บทที่ 4
ผลการวิจัย

ในการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ผู้ดำเนินการวิจัยเสนอผลการวิจัยแบ่งเป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลอง การทดสอบชุดทดลอง การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะไม่ทราบชนิด การประเมินชุดทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การออกแบบและสร้างชุดทดลอง

ชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงที่ออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ใช้ตัวชี้เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสง นำวัตถุที่ต้องการทดสอบดัดเป็นรูปตัวยู แขนทั้งสองข้างของวัตถุยึดด้วยไม้สำหรับติดใบมีดโกนเพื่อทำหน้าที่ช่องแคบเดี่ยวเป็นอุปกรณ์สำหรับให้แสงเลเซอร์ส่องผ่าน แล้วเกิดการเลี้ยวเบนไปตกบนฉากที่ห่างออกไป หลังจากนั้นวัดความกว้างของริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากซึ่งเป็นผลมาจากการที่วัตถุได้รับความร้อนแล้วเกิดการขยายตัว ทำให้ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวเกิดการเปลี่ยนแปลง ระยะการยืดของวัตถุที่ได้รับความร้อนเท่ากับความยาวของช่องแคบเดี่ยวที่เปลี่ยนไปนำค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยวที่วัดได้บนฉากมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัตถุที่ต้องการต่อไป

อย่างไรก็ดีเนื่องจากริ้วการแทรกสอดของแสงเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยวมีระยะห่างของแถบมืดและแถบสว่างไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องคำนวณค่าต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องทางทฤษฎีเพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างชุดทดลองให้ได้ขนาดที่เหมาะสมกับการทดลอง แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาสร้างชุดทดลอง สุดท้ายจึงนำชุดทดลองที่สร้างเสร็จแล้วมาทดลองเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. การคำนวณหาค่าทางทฤษฎี

ชุดทดลองสำหรับหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงที่ออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นการวัดทางอ้อม โดยค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (α) ของวัตถุจะหาได้จากค่าความยาวของวัสดุที่เปลี่ยนไปหารด้วยผลคูณของความยาวเริ่มต้นกับผลต่างของอุณหภูมิ ซึ่งค่าความยาวของวัตถุที่เปลี่ยนไปสามารถวัดได้ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ดังนั้นข้อมูลสำคัญสำหรับการออกแบบและสร้างชุดทดลอง คือความกว้างของริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับความกว้างของช่องแคบเดี่ยว (a) ที่เปลี่ยนไปกับระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวถึงฉาก (D) โดยงานวิจัยนี้ใช้ใบมีดโกนทำหน้าที่เป็นช่องแคบเดี่ยว กรณีช่องแคบเดี่ยวสามารถหาระยะห่างจากกึ่งกลางแถบสว่างกลางถึงแถบมืดแรก (x) ได้จากสมการ

$$x = \frac{m'\lambda D}{a} \tag{4-1}$$

โดยที่ m' มีค่าเป็น 1 เนื่องจากเป็นแถบมืดแถบแรก

D คือ ระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวถึงฉาก

λ คือ ความยาวคลื่นแสงของแหล่งกำเนิดแสง (632.8 nm)

x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดแรก

a คือ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

ตารางที่ 4-1 แสดงค่าระยะจากแถบส่วางกึ่งกลางถึงแถบมืดแรก (x) ของริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นบนฉากซึ่งเป็นผลมาจากแสงเลี้ยวเบนแสง เมื่อระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวถึงฉาก (D) ต่าง ๆ กัน ที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ตามสมการที่ (4-1) เมื่อแปรค่าระยะ D ในช่วง 0.5 m ถึง 2.5 m โดยสมมุติให้ความกว้างของช่องแคบเดี่ยวมีค่าน้อยมาก (a = 0.0005 m) พบว่าค่าระยะ x ที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าอยู่ในช่วง 0.0006 m ถึง 0.0032 m ตามลำดับ จะเห็นว่าเมื่อฉากอยู่ห่างจากช่องแคบเดี่ยวมากขึ้นระยะ จากกึ่งกลางแถบสว่างกลางถึงแถบมืดแรก (x) ก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 4-1 ระยะจากแถบสว่างกึ่งกลางถึงแถบมืดแรก (x) เมื่อแปรค่าระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวถึงฉาก (D) จากการคำนวณทางทฤษฎี

D (m)	x (m)
0.5	0.0006
0.6	0.0008
0.7	0.0009
0.8	0.0010
0.9	0.0011
1.0	0.0013
1.1	0.0014
1.2	0.0015
1.3	0.0016
1.4	0.0018
1.5	0.0019
1.6	0.0020
1.7	0.0022
1.8	0.0023
1.9	0.0024
2.0	0.0025
2.1	0.0027
2.2	0.0028
2.3	0.0029
2.4	0.003
2.5	0.0032

