ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ก

- หนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดทดลอง
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
- แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน
- การวิเคราะห์ความคิดเห็นจากการประเมินชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ
- การวิเคราะห์ความคิดเห็นจากการประเมินชุดทดลองโดยนักเรียน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ ศธ.6615.8

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา จ. ชลบุรี 20131

มกราคม 2555

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์แต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดทดลอง

เรียน อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์

ด้วยนางนพรัตน์ ครุฑเกิด นิสิตระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา ได้รับอนุมัติหัวข้อวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง" โดยมี ผศ.ดร. นิรันดร์ วิทิตอนันต์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดทดลอง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง และขอคำแนะนำ เพื่อประกอบการทำโครงงานวิทยานิพนธ์ดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดให้ความอนุเคราะห์ด้วย จักเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตรจารย์จักรพันธ์ ถาวรธิรา)
หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
โทร 0-3810-2222 ต่อ 3076, 3077 และ 0-3839-3493
โทรสาร 0-3839-3493

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน
ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

1. รศ.ดร.สุรสิงห์ ไชยคุณ	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ดร. ธนัสถา รัตนะ	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. ดร.อดิศร บูรณวงศ์	ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับ
ชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

แบบประเมินชุดนี้เป็นการประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนวิชาฟิสิกส์ 3 เรื่องความร้อน

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ถามความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ซึ่งประกอบด้วย

1. การออกแบบ
2. ประสิทธิภาพ
3. คู่มือครู
4. คู่มือปฏิบัติการ

ตอนที่ 2 ถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน โดยมีระดับค่าคะแนนดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าชุดทดลองนี้สามารถวัดได้ตรงจุดประเมินที่ระบุไว้จริง

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าชุดทดลองนี้สามารถวัดได้ตรงจุดประเมินที่ระบุไว้จริง

-1 หมายถึง แน่ใจว่าชุดทดลองนี้ไม่สามารถวัดได้ตรงจุดประเมินที่ระบุไว้จริง

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทดลอง	ระดับความคิดเห็น		
		+1	0	-1
	1. การออกแบบ			
1.	ชุดทดลองสอดคล้องกับทฤษฎี			
2.	ชุดทดลองมีขนาดเหมาะสม			
3.	ชุดทดลองมีความปลอดภัยในการทดลอง			
4.	ชุดทดลองมีความมั่นคงแข็งแรง			
5.	ชุดทดลองมีความสะดวกในการบำรุงรักษา			
	2. ประสิทธิภาพ			
1.	สามารถทดลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์			
2.	ค่าที่วัดได้จากชุดทดลองใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง			
3.	เหมาะสมกับระดับผู้เรียน			
4.	ชุดทดลองช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น			
5.	ช่วยให้การอธิบายทางทฤษฎีลดน้อยลง			
	3. คู่มือครูและคู่มือปฏิบัติการ			
1.	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับการเรียน			
2.	ใบเนื้อหามีความถูกต้องและสัมพันธ์กับชุดทดลอง			
3.	ใบเนื้อหาใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย			
4.	ใบทดลองมีลำดับขั้นตอนชัดเจน			
5.	เวลาที่ใช้ในการสอนเหมาะสม			

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

<u>ตอนที่ 2</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

คำชี้แจง ข้อเสนอแนะอื่น ๆ (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางภาคผนวก ก-1 แสดงการวิเคราะห์ความคิดเห็นจากการประเมินชุดทดลองโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทดลอง	ระดับความคิดเห็น			IOC
		+1	0	-1	
	1. การออกแบบ				
1.	ชุดทดลองสอดคล้องกับทฤษฎี	2	1		0.67
2.	ชุดทดลองมีขนาดเหมาะสม	3			1
3.	ชุดทดลองมีความปลอดภัยในการทดลอง	2	1		0.67
4.	ชุดทดลองมีความมั่นคงแข็งแรง	3			0.67
5.	ชุดทดลองมีความสะดวกในการบำรุงรักษา	2	1		1
	ค่าดรรชนีความสอดคล้องเฉลี่ยรวม				**0.80**
	2. ประสิทธิภาพ				
1.	สามารถทดลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์	2	1		0.67
2.	ค่าที่วัดได้จากชุดทดลองใกล้เคียงกับค่าอ้างอิง	2	1		0.67
3.	เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	2	1		0.67
4.	ชุดทดลองช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น	2	1		0.67
5.	ช่วยให้การอธิบายทางทฤษฎีลดน้อยลง	3			1
	ค่าดรรชนีความสอดคล้องเฉลี่ยรวม				**0.74**
	3. คู่มือครูและคู่มือปฏิบัติการ				
1.	แผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับการเรียน	2	1		0.67
2.	ใบเนื้อหามีความถูกต้องและสัมพันธ์กับชุดทดลอง	2	1		0.67
3.	ใบเนื้อหาใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	2	1		0.67
4.	ใบทดลองมีลำดับขั้นตอนชัดเจน	2	1		0.67
5.	เวลาที่ใช้ในการสอนเหมาะสม	2	1		0.67
	ค่าดรรชนีความสอดคล้องเฉลี่ยรวม				**0.67**

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบสอบถามความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับ
ชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

แบบประเมินชุดนี้เป็นการสอบถามเพื่อให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนวิชาฟิสิกส์ 3 เรื่องความร้อน

คำชี้แจง แบบประเมินชุดนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

ตอนที่ 1 ถามความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ซึ่งประกอบด้วย

1. การออกแบบ
2. ใบเนื้อหา
3. ใบทดลอง

ตอนที่ 2 ถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

<u>ตอนที่ 1</u> ความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

คำชี้แจง กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน โดยมีระดับค่าคะแนน ดังนี้

5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4 หมายถึง เห็นด้วย

3 หมายถึง ไม่แน่ใจ

2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย

1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทดลอง	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
	1. การออกแบบ					
1.	ชุดทดลองมีขนาดเหมาะสม					
2.	ชุดทดลองมีความปลอดภัยในการใช้งาน					
3.	ชุดทดลองทำให้นักเรียนสนใจ					
	2. ใบเนื้อหา					
1.	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย					
2.	ลำดับเนื้อหาได้ดี					
3.	สามารถศึกษาด้วยตนเองได้					
	3. ใบทดลอง					
1.	ลำดับขั้นการทดลองชัดเจน					
2.	ตารางบันทึกผลการทดลองเข้าใจง่าย					
3.	คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับใบทดลอง					

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

<u>ตอนที่ 2</u> ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

คำชี้แจง ข้อเสนอแนะอื่น ๆ (ถ้ามี)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ตารางภาคผนวก ก-2 แสดงการวิเคราะห์ความคิดเห็นจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน โดยนักเรียน 15 คน

ข้อที่	ข้อคำถามความคิดเห็นเกี่ยวกับชุดทดลอง	ระดับความคิดเห็น (ร้อยละ)					คะแนนเฉลี่ย	ความคิดเห็น
		5	4	3	2	1		
	1. การออกแบบ							
1.	ชุดทดลองมีขนาดเหมาะสม	10	5				4.67	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2.	ชุดทดลองมีความปลอดภัยในการใช้งาน	8	5	2			4.40	เห็นด้วย
3.	ชุดทดลองทำให้นักเรียนสนใจ	9	6				4.60	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
	คะแนนเฉลี่ยรวมด้านการออกแบบชุดทดลอง						**4.56**	**เห็นด้วยอย่างยิ่ง**
	2. ใบเนื้อหา							
1.	ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	7	6	2			4.33	เห็นด้วย
2.	ลำดับเนื้อหาได้ดี	9	5	1			4.53	เห็นด้วย
3.	สามารถศึกษาด้วยตนเองได้	9	4	2			4.47	เห็นด้วย
	คะแนนเฉลี่ยรวมด้านใบเนื้อหา						**4.44**	**เห็นด้วย**
	3. ใบทดลอง							
1.	ลำดับขั้นการทดลองชัดเจน	8	4	3			4.33	เห็นด้วย
2.	ตารางบันทึกผลการทดลองเข้าใจง่าย	9	5	1			4.53	เห็นด้วย
3.	คำถามท้ายการทดลองสอดคล้องกับใบทดลอง	8	4	3			4.33	เห็นด้วย
	คะแนนเฉลี่ยรวมด้านใบทดลอง						**4.40**	**เห็นด้วย**

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ข

คู่มือครู

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

คู่มือครู

เรื่อง

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

วิชาฟิสิกส์ 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา จังหวัดระยอง
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18

คำนำ

คู่มือครู เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ใช้สำหรับปฏิบัติการทดลองในวิชาฟิสิกส์ 3 เรื่องความร้อน ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา จังหวัดระยอง เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ผู้จัดทำจึงได้เรียบเรียงคู่มือครูชุดนี้ซึ่งประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา ใบทดลอง สำหรับครูนำไปใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนและปฏิบัติการทดลอง

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือครูชุดนี้ คงจะมีประโยชน์ต่อครูไม่มากก็น้อย ถ้าการจัดทำข้อมูลผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นพรัตน์ ครุฑเกิด
ผู้จัดทำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
1. ข้อแนะนำในการใช้คู่มือครู	1
2. แผนการจัดการเรียนรู้	2
3. ใบเนื้อหา	8
4. ใบทดลอง	15

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อแนะนำในการใช้คู่มือครู

คู่มือครูประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้
2. ใบเนื้อหา
3. ใบทดลอง

สื่อการสอนประกอบด้วย

1. คู่มือครู
2. ชุดทดลองเรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

การดำเนินการสอน

การจัดการเรียนการสอนครูควรดำเนินการจัดการเรียนการสอนไปตามลำดับของแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ดังนี้

1. ครูให้ความรู้โดยการบรรยายในหัวข้อสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน
2. ครูนำเสนอการทดลองเรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง โดยมีลำดับดังต่อไปนี้

-อธิบายเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำเข้าสู่การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงได้แก่

-การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

-การเลี้ยวเบนแสง

-การวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

-อธิบายวัตถุประสงค์ของการทดลอง

-แนะนำอุปกรณ์การทดลอง

-อธิบายและสาธิตวิธีการทดลอง

-อธิบายวิธีการวัด การบันทึกผลและสรุปผลการทดลอง

3. ครูให้นักเรียนลงมือทำการทดลองโดยใช้คู่มือปฏิบัติการเป็นแนวทางในการทดลองโดยที่ครูคอยควบคุมและดูแลการทำการทดลองของนักเรียนให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชาฟิสิกส์ 3 **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

เรื่อง ความร้อน **เวลา 3 ชม.**

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว.5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงานปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการขยายตัวเนื่องจากความร้อน
2. สามารถทำการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนได้

สาระการเรียนรู้

โดยทั่วไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะมีการขยายตัวทำให้ความยาว พื้นที่หน้าตัด หรือปริมาตรเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันถ้าวัตถุสูญเสียความร้อนหรือคายความร้อน วัตถุจะหดตัวทำให้ความยาว พื้นที่หน้าตัด หรือปริมาตรลดลงเรียกปรากฏการณ์ทางความร้อนนี้ว่า “การขยายตัวเนื่องจากความร้อน” (Thermal Expansion)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

วัตถุเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวออกไปทางด้านใดด้านหนึ่งตามความยาว ซึ่งเป็นผลมาจากการที่วัตถุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เรียกว่า "การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อน"

พิจารณาแท่งวัตถุขนาดสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ T_1 มีความยาวเริ่มต้นเป็น L_1 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT ทำให้ความยาววัตถุเปลี่ยนไปเป็น L_2 ถ้าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป $\Delta T=T_2-T_1$ มีค่าไม่มากจนเกินไป โดยทั่วไปน้อยกว่า 100 °C พบว่าระยะที่วัตถุขยายตัว $\Delta L=L_2-L_1$ สามารถนิยามสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Thermal Expansion) จากสมการ

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \qquad \text{(ข-1)}$$

เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัตถุจะวัดจากค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปของวัตถุเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งมีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดทางอ้อมได้โดยการประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องการเลี้ยวเบนแสง

การเลี้ยวเบนแสงเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่เมื่อผ่านสิ่งกีดขวางขนาดเล็กหรือช่องเปิดขนาดเล็ก การเลี้ยวเบนสามารถเกิดได้ดีเมื่อสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ ถ้าช่องแคบเดี่ยวมีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ จะเกิดการแทรกสอดเป็นแถบมืดและแถบสว่างสลับกันเป็นไปตามเงื่อนไขการแทรกสอด (ภาพที่ ข-1) ริ้วการแทรกสอดจากการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบ สามารถเขียนสมการหาตำแหน่งแถบมืด-แถบสว่าง ของการเลี้ยวเบนของแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวได้ดังนี้

$$a\sin\theta = m'\lambda \qquad \text{(ข-2)}$$

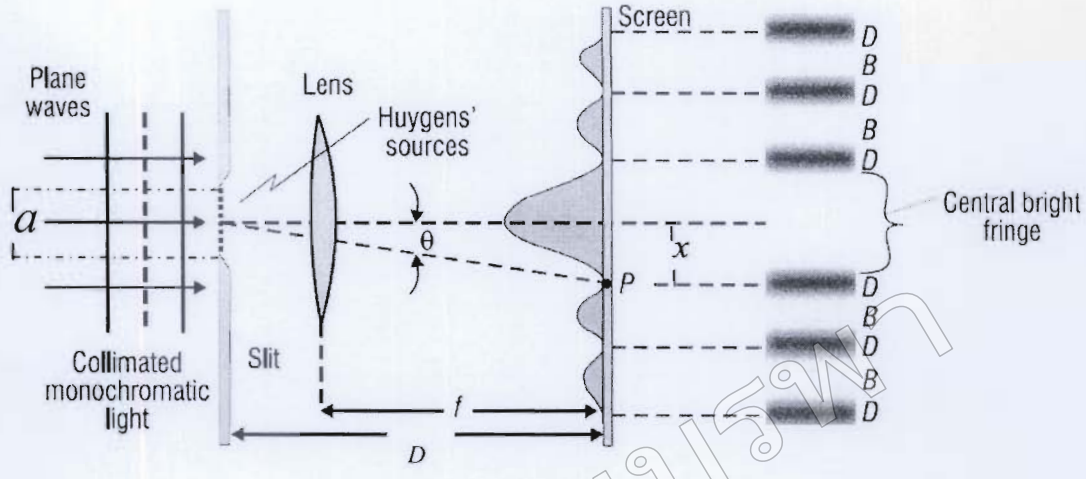
เมื่อ a คือ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

θ คือ มุมที่กระทำจากแถบสว่างกลางกับตำแหน่งแถบมืดลำดับต่าง ๆ

m' คือ ลำดับของแถบมืด ($=\pm1, \pm2, \pm3, \ldots$)

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ ข-1 แถบของการเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยวและระยะห่างระหว่างแถบมืดแรกกับแถบสว่างกลาง (x)

ถ้ามุม θ มีค่าน้อย ๆ จะได้ว่า $\sin\theta \approx \tan\theta$ ดังนั้น สมการ (ข-2) เขียนได้เป็น

$$\tan\theta = \frac{x}{D} \qquad \text{(ข-3)}$$

เมื่อ x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ

D คือ ระยะห่างจากฉากถึงช่องแคบเดี่ยว

ค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยว สามารถหาได้จากสมการ

$$a = \frac{\lambda D}{x} \qquad \text{(ข-4)}$$

ดังนั้น ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หาได้จาก

$$\Delta a = a_2 - a_1 = \frac{\lambda D}{x_2} - \frac{\lambda D}{x_1} \qquad \text{(ข-5)}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

$$\Delta a = \lambda D(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}) \quad \text{(ข-6)}$$

จากสมการ การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1) \quad \text{(ข-7)}$$

จะได้ว่า

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 (T_2 - T_1)} \quad \text{(ข-8)}$$

จากสมการ (ข-8) ค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔL) มีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ซึ่งค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ($\Delta a = \Delta L$) ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{\lambda D}{L_1} \frac{\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right)}{(T_2 - T_1)} \quad \text{(ข-9)}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (30 นาที) ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการใช้คำถามต่อไปนี้

1.1 "การขยายตัวเนื่องจากความร้อนแบ่งมี 3 ประเภท คืออะไรบ้าง" (การขยายตัวเชิงเส้น, การขยายตัวเชิงพื้นที่, การขยายตัวเชิงปริมาตร)

1.2 "การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนสามารถวัดได้อย่างไรบ้าง" (โดยใช้ชุดทดลอง Michelson Interferometer และใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว)

1.3 ครูทบทวนเรื่องสมบัติของแสงมี 4 ประการคือการสะท้อน การหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน

1.4 นักเรียนคิดสมบัติการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านช่องแคบเดี่ยวจะให้ริ้วการแทรกสอดมีลักษณะอย่างไรและริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นมีความสัมพันธ์กับระยะห่างจากฉากอย่างไร จากนั้นก็นำช่องแคบเดี่ยวมาให้นักเรียนดู และแจกเลเซอร์ แนะนำให้นักเรียนลองฉายแสงเลเซอร์ผ่านช่องแคบเดี่ยวแล้วยืนห่างกระดาน ประมาณ 1.5 และ 1.7 เมตร สังเกตผลการทดลองบนกระดานและอภิปรายผลร่วมกัน (ริ้วรอยการแทรกสอดบนฉากเป็นแนวมืดสว่าง มืด สว่าง สลับกันไป และริ้วการแทรกสอดกลางมีความยาวมากขึ้นเมื่อระยะห่างจากฉากเพิ่มขึ้น)

1.5 ครูตั้งคำถามชี้นำเข้าสู่เนื้อหาการประยุกต์ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างการขยายตัวเนื่องจากความร้อนและการเลี้ยวเบนแสงว่า "เมื่อวัตถุชิ้นหนึ่งได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน นักเรียนจะทราบได้อย่างไรว่าความยาวของวัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลง" (ทราบด้วยการวัดโดยตรงด้วยการใช้ไม้บรรทัด)

1.6 ครูอธิบายเพิ่มเติมว่านอกจากวัดความยาวที่เปลี่ยนแปลงโดยตรงแล้ว นักเรียนยังสามารถวัดความยาวที่เปลี่ยนแปลงไปโดยอ้อมโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวซึ่งความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะเท่ากับความยาวที่เปลี่ยนไปของช่องแคบเดี่ยว ซึ่งนักเรียนสามารถวัดได้จากริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉาก

1.7 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ประเด็นปัญหาว่า เราจะหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงได้อย่างไร และใช้อุปกรณ์อะไรบ้างวัดค่าอะไรและสมการจะเป็นอย่างไร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (เวลา 1 ชั่วโมง)

2.1 ครูนำเสนอการทดลองเรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง โดยมีลำดับดังต่อไปนี้

-อธิบายเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำเข้าสู่การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ได้แก่

-การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

-การเลี้ยวเบนแสง

-การวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

-อธิบายวัตถุประสงค์ของการทดลอง

-แนะนำอุปกรณ์การทดลอง

-อธิบายและสาธิตวิธีการทดลอง

-อธิบายวิธีการวัด การบันทึกผลและสรุปผลการทดลอง

2.2 ครูให้นักเรียนลงมือทำการทดลองโดยใช้คู่มือปฏิบัติการเป็นแนวทางในการทดลอง โดยที่ครูคอยควบคุมและดูแลการทำการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่มให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์

2.3 เมื่อนักเรียนทำการทดลองเสร็จแล้ว ครูคอยควบคุมให้นักเรียนทำความสะอาดและเก็บอุปกรณ์ให้เรียบร้อย

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป (เวลา 30 นาที)

3.1 ครูนำอภิปรายและซักถามนักเรียนเพื่อสรุปเนื้อหา ดังนี้

-จากการทดลอง ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความกว้างของแถบสว่างกลางของอะลูมิเนียมเป็นอย่างไร

3.2 ครูสรุปเนื้อหาและผลการทดลองพร้อมทั้งอธิบายว่าจากการทดลองนี้ผลการทดลองที่ได้สามารถนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนได้อย่างไร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. ขั้นขยายความรู้ (เวลา 30 นาที)

4.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันยกตัวอย่างการนำความรู้เรื่องขยายตัวเนื่องจากความร้อนมาใช้ประโยชน์ที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวันมีอะไรบ้าง (การสร้างสะพานรอยต่อของสะพานมีลักษณะเป็นซี่ฟันขบกันเพื่อรองรับการขยายตัวเนื่องจากความร้อนเช่นเดียวกับรอยต่อของรางรถไฟ และการขยายตัวเนื่องจากความร้อนโดยการเปลี่ยนปริมาตรของของเหลวนำมาใช้ในการทำเทอร์โมมิเตอร์)

4.2 นักเรียนช่วยกันนำเสนอผลการทดลองหน้าห้องเรียน

5. ขั้นประเมิน (เวลา 30 นาที)

5.1 วัดความเข้าใจของนักเรียน โดยการสังเกตความสนใจ ความตั้งใจ การแสดงความคิดเห็น การตอบคำถามและการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้

5.2 การมีส่วนร่วมในการนำเสนอผลการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. คู่มือปฏิบัติการเรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

2. ชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บันทึกหลังการสอน

ผลการสอน/ ผลการเรียนรู้

.....

.....

.....

ข้อสังเกต/ ข้อค้นพบ

.....

.....

.....

แนวทางแก้ไขเพื่อปรับปรุงพัฒนา

.....

.....

.....

ผลการพัฒนา (เป็นบันทึกหลังจากที่ได้พัฒนาผู้เรียนด้วยวิธีต่าง ๆ แล้ว)

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นางนพรัตน์ ครุฑเกิด)

ความเห็นหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

.....

.....

ลงชื่อ.....หัวหน้ากลุ่มสาระ

(นางเมตตา ชาวบล)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ใบเนื้อหา
เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

1. การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal Expansion)

เมื่อวัตถุได้รับความร้อน (อุณหภูมิของวัตถุเพิ่มขึ้น) วัตถุจะมีการขยายตัว ผลของการขยายตัวทำให้ความยาว พื้นที่ภาคตัดขวาง หรือปริมาตรของวัตถุเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม ในทางกลับกันถ้าวัตถุคายความร้อน (อุณหภูมิของวัตถุลดลง) ทำให้เกิดการหดตัว ความยาว พื้นที่ภาคตัดขวาง หรือปริมาตรจะลดน้อยลง

การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัตถุแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. การขยายตัวเชิงเส้น คือการที่วัตถุนั้นขยายตัวออกไปทางด้านใดด้านหนึ่งตามความยาว เมื่อวัตถุนั้นได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เช่นเส้นลวดที่มีความยาวเพิ่มขึ้นเมื่อร้อนขึ้น เป็นต้น

สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Thermal Expansion) คือความยาวของวัตถุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากความยาวเดิม 1 หน่วย เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา

พิจารณาแท่งวัตถุขนาดสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ T_1 มีความยาวเริ่มต้นเป็น L_1 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT ทำให้ความยาววัตถุเปลี่ยนไปเป็น L_2 ถ้าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป $\Delta T=T_2-T_1$ มีค่าไม่มากจนเกินไปโดยทั่วไปน้อยกว่า 100 ºC พบว่าระยะที่วัตถุขยายตัว $\Delta L=L_2-L_1$ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ΔT ถ้ามีวัตถุชนิดเดียวกันอยู่สองแท่งโดยแท่งหนึ่งมีความยาวเป็นสองเท่าของอีกแท่งหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของแท่งวัตถุที่ยาวกว่าจะมากกว่าวัตถุแท่งสั้นเป็นสองเท่า จึงสรุปได้ว่า ΔL จะเป็นสัดส่วนกับความยาวเริ่มต้น L_1 สามารถเขียนสมการการขยายตัวเนื่องจากความร้อนได้ว่า

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T \qquad \text{(ข-10)}$$

และ

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \qquad \text{(ข-11)}$$

เมื่อ α คือสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (Linear Coefficient of Thermal Expansion) มีหน่วยเป็น K^{-1}, $^{\circ}C^{-1}$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ข-1 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของวัตถุที่อุณหภูมิ 20 ºC (พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ และวีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, 2549)

วัตถุ	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (α) ($^{\circ}C^{-1}$)
อลูมิเนียม	$24x10^{-6}$
ทองเหลือง	$19x10^{-6}$
อิฐและคอนกรีต	$10\text{-}12x10^{-6}$
ทองแดง	$17x10^{-6}$
แก้ว	$9x10^{-6}$
แก้วไพเรกซ์	$3x10^{-6}$
เหล็กและเหล็กกล้า	$12x10^{-6}$
ตะกั่ว	$29x10^{-6}$
น้ำแข็ง (-20 ถึง -1)	$51x10^{-6}$

2. การขยายตัวเชิงพื้นที่ คือการที่ผิวด้านใดด้านหนึ่งของวัตถุนั้นมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เช่น โลหะแผ่นบางมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อร้อนมากขึ้น

สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่เนื่องจากความร้อน (Coefficient of Area Thermal Expansion) คือพื้นที่ของวัตถุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากพื้นที่เดิม 1 หน่วย เมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ºC เช่น เหล็กกล้าแผ่นบางมีพื้นที่ผิวเดิม 1 m^2 ที่ 0 ºC เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 1 ºC ปรากฏว่ามีพื้นที่เป็น 1.0000238 m^2 นั่นคือพื้นที่ของแผ่นเหล็กกล้าเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.0000238 m^2 ดังนั้นสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่เนื่องจากความร้อน 0.0000238 $^{\circ}C^{-1}$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

พิจารณาวัตถุที่กว้าง L_1 ยาว L_2 มีพื้นที่เป็น $A_o = L_1L_2$ มีอุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็น ΔT ทำให้พื้นที่เปลี่ยนไปเป็น A ดังนั้น $\Delta A=A-A_o$ ถ้ากำหนดให้ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่ จะได้สมการเป็น

$$\beta = \frac{dL_2}{L_2 dT} + \frac{dL_1}{L_1 dT} \qquad \text{(ข-12)}$$

สามารถเขียนได้ว่า

$$\beta = \alpha + \alpha = 2\alpha \qquad \text{(ข-13)}$$

3. การขยายตัวเชิงปริมาตร คือการที่ปริมาตรของวัตถุเพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุได้รับความร้อน

สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Volumetric Thermal Expansion) คือปริมาตรของวัตถุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากปริมาตรเดิม 1 หน่วย เมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา

สมมุติว่าวัตถุรูปทรงลูกบาศก์ที่มีขนาด L_1L_2 และ L_3 ปริมาตรของวัตถุคือ $V=L_1L_2L_3$ ถ้ากำหนดให้ γเป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรจะได้

$$\gamma = \frac{dL_1}{L_1 dT} + \frac{dL_2}{L_2 dT} + \frac{dL_3}{L_3 dT} \qquad \text{(ข-14)}$$

สามารถเขียนได้ว่า

$$\gamma = \alpha + \alpha + \alpha = 3\alpha \qquad \text{(ข-15)}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

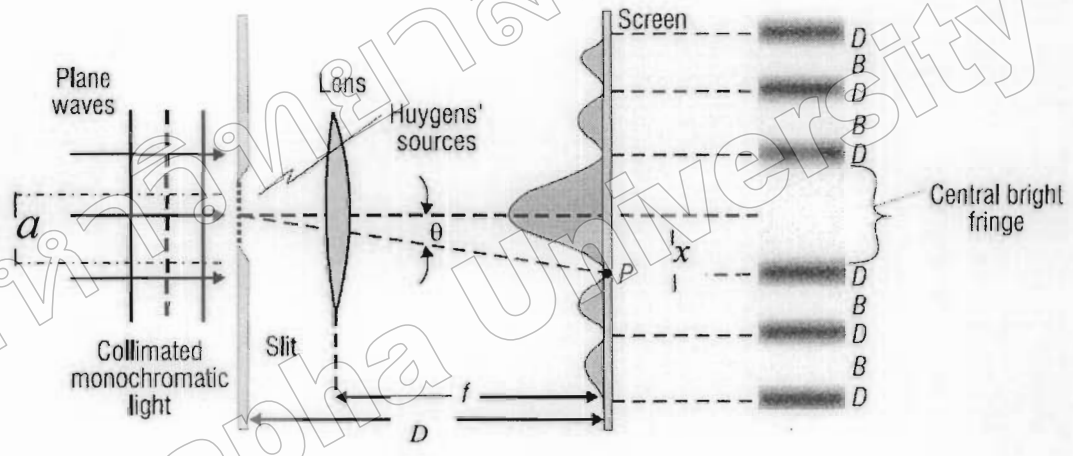
ตารางที่ ข-2 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของวัตถุต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 20 °C (พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ และวีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, 2549)

วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร (γ) ($^{\circ}C^{-1}$)
อลูมิเนียม	$72x10^{-6}$
ทองเหลือง	$57x10^{-6}$
อิฐและคอนกรีต	$30\text{-}36x10^{-6}$
ทองแดง	$51x10^{-6}$
แก้ว	$27x10^{-6}$
แก้วไพเรกซ์	$9x10^{-6}$
เหล็กและเหล็กกล้า	$36x10^{-6}$
ตะกั่ว	$87x10^{-6}$
น้ำแข็ง (-20 ถึง -1)	$153x10^{-6}$
น้ำมันเบนซิน	$950x10^{-6}$
ปรอท	$180x10^{-6}$
น้ำ	$210x10^{-6}$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การเลี้ยวเบนแสง

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนจะประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องแสงโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบเดี่ยว โดยใช้หลักการเลี้ยวเบนแสงซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่เมื่อผ่านสิ่งกีดขวางขนาดเล็กหรือช่องเปิดขนาดเล็ก การเลี้ยวเบนสามารถเกิดได้ดีเมื่อสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ ถ้าช่องแคบเดี่ยวมีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ จะเกิดการแทรกสอดเป็นแถบมืดและแถบสว่างสลับกันเป็นไปตามเงื่อนไขการแทรกสอด (ภาพที่ ข-2) ริ้วการแทรกสอดจากการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบ สามารถเขียนสมการหาตำแหน่งแถบมืด-แถบสว่างของการเลี้ยวเบนของแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวได้ดังนี้



ภาพที่ ข-2 แถบของการเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยวและระยะห่างระหว่างแถบมืดแรกกับแถบสว่างกลาง (x)

$$a\sin\theta = m'\lambda \qquad \text{(ข-16)}$$

เมื่อ a คือ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

θ คือ มุมที่กระทำจากแถบสว่างกลางกับตำแหน่งแถบมืดลำดับต่าง ๆ

m' คือ ลำดับของแถบมืด ($=\pm1, \pm2, \pm3, \ldots$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ถ้ามุม θ มีค่าน้อย ๆ จะได้ว่า $\sin\theta \approx \tan\theta$ ดังนั้น สมการ (ข-16) เขียนได้เป็น

$$\tan\theta = \frac{x}{D} \qquad \text{(ข-17)}$$

เมื่อ x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ

D คือ ระยะห่างจากฉากถึงช่องแคบเดี่ยว

ดังนั้นความกว้างของช่องแคบเดี่ยวสามารถหาได้จากสมการ

$$a = \frac{\lambda D}{x} \qquad \text{(ข-18)}$$

ดังนั้น ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หาได้จาก

$$\Delta a = a_2 - a_1 = \frac{\lambda D}{x_2} - \frac{\lambda D}{x_1} \qquad \text{(ข-19)}$$

หรือ

$$\Delta a = \lambda D\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right) \qquad \text{(ข-20)}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. การวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว ค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔL) ของวัตถุมีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สามารถวัดได้จากริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากและมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ทำให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัตถุจาก

$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1) \qquad \text{(ข-21)}$$

จะได้ว่า

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 (T_2 - T_1)} \qquad \text{(ข-22)}$$

เมื่อ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปเท่ากับความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป จะได้

$$\Delta a = \Delta L \qquad \text{(ข-23)}$$

สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนโดยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงจากสมการ

$$\alpha = \frac{\lambda D}{L_1} \frac{\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right)}{(T_2 - T_1)} \qquad \text{(ข-24)}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ใบทดลอง
เรื่อง การหาสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

หลักการและเหตุผล

โดยทั่วไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะขยายตัวทำให้ความยาว พื้นที่หน้าตัด หรือปริมาตรเพิ่มขึ้นในทางกลับกัน ถ้าวัตถุสูญเสียความร้อนหรือคายความร้อน วัตถุจะหดตัวทำให้ความยาว พื้นที่หน้าตัด หรือปริมาตรลดลงเรียกว่า การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal Expansion)

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนจะประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องแสงโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบเดี่ยว ซึ่งหลักการเลี้ยวเบนแสงเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่เมื่อผ่านสิ่งกีดขวางขนาดเล็กหรือช่องเปิดขนาดเล็ก การเลี้ยวเบนสามารถเกิดได้ดีเมื่อสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ ถ้าช่องแคบเดี่ยวมีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ จะเกิดการแทรกสอดเป็นแถบมืด- แถบสว่าง สลับกันเป็นไปตามเงื่อนไขการแทรกสอด

ค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔL) ของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนมีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสามารถวัดได้จากริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากและมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ($\Delta a = \Delta L$)ทำให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัตถุได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างริ้วการแทรกสอดกับอุณหภูมิ
2. เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างริ้วการแทรกสอดกับอุณหภูมิ
2. เพื่อหาและเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนกับค่าอ้างอิงได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ทฤษฎี

วัตถุเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวออกไปทางด้านใดด้านหนึ่งตามความยาว ซึ่งเป็นผลมาจากการที่วัตถุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เรียกว่า “การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อน”

พิจารณาแท่งวัตถุขนาดสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ T_1 มีความยาวเริ่มต้นเป็น L_1 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT ทำให้ความยาววัตถุเปลี่ยนไปเป็น L_2 ถ้าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป $\Delta T=T_2-T_1$ มีค่าไม่มากจนเกินไป โดยทั่วไปน้อยกว่า 100 ºC พบว่าระยะที่วัตถุขยายตัว $\Delta L=L_2-L_1$ สามารถนิยามสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Thermal Expansion) จากสมการ

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \qquad \text{(ข-25)}$$

จากสมการ (ข-25) พบว่าเมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน การวัดค่าความยาวที่เปลี่ยนไป (ΔL) มีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวสามารถวัดได้จากริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉาก จากสมการ

$$a = \frac{\lambda D}{x} \qquad \text{(ข-26)}$$

เมื่อ a คือ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ

D คือ ระยะห่างจากฉากถึงช่องแคบเดี่ยว

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากสมการ (ข-26) เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวจะเกิดการเปลี่ยนแปลง

ที่อุณหภูมิเริ่มต้น T_1

$$a_1 = \frac{\lambda D}{x_1} \tag{ข-27}$$

และที่อุณหภูมิใด ๆ T_2

$$a_2 = \frac{\lambda D}{x_2} \tag{ข-28}$$

ดังนั้น ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หาได้จาก

$$\Delta a = a_2 - a_1 = \frac{\lambda D}{x_2} - \frac{\lambda D}{x_1} \tag{ข-29}$$

$$\Delta a = \lambda D(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}) \tag{ข-30}$$

จากสมการ การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1) \tag{ข-31}$$

จะได้ว่า

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 (T_2 - T_1)} \tag{ข-32}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากสมการ (ข-32) ค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔL) มีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ซึ่งค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ($\Delta a = \Delta L$) ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{\lambda D}{L_1}\frac{\left(\frac{1}{x_2}-\frac{1}{x_1}\right)}{(T_2-T_1)} \qquad \text{(ข-33)}$$

จัดสมการในรูปสมการเชิงเส้นได้ว่า

$$\frac{1}{x_2} = \frac{\alpha L_1}{\lambda D}T_2 + \left(\frac{1}{x_1}-\frac{\alpha L_1 T_1}{\lambda D}\right) \qquad \text{(ข-34)}$$

พิจารณาสมการ (ข-34) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนสามารถหาได้จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_2) กับส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ ($1/x_2$) จะได้

$$slope = \frac{\alpha L_1}{\lambda D} \qquad \text{(ข-35)}$$

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (α) สามารถหาได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{m\lambda D}{L_1} \qquad \text{(ข-36)}$$

เมื่อ m คือ ความชันที่ได้จากกราฟ ($slope$)

L_1 คือ ความยาวเริ่มต้นของวัตถุ (m)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

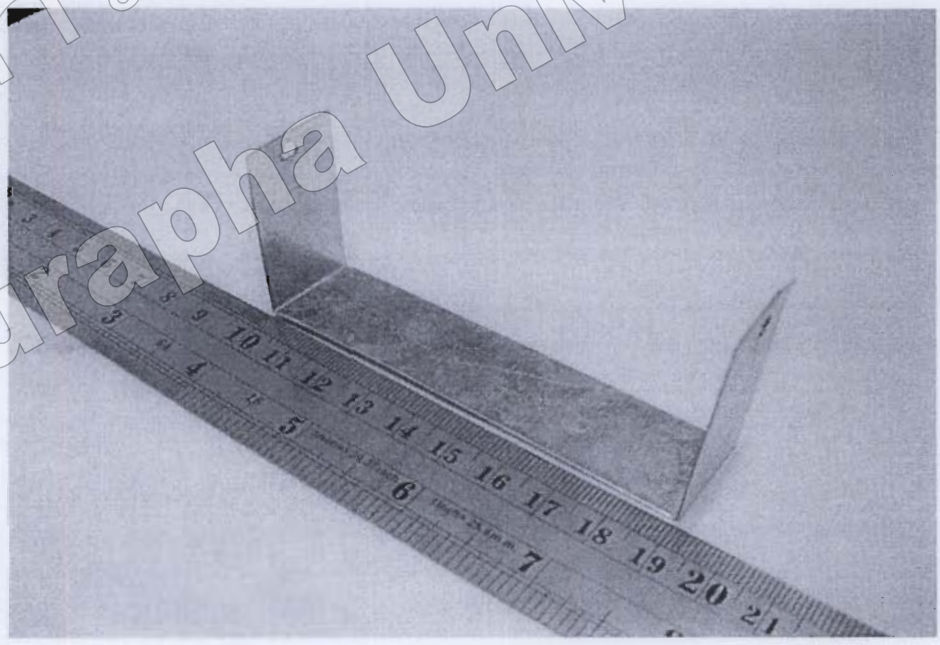
ส่วนประกอบของชุดทดลอง

ชุดทดลองที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี่ยวเบนแสง มีส่วนประกอบดังนี้

1. นำแผ่นอลูมิเนียมขนาด กว้าง 2 cm ยาว 17 cm มาดัดเป็นรูปตัวยู ให้มีลักษณะดังภาพภาคผนวกที่ ข-3 โดยให้ความยาวที่เป็นส่วนฐานรูปตัวยูของอะลูมิเนียม (L_1) เท่ากับ 0.090 m

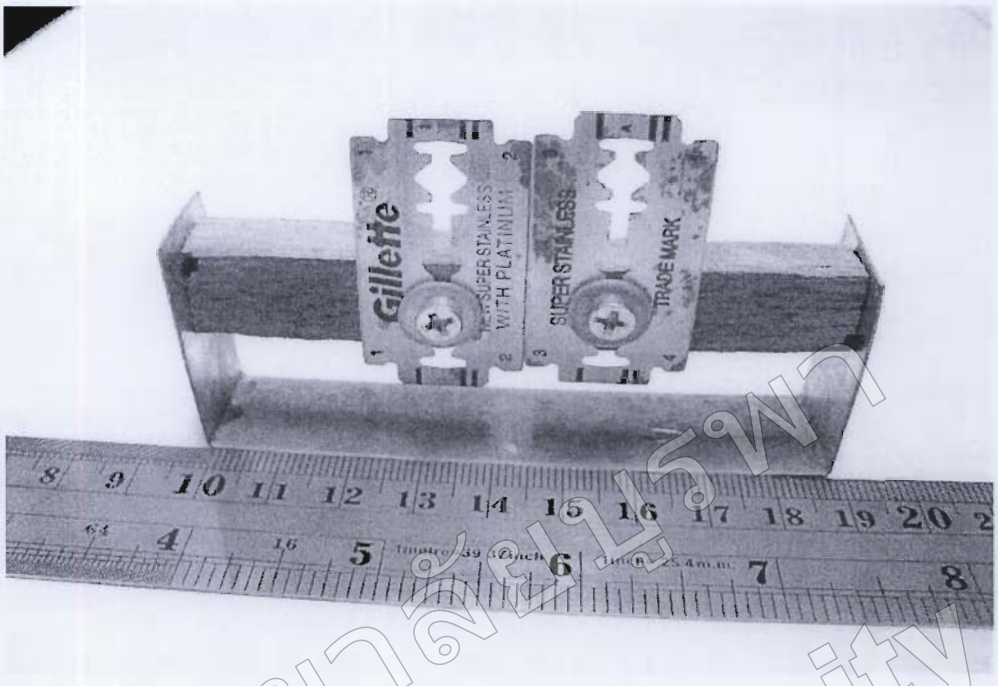
2. นำท่อนไม้ขนาด ยาว 4 cm กว้าง 1.5 cm สูง 1.5 cm สองท่อน มายึดติดกับปลายทั้งสองด้านของแผ่นวัสดุ คือ อลูมิเนียม พร้อมทั้งนำแผ่นใบมีดโกนสองแผ่นมายึดติดกับปลายท่อนไม้ให้อยู่ตรงกลาง และทำให้เกิดช่องแคบน้อย ๆ ระหว่างแผ่นใบมีดโกน ดังภาพที่ ข-4

3. บีกเกอร์ขนาด 1000 ml	1	ใบ
4. เตาสำหรับให้ความร้อน 220 V	1	เครื่อง
5. เทอร์โมมิเตอร์	1	อัน
6. เลเซอร์	1	ตัว
7. ขาตั้ง	3	อัน



ภาพที่ ข-3 อลูมิเนียมดัดเป็นรูปตัวยู

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ ข-4 อลูมิเนียมยึดติดกับท่อนไม้และใบมีดโกน

วิธีการทดลอง

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ใช้ใบมีดโกนทำหน้าที่เป็นช่องแคบเดี่ยวเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสง มีวิธีการทดลองดังนี้

1. ติดตั้งชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนโดยใช้อลูมิเนียม

2. กำหนดระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวถึงฉาก 1.5 *m* บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้น (T_i)

3. บันทึกความกว้างของแถบสว่าง โดยการขีดปลายขอบของแถบสว่างที่กว้างสุด (แถบตรงกลาง) ทั้งสองข้าง

4. เปิดเตาให้ความร้อน

5. บันทึกอุณหภูมิที่ 40, 50, 60, 70, 80 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งบันทึกความกว้างของแถบสว่าง โดยการขีดปลายขอบของแถบสว่างที่กว้างสุด (แถบตรงกลาง) ทั้งสองข้าง บนฉาก (กระดาษ)

6. นำฉาก (กระดาษ) มาวัดความกว้างที่ได้จากการทดลอง ทำการหารสองค่าความกว้างที่ได้ พร้อมบันทึกค่าเป็น x และ $1/x$ ตามลำดับ

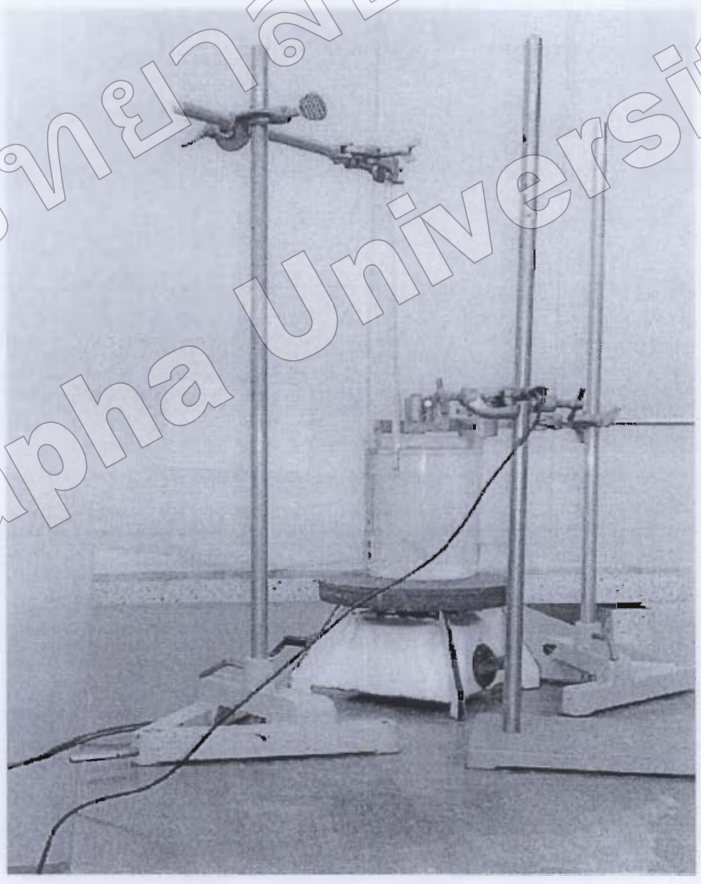
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ ($1/x_2$) กับอุณหภูมิ (T_2)

8. เลือกจุดที่พิจารณาบนกราฟที่ได้จากการทดลองสองจุดแล้วคำนวณหาค่าความชันของกราฟ (หรืออาจใช้ความชันของกราฟจากสมการที่ได้จากกราฟในโปรแกรม Microsolf Excel ตามรูปของสมการเชิงเส้น y=mx+c)

9. นำค่าความชันที่ได้คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (α) แทนค่าในสมการที่ ข-36

10. นำค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีและคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลอง



ภาพที่ ข-5 การจัดตำแหน่งของอุปกรณ์ชุดการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

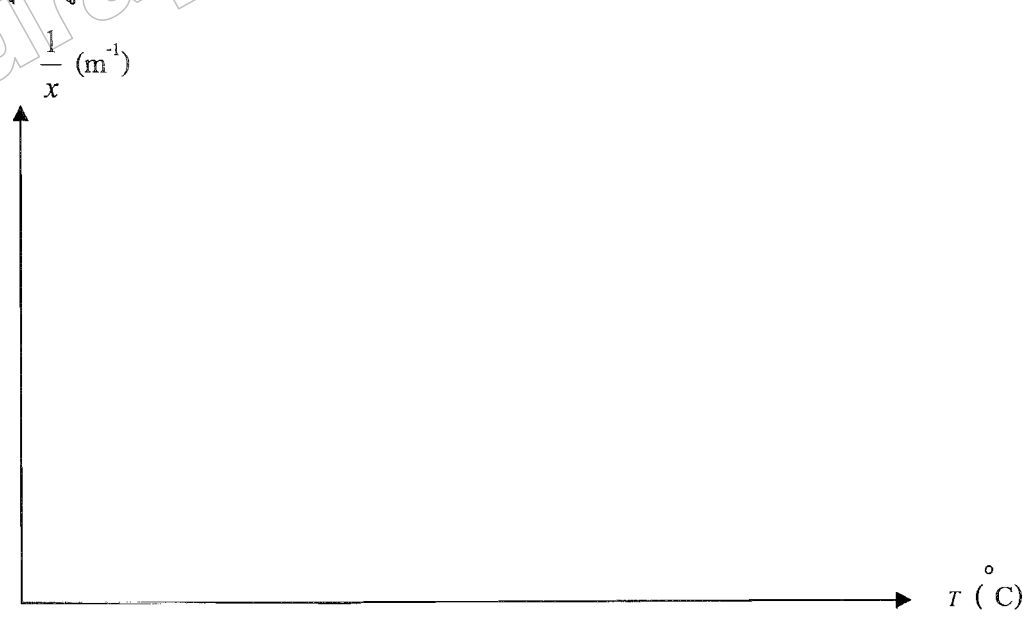
ผลการทดลอง

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

ตารางที่ ข-3 ค่าระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดแรกกับอุณหภูมิของอลูมิเนียมที่ระยะห่างจากฉาก 1.50 m

T ($^{\circ}$C)	x (m)	$1/x$ (m^{-1})
30		
40		
50		
60		
70		
80		

กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดแรกกับอุณหภูมิ



มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เลือกจุดบนกราฟเพื่อนำมาพิจารณา 2 จุด แล้วคำนวณค่าความชันดังต่อไปนี้

$\left(\frac{1}{x}\right)_1$ = ...m^{-1} $\left(\frac{1}{x}\right)_2$ = ...m^{-1} $\Delta\left(\left(\frac{1}{x}\right)_2 - \left(\frac{1}{x}\right)_1\right)$ = ...m^{-1}

T_1 = ... ^{o}C T_2 = ... ^{o}C $\Delta(T_2 - T_1)$ = ...^{o}C

$$Slope = \frac{\Delta\left(\frac{1}{x}\right)}{\Delta T} = ...$$

นำค่า *Slope* มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ดังนี้

$$Slope = \frac{\alpha L_1}{\lambda D}$$

=

คำนวณค่าความคลาดเคลื่อน (% error) จากการทดลอง

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

= .....%

= .....%

= .....%

จากการทดลองมีความคลาดเคลื่อน.....%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คำถามนำไปสู่การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. จากการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดแรกและอุณหภูมิเป็นอย่างไร

2. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ได้จากการทดลองกับค่ามาตรฐานมีความคลาดเคลื่อนอย่างไรและถือว่าผลการทดลองนี้ใช้ได้หรือไม่

วิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ค

คู่มือปฏิบัติการ

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

คู่มือปฏิบัติการ

เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

วิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา จังหวัดระยอง
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 18

คำนำ

คู่มือปฏิบัติการ เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ใช้สำหรับปฏิบัติการทดลองในวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม เรื่องความร้อน ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา จังหวัดระยอง เพื่อให้ง่ายต่อการใช้งาน ผู้จัดทำจึงได้เรียบเรียงคู่มือปฏิบัติการชุดนี้ ประกอบด้วย แผนการสอน ใบเนื้อหา ใบทดลอง สำหรับนักเรียนนำไปใช้ประกอบการเรียน

ผู้จัดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคู่มือปฏิบัติการชุดนี้ คงจะมีประโยชน์ต่อผู้เรียนไม่มากก็น้อย

นพรัตน์ ครุฑเกิด
ผู้จัดทำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สารบัญ

	หน้า
ข้อแนะนำในการใช้คู่มือปฏิบัติการ	8
ใบเนื้อหา	6
ใบทดลอง	15
หลักการและเหตุผล	20
วัตถุประสงค์	22
ผลที่คาดว่าจะได้รับ	24
ทฤษฎี	24
ส่วนประกอบของชุดทดลอง	25
วิธีการทดลอง	26

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อแนะนำในการใช้คู่มือปฏิบัติการ

คู่มือปฏิบัติการประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. ใบเนื้อหา
2. ใบทดลอง

สื่อการสอนประกอบด้วย

1. ใบเนื้อหา
2. ใบทดลอง
3. ชุดทดลอง เรื่องการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

การดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลอง นักเรียนควรมีส่วนร่วมตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ครูวางไว้เพื่อที่นักเรียนจะสามารถเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ดังนี้

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและการขยายตัวเนื่องจากความร้อน
2. สามารถทำการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ใบเนื้อหา
เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

1. การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal Expansion)

เมื่อวัตถุได้รับความร้อน (อุณหภูมิของวัตถุเพิ่มขึ้น) วัตถุจะมีการขยายตัว ผลของการขยายตัวทำให้ความยาว พื้นที่ภาคตัดขวาง หรือปริมาตรของวัตถุเปลี่ยนแปลงเพิ่มมากขึ้นกว่าเดิม ในทางกลับกันถ้าวัตถุคายความร้อน (อุณหภูมิของวัตถุลดลง) ทำให้เกิดการหดตัว ความยาว พื้นที่ภาคตัดขวาง หรือปริมาตรจะลดน้อยลง

การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัตถุแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. การขยายตัวเชิงเส้น คือการที่วัตถุนั้นขยายตัวออกไปทางด้านใดด้านหนึ่งตามความยาว เมื่อวัตถุนั้นได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เช่นเส้นลวดที่มีความยาวเพิ่มขึ้นเมื่อร้อนขึ้น เป็นต้น

สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Thermal Expansion) คือความยาวของวัตถุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากความยาวเดิม 1 หน่วย เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา

พิจารณาแท่งวัตถุขนาดสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ T_1 มีความยาวเริ่มต้นเป็น L_1 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT ทำให้ความยาววัตถุเปลี่ยนไปเป็น L_2 ถ้าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป $\Delta T=T_2-T_1$ มีค่าไม่มากจนเกินไปโดยทั่วไปน้อยกว่า 100 ºC พบว่าระยะที่วัตถุขยายตัว $\Delta L=L_2-L_1$ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ΔT ถ้ามีวัตถุชนิดเดียวกันอยู่สองแท่งโดยแท่งหนึ่งมีความยาวเป็นสองเท่าของอีกแท่งหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของแท่งวัตถุที่ยาวกว่าจะมากกว่าวัตถุแท่งสั้นเป็นสองเท่า จึงสรุปได้ว่า ΔL จะเป็นสัดส่วนกับความยาวเริ่มต้น L_1 สามารถเขียนสมการการขยายตัวเนื่องจากความร้อนได้ว่า

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T \qquad \text{(ค-1)}$$

และ

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \qquad \text{(ค-2)}$$

เมื่อ α คือสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (Linear Coefficient of Thermal Expansion) มีหน่วยเป็น K^{-1}, $^oC^{-1}$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ ค-1 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของวัตถุที่อุณหภูมิ 20 ºC (พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ และวีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, 2549)

วัตถุ	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (α) ($^{\circ}C^{-1}$)
อลูมิเนียม	$24x10^{-6}$
ทองเหลือง	$19x10^{-6}$
อิฐและคอนกรีต	$10\text{-}12x10^{-6}$
ทองแดง	$17x10^{-6}$
แก้ว	$9x10^{-6}$
แก้วไพเรกซ์	$3x10^{-6}$
เหล็กและเหล็กกล้า	$12x10^{-6}$
ตะกั่ว	$29x10^{-6}$
น้ำแข็ง (-20 ถึง -1)	$51x10^{-6}$

2. การขยายตัวเชิงพื้นที่ คือการที่ผิวด้านใดด้านหนึ่งของวัตถุนั้นมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เช่น โลหะแผ่นบางมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อร้อนมากขึ้น

สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่เนื่องจากความร้อน (Coefficient of Area Thermal Expansion) คือพื้นที่ของวัตถุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากพื้นที่เดิม 1 หน่วย เมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ºC เช่น เหล็กกล้าแผ่นบางมีพื้นที่ผิวเดิม 1 m^2 ที่ 0 ºC เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 1 ºC ปรากฏว่ามีพื้นที่เป็น 1.0000238 m^2 นั่นคือพื้นที่ของแผ่นเหล็กกล้าเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.0000238 m^2 ดังนั้นสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่เนื่องจากความร้อน 0.0000238 $^{\circ}C^{-1}$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

พิจารณาวัตถุที่กว้าง L_1 ยาว L_2 มีพื้นที่เป็น $A_o = L_1L_2$ มีอุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็น ΔT ทำให้พื้นที่เปลี่ยนไปเป็น A ดังนั้น $\Delta A=A-A_o$ ถ้ากำหนดให้ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่ จะได้สมการเป็น

$$\beta = \frac{dL_2}{L_2 dT} + \frac{dL_1}{L_1 dT} \qquad \text{(ค-3)}$$

สามารถเขียนได้ว่า

$$\beta = \alpha + \alpha = 2\alpha \qquad \text{(ค-4)}$$

3. การขยายตัวเชิงปริมาตร คือการที่ปริมาตรของวัตถุเพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุได้รับความร้อน

สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Volumetric Thermal Expansion) คือปริมาตรของวัตถุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากปริมาตรเดิม 1 หน่วย เมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา

สมมุติว่าวัตถุรูปทรงลูกบาศก์ที่มีขนาด L_1, L_2 และ L_3 ปริมาตรของวัตถุคือ $V=L_1L_2L_3$ ถ้ากำหนดให้ γ เป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรจะได้

$$\gamma = \frac{dL_1}{L_1 dT} + \frac{dL_2}{L_2 dT} + \frac{dL_3}{L_3 dT} \qquad \text{(ค-5)}$$

สามารถเขียนได้ว่า

$$\gamma = \alpha + \alpha + \alpha = 3\alpha \qquad \text{(ค-6)}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

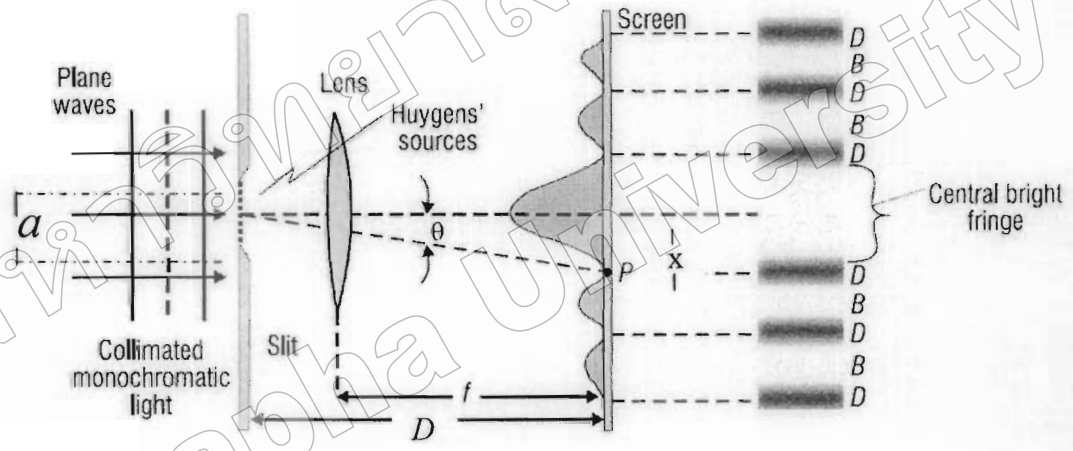
ตารางที่ ค-2 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของวัตถุต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 20 °C
(พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ และวีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, 2549)

วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร (γ) ($^{\circ}C^{-1}$)
อลูมิเนียม	$72x10^{-6}$
ทองเหลือง	$57x10^{-6}$
อิฐและคอนกรีต	$30\text{-}36x10^{-6}$
ทองแดง	$51x10^{-6}$
แก้ว	$27x10^{-6}$
แก้วไพเรกซ์	$9x10^{-6}$
เหล็กและเหล็กกล้า	$36x10^{-6}$
ตะกั่ว	$87x10^{-6}$
น้ำแข็ง (-20 ถึง -1)	$153x10^{-6}$
น้ำมันเบนซิน	$950x10^{-6}$
ปรอท	$180x10^{-6}$
น้ำ	$210x10^{-6}$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การเลี้ยวเบนแสง

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนจะประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องแสงโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบเดี่ยว โดยใช้หลักการเลี้ยวเบนแสงซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่เมื่อผ่านสิ่งกีดขวางขนาดเล็กหรือช่องเปิดขนาดเล็ก การเลี้ยวเบนสามารถเกิดได้ดีเมื่อสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ ถ้าช่องแคบเดี่ยวมีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ จะเกิดการแทรกสอดเป็นแถบมืดและแถบสว่างสลับกันเป็นไปตามเงื่อนไขการแทรกสอด (ภาพภาคผนวกที่ ค-1) ริ้วการแทรกสอดจากการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบ สามารถเขียนสมการหาตำแหน่งแถบมืด-แถบสว่าง ของการเลี้ยวเบนของแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวได้ดังนี้



ภาพที่ ค-1 แถบของการเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยวและระยะห่างระหว่างแถบมืดแรกกับแถบสว่างกลาง (x)

$$a\sin\theta = m'\lambda \qquad \text{(ค-7)}$$

เมื่อ a คือ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

θ คือ มุมที่กระทำจากแถบสว่างกลางกับตำแหน่งแถบมืดลำดับต่าง ๆ

m' คือ ลำดับของแถบมืด ($=\pm1, \pm2, \pm3, \ldots$)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ถ้ามุม θ มีค่าน้อย ๆ จะได้ว่า $\sin\theta \approx \tan\theta$ ดังนั้น สมการ (ค-7) เขียนได้เป็น

$$\tan\theta = \frac{x}{D} \qquad \text{(ค-8)}$$

เมื่อ x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ

D คือ ระยะห่างจากฉากถึงช่องแคบเดี่ยว

ดังนั้นความกว้างของช่องแคบเดี่ยวสามารถหาได้จากสมการ

$$a = \frac{\lambda D}{x} \qquad \text{(ค-9)}$$

ดังนั้น ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หาได้จาก

$$\Delta a = a_2 - a_1 = \frac{\lambda D}{x_2} - \frac{\lambda D}{x_1} \qquad \text{(ค-10)}$$

หรือ

$$\Delta a = \lambda D\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right) \qquad \text{(ค-11)}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. การวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะเกิดการขยายตัว ค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔL) ของวัตถุมีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ สามารถวัดได้จากริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากและมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ทำให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัตถุจาก

$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1) \qquad \text{(ค-12)}$$

จะได้ว่า

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 (T_2 - T_1)} \qquad \text{(ค-13)}$$

เมื่อ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปเท่ากับความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป จะได้

$$\Delta a = \Delta L \qquad \text{(ค-14)}$$

สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนโดยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงจากสมการ

$$\alpha = \frac{\lambda D}{L_1} \frac{\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} \right)}{(T_2 - T_1)} \qquad \text{(ค-15)}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ใบทดลอง
เรื่อง การหาสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

หลักการและเหตุผล

โดยทั่วไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะขยายตัวทำให้ความยาว พื้นที่หน้าตัด หรือปริมาตรเพิ่มขึ้นในทางกลับกัน ถ้าวัตถุสูญเสียความร้อนหรือคายความร้อน วัตถุจะหดตัวทำให้ความยาว พื้นที่หน้าตัด หรือปริมาตรลดลงเรียกว่า การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Thermal Expansion)

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนจะประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องแสงโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบเดี่ยว ซึ่งหลักการเลี้ยวเบนแสงเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่เมื่อผ่านสิ่งกีดขวางขนาดเล็กหรือช่องเปิดขนาดเล็ก การเลี้ยวเบนสามารถเกิดได้ดีเมื่อสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ ถ้าช่องแคบเดี่ยวมีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ จะเกิดการแทรกสอดเป็นแถบมืด- แถบสว่าง สลับกันเป็นไปตามเงื่อนไขการแทรกสอด

ค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔL) ของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนมีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสามารถวัดได้จากริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากและมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ($\Delta a = \Delta L$) ทำให้สามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัตถุได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างริ้วการแทรกสอดกับอุณหภูมิ
2. เพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างริ้วการแทรกสอดกับอุณหภูมิ
2. เพื่อหาและเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนกับค่ามาตรฐานได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ทฤษฎี

วัตถุเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัวออกไปทางด้านใดด้านหนึ่งตามความยาว ซึ่งเป็นผลมาจากการที่วัตถุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น เรียกว่า "การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อน"

พิจารณาแท่งวัตถุขนาดสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ T_1 มีความยาวเริ่มต้นเป็น L_1 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT ทำให้ความยาววัตถุเปลี่ยนไปเป็น L_2 ถ้าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป $\Delta T=T_2-T_1$ มีค่าไม่มากจนเกินไป โดยทั่วไปน้อยกว่า 100 ºC พบว่าระยะที่วัตถุขยายตัว $\Delta L=L_2-L_1$ สามารถนิยามสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Thermal Expansion) จากสมการ

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \qquad \text{(ค-16)}$$

จากสมการ (ค-16) พบว่าเมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะทำให้เกิดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน การวัดค่าความยาวที่เปลี่ยนไป (ΔL) มีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวสามารถวัดได้จากริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉาก จากสมการ

$$a = \frac{\lambda D}{x} \qquad \text{(ค-17)}$$

เมื่อ a คือ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ

D คือ ระยะห่างจากฉากถึงช่องแคบเดี่ยว

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากสมการ (ค-17) เมื่อวัตถุได้รับความร้อนจะมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวจะเกิดการเปลี่ยนแปลง

ที่อุณหภูมิเริ่มต้น T_1

$$a_1 = \frac{\lambda D}{x_1} \tag{ค-18}$$

และที่อุณหภูมิใด ๆ T_2

$$a_2 = \frac{\lambda D}{x_2} \tag{ค-19}$$

ดังนั้น ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ หาได้จาก

$$\Delta a = a_2 - a_1 = \frac{\lambda D}{x_2} - \frac{\lambda D}{x_1} \tag{ค-20}$$

$$\Delta a = \lambda D(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}) \tag{ค-21}$$

