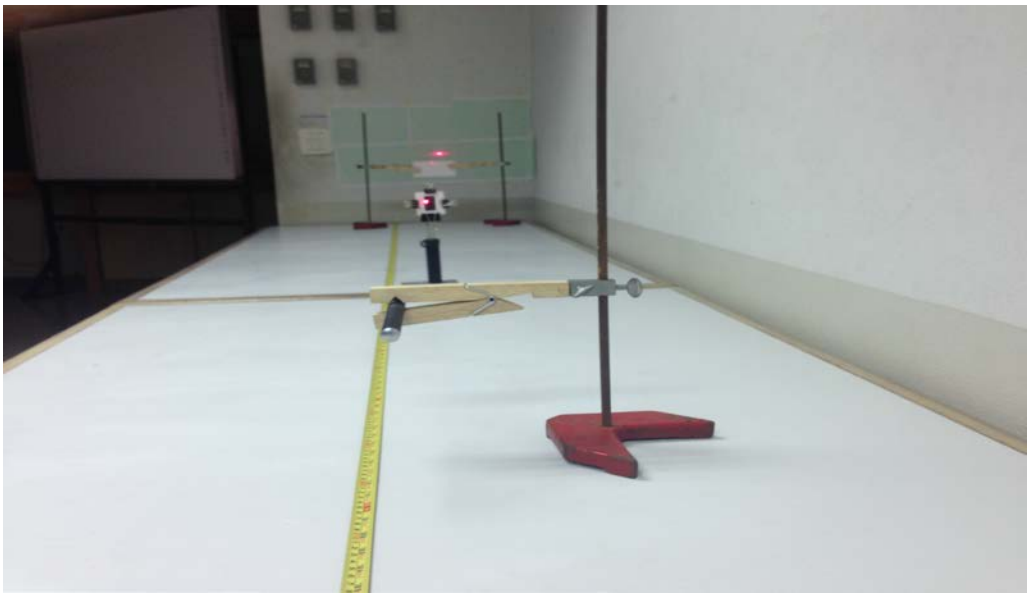
บทที่ 4 ผลการทดลอง

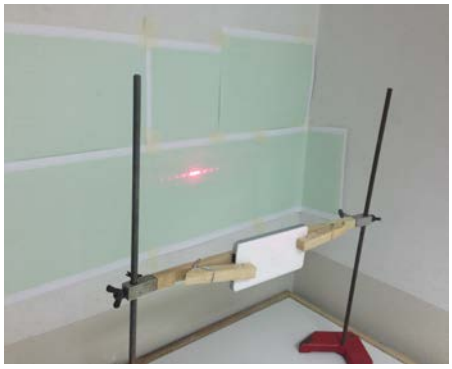
ในบทนี้จะกล่าวถึง ผลการออกแบบ การทดลอง การแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง แบบเฟรานโฮเฟอร์จากสลิทแผ่นฟิล์มกราฟิกที่ออกแบบสร้างด้วยโปแกรม Adobe Illustrator CS3 แล้ววิเคราะห์รูปแบบการกระจายความเข้มแสงเทียบตำแหน่งด้วยโปรแกรม Image J พร้อมทั้งนำเสนอการออกแบบการสอน หลักการ เรื่องการแทรกสอดและการ เลี้ยวเบนแสง แบบเฟรานโฮเฟอร์โดยการทดลองผ่านกระบวนการสอนแบบสืบเสาะให้นักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

4.1 ผลการศึกษาและออกแบบชุดทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์

จากการศึกษาและออกแบบชุดทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ ในการศึกษาและออกแบบผู้วิจัยสามารถประยุกต์วัสดุอุปกรณ์ที่มีอยู่ในห้องเรียนมาประกอบสร้างเป็นชุดทดลองแล้วทดลองออกแบบตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง แบบเฟรานโฮเฟอร์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการใช้งา นชุดทดลองที่ออกแบบขึ้น พบว่า ชุดอุปกรณ์การทดลองเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ จากวัสดุอย่างง่ายสามารถนำไปใช้ทดลองเพื่อศึกษาและเรียนรู้คุณสมบัติของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงในห้องเรียนได้จริง ดังตัวอย่างรูปที่ 4.1 และมีรายละเอียดชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ประกอบ ดังตัวอย่างรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 การจัดตั้งอุปกรณ์ชุดการทดลองการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์