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. ลักษณะของชุดทดลองที่ออกแบบและสร้างขึ้น

จากการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องพบว่าในการสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง โดยใช้ใบมีดโกนทำหน้าที่เป็นช่องแคบเดี่ยว สามารถออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อวัดค่าริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน ที่ระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวถึงฉาก (D) ตั้งแต่ 1.50 m ขึ้นไป โดยชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ดังแสดงในภาพที่ 4-1

ภาพที่ 4-1 ชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

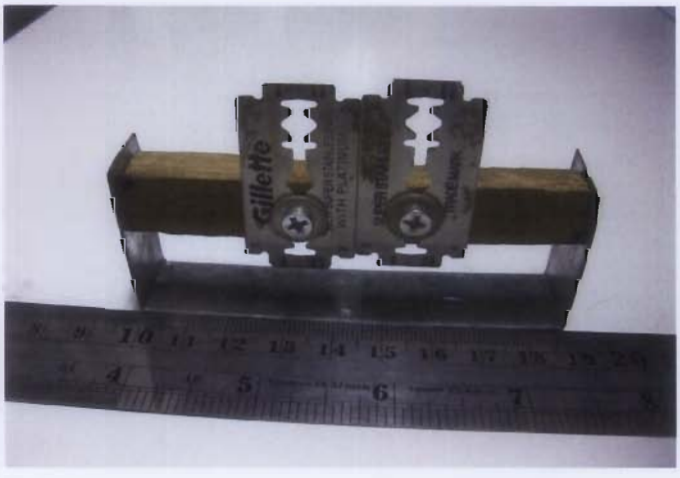
ชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง มีรายละเอียดดังนี้

2.1 แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงมีความยาวคลื่น 632.8 nm

2.2 แผ่นอลูมิเนียมและสังกะสีขนาด กว้าง 2 cm ยาว 17 cm มาดัดเป็นรูปตัวยู โดยให้ความยาวที่เป็นส่วนฐานรูปตัวยูของอะลูมิเนียม (L_1) เท่ากับ 0.090 m และสังกะสี 0.0092 m

2.3 อุปกรณ์สำหรับให้แสงเลเซอร์ส่องผ่านแล้วเกิดเลี้ยวเบนคือแผ่นใบมีดโกนซึ่งทำหน้าที่เป็นช่องแคบเดี่ยว ใช้แท่งไม้ขนาด ยาว 3.8 cm กว้าง 0.4 cm สูง 1.65 cm สองท่อนมายึดติดกับปลายทั้งสองด้านของแผ่นวัตถุ พร้อมทั้งนำแผ่นใบมีดโกนสองแผ่นมายึดติดกับปลายแท่งไม้ให้อยู่ตรงกลาง และทำให้เกิดช่องแคบน้อย ๆ ระหว่างแผ่นใบมีดโกน ดังภาพที่ 4-3

ภาพที่ 4-2 วัตถุดัดเป็นรูปตัวยู



ภาพที่ 4-3 วัตถุยึดติดกับท่อนไม้และใบมีดโกนสำหรับทำเป็นช่องแคบเดี่ยว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การทดสอบชุดทดลอง

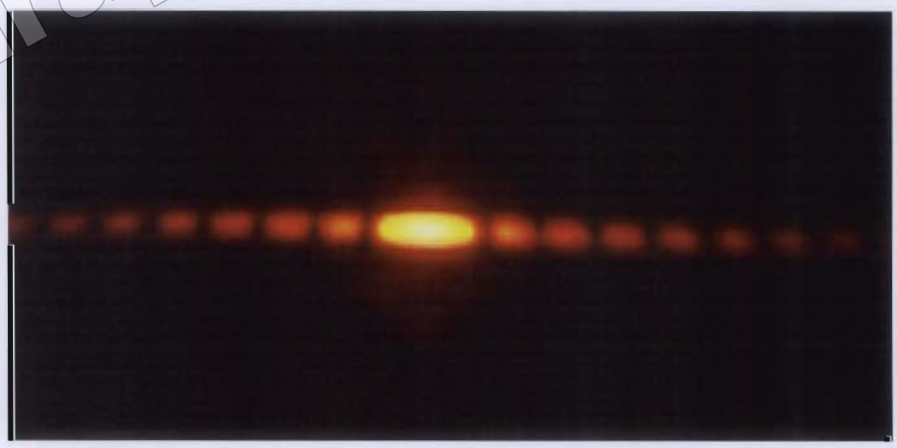
การทดสอบชุดทดลอง โดยนำไปทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัตถุ 2 ชนิดคืออลูมิเนียมและสังกะสี มีผลการทดลอง ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอลูมิเนียม

ภาพที่ 4-4 แสดงริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของอลูมิเนียมเปลี่ยนแปลง สำหรับนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ตารางที่ 4-2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอลูมิเนียม จากชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัย พบว่าเมื่อใช้ระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวต่างกัน 3 ค่า คือ 1.5 m 1.7 m และ 1.9 m ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ได้มีค่าเท่ากับ 22.2×10^{-6} $^{\circ}C^{-1}$ 24.5×10^{-6} $^{\circ}C^{-1}$ และ 22.6×10^{-6} $^{\circ}C^{-1}$ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนเท่ากับ 23.1×10^{-6} $^{\circ}C^{-1}$

ตารางที่ 4-2 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอลูมิเนียม

ระยะ D (m)	α ($^{\circ}C^{-1}$)	$\bar{\alpha}$ ($^{\circ}C^{-1}$)
1.5	22.2×10^{-6}	
1.7	24.5×10^{-6}	23.1×10^{-6}
1.9	22.6×10^{-6}	



ภาพที่ 4-4 ตัวอย่างริ้วการแทรกสอดของอลูมิเนียม

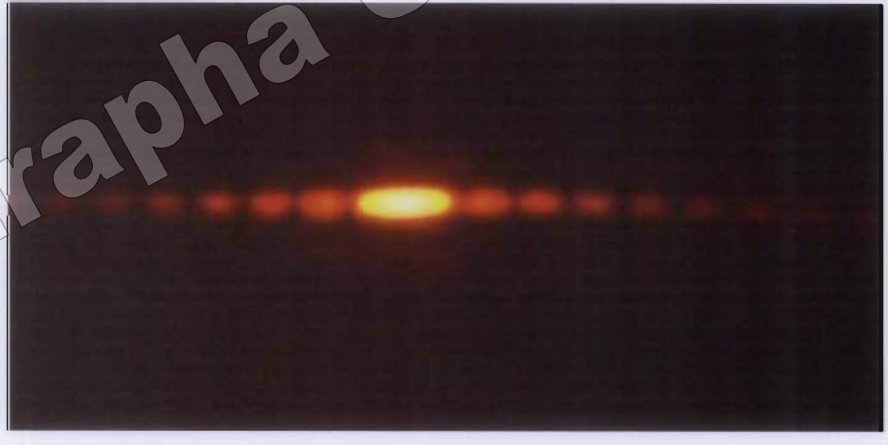
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของสังกะสี

ภาพที่ 4-5 แสดงริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสังกะสีเปลี่ยนแปลง สำหรับนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ตารางที่ 4-3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของสังกะสี จากชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัย พบว่าเมื่อใช้ระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวต่างกัน 3 ค่า คือ 1.5 m 1.7 m และ 1.9 m ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ได้มีค่าเท่ากับ 27.2×10^{-6} $^{o}C^{-1}$ 27.6×10^{-6} $^{o}C^{-1}$ และ 27.5×10^{-6} $^{o}C^{-1}$ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนเท่ากับ 27.4×10^{-6} $^{o}C^{-1}$

ตารางที่ 4-3 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของสังกะสี

ระยะ D (m)	α ($^{o}C^{-1}$)	α ($^{o}C^{-1}$)
1.5	27.2×10^{-6}	
1.7	27.6×10^{-6}	27.4×10^{-6}
1.9	27.5×10^{-6}	



ภาพที่ 4-5 ตัวอย่างริ้วการแทรกสอดของสังกะสี

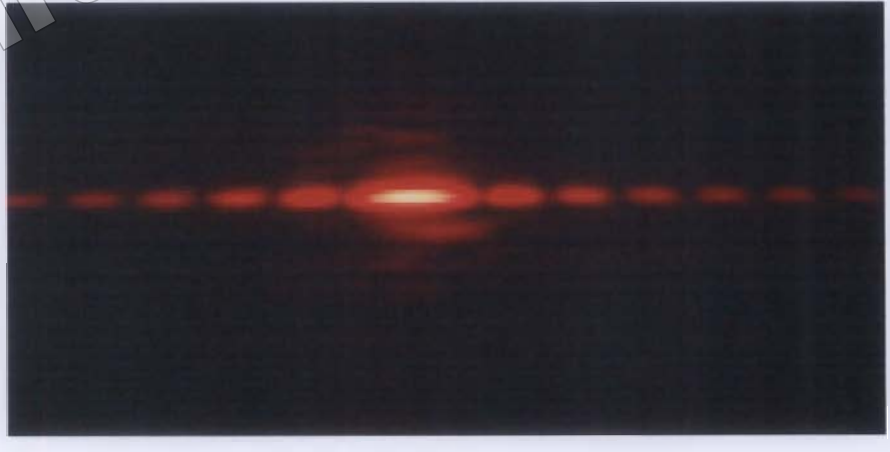
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะไม่ทราบชนิด

ผลของการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะไม่ทราบชนิด แสดงได้ดังภาพที่ 4-6 ซึ่งเป็นริ้วการแทรกสอดที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของโลหะไม่ทราบชนิดเปลี่ยนแปลง สำหรับนำมาคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน ตารางที่ 4-4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะไม่ทราบชนิด จากชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัย พบว่าเมื่อใช้ระยะห่างจากช่องแคบเดี่ยวต่างกัน 3 ค่า คือ 1.5 m 1.7 m และ 1.9 m ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนที่ได้มีค่าเท่ากับ 17.8×10^{-6} $^{\circ}C^{-1}$ 17.9×10^{-6} $^{\circ}C^{-1}$ และ 17.7×10^{-6} $^{\circ}C^{-1}$ ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนเท่ากับ 17.8×10^{-6} $^{\circ}C^{-1}$ เมื่อนำไปเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับสเตนเลส ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของสเตนเลส คือ 17.2×10^{-6} $^{\circ}C^{-1}$ (สุวันชัย พงษ์สุกิจวัฒนา และคณะ, 2547)

ตารางที่ 4-4 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะไม่ทราบชนิด

ระยะ D (m)	α ($^{\circ}C^{-1}$)	$\bar{\alpha}$ ($^{\circ}C^{-1}$)
1.5	17.8×10^{-6}	
1.7	17.9×10^{-6}	17.8×10^{-6}
1.9	17.7×10^{-6}	



ภาพที่ 4-6 ตัวอย่างริ้วการแทรกสอดของโลหะไม่ทราบชนิด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การประเมินชุดทดลอง

ผู้วิจัยได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง เนื้อหาในการประเมินชุดทดลองมีดังต่อไปนี้

1. เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดลองกับค่ามาตรฐาน

จากผลการทดลองนำค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอลูมิเนียมและสังกะสีมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ซึ่งค่ามาตรฐานของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของอลูมิเนียมและสังกะสีเท่ากับ $24x10^{-6}\ ^{o}C^{-1}$ (พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ และวีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, 2549) และ $26.3x10^{-6}\ ^{o}C^{-1}$ (สุวันชัย พงษ์สุกิจวัฒนา และคณะ, 2547) จากผลการทดลองพบว่าอลูมิเนียมและสังกะสีมีค่าความคลาดเคลื่อน 3.75% และ 4.18% ตามลำดับ

2. การวิเคราะห์แบบประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

จากตารางที่ 4-5 แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองเรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ในด้านประสิทธิภาพการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี ในด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.74 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี และคู่มือครูมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.67 ซึ่งมากกว่า 0.5 ถือว่าอยู่ในเกณฑ์ดี

สรุปผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองเรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 0.74 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 0.5

ตารางที่ 4-5 แสดงผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลอง

รายการความคิดเห็น	ค่า *IOC*
1. ด้านประสิทธิภาพการทดลอง	0.80
2. ด้านการออกแบบชุดทดลอง	0.74
3. ด้านคู่มือครู	0.67
ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองทั้ง 3 ด้าน	0.74

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. การวิเคราะห์แบบสอบถามของผู้เรียน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง จากนักเรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านฉางกาญจนกุลวิทยา จังหวัดระยอง

จากตารางที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง ในด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 แสดงว่านักเรียนเห็นด้วยอย่างยิ่ง ในด้านใบความรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.44 แสดงว่านักเรียนเห็นด้วย และในด้านใบทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.40 แสดงว่านักเรียนเห็นด้วย

สรุปผลการวิเคราะห์แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลอง เรื่อง การหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสงทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 4.47 ซึ่งแสดงว่านักเรียนเห็นด้วยกับชุดทดลองนี้

ตารางที่ 4-6 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นจากแบบสอบถามสำหรับนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง

รายการความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านการออกแบบชุดทดลอง	4.56	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2. ด้านใบความรู้	4.44	เห็นด้วย
3. ด้านใบทดลอง	4.4	เห็นด้วย
ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นทั้ง 3 ด้าน	4.47	เห็นด้วย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University