อง สมบัติการขยายตัวของโลหะ

วัตถุโดยทั่วไปจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อนและจะหดตัวเมื่อคายความร้อน การที่วัตถุขยายตัวออกไปทางด้านใดด้านหนึ่งตามความยาว เมื่อวัตถุนั้นได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เรียกการขยายตัวประเภทนี้ว่า การขยายตัวเชิงเส้น (Linear Expansion) โดยความยาวที่เพิ่มขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความยาวเดิมและอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ดังรูป



ภาพที่ 1 ความยาวของแท่งวัตถุเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง

จะได้ว่า

$$\Delta L \propto L_0 \Delta T$$

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \quad (1)$$

ให้ α เป็นค่าคงที่เฉพาะวัตถุแต่ละชนิด เรียกว่า สมบัติการขยายตัวเชิงเส้น (Coefficient of Linear Expansion)

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} = \frac{(L - L_0)}{L_0 (T - T_0)} \quad (2)$$

เมื่อ	α	คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
	L_0	คือ ความยาวเริ่มต้น (m)
	L	คือ ความยาวที่อุณหภูมิ T ใดๆ (m)
	T_0	คือ อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)
	T	คือ อุณหภูมิขณะใดๆ ($^{\circ}\text{C}$)
	ΔL	คือ ความยาวที่เพิ่มขึ้น (m)
	ΔT	คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($^{\circ}\text{C}$)

เมื่อนำค่า ΔL กับ ΔT ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์โดยให้แกน y แทน ΔL และแกน x แทน ΔT พบว่าค่าความชัน (slope) ของกราฟ มีค่าเท่ากับ $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ หรือสามารถเขียนในรูปความสัมพันธ์ ดังนี้

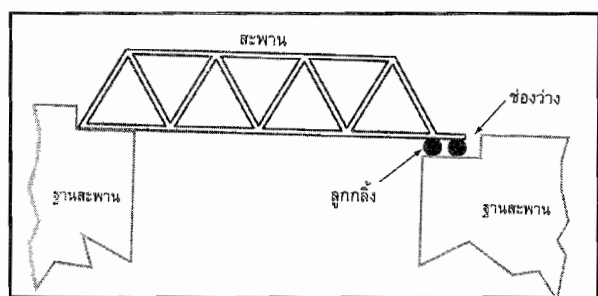
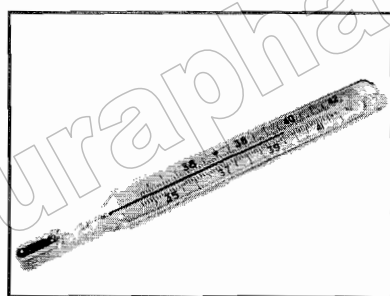
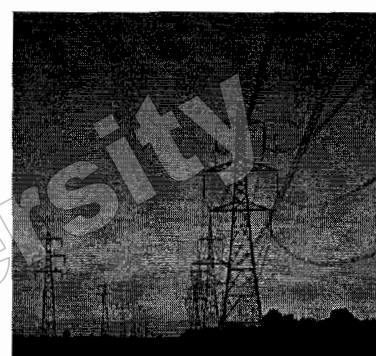
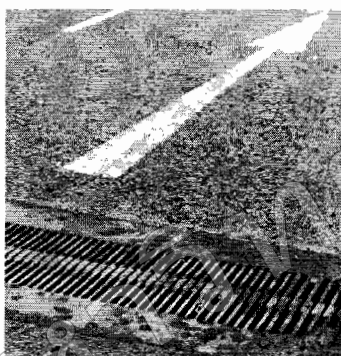
$$\alpha = \frac{\text{slop}}{L_0} \quad (3)$$

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของวัสดุต่างๆ
(Young, Hugh D., 2004, pp.646-651)

วัสดุ	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
อะลูมิเนียม	2.4×10^{-5}
ทองเหลือง	2.0×10^{-5}
ทองแดง	1.7×10^{-5}
แก้ว	$0.4 - 0.9 \times 10^{-5}$
เหล็ก	1.2×10^{-5}
สแตนเลส	1.73×10^{-5}

วัตถุใดที่มีสมบัติการขยายตัวมากจะขยายตัวได้มากกว่าวัตถุที่มีสมบัติการขยายตัวน้อย เช่น ที่อุณหภูมิ 25°C และความดันบรรยากาศเดียวกัน อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง จะมีการขยายตัวจากมากไปน้อย ตามลำดับ

ความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น การเว้นรอยต่อของรางรถไฟ การเว้นช่องว่างของหัวสะพาน การประดิษฐ์เทอร์มิสเตอร์ การชิงสายไฟระหว่างเสาไฟฟ้า การเว้นช่องว่างระหว่างถนนคอนกรีต และการติดตั้งเทอร์โมสแตตไฟฟ้า เพื่อให้ควบคุมระดับอุณหภูมิของเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการนำความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนไปใช้ประโยชน์

ใบงานการทดลอง

เรื่อง สมบัติการขยายตัวของโลหะ

วัตถุประสงค์

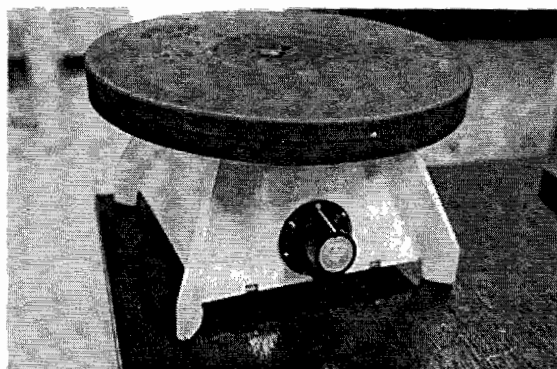
1. เพื่อศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อการขยายตัวของวัตถุ
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความยาวของโลหะ
3. เพื่อหาสมบัติการขยายตัวของโลหะ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. นักเรียนสามารถอธิบายการขยายตัวของโลหะเมื่อได้รับความร้อนได้
2. นักเรียนสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความยาวของโลหะได้
3. นักเรียนสามารถหาสมบัติการขยายตัวของโลหะได้

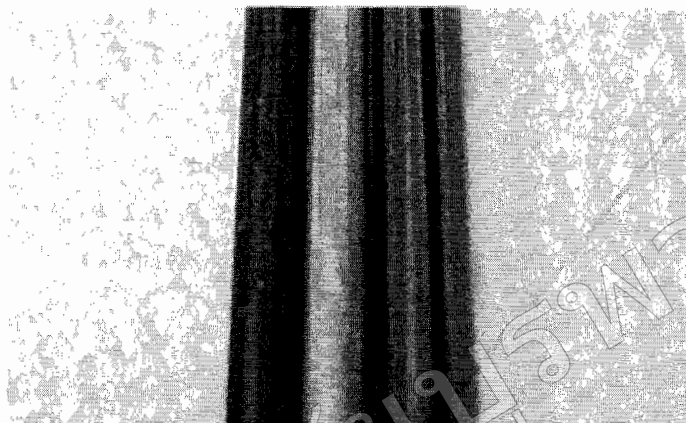
อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองหาค่าสมบัติการขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ จำนวน 1 ชุด
2. เทอร์โมมิเตอร์ จำนวน 1 อัน
3. ขวดปริมาตรทรงกรวย ขนาด 1,000 ml จำนวน 1 ขวด พร้อมจุกยางปิดฝาขวด
4. สายยางซิลิโคนป้องกันความร้อน ยาว 1 m จำนวน 2 เส้น
5. เตาให้ความร้อน (Hot Plate) จำนวน 1 อัน



ภาพที่ 3 เตาให้ความร้อน (Hot Plate)

6. โลหะตัวอย่าง ลักษณะกลมตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง และอะลูมิเนียม

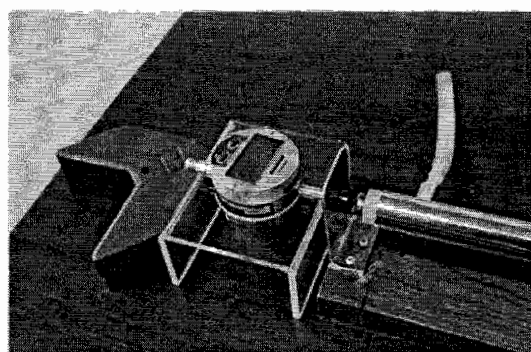
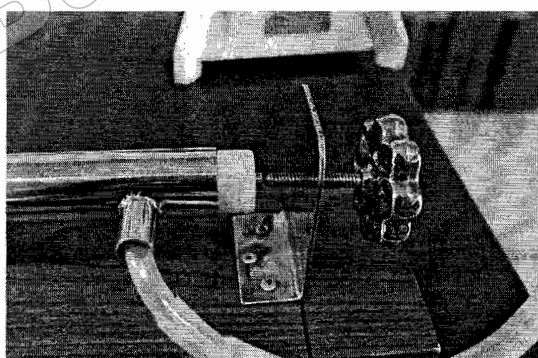


ภาพที่ 4 โลหะทองแดง อะลูมิเนียม และทองเหลือง ตามลำดับ

7. ไม้บรรทัดเหล็กความยาว 1 m จำนวน 1 อัน

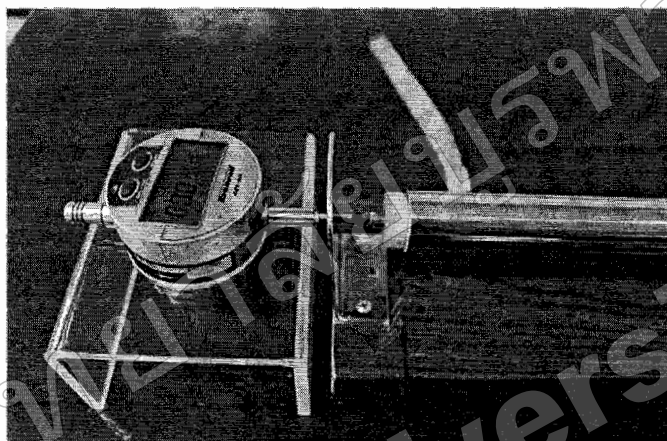
วิธีการทดลอง

1. วัดความยาวเริ่มต้น L_0 ของโลหะ ด้วยไม้บรรทัดเหล็ก บันทึกลงในตารางบันทึกผล
2. นำแท่งโลหะใส่ลงในที่อุ่นน้ำความร้อน แล้ววางลงบนฐานอะลูมิเนียม
3. หมุนสกรูปรับระดับเพื่อยึดปลายโลหะด้านหนึ่งให้แน่น และนำปลายโลหะอีกด้านหนึ่ง กดกับแขนสปริงของไดอัลเกจ

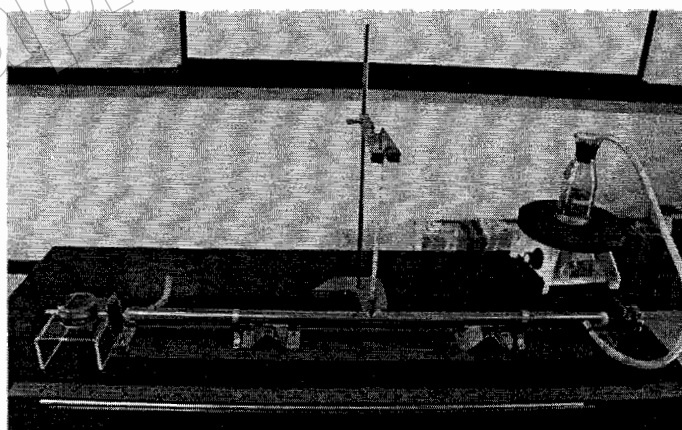


ภาพที่ 5 การยึดปลายโลหะด้านที่ไม่ให้มีการขยายตัว และด้านที่ติดกับไดอัลเกจ

4. ต่อสายยางระหว่างช่องผ่านไอน้ำเข้ากับขวดปริมาตรทรงกรวยที่ใส่น้ำเพื่อต้มบนเตาให้ความร้อน และต่อสายยางที่ช่องผ่านไอน้ำออก
5. เสียบเทอร์โมมิเตอร์ลงในท่อนำความร้อน อ่านค่าอุณหภูมิเริ่มต้น T_0 บันทึกข้อมูลลงไปในตารางบันทึกผล
6. ตั้งไดอัลเกจให้อ่านค่าเป็น 0.00 mm โดยกดปุ่ม set ที่หน้าปัดของไดอัลเกจ



ภาพที่ 6 การตั้งค่าไดอัลเกจให้อ่านค่าเป็น 0.00 mm



ภาพที่ 7 การจัดชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

7. เปิดเตาให้ความร้อนเพื่อต้มน้ำ เมื่อน้ำเดือดไอน้ำจะไหลเข้าไปในท่อนำความร้อนสู่แท่งโลหะ รอจนโลหะตัวอย่างมีอุณหภูมิผิว 90°C ให้บันทึกค่าอุณหภูมิ T ดังกล่าวลงในตาราง พร้อมทั้งจดบันทึกค่าความยาวที่เกิดจากการขยายตัวของแท่งโลหะ ΔL ซึ่งอ่านค่าจากไดอัลเกจแบบดิจิตอล

8. ปิดเครื่องกำเนิดไอน้ำ บันทึกค่า T และ ΔL ที่สัมพันธ์กัน โดยบันทึกอุณหภูมิที่ลดลงทีละ 5°C จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึง 40°C จึงหยุดทำการทดลอง

9. คำนวณหาค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ΔT ($\Delta T = T - T_0$) บันทึกลงในตาราง

10. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไป (ΔL) กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ΔT) เพื่อนำค่าความชัน (slope) ของกราฟ มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ ตามสมการที่ (3)

$$\alpha = \frac{\text{slope}}{L_0}$$

11. นำค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่ามาตรฐาน}|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100\%$$

12. เปลี่ยนแท่งโลหะ จากทองแดง เป็นทองเหลือง และอลูมิเนียม แล้วทำการทดลองซ้ำที่ 1 ถึง 11 ซ้ำ

ใบบันทึกผลการทดลอง
เรื่อง สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

ชื่อผู้ทดลอง 1. ระดับชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทดลอง 2. ระดับชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทดลอง 3. ระดับชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทดลอง 4. ระดับชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทดลอง 5. ระดับชั้น เลขที่

ผลการทดลองและการจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง

1. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง

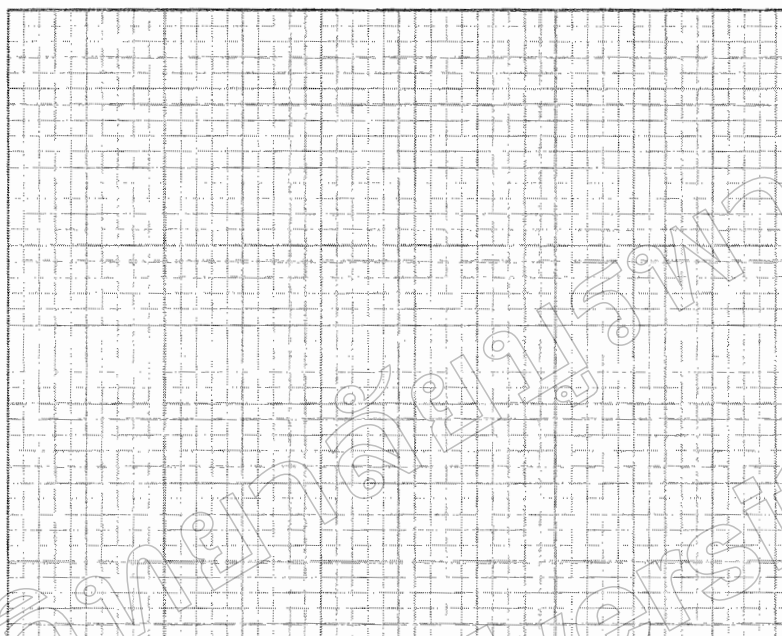
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวเริ่มต้น (L_0) = mm

อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) = °C

T (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของทองแดง



ความชัน (slope) ของกราฟ = $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ = mm °C⁻¹

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง = °C⁻¹

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน =

2. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองเหลือง

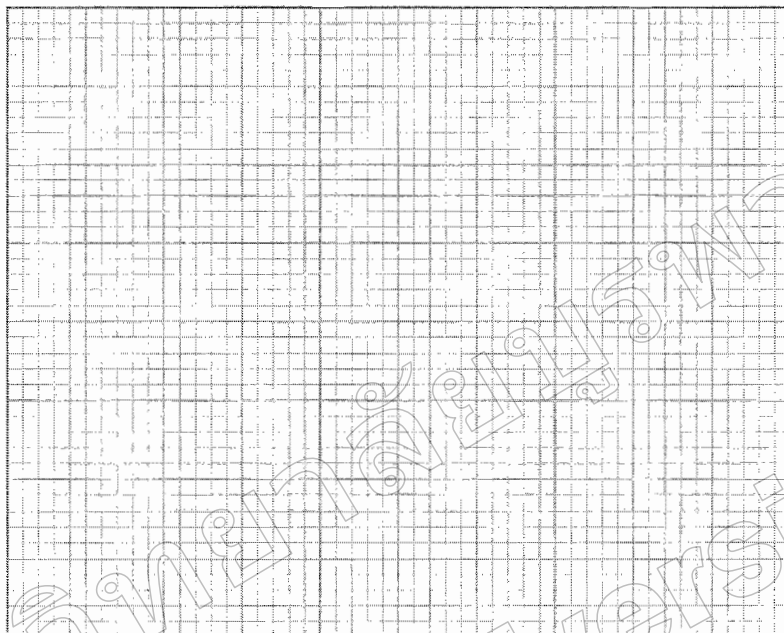
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวเริ่มต้น (L_0) =mm

อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) =°C

T (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของทองเหลือง



ความชัน (slope) ของกราฟ = $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ = mm °C⁻¹

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองเหลือง = °C⁻¹

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน =

3. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอะลูมิเนียม

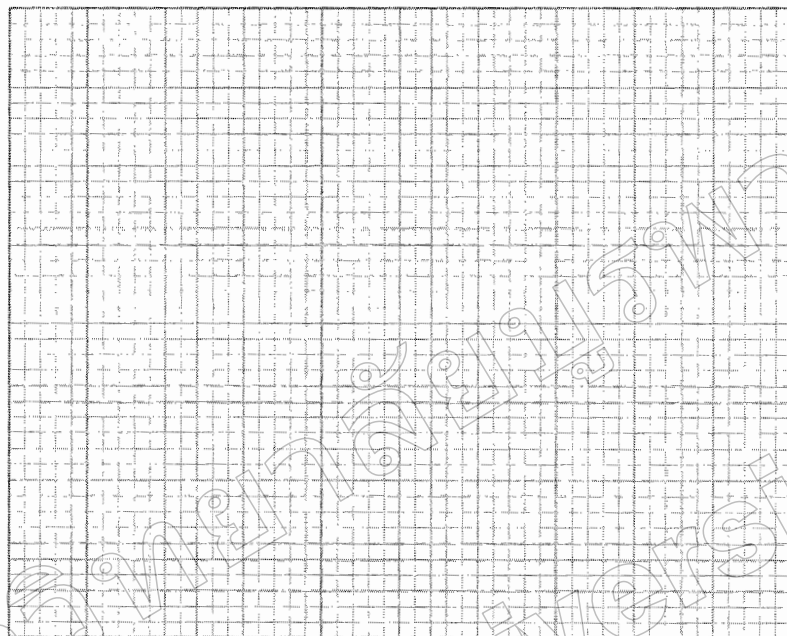
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวเริ่มต้น (L_0) =mm

อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) =°C

T (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอะลูมิเนียม



ความชัน (slope) ของกราฟ = $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ = mm °C⁻¹

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอะลูมิเนียม = °C⁻¹

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน =

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

อภิปรายผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงบอกตัวแปรที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

.....

.....

.....

2. จากการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับอุณหภูมิของโลหะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

3. โลหะต่างชนิดกัน ถ้าเดิมมีพื้นที่หน้าตัด และความยาวเท่ากัน เมื่อร้อนขึ้นเท่ากัน จะมีส่วนขยายตัวเพิ่มขึ้นเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

4. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะที่ได้จากการทดลองมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด มีสาเหตุมาจากอะไร

.....

.....

.....

5. สมบัติการขยายตัวและหดตัวของวัตถุสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ใดในธรรมชาติหรือในชีวิตประจำวันได้อย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....

ตัวอย่างผลการทดลองและการจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง

1. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง

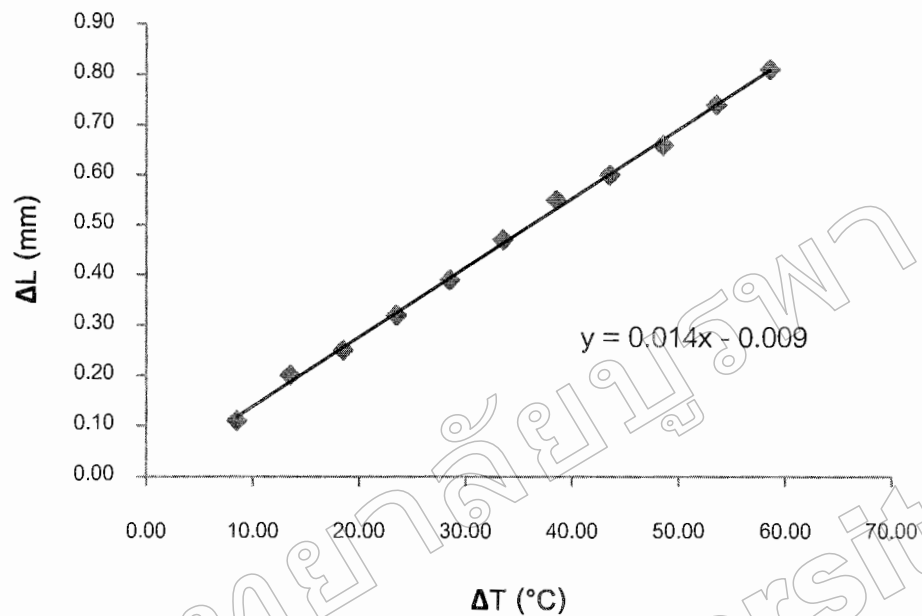
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวเริ่มต้น (L_0) = 810 mm

อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) = 31.5 °C

T (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)
90.0	0.81	58.5
85.0	0.74	53.5
80.0	0.67	48.5
75.0	0.60	43.5
70.0	0.53	38.5
65.0	0.46	33.5
60.0	0.39	28.5
55.0	0.32	23.5
50.0	0.25	18.5
45.0	0.18	13.5
40.0	0.11	8.5

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของทองแดง



$$\text{ความชันของกราฟ (slope)} = \frac{\Delta L}{\Delta T} = 0.014 \text{ mm / } ^\circ\text{C}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง (} \alpha \text{)} = \frac{\text{slope}}{L_0} = \frac{0.014}{810} = 1.73 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่ามาตรฐาน}|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100\%$$

$$= \frac{|1.73 \times 10^{-5} - 1.70 \times 10^{-5}|}{1.70 \times 10^{-5}} \times 100\% = 1.76\%$$

2. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองเหลือง

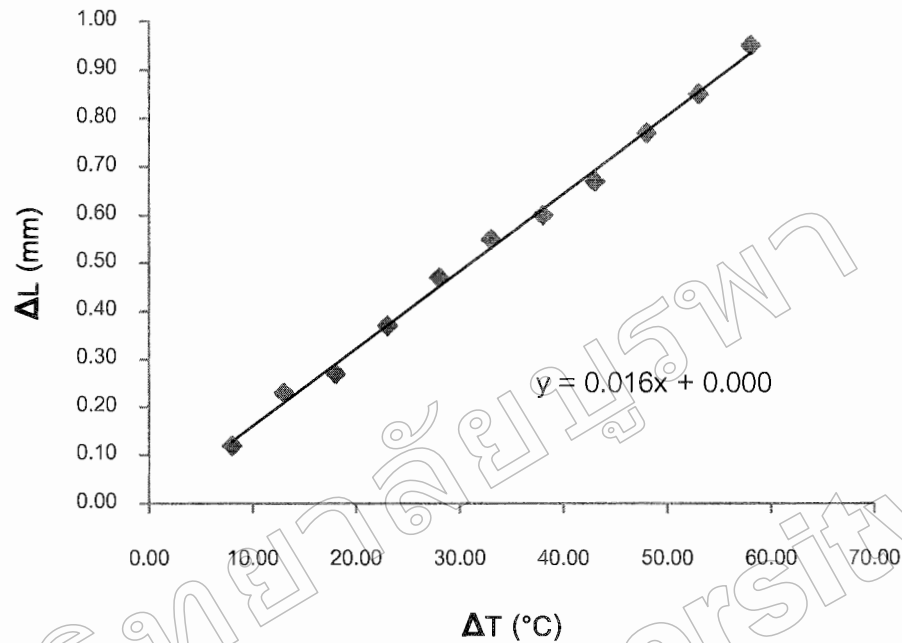
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวเริ่มต้น (L_0) = 815 mm

อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) = 32.0 °C

T (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)
90.0	0.95	58.0
85.0	0.85	53.0
80.0	0.77	48.0
75.0	0.67	43.0
70.0	0.60	38.0
65.0	0.55	33.0
60.0	0.47	28.0
55.0	0.37	23.0
50.0	0.27	18.0
45.0	0.23	13.0
40.0	0.12	8.0

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของทองเหลือง



$$\text{ความชัน (slope) ของกราฟ} = \frac{\Delta L}{\Delta T} = 0.016 \text{ mm } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองเหลือง (} \alpha \text{)} = \frac{\text{slope}}{L_0} = \frac{0.016}{815} = 1.96 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่ามาตรฐาน}|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100\%$$

$$= \frac{|1.96 \times 10^{-5} - 2.00 \times 10^{-5}|}{2.00 \times 10^{-5}} \times 100\% = 1.84\%$$

3. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอะลูมิเนียม

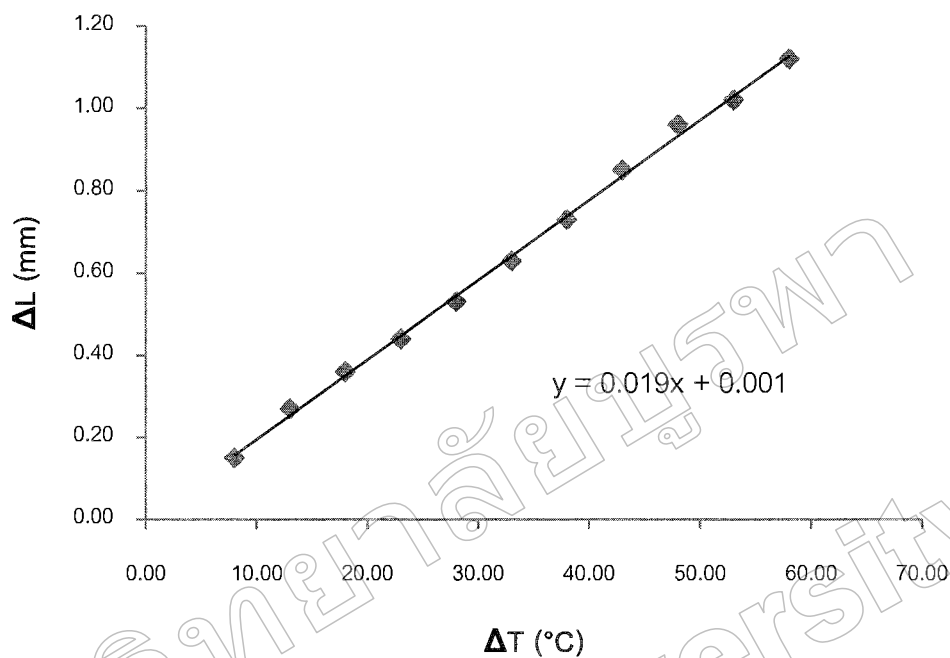
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวเริ่มต้น (L_0) = 805 mm

อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) = 32.0 °C

T (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)
90.0	1.12	58.0
85.0	1.02	53.0
80.0	0.96	48.0
75.0	0.85	43.0
70.0	0.73	38.0
65.0	0.63	33.0
60.0	0.53	28.0
55.0	0.44	23.0
50.0	0.36	18.0
45.0	0.27	13.0
40.0	0.15	8.0

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอะลูมิเนียม



$$\text{ความชัน (slope) ของกราฟ} = \frac{\Delta L}{\Delta T} = 0.019 \text{ mm } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอะลูมิเนียม } (\alpha) = \frac{\text{slope}}{L_0} = \frac{0.019}{805} = 2.36 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่ามาตรฐาน}|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100\%$$

$$= \frac{|2.36 \times 10^{-5} - 2.40 \times 10^{-5}|}{2.40 \times 10^{-5}} \times 100\% = 1.66\%$$

ตัวอย่างการตอบคำถามท้ายการทดลอง

1. จงบอกตัวแปรที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

แนวคำตอบ ชนิดของโลหะ ความยาว อุณหภูมิ

2. จากการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับอุณหภูมิของโลหะเป็นอย่างไร

แนวคำตอบ ความยาวของโลหะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ

3. โลหะต่างชนิดกัน ถ้าเดิมมีพื้นที่หน้าตัด และความยาวที่เท่ากัน เมื่อร้อนขึ้นเท่ากัน จะมีส่วนขยายตัวเพิ่มขึ้นเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ไม่เท่ากัน การขยายตัวของวัตถุเป็นสมบัติเฉพาะตัวของวัตถุ อัตราส่วนระหว่างขนาดของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับขนาดเดิมของวัตถุต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง เรียกว่า "สัมประสิทธิ์ของการขยายตัว" วัตถุใดที่มีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวมากจะขยายตัวได้มากกว่าวัตถุที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวน้อย เช่น ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และความดันบรรยากาศเดียวกัน สังกะสี ตะกั่ว อะลูมิเนียม จะขยายตัวได้มากไปน้อย ตามลำดับ

4. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของโลหะที่ได้จากการทดลองมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด มีสาเหตุมาจากอะไร

แนวคำตอบ ให้นักเรียนระบุค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลอง ของโลหะต่างๆ และสาเหตุของความคลาดเคลื่อน ได้แก่ จากกระบวนการทดลอง ความแม่นยำของชุดทดลอง วิธีการวัด และประสบการณ์ของผู้ทำการวิจัย เป็นต้น

5. สมบัติการขยายตัวและหดตัวของวัตถุสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ใดในธรรมชาติหรือในชีวิตประจำวันได้อย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

แนวคำตอบ ความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น การเว้นรอยต่อของรางรถไฟ การเว้นช่องว่างของหัวสะพาน การประดิษฐ์เทอร์มิสเตอร์ และการติดตั้งเทอร์มิสเตอร์ไฟฟ้า เพื่อใช้ควบคุมระดับอุณหภูมิของเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ค

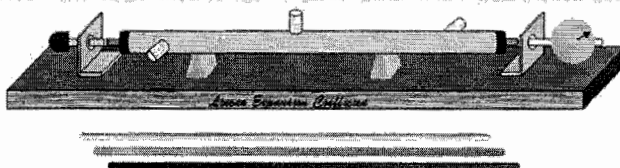
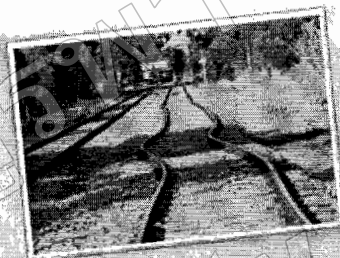
คู่มือปฏิบัติการ



คู่มือปฏิบัติการ

เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

วิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



โรงเรียนตราดสวรรค์วิทยาคม อำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 17

คำชี้แจง

คู่มือปฏิบัติการ เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ ใช้สำหรับประกอบการปฏิบัติการในวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในบทเรียนเรื่อง ความร้อน เพื่อศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับเรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อน และการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ จากชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ โดยคู่มือชุดนี้จะประกอบด้วยใบความรู้ ใบงานการทดลอง และใบบันทึกผลการทดลอง สำหรับนักเรียนได้ศึกษาก่อนลงมือทำการทดลองและดำเนินการทดลองตามขั้นตอนได้อย่างถูกต้องตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้จัดทำหวังว่าคู่มือชุดนี้จะเป็นประโยชน์กับผู้เรียน ทั้งด้านเนื้อหาความรู้ ทักษะกระบวนการทดลองในเรื่องดังกล่าว และทำให้ผู้เรียนมีสมรรถนะทางการเรียนที่สูงขึ้นต่อไป

นางสาวอรลรี ดันสกุล

ครู โรงเรียนตราดสรรเสริญวิทยาคม

ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
1. ข้อเสนอแนะในการใช้คู่มือปฏิบัติการ	1
2. ไขความรู้	2
3. ไขงานการทดลอง	
3.1 วัตถุประสงค์	5
3.2 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	5
3.3 อุปกรณ์การทดลอง	5
3.4 วิธีการทดลอง	6
4. ไขบันทึกผลการทดลอง	
4.1 ผลการทดลองและจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง	9
4.2 สรุปผลการทดลอง	15
4.3 อภิปรายผลการทดลอง	15
4.4 ข้อเสนอแนะ	15
4.5 คำถามท้ายการทดลอง	16

ข้อแนะนำในการใช้คู่มือปฏิบัติการ

คู่มือปฏิบัติการประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ใ้ความรู้
2. ใ้งานการทดลอง
3. ใ้บันทึกผลการทดลอง

สื่อการจัดการเรียนรู้

1. คู่มือปฏิบัติการ
2. ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

กระบวนการจัดการเรียนรู้

1. บรรยาย
2. อภิปราย
3. สาธิต
4. ทดลอง

แนวปฏิบัติของนักเรียน

1. นักเรียนต้องสนใจในเนื้อหาที่ครูผู้สอนบรรยายและสาธิตการใช้ชุดทดลอง
2. นักเรียนต้องปฏิบัติตามระเบียบของห้องปฏิบัติการของโรงเรียนอย่างเคร่งครัด
3. นักเรียนต้องใช้ชุดทดลองอย่างระมัดระวัง และคำนึงถึงความปลอดภัยของตัวเอง
4. หากนักเรียนมีข้อสงสัยเกี่ยวกับการทดลองให้ถามครูผู้สอนโดยตรง

เมื่อ	α	คือ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
	L_0	คือ ความยาวเริ่มต้น (m)
	L	คือ ความยาวที่อุณหภูมิ T ใดๆ (m)
	T_0	คือ อุณหภูมิเริ่มต้น ($^{\circ}\text{C}$)
	T	คือ อุณหภูมิขณะใดๆ ($^{\circ}\text{C}$)
	ΔL	คือ ความยาวที่เพิ่มขึ้น (m)
	ΔT	คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ($^{\circ}\text{C}$)

เมื่อนำค่า ΔL กับ ΔT ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์โดยให้แกน y แทน ΔL และแกน x แทน ΔT พบว่าค่าความชัน (slope) ของกราฟ มีค่าเท่ากับ $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ หรือสามารถเขียนในรูปความสัมพันธ์ ดังนี้

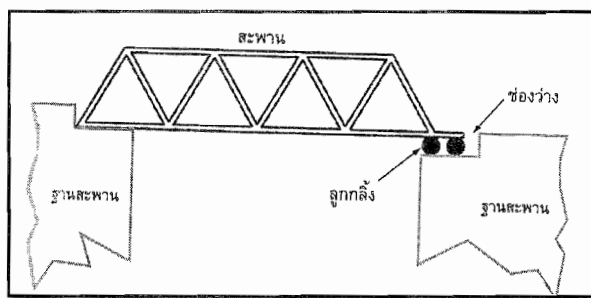
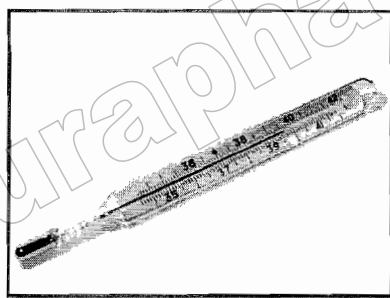
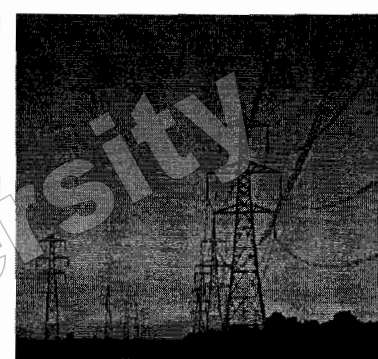
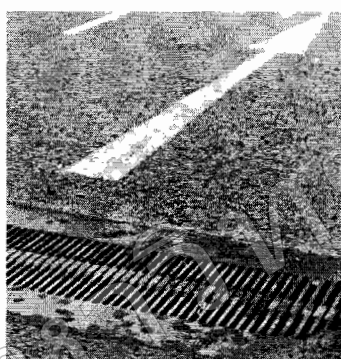
$$\alpha = \frac{\text{slope}}{L_0} \quad (3)$$

ตารางที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของวัสดุต่างๆ
(Young, Hugh D., 2004, pp.646-651)

วัสดุ	α ($^{\circ}\text{C}^{-1}$)
อะลูมิเนียม	2.4×10^{-5}
ทองเหลือง	2.0×10^{-5}
ทองแดง	1.7×10^{-5}
แก้ว	$0.4 - 0.9 \times 10^{-5}$
เหล็ก	1.2×10^{-5}
สแตนเลส	1.73×10^{-5}

วัตถุใดที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวมากจะขยายตัวได้มากกว่าวัตถุที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวน้อย เช่น ที่อุณหภูมิ 25°C และความดันบรรยากาศเดียวกัน อะลูมิเนียม ทองเหลือง ทองแดง จะมีการขยายตัวจากมากไปน้อย ตามลำดับ

ความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น การเว้นรอยต่อของรางรถไฟ การเว้นช่องว่างของหัวสะพาน การประดิษฐ์เทอร์มิเตอร์ การชิงสายไฟระหว่างเสาไฟฟ้า การเว้นช่องว่างระหว่างถนนคอนกรีต และการติดตั้งเทอร์โมสแตตไฟฟ้า เพื่อใช้ควบคุมระดับอุณหภูมิของเครื่องใช้ไฟฟ้า เป็นต้น



ภาพที่ 2 ตัวอย่างการนำความรู้เรื่องการขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนไปใช้ประโยชน์

ใบงานการทดลอง

เรื่อง สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

วัตถุประสงค์

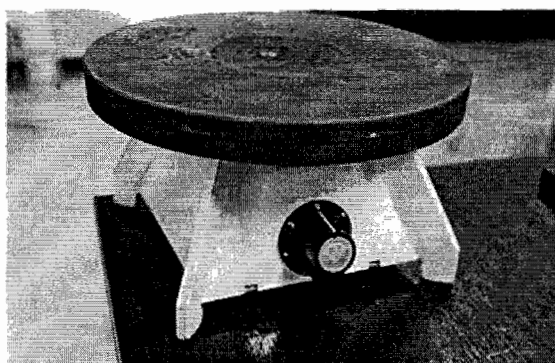
1. เพื่อศึกษาผลของความร้อนที่มีต่อการขยายตัวของวัตถุ
2. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความยาวของโลหะ
3. เพื่อหาสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. นักเรียนสามารถอธิบายการขยายตัวของโลหะเมื่อได้รับความร้อนได้
2. นักเรียนสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความยาวของโลหะได้
3. นักเรียนสามารถหาสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะได้

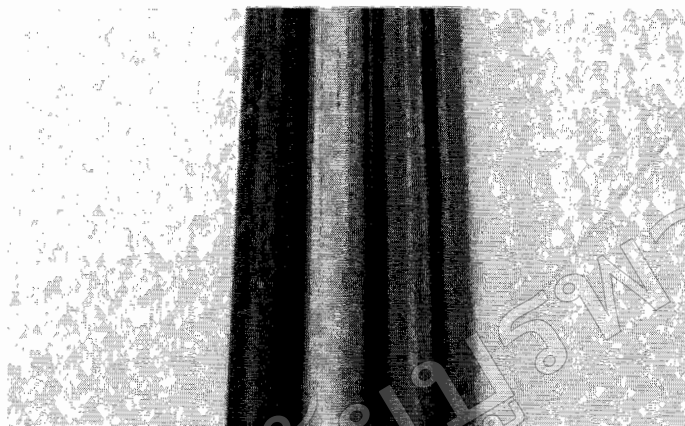
อุปกรณ์การทดลอง

1. ชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ จำนวน 1 ชุด
2. เทอร์โมมิเตอร์ จำนวน 1 อัน
3. ขวดปริมาตรทรงกรวย ขนาด 1,000 ml จำนวน 1 ขวด พร้อมจุกยางปิดฝาขวด
4. สายยางซิลิโคนป้องกันความร้อน ยาว 1 m จำนวน 2 เส้น
5. เตาให้ความร้อน (Hot Plate) จำนวน 1 อัน



ภาพที่ 3 เตาให้ความร้อน (Hot Plate)

6. โลหะตัวอย่าง ลักษณะกลมตัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง และอะลูมิเนียม

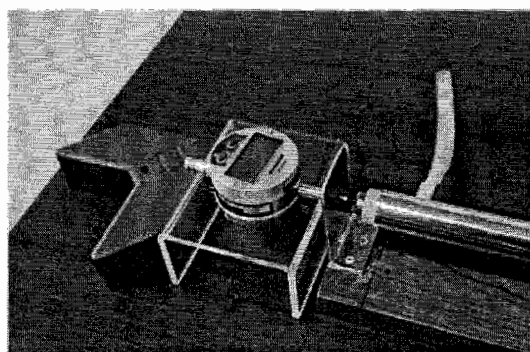
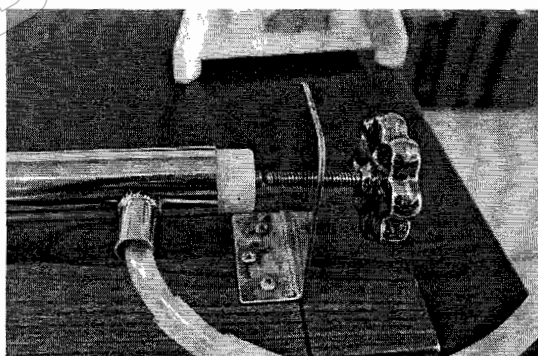


ภาพที่ 4 โลหะทองแดง อะลูมิเนียม และทองเหลือง ตามลำดับ

7. ไม้บรรทัดเหล็กความยาว 1 m จำนวน 1 อัน

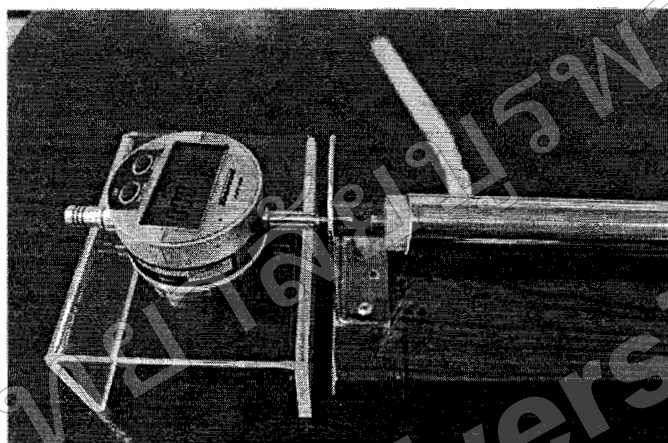
วิธีการทดลอง

1. วัดความยาวเริ่มต้น L_0 ของโลหะ ด้วยไม้บรรทัดเหล็ก บันทึกลงในตารางบันทึกผล
2. นำแท่งโลหะใส่ลงในในท่อทำความร้อน แล้ววางลงบนฐานอะลูมิเนียม
3. หมุนสกรูปรับระดับเพื่อยึดปลายโลหะด้านหนึ่งให้แน่น และนำปลายโลหะอีกด้านหนึ่ง กดกับแขนสปริงของไดอัลเกจ

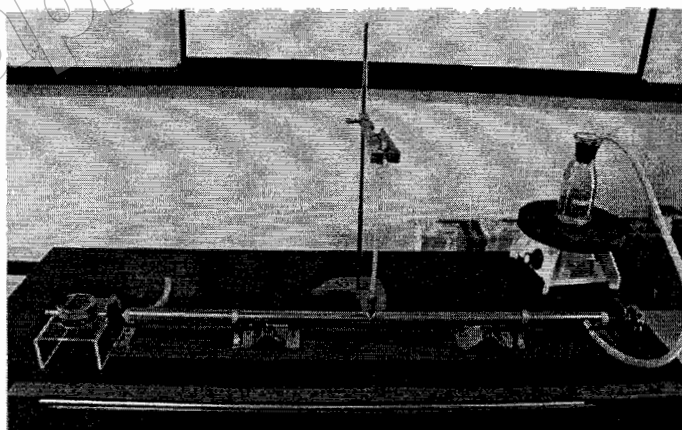


ภาพที่ 5 การยึดปลายโลหะด้านที่ไม่ให้มีการขยายตัว และด้านที่ติดกับไดอัลเกจ

4. ต่อสายยางระหว่างช่องผ่านไอน้ำเข้ากับขวดปริมาตรทรงกรวยที่ใส่น้ำเพื่อต้มบนเตาให้ความร้อน และต่อสายยางที่ช่องผ่านไอน้ำออก
5. เสียบเทอร์โมมิเตอร์ลงในท่อนำความร้อน อ่านค่าอุณหภูมิเริ่มต้น T_0 บันทึกข้อมูลลงไปในตารางบันทึกผล
6. ตั้งไดอัลเกจให้อ่านค่าเป็น 0.00 mm โดยกดปุ่ม set ที่หน้าปัดของไดอัลเกจ



ภาพที่ 6 การตั้งค่าไดอัลเกจให้อ่านค่าเป็น 0.00 mm



ภาพที่ 7 การจัดชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะโดยใช้ไดอัลเกจ

7. เปิดเตาให้ความร้อนเพื่อต้มน้ำ เมื่อน้ำเดือดไอน้ำจะไหลเข้าไปในท่อนำความร้อนสู่แท่งโลหะ รอจนโลหะตัวอย่างมีอุณหภูมิผิว 90°C ให้บันทึกค่าอุณหภูมิ T ดังกล่าวลงในตาราง พร้อมทั้งจดบันทึกค่าความยาวที่เกิดจากการขยายตัวของแท่งโลหะ ΔL ซึ่งอ่านค่าจากไดอัลเกจแบบดิจิตอล

8. ปิดเครื่องกำเนิดไอน้ำ บันทึกค่า T และ ΔL ที่สัมพันธ์กัน โดยบันทึกอุณหภูมิที่ลดลงทีละ 5°C จนกระทั่งอุณหภูมิลดลงถึง 40°C จึงหยุดทำการทดลอง

9. คำนวณหาค่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ΔT ($\Delta T = T - T_0$) บันทึกลงในตาราง

10. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไป (ΔL) กับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (ΔT) เพื่อนำค่าความชัน (slope) ของกราฟ มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ ตามสมการที่ (3) $\alpha = \frac{\text{slope}}{L_0}$

11. นำค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน จากสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{|\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่ามาตรฐาน}|}{\text{ค่ามาตรฐาน}} \times 100\%$$

12. เปลี่ยนแท่งโลหะ จากทองแดง เป็นทองเหลือง และอลูมิเนียม แล้วทำการทดลองซ้ำที่ 1 ถึง 11 ซ้ำ

ใบบันทึกผลการทดลอง
เรื่อง สัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

ชื่อผู้ทดลอง 1. ระดับชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทดลอง 2. ระดับชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทดลอง 3. ระดับชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทดลอง 4. ระดับชั้น เลขที่

ชื่อผู้ร่วมทดลอง 5. ระดับชั้น เลขที่

ผลการทดลองและการจัดกระทำข้อมูลจากการทดลอง

1. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง

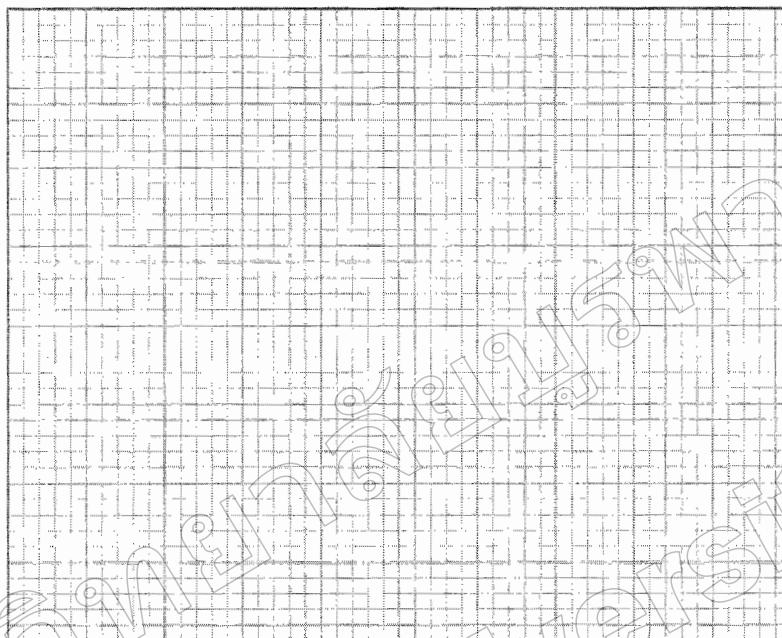
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวเริ่มต้น (L_0) = mm

อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) = °C

T (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวของทองแดง



ความชัน (slope) ของกราฟ = $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ = mm °C⁻¹

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองแดง = °C⁻¹

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน =

2. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองเหลือง

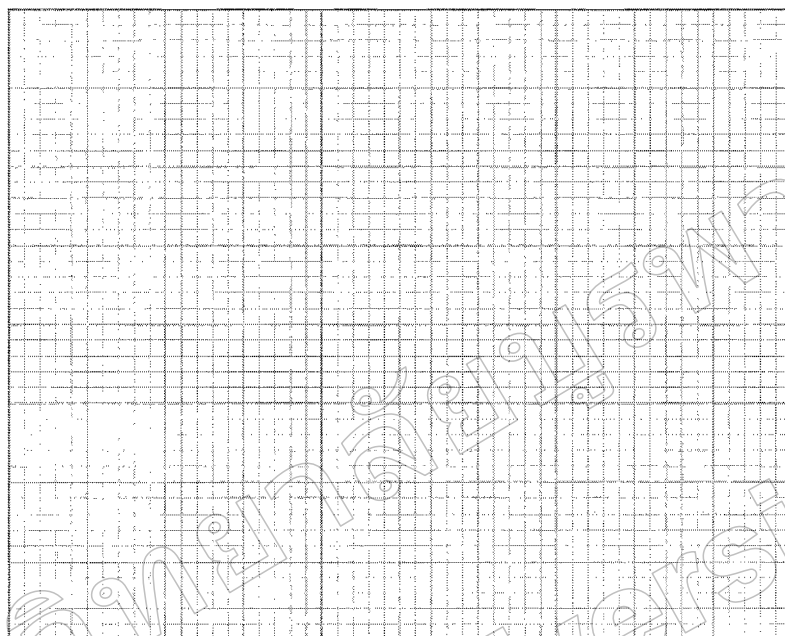
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวเริ่มต้น (L_0) =mm

อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) =°C

T (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของทองเหลือง



ความชัน (slope) ของกราฟ = $\frac{\Delta L}{\Delta T}$ = mm °C⁻¹

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของทองเหลือง = °C⁻¹

เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน =

3. การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอะลูมิเนียม

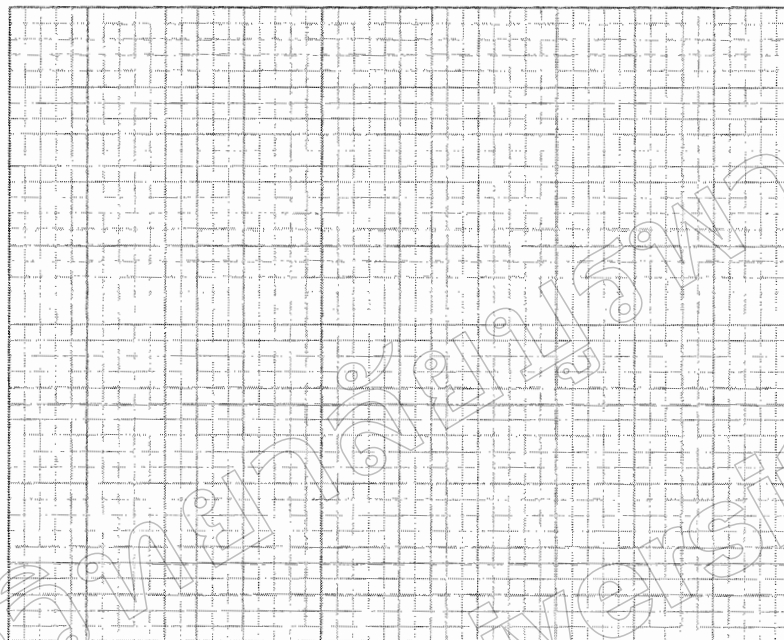
ตารางบันทึกผลการทดลอง

ความยาวเริ่มต้น (L_0) =mm

อุณหภูมิเริ่มต้น (T_0) =°C

T (°C)	ΔL (mm)	ΔT (°C)

กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความยาวที่เปลี่ยนไปกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอะลูมิเนียม



$$\text{ความชัน (slope) ของกราฟ} = \frac{\Delta L}{\Delta T} = \dots\dots\dots \text{mm } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของอะลูมิเนียม} = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \dots\dots\dots$$

คำถามท้ายการทดลอง

1. จงบอกตัวแปรที่มีผลต่อค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะ

.....

.....

.....

2. จากการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างความยาวกับอุณหภูมิของโลหะเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

3. โลหะต่างชนิดกัน ถ้าเดิมมีพื้นที่หน้าตัด และความยาวเท่ากัน เมื่อร้อนขึ้นเท่ากัน จะมีส่วนขยายตัวเพิ่มขึ้นเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

4. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของโลหะที่ได้จากการทดลองมีความคลาดเคลื่อนมากน้อยเพียงใด มีสาเหตุมาจากอะไร

.....

.....

.....

5. สมบัติการขยายตัวและหดตัวของวัตถุสามารถนำไปอธิบายปรากฏการณ์ใดในธรรมชาติหรือในชีวิตประจำวันได้อย่างไร จงอธิบายพร้อมยกตัวอย่างประกอบ

.....

.....

.....