(ก) ฉากรับภาพบอกตำแหน่งและแท่นยึดจับกล้องถ่ายรูปดิจิทัลมือถือ

(ข) ตัวจับสลิทที่ประยุกต์จากคลิปหนีบก้ามปูและรางวัดระยะจากตลับเมตร

(ค) ขาตั้งและแท่นยึดใช้จับเลเซอร์ให้ตั้งฉากกับสลิท

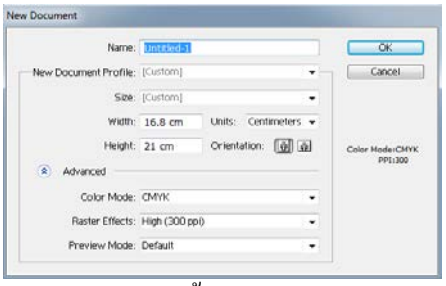
รูปที่ 4.2 ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ออกแบบชุดการทดลองอย่างง่ายการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์

ผลการออกแบบชุดทดลอง พบว่า แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ต้องเป็น ลำแสงขนาน วางห่างจากสลิท 0.5 เมตรเคลื่อนที่ผ่านสลิทขนาดต่างๆและการกำหนดระยะตำแหน่งจากสลิทมายังฉากรับภาพจะต้องเป็นระยะไกล การออกแบบกล้องบันทึกภาพจะใช้กล้อง 2 แบบ คือ กล้องดิจิทัล มือถือเพื่อความชัดเจนของระยะแถบมืดสว่างที่ตกบนฉากสเกลกราฟและ DSLR ที่ Speed Shutter 1/40 เพื่อความความชัดในการแปลงภาพถ่ายเป็นกราฟกระจายความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J โดยกล้องดิจิทัลทุกตัววางห่างจากฉาก 0.3 เมตร สำหรับความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์จะต้องมีค่า มากกว่าหรือเท่ากับความกว้างของช่องสลิท จึงจะส่งผลให้ ได้ลักษณะของภาพของการแทรกสอดการเลี้ยวเบนจะขยายกว้างที่จะสามารถแยกริ้วมืดสว่างได้ด้วยการสังเกต

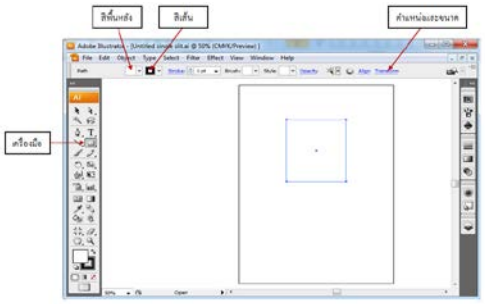
4.2 ผลการศึกษาออกแบบและสร้างสลิทที่ควบคุมขนาดได้ ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS3

4.2.1 ผลการออกแบบสลิทด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS3

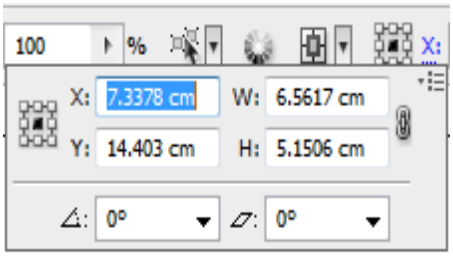
จากการศึกษาออกแบบสลิท เดี่ยวและ สลิทคู่ ที่ควบคุมขนาดได้ ระดับไมโครเมตร (μm) ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS3 ได้ทราบถึงขั้นตอนและกระบวนตั้งค่าตั้งต้นของ การออกแบบสลิท ดังตัวอย่างรูปที่ 4.3