จากสมการ การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1) \tag{ค-22}$$

จะได้ว่า

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 (T_2 - T_1)} \tag{ค-23}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากสมการ (ค-23) ค่าความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (ΔL) มีค่าน้อยมากแต่สามารถวัดได้โดยอ้อมจากเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ซึ่งค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนแปลงไป (Δa) เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีความสัมพันธ์กับค่าความยาวที่เปลี่ยนไปเมื่อวัตถุได้รับความร้อน ($\Delta a = \Delta L$) ซึ่งสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{\lambda D}{L_1}\frac{\left(\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1}\right)}{(T_2 - T_1)} \qquad \text{(ค-24)}$$

จัดสมการในรูปสมการเชิงเส้นได้ว่า

$$\frac{1}{x_2} = \frac{\alpha L_1}{\lambda D}T_2 + \left(\frac{1}{x_1} - \frac{\alpha L_1 T_1}{\lambda D}\right) \qquad \text{(ค-25)}$$

พิจารณาสมการ (ค-25) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนสามารถหาได้จากความชันของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (T_2) กับส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ ($1/x_2$) จะได้

$$slope = \frac{\alpha L_1}{\lambda D} \qquad \text{(ค-26)}$$

ดังนั้นค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (α) สามารถหาได้จากสมการ

$$\alpha = \frac{m\lambda D}{L_1} \qquad \text{(ค-27)}$$

เมื่อ m คือ ความชันที่ได้จากกราฟ ($slope$)

L_1 คือ ความยาวเริ่มต้นของวัตถุ (m)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ส่วนประกอบของชุดทดลอง

ชุดทดลองที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี่ยวเบนแสง มีส่วนประกอบดังนี้

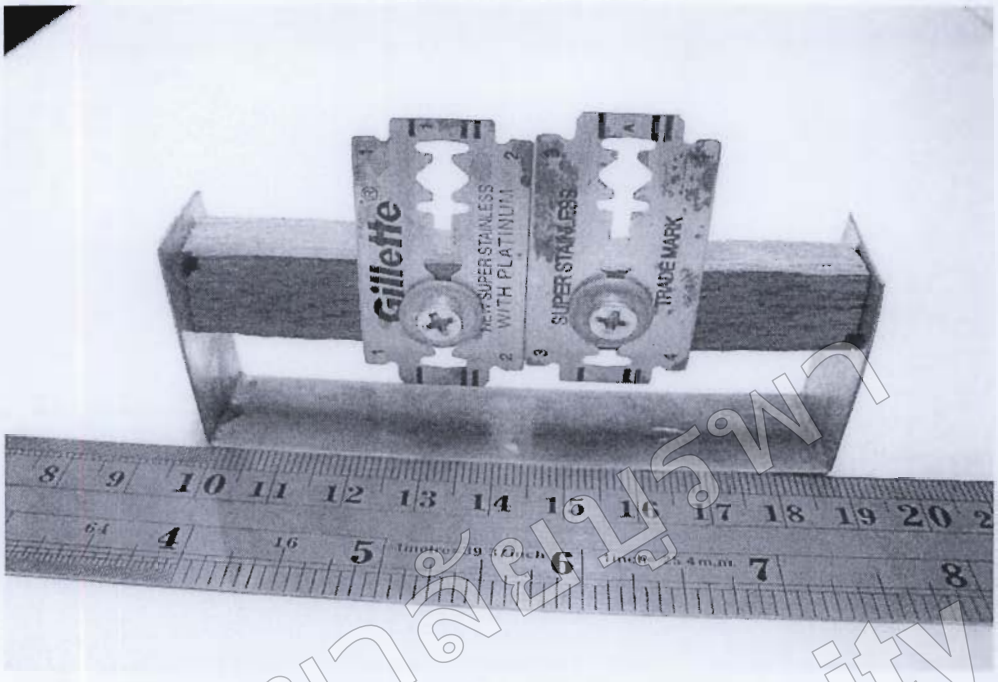
1. นำแผ่นอะลูมิเนียมขนาด กว้าง 2 cm ยาว 17 cm มาดัดเป็นรูปตัวยู ให้มีลักษณะดังภาพที่ ค-3 โดยให้ความยาวที่เป็นส่วนฐานรูปตัวยูของอะลูมิเนียม (L_1) เท่ากับ 0.090 m

2. นำท่อนไม้ขนาด ยาว 4 cm กว้าง 1.5 cm สูง 1.5 cm สองท่อน มายึดติดกับปลายทั้งสองด้านของแผ่นวัสดุ คือ อลูมิเนียม พร้อมทั้งนำแผ่นใบมีดโกนสองแผ่นมายึดติดกับปลายท่อนไม้ให้อยู่ตรงกลาง และทำให้เกิดช่องแคบน้อย ๆ ระหว่างแผ่นใบมีดโกน ดังภาพที่ ค-4

3. บีกเกอร์ขนาด 1000 ml	1	ใบ
4. เตาสำหรับให้ความร้อน 220V	1	เครื่อง
5. เทอร์โมมิเตอร์	1	อัน
6. เลเซอร์	1	ตัว
7. ขาตั้ง	3	อัน

ภาพที่ ค-2 อลูมิเนียมดัดเป็นรูปตัวยู

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ ค-3 อลูมิเนียมยึดติดกับท่อนไม้และใบมีดโกน

วิธีการทดลอง

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ใช้ใบมีดโกนทำหน้าที่เป็นช่องแคบเดี่ยวเป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดการเลี้ยวเบนแสง มีวิธีการทดลองดังนี้

1. ติดตั้งชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนโดยใช้อะลูมิเนียม

2. กำหนดระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวถึงฉาก 1.5 m บันทึกอุณหภูมิเริ่มต้น (T_1)

3. บันทึกความกว้างของแถบสว่าง โดยการขีดปลายขอบของแถบสว่างที่กว้างสุด (แถบตรงกลาง) ทั้งสองข้าง

4. เปิดเตาให้ความร้อน

5. บันทึกอุณหภูมิที่ 40, 50, 60, 70, 80 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งบันทึกความกว้างของแถบสว่าง โดยการขีดปลายขอบของแถบสว่างที่กว้างสุด (แถบตรงกลาง) ทั้งสองข้าง บนฉาก (กระดาษ)

6. นำฉาก (กระดาษ) มาวัดความกว้างที่ได้จากการทดลอง ทำการหารสองค่าความกว้างที่ได้ พร้อมบันทึกค่าเป็น x และ $1/x$ ตามลำดับ

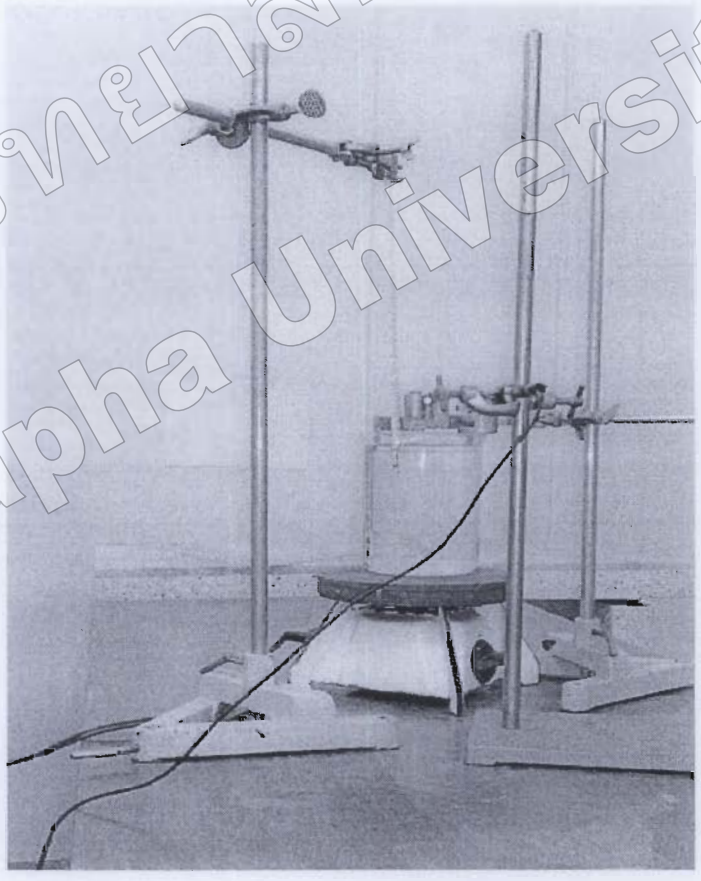
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

7. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ ($1/x_2$) กับอุณหภูมิ (T_2)

8. เลือกจุดที่พิจารณาบนกราฟที่ได้จากการทดลองสองจุดแล้วคำนวณหาค่าความชันของกราฟ (หรืออาจใช้ความชันของกราฟจากสมการที่ได้จากกราฟในโปรแกรม Microsolf Excel ตามรูปของสมการเชิงเส้น y=mx+c)

9. นำค่าความชันที่ได้คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (α) แทนค่าในสมการที่ ข-36

10. นำค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับทฤษฎีและคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลอง



ภาพที่ ค-4 การจัดตำแหน่งของอุปกรณ์ชุดการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

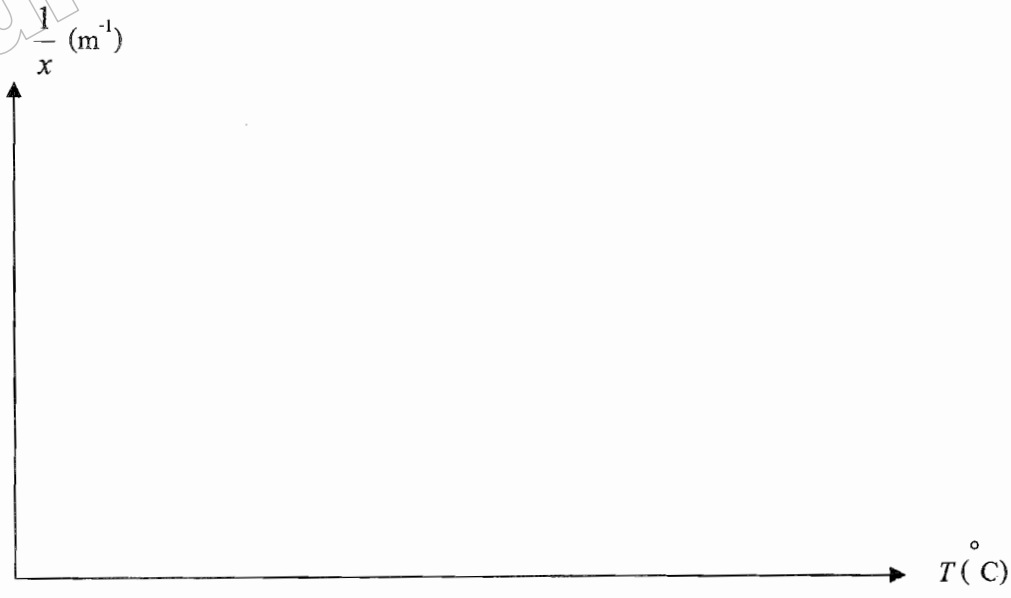
ผลการทดลอง

การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

ตารางที่ ค-3 ค่าระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดแรกกับอุณหภูมิของอลูมิเนียม ที่ระยะห่างจากฉาก 1.50 m

T ($^{\circ}$C)	x (m)	$1/x$ (m^{-1})
30		
40		
50		
60		
70		
80		

กราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดแรกกับอุณหภูมิ



มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เลือกจุดบนกราฟเพื่อนำมาพิจารณา 2 จุด แล้วคำนวณค่าความชันดังต่อไปนี้

$\left(\frac{1}{x}\right)_1$ = ...m^{-1} $\left(\frac{1}{x}\right)_2$ = ...m^{-1} $\Delta\left(\left(\frac{1}{x}\right)_2 - \left(\frac{1}{x}\right)_1\right)$ = ...m^{-1}

T_1 = ... $^{\circ}C$ T_2 = ... $^{\circ}C$ $\Delta(T_2 - T_1)$ = ...$^{\circ}C$

$$Slope = \frac{\Delta\left(\frac{1}{x}\right)}{\Delta T} = ...$$

นำค่า *Slope* มาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ดังนี้

$$Slope = \frac{\alpha L_1}{\lambda D}$$

=

คำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน (% error) จากการทดลอง

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

= .....%

= .....%

= .....%

จากการทดลองมีค่าความคลาดเคลื่อน.....%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คำถามนำไปสู่การวิเคราะห์ผลการทดลอง

1. จากการทดลองความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดแรกและอุณหภูมิเป็นอย่างไร

2. ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ได้จากการทดลองกับค่าอ้างอิงมีความคลาดเคลื่อนอย่างไรและถือว่าผลการทดลองนี้ใช้ได้หรือไม่

วิเคราะห์ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ง

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ที่ ศธ 0525.7(03)/ว.130

คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

22 เมษายน 2556

เรื่อง แจ้งผลพิจารณาบทความ

เรียน คุณนพรัตน์ ครุฑเกิด และคณะวิจัย

ตามที่ท่านได้ส่งบทความ เรื่อง "ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว" เพื่อพิจารณาเข้าร่วมประชุมวิชาการฟิสิกส์ประยุกต์แห่งชาติ ครั้งที่ 1 (The 1st National Conference of Applied Physics) การประยุกต์ฟิสิกส์ไทยสู่อุตสาหกรรมระดับอาเซียน ในวันที่ 26 เมษายน 2556 เวลา 8.00 – 16.00 น. ณ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ บัดนี้ทางคณะกรรมการจัดการประชุมมีความยินดีแจ้งให้ท่านทราบบทความของท่านได้ผ่านการพิจารณาให้เข้าร่วมนำเสนอในการประชุมในรูปแบบบรรยาย (Oral Presentation)

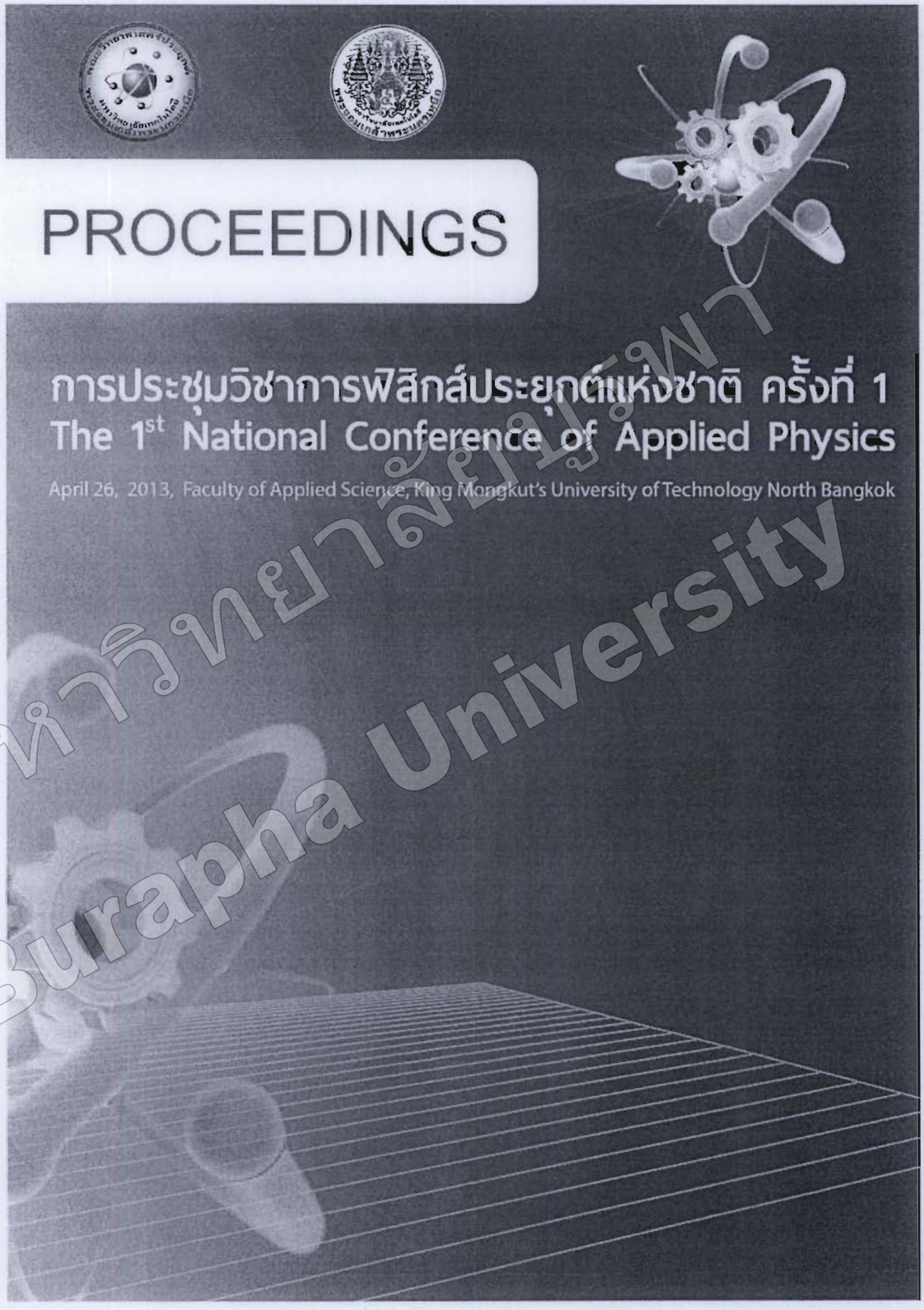
จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร. สุรพันธ์ ยิ้มมั่น)
ประธานจัดการประชุมวิชาการฟิสิกส์ประยุกต์แห่งชาติ ครั้งที่ 1

ภาควิชาฟิสิกส์อุตสาหกรรมและอุปกรณ์การแพทย์
โทร. 0-2555-2000 ต่อ 4402, 4404
โทรสาร. 0-2587-8253

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

The 1st National Conference of Applied Physics NCAP2013

NCAP10 - ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว

นพรัตน์ กรุฑเกิด และ นิรันดร์ วิทิตอนันต์*

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา จ.ชลบุรี

*Corresponding author, E-mail: nirun@buu.ac.th

บทคัดย่อ — งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว เพื่อ ทดลองวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของอลูมิเนียมและสังกะสีด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้น ผลการศึกษาพบว่าชุดทดลองวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุอย่างง่ายในงานวิจัยนี้ประกอบด้วยวัสดุทดสอบ คือแผ่นช่องแคบเดี่ยว ปิยเกอร์ ชุดให้ความร้อน เทอร์โมมิเตอร์ และแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ แนวคิดของชุดทดลองที่สร้างขึ้นคือ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นขนาดริ้วการแทรกสอดจากช่องแคบเดี่ยวมีค่าเท่ากับขนาดของวัสดุทดสอบที่เปลี่ยนไปโดยค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอลูมิเนียมและสังกะสีจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีค่าเท่ากับ $22.7\times10^{-6}\,^{\circ}C^{-1}$ และ $26.9\times10^{-6}\,^{\circ}C^{-1}$ ตามลำดับ และมีเปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 10%

คำสำคัญ: สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน แสงเลี้ยวเบน

บทนำ

การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (thermal expansion) เป็นสมบัติที่น่าสนใจอย่างหนึ่งของวัสดุ ตัวอย่างของการขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่สามารถพบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การขยายตัวหรือการหดตัวของสสารในหลอดแก้วที่เปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิด้วยอัตราส่วนคงที่ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้ในการทำเทอร์โมมิเตอร์ หรือ การขยายตัวของพื้นสะพาน ถนน รางรถไฟ เมื่อได้รับความร้อนจากแสงอาทิตย์เป็นเวลานาน ทำให้การออกแบบสิ่งก่อสร้างเหล่านี้ จำเป็นต้องมีการเว้นระยะหรือบ็อยต่อเพื่อให้ พื้นสะพาน ถนน หรือ รางรถไฟ สามารถขยายตัวได้โดยไม่เกิดความเสียหายเมื่อได้รับความร้อนแล้วทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นกว่าสภาพปกติเป็นต้น

ในสภาพปกติที่อุณหภูมิห้อง อะตอมในโครงสร้างของวัสดุจะมีการเคลื่อนที่ตลอดเวลาในลักษณะของการเคลื่อนที่เข้าใกล้กันเนื่องจากแรงดึงดูด (attraction force) และการเคลื่อนที่ออกห่างจากกันเนื่องจากแรงผลัก (repulsion force) ซึ่งการเคลื่อนที่นี้เกิดขึ้นตลอดเวลาในลักษณะของการสั่น (oscillate) รอบจุดสมดุล ด้วยขนาดที่มีค่าประมาณ 10^{-11} m ที่ความถี่ประมาณ 10^{13} Hz เป็นผลให้ระยะห่างระหว่างอะตอมมีค่าประมาณ 10^{-10} m แต่เมื่ออุณหภูมิวัสดุสูงขึ้น การสั่นตัวเนื่องจากจากแรงดึงดูดและแรงผลักของอะตอมในวัสดุก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นผลให้ระยะห่างระหว่างอะตอมมีค่าเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้หากเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ผลสุดท้ายวัสดุจะมีการยืดตัวหรือขยายตัวที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิปกติ และในทำนองเดียวกันวัสดุนั้นจะหดสั้นลงเมื่ออุณหภูมิของวัสดุต่ำกว่าอุณหภูมิปกติ [1]

ทั้งนี้สมบัติทางความร้อนของวัสดุสามารถบอกได้ด้วย ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (thermal expansion coefficient) ซึ่งมีค่าเท่ากับความแตกต่างของความยาวหรือปริมาตรของวัสดุที่เปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิของวัสดุเปลี่ยนไป 1 $^{\circ}C$ เทียบกับความยาวหรือปริมาตรเริ่มต้น ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนนั้นเป็นลักษณะเฉพาะของวัสดุนั้นๆ ซึ่งขึ้นกับสมบัติของวัสดุเช่น องค์ประกอบทางเคมี โครงสร้างผลึก อุณหภูมิของจุดหลอมเหลว ความหนาแน่น เป็นต้น จากความสำคัญของการขยายตัวของวัสดุเนื่องจากความร้อนดังกล่าวข้างต้น ทำให้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการขยายตัวของวัสดุเนื่องจากความร้อน ทั้งในด้านการวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ และ ในด้านวิธีการวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

สำหรับการวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุนั้นสามารถทำได้ทั้งแบบการวัดทางตรงและการวัดทางอ้อม ซึ่งมีนักวิจัยหลายกลุ่มให้ความสนใจศึกษาวิจัยวิธีการวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยหลักการและเทคนิคต่างๆ กัน เช่น การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของไลหะโดยวิธีการวัดการเลี้ยวเบนทางแสงผ่านสลิตเดี่ยว [2,3] การสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน [4] การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของของแข็งด้วย Michelson Interferometer [5] เป็นต้น

บทความวิจัยนี้เป็นรายงานผลการสร้างชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว โดยอาศัยหลักการว่าเมื่อขนาดวัสดุที่ติดกับช่องแคบเดี่ยวเปลี่ยนไป ริ้วการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ที่ส่องผ่านช่องแคบเดี่ยวที่เกิดขึ้นบนฉากรับแสงจะเปลี่ยนตามไปด้วย โดยขนาดของริ้วที่เปลี่ยนไปสามารถนำมาคำนวณหาอำระยะยืดของวัสดุที่เปลี่ยนไป สำหรับใช้คำนวณหาค่า

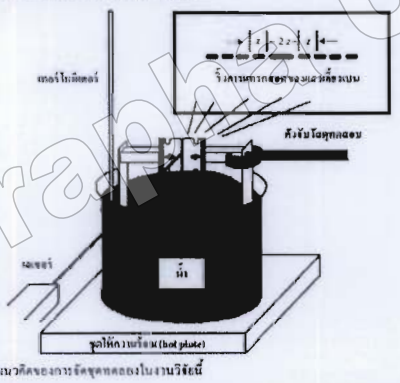
สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุทดสอบด้วยสมการพื้นฐาน ชุดทดลองนี้นอกจากใช้หาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุแล้ว ยังอาจใช้เป็นชุดสาธิตหรือชุดประกอบการเรียนการสอนเรื่องการขยายตัวเนื่องจากความร้อนอีกด้วย

ระเบียบวิธีวิจัย

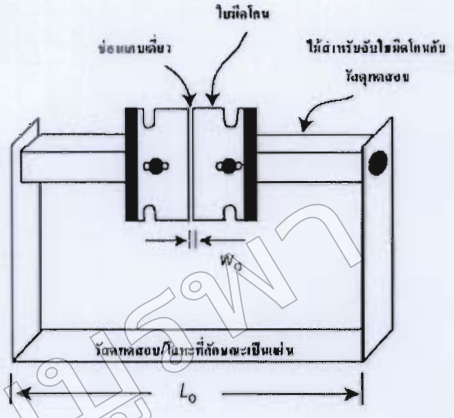
ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบเดี่ยวในงานวิจัยนี้ เป็นการวัดขนาดของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่ออุณหภูมิของวัสดุสูงขึ้นเทียบกับขนาดของวัสดุเดิม โดยอาศัยหลักการว่า เมื่อขนาดวัสดุที่ติดกับช่องแคบเดี่ยวเปลี่ยนไป ริ้วการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ที่ส่องผ่านช่องแคบเดี่ยวจะเปลี่ยนไปด้วย ทั้งนี้จากขนาดของริ้วการแทรกสอดที่เปลี่ยนไปบนฉากสามารถนำมาคำนวณหาค่าระยะยืด หรือ ขนาดของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไปน้อยๆ สำหรับใช้ในการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุทดสอบด้วยสมการพื้นฐานได้

แนวคิดของชุดทดลองที่สร้างในงานวิจัยนี้แสดงได้ดังรูปที่ 1 เริ่มจากนำวัสดุทดสอบขนาด L0 ติดกับอุปกรณ์สำหรับสร้างช่องแคบเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งมีขนาดความกว้างของช่องแคบเดี่ยวเท่ากับ W_0 (ค่าเริ่มต้น) การทดลองเริ่มจากนำบางส่วนของวัสดุทดสอบไปแช่ในน้ำอุณหภูมิห้อง (T_0) จากนั้นใช้เลเซอร์ส่องผ่านช่องแคบที่สร้างขึ้นนี้ ซึ่งทำให้เกิดริ้วการแทรกสอดเริ่มต้นขนาด Z_0 บนฉาก

สำหรับอุปกรณ์สร้างช่องแคบเดี่ยวที่ต้องนำวัสดุทดสอบมาติดตั้งแสดงได้ดังรูปที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย วัสดุสำหรับทดสอบ ในงานวิจัยนี้ใช้ อลูมิเนียมและสังกะสี ตัดเป็นรูปตัวยูขนาดกว้างขนาด L_0 ติดด้านหนึ่งกับไม้ (เพื่อไม่ให้เกิดการถ่ายเทความร้อนจากวัสดุทดสอบที่แช่อยู่ในน้ำอุณหภูมิสูงไปยังใบมีดโกน) ส่วนอีกด้านไร้เป็นตัวยึดกับใบมีดโกนที่วางตัวขนานกัน เพื่อให้เกิดที่ช่องระหว่างใบมีดโกนในลักษณะของช่องแคบเดี่ยว



รูปที่ 1 แนวคิดของการวัดชุดทดลองในงานวิจัยนี้



รูปที่ 2 ลักษณะของช่องแคบเดี่ยวที่ทำจากวัสดุทดสอบ

สำหรับแนวทางการทดลองใช้ชุดทดลองอย่างง่ายที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ เพื่อวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะทดสอบ ซึ่งได้แก่ อลูมิเนียมและสังกะสี โดยเริ่มจากจัดชุดทดลองตามรูปที่ 1 แล้วให้ความร้อนแก่น้ำในบีกเกอร์ที่วัสดุทดสอบแช่อยู่ เมื่อน้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก T_0 เป็น T แล้วทำให้ขนาดของวัสดุทดสอบเพิ่มขึ้น จาก L_0 เป็น L ส่งผลให้ใบมีดโกนที่ติดกับไม้ซึ่งยึดอยู่กับแขนของวัสดุทดสอบมีการขยายตัว ซึ่งทำให้ขนาดช่องแคบเดี่ยวมีขนาดเพิ่มขึ้นจาก W_0 เป็น W ส่งผลให้ริ้วการแทรกสอดบนฉากมีการเปลี่ยนจาก Z_0 เป็น Z ทั้งนี้จากระยะยืด หรือ ขนาดของวัสดุทดสอบที่เพิ่มขึ้น ΔL สามารถนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุทดสอบจากสมการที่เกี่ยวข้อง

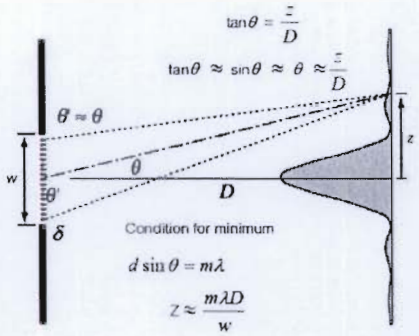
รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างริ้วการแทรกสอดที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านช่องแคบเดี่ยวและปริมาณที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้จากรูปที่ 3 และสมการการแทรกสอดจากการเลี้ยวเบนของช่องแคบเดี่ยว ได้ตามสมการ (1)

$$W_0 = \frac{\lambda D}{Z_0}$$

$$W = \frac{\lambda D}{Z}$$

ดังนั้น $\Delta L = W - W_0 = \frac{\lambda D}{Z} - \frac{\lambda D}{Z_0}$

จะได้ว่า $\Delta L = \lambda D\left[\frac{1}{Z} - \frac{1}{Z_0}\right]$ (1)



รูปที่ 3 รีวิวการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยว

เมื่ออุณหภูมิของวัสดุทดสอบเปลี่ยนไป ($\Delta T = T - T_0$) ขนาดของวัสดุทดสอบจะเปลี่ยนแปลงขนาด $\Delta L = L - L_0$ ตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปด้วย ซึ่งเป็นไปตามสมการ (2)

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T \qquad (2)$$

เมื่อ α คือ ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน จากสมการ (2) สามารถหาค่า α ได้ตามสมการ (3)

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \Delta T} \qquad (3)$$

เมื่อแทนค่า ΔL จากสมการ) 1) ใน สมการ (3 จะทำให้สามารถหาค่า (α ได้ตามสมการ (4)

$$\alpha = \frac{\lambda D\left[\frac{1}{Z} - \frac{1}{Z_0}\right]}{L_0(T - T_0)} \qquad (4)$$

ทั้งนี้จากการทดลองเมื่อแปรค่าอุณหภูมิ (T) ขนาดของรีวิวการแทรกสอดจากการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว (Z) จะเปลี่ยนแปลงไป จากสมการ (4) จะได้ตามสมการ (5)

$$\frac{1}{Z} = \frac{\alpha L_0}{\lambda D} T + \left[\frac{1}{Z_0} - \frac{\alpha L_0 T_0}{\lambda D}\right] \qquad (5)$$

เมื่อนำค่า T และ 1/Z มาเขียนกราฟจะได้เส้นตรงที่มีความชันตามสมการ (6) เท่ากับ

$$\text{slope} = \frac{\alpha L_0}{\lambda D} \qquad (6)$$

ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (α) ของวัสดุทดสอบในงานวิจัยนี้สามารถหาได้จากสมการ (7)

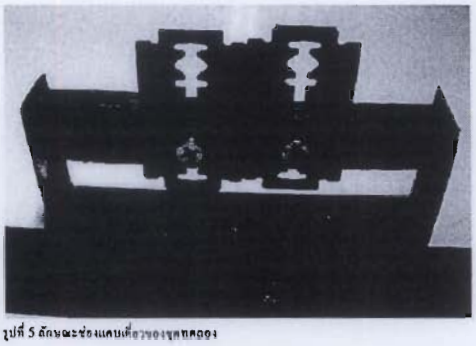
$$\alpha = \frac{\lambda D}{L_0} \text{slope} \qquad (7)$$

ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล

ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่สร้างในงานวิจัยนี้ มีลักษณะโดยรวมดังแสดงในรูปที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย (1) แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ (λ = 650 nm) พร้อมชุดจับและขาตั้งเลเซอร์สำหรับใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงของชุดทดลอง (2) วัสดุทดสอบเป็นแผ่นโลหะตัดเป็นรูปตัวยู พร้อมติดใบมีดโกนทำให้เกิดช่องแคบเดี่ยว ดังแสดงในรูปที่ 5 (3) บีกเกอร์ใส่น้ำพร้อมเทอร์โมมิเตอร์และชุดให้ความร้อนสำหรับเพิ่มอุณหภูมิแก่วัสดุทดสอบ และ (4) ฉากสำหรับรับรีวิการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยวที่ติดกับวัสดุทดสอบ

รูปที่ 4 ชุดทดลองที่วัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



รูปที่ 5 ลักษณะช่องแคบเดี่ยวของชุดทดลอง

รูปที่ 6 ริ้วการแทรกสอดผ่านช่องแคบเดี่ยวของอลูมิเนียม

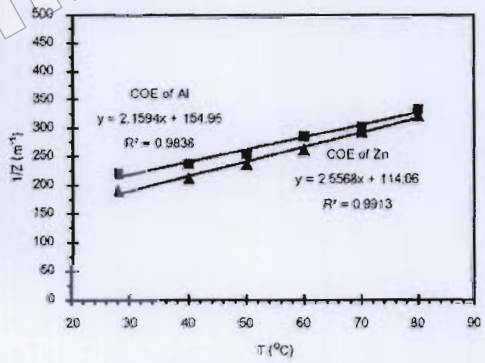
รูปที่ 7 ริ้วการแทรกสอดผ่านช่องแคบเดี่ยวของสังกะสี

ตารางที่ 1 ขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอด (Z) และ ส่วนกลับ (1/Z) ของวัสดุทดสอบ ที่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ (T)

T (°C)	Aluminum (Al)		Zinc (Zn)	
	Z (m)	1/Z (m^{-1})	Z (m)	1/Z (m^{-1})
28.0	0.0045	222	0.0052	192
40.0	0.0042	238	0.0047	213
50.0	0.0039	256	0.0042	238
60.0	0.0035	286	0.0038	263
70.0	0.0033	303	0.0034	294
80.0	0.0030	333	0.0031	323

รูปที่ 6 และ รูปที่ 7 เป็นรูปแสดงตัวอย่างริ้วการแทรกสอดของแสงเลเซอร์ที่ส่องผ่านช่องแคบเดี่ยวสัมผัสกับวัสดุทดสอบขนาดความยาว L_y เท่ากับ 9cm แล้วไปตกบนฉากรับแสงซึ่งวางห่างออกไปเป็นระยะ D เท่ากับ 150 cm โดยวัสดุทดสอบที่ใช้ในการทดลองมี ชนิดคืออลูมิเนียมและสังกะสี 2 ทำการทดลองโดยให้อุณหภูมิเริ่มต้นที่อุณหภูมิห้อง (28 °C) จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นครั้งละ 10 °C ถึง อุณหภูมิเท่ากับ 80 °C จากการทดลองพบว่าได้ขนาดความกว้างของริ้วการแทรกสอด (Z) ที่แปรค่าตามอุณหภูมิ (T) ที่ใช้ทดลองดังแสดงในตารางที่ 1

เมื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง 1/Z และ T (รูปที่ 8) พบว่าค่าความชันของอลูมิเนียมมีค่าเท่ากับ 2.16 $m^{-1}.°C^{-1}$ ส่วนสังกะสีมีค่าเท่ากับ 2.56 $m^{-1}.°C^{-1}$ เมื่อนำความชันที่ได้ไปแทนค่าในสมการ (6) พบว่าอลูมิเนียมมีค่า α เท่ากับ $22.7X10^{-6}$ $°C^{-1}$ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานซึ่งเท่ากับ $23.1X10^{-6}$ $°C^{-1}$ [1] มีค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับ 1.5% ส่วนสังกะสีมีค่า α เท่ากับ $26.9X10^{-6}$ $°C^{-1}$ เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานซึ่งเท่ากับ $26.3X10^{-6}$ $°C^{-1}$ [1] มีค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.4%



รูปที่ 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างส่วนกลับของความกว้างของริ้วการแทรกสอด (1/Z) กับ อุณหภูมิ (T) ของวัสดุทดสอบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากผลการวิจัยพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐาน โดยมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5% แสดงให้เห็นว่าวิธีการและชุดทดลองที่สร้างขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโลหะชนิดต่างๆ ได้ นอกจากนี้ชุดทดลองที่สร้างขึ้นยังใช้ชิ้นส่วนที่สามารถหาได้ทั่วไป อีกทั้งขั้นตอนการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน จึงเหมาะสำหรับนำไปใช้สาธิตหรือประกอบการสอนในเนื้อหารายวิชาที่เกี่ยวข้องได้อีกด้วย

สรุปผลงานวิจัย

ชุดวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่สร้างในงานวิจัยนี้เป็นการวัดทางอ้อม อาศัยหลักการว่าริ้วการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบเดี่ยวมีขนาดสัมพันธ์กับขนาดของวัสดุที่เปลี่ยนไปตามอุณหภูมิ ชุดทดลองประกอบด้วย วัสดุทดสอบติดกับแผ่นช่องแคบเดี่ยว บีกเกอร์ ชุดให้ความร้อน เทอร์โมมิเตอร์ และใช้เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสง ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนจากชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีค่าใกล้เคียงค่ามาตรฐาน โดยมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 5%

เอกสารอ้างอิง

[1] Serway, R.A. and J.W.Jewett. 2004. Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics. Thomson-Brooks/Cole, Belmont. 588 p.

[2] Piyarat, B., Kheamrutai, T., Pramot, S. and Pichet, L. 2008. Measurement of a Thermal Expansion Coefficient for a Metal by Diffraction Patterns from a Narrow Slit. Kasetsart J. (Nat. Sci.). 42: 346-350.

[3] Hasan, F. 2006. Quantitative Investigation of Thermal Expansion Using Single-Slit Diffraction. Phys. Teach. 44: 82-84.

[4] นิศารอ บุญประชม .2551. การสร้างชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนวิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต , มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[5] Ryan, S. and Bruce W.L. 2009. Using a Michelson Interferometer to Measure Coefficient of Thermal Expansion of Copper. Phys. Teach. 47: 306-308.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การประชุมทางวิชาการฟิสิกส์ประยุกต์แห่งชาติ ครั้งที่ ๑

The 1st National Conference of Applied Physics

วันที่ ๒๖ เมษายน ๒๕๕๖

ณ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ขอมอบเกียรติบัตรฉบับนี้เพื่อแสดงว่า ผลงานวิจัยเรื่อง

ชุดทดลองอย่างง่ายสำหรับวัดค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว

นพรัตน์ ครุฑเกิด, นิรันดร์ วิทิตอนันต์

ได้รับการคัดเลือกให้แสดงผลงานวิจัยในการประชุมครั้งนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ เหล่าสุขสถิตย์)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพันธ์ ยิ่มพั้น)
ประธานจัดการประชุมทางวิชาการฟิสิกส์ประยุกต์แห่งชาติ ครั้งที่ ๑
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ห้องสมุดบูรพาภิวัฒน์ Burapha Library