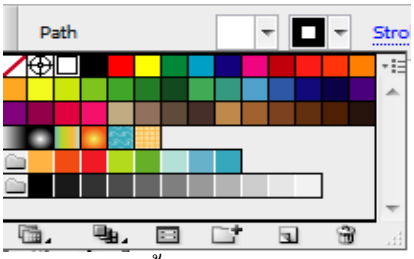
(ก) การตั้งค่ากระดาษ



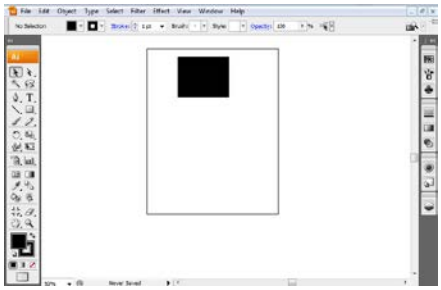
(ข) ขนาดกระดาษที่ตั้งค่า



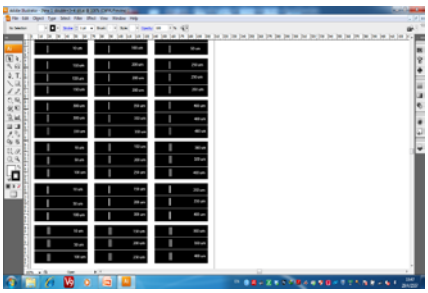
(ค) ขนาดแผ่นสลิท



(ง) สีพื้นหลังและความกว้างสลิท



(จ) แผ่นสลิทที่เลือกออกแบบ



(ฉ) สลิทที่ออกแบบ

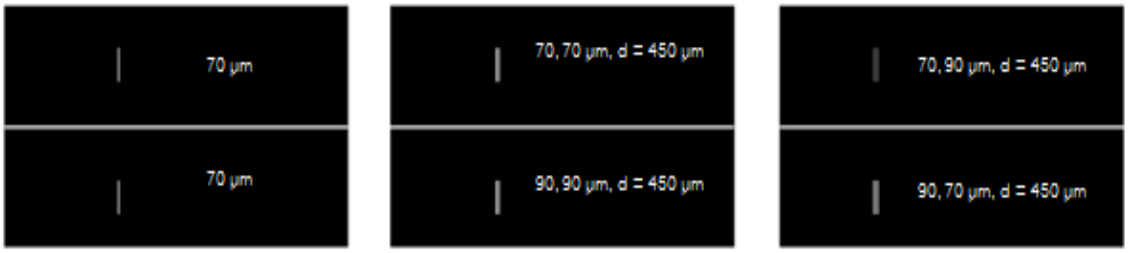
รูปที่ 4.3 กระบวนการตั้งค่าเริ่มต้นของการออกแบบสลิทที่ควบคุมขนาดได้ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS3

จากผลการออกแบบสลิทพบว่า คำสั่งในโปรแกรม Adobe Illustrator CS3 สามารถใช้ออกแบบสลิทที่มีความกว้างระดับไมโครเมตร (μm) ได้

4.2.2 ผลของการสร้างสลิทลงบนแผ่นฟิล์มกราฟิก

จากการนำสลิทที่ออกแบบเสร็จสมบูรณ์ ไปที่โรงพิมพ์ สุนทรฟิล์ม เพื่อทำการ พิมพ์ฟิล์ม ลงบนแผ่นฟิล์มกราฟิก ได้สลิทที่ควบคุมขนาดได้ตามออกแบบดังตัวอย่างรูปที่ 4.4

(ก) สลิทที่พิมพ์ลงแผ่นฟิล์มกราฟิก



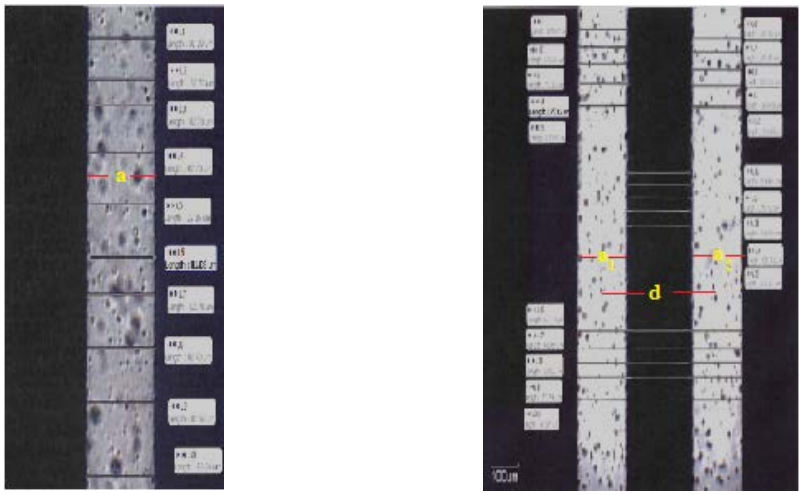
(ข) สลิทเดี่ยว (ค) สลิทคู่ช่องสมมาตร (ง) สลิทคู่ช่องไม่สมมาตร

รูปที่ 4.4 สลิทที่ควบคุมขนาดได้ที่พิมพ์ลงบนแผ่นฟิล์มกราฟิก

จากผลการสร้างสลิทลงบนแผ่นฟิล์มกราฟิกพบว่า ขั้นตอนการสั่งพิมพ์ฟิล์มต้องเลือกพิมพ์ฟิล์มชนิดเหมือนกับที่ออกแบบ (positive) ถึงจะสามารถสร้างสลิทที่ควบคุมขนาดได้ในรูปแบบที่หลากหลาย นอกเหนือจากขนาดที่มีขายตามเชิงพาณิชย์ทั่วไป

4.3 ผลการวิเคราะห์ความกว้างของช่องสลิทโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงด้วยโปรแกรม Motic Image Plus Version 2.0

จากผลการวิเคราะห์ความกว้างของช่อง สลิทเดี่ยว (a) และระยะห่างระ หว่างช่องสลิทคู่ (d) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงด้วยโปรแกรม Motic Image Plus Version 2.0 แสดงผลภาพถ่ายดังตัวอย่างรูปที่ 4.5



(ก) ภาพถ่ายการวิเคราะห์สลิทเดี่ยว (ข) ภาพถ่ายการวิเคราะห์สลิทคู่

รูปที่ 4.5 ภาพถ่ายผลการวิเคราะห์ความกว้างของช่องสลิทจากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงด้วยโปรแกรม Motic Image Plus Version 2.0

จากผลการทดลองที่แสดงดังตัวอย่างรูปที่ 4.5 พบว่าในการ วัดค่าความกว้างของ ช่องสลิทเดี่ยว (a) และค่าระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ (d) ได้วัดค่าความกว้าง ณ ตำแหน่งต่างๆ 10 ตำแหน่ง เพื่อดูความสม่ำเสมอของ ความกว้าง สลิท แล้วหาค่าเฉลี่ยสำหรับ 10 ตำแหน่งที่วัดได้เลือกเป็น ค่าความกว้างของช่องสลิทเดี่ยว (a) และค่าระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ (d) จากกล้องจุลทรรศน์เปรียบเทียบกับค่าความกว้างที่ออกแบบ ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS3 แสดงดังตัวอย่างตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความกว้างของช่องสลิทเดี่ยวที่ออกแบบและค่าความกว้างที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง

ค่าความกว้างของสลิทที่ออกแบบ (µm)	ค่าความกว้างของสลิทจากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง (µm)	% ความคลาดเคลื่อน
30	27.95	6.83
40	37.12	7.2
50	46.95	6.1
60	57.42	4.3
70	63.74	8.94
80	71.23	12.3
90	80.57	10.47
100	92.30	8.34
150	137.61	8.26
200	171.90	14.05
250	232.26	7.09
300	276.37	7.87
350	312.63	10.67
400	356.29	10.93

จากผลการเปรียบเทียบ ค่าความกว้างของ ช่องสลิทเดี่ยวที่อ อกแบบและค่าความกว้างที่ได้ ด้วยการวิเคราะห์จาก กล้องจุลทรรศน์เชิงแสง พบว่า ค่าความกว้างของช่องสลิทเดี่ยวที่ออก แบบจะมีค่าความกว้างมากกว่า ค่าความกว้างที่ได้ ด้วยการวิเคราะห์จาก กล้องจุลทรรศน์เชิงแสง หาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนค่าที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์เทียบกับค่าที่ออกแบบ ได้ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ไม่เกิน 15%

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความกว้างของระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ที่ออกแบบและค่าระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง

ค่าระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ที่ออกแบบ (μm)	ค่าระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่จากกล้องจุลทรรศน์ (μm)	% ความคลาดเคลื่อน
50	44.76	11.7
60	54.97	9.15
70	63.32	10.54
80	70.43	13.58
90	86.54	4.00
100	90.89	10.02
120	110.98	8.12
140	132.65	5.54
160	150.32	6.43
180	169.87	5.96
200	187.36	6.74
250	225.76	10.73
300	281.24	6.67
350	311.36	12.41
400	380.57	10.51
450	420.35	7.05
500	476.78	4.87
550	528.90	4.93

จากผลการเปรียบเทียบ ค่าความกว้าง ของระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ ที่ออกแบบและค่า ระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ ที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จาก กล้องจุลทรรศน์ เชิงแสง พบว่า ค่าความกว้างของระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ที่ออกแบบจะมีค่าความกว้างมากกว่า ค่าความกว้างที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง หาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนค่าที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์เทียบกับค่าที่ออกแบบ ได้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ไม่เกิน 14%

4.4 ผลการทดลองหาค่าความกว้างของช่องสลิทด้วยวิธีการเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์

จากการทดลองเปรียบเทียบค่าขนาดความกว้างของช่องสลิทเดี่ยว (a) และค่าความกว้างของระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ (d) ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนและแทรก สอดของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ โดยเลือกตัวอย่างสลิทเดี่ยวและสลิทคู่อย่างละ 4 ค่าที่วัดได้จากกล้องจุลทรรศน์ โดยติดตั้งชุดทดลองที่ออกแบบให้ระยะแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ห่าง จากสลิทเป็นระยะ ใดๆ เนื่องจากแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดเป็นลำแสงขนาน ในที่นี้ใช้ระยะประมาณ 0.5 เมตร ฉากรับภาพติดสเกลกระดาษกราฟ ดังตัวอย่างรูปที่ 4.6 โดยฉากรับภาพห่างจากสลิท เป็นระยะ 1.5 เมตร ผลการทดลอง แสดงดังตัวอย่าง ตารางที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

(ก) ภาพแถบมืดสว่างบนฉากรับภาพติดสเกลกราฟของสลิทเดี่ยว

(ข) ภาพแถบมืดสว่างบนฉากรับภาพติดสเกลกราฟของสลิทคู่

รูปที่ 4.6 ภาพแถบมืดสว่างของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่บนฉากรับภาพติดสเกลกราฟ

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าความกว้างของช่องสลิทเดี่ยวที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงและค่าจากการทดลอง

ความกว้างของสลิทจากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง (μm)	ระยะสว่างกลางถึงริ้วมืดอันดับที่ 1 (mm)	ความกว้างของสลิทจากการทดลอง (μm)	% ความคลาดเคลื่อน
46.95	18	52.50	11.8
92.30	9	105.0	2.38
171.9	5.4	175.0	1.8
356.29	2.5	378.0	6.09

จากผลการเปรียบเทียบ ค่าความกว้างของ ช่องสลิทเดี่ยวที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จาก กล้องจุลทรรศน์เชิงแสง และค่าความกว้างที่ ได้จากการทดลอง แล้วแทนค่าในสมการ $a\frac{y}{L} = m\lambda$ ดังสมการที่ 2.16 คำนวณหาความกว้างของช่องสลิทเดี่ยว พบว่า ค่าที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จาก กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงมีค่าความกว้าง น้อยกว่าค่า ที่ได้จากการทดลอง หาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนค่าที่ได้จากกล้ อง จุลทรรศน์เทียบกับค่าที่ได้จากการทดลอง ได้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ไม่เกิน 12%

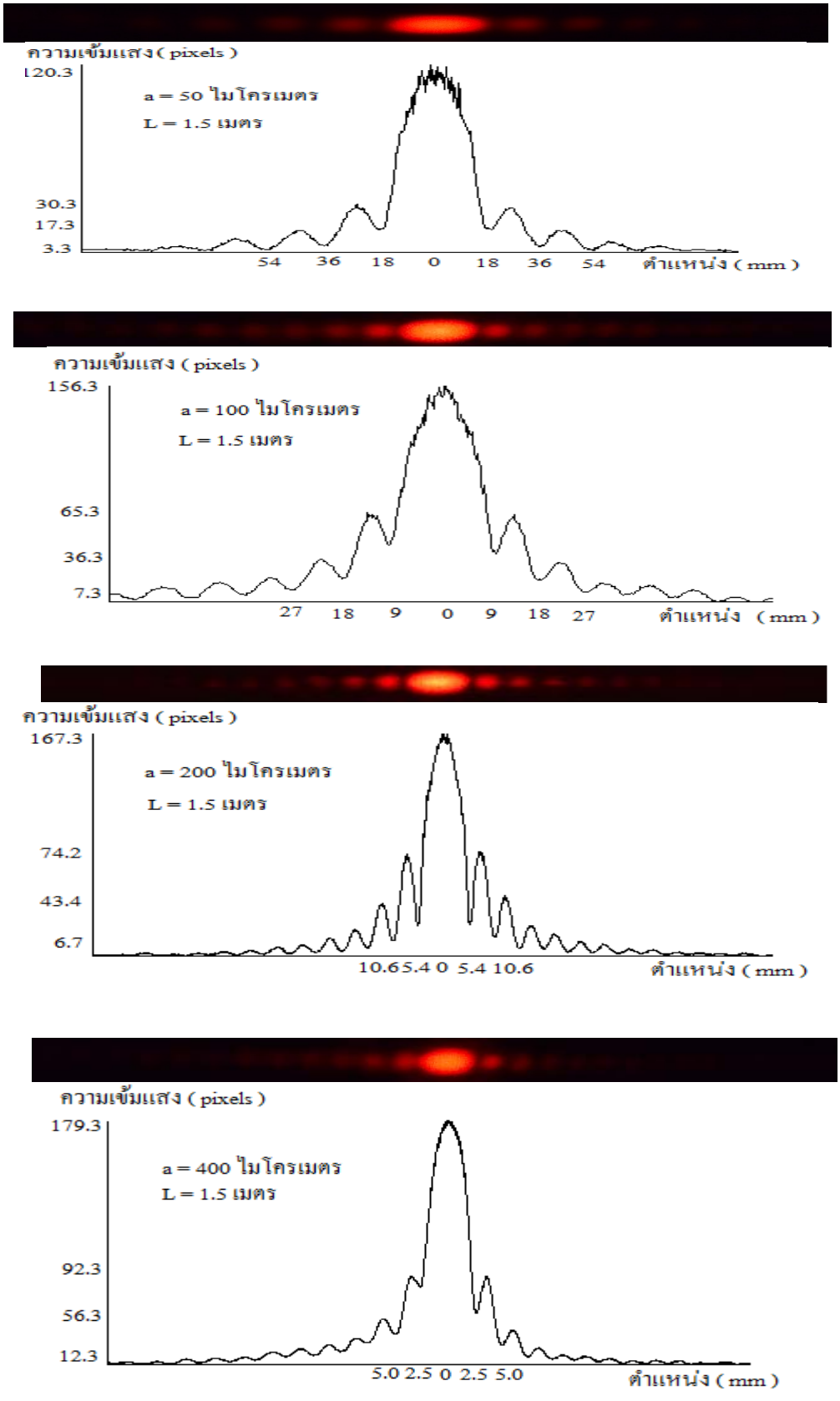
ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าความกว้างของระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงและค่าจากการทดลอง

ค่าระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง (μm)	ระยะสว่างกลางถึงริ้วสว่างอันดับที่ 1 (mm)	ค่าระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่จากการทดลอง (μm)	% ความคลาดเคลื่อน
44.76	20	47.25	5.56
90.89	10	94.50	4.00
225.76	4	236.25	4.64
420.35	2.1	441.00	4.91

จากผลการเปรียบเทียบ ความกว้างของ ระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ ที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จาก กล้องจุลทรรศน์ เชิงแสง และค่าความกว้างที่ได้ จากการทดลอง แทนค่าในสมการ $d\frac{y}{L} = n\lambda$ ดังสมการที่ 2.27 คำนวณหาความกว้างของระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ พบว่า ค่าที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จาก กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงมีค่าความกว้าง น้อยกว่าค่า ที่ได้จากการทดลอง หาค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนค่าที่ได้จากกล้องจุลทรรศน์เทียบกับค่าที่ทดลอง ได้เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ไม่เกิน 6%

4.5 ผลการแปลงภาพถ่ายดิจิทัลของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงเป็นกราฟการกระจายความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J

ทำการแปลงภาพถ่ายดิจิทัลของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ผ่านสลิทเดี่ยว และสลิทคู่ โดยเลือกตัวอย่างสลิทเดี่ยว และสลิทคู่อย่างละ 4 ค่า ใช้ระยะจากสลิทถึงฉาก รับภาพ 1.5 เมตร ให้แสงเลเซอร์สีแดงความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ผ่านสลิทตกบนฉากรับภาพที่ติดสเกลกราฟ แปลงเป็นข้อมูลกราฟ การกระจาย ความเข้มแสงเทียบกับตำแหน่งด้วยโปรแกรม Image J แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ

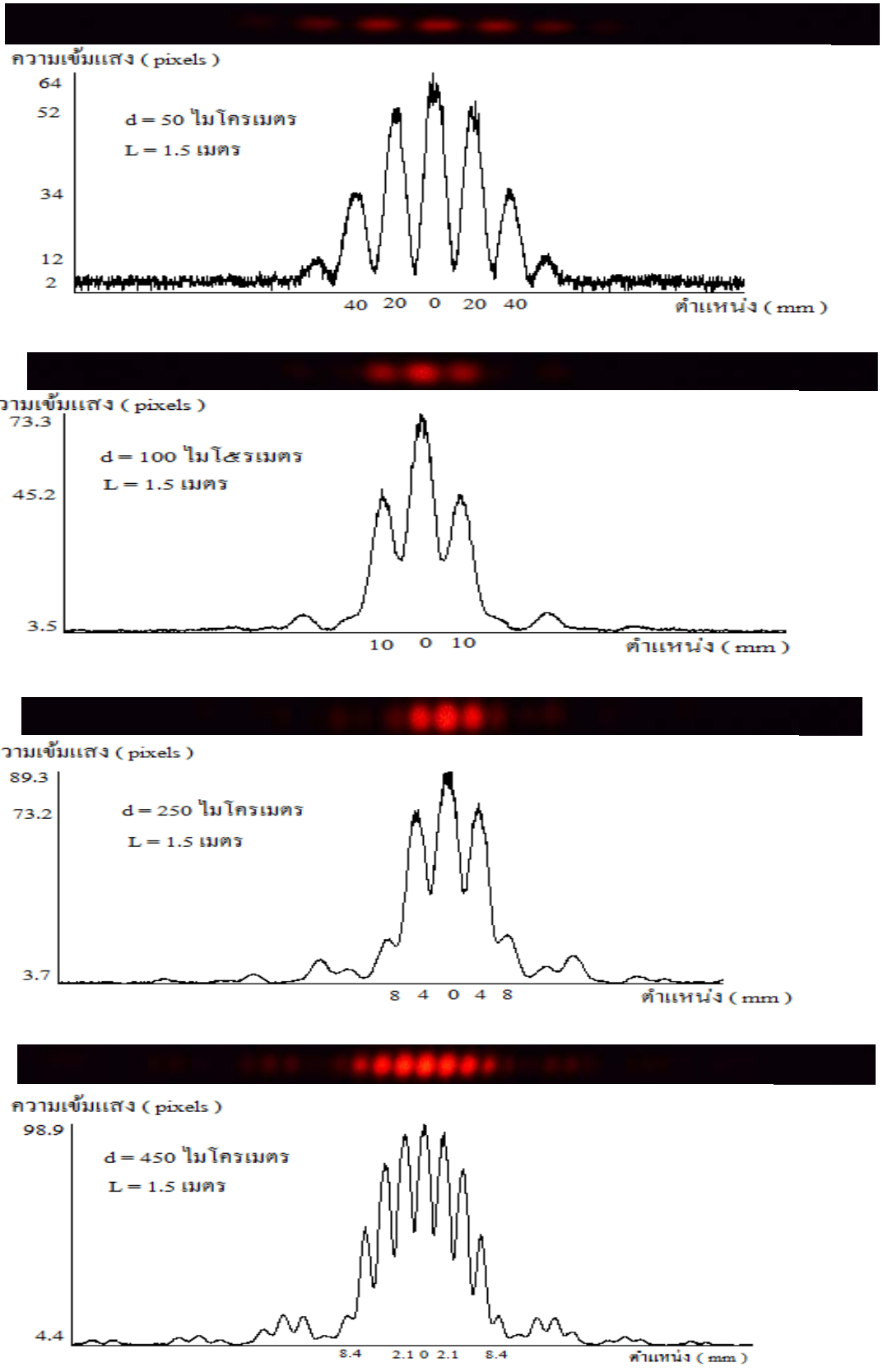


รูปที่ 4.7 แถบมืดสว่างและการกระจายความเข้มแสงผ่านช่องสลิทเดี่ยวเทียบกับตำแหน่งด้วยโปรแกรม Image J

จากผลการ ทดลอง สลิทเดี่ยว ดังตัวอย่างรูปที่ 4.7 พบว่า ได้กราฟการกระจายความเข้มแสง เทียบกับตำแหน่ง สอดคล้องกับผลที่ได้จากภาพถ่าย โดยขนาดความกว้างของแถบสว่างกลางพบว่า า กว้างมากกว่าแถบสว่างลำดับถัดๆไป (ประมาณ 2 เท่า) ซึ่งแถบสว่างลำดับอื่นๆมีขนาดความกว้างเท่าๆกัน และความเข้มแสงของแถบสว่างกลางสูงกว่าแถบสว่างลำดับถัดไปมาก ซึ่งแสดงให้เห็นลำแสงที่เลี้ยวเบนผ่านช่องเปิดจะมีความเข้มมากที่สุดที่ระยะแนวกึ่งกลางช่องเปิด ในการทดลองนี้ทำการแปลงข้อมูลตำแหน่งในแนวแกน x ให้สัมพันธ์กับระยะ สเกลที่แท้จริง (หน่วยมิลลิเมตร) โดยเทียบค่าตำแหน่ง pixels ของตำแหน่งเทียบกับระยะได้ คือ ข้อมูลระยะที่วัดได้ด้วยโปรแกรม Image J 4.8 pixels เท่ากับ 1 มิลลิเมตร

ส่วนข้อมูลจากกราฟในแนวแกน y สามารถใช้อธิบายความสัมพันธ์ของความเข้มแสง ได้ดังสมการที่ 2.23 คือ $I = I_0\left[\frac{\sin^2\left(\frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}\right)}{\left(\frac{\pi a \sin\theta}{\lambda}\right)^2}\right]$ ทั้งนี้ต้องทำการสอบเทียบค่าความเข้มแสงที่แท้จริงกับหัววัดกำลังแสง ก่อน แต่ในงานวิจัยนี้ไม่ได้ทำการวัดความเข้มแสงด้วยหัววัดกำลังแสง เนื่องจาก การแสดงผลความเข้ มแสงด้วยโปรแกรม Image J แสดงความเข้มแสงในหน่วย pixels โดยตัวเลขค่า pixels แปรตามความเข้มแสง ดังนั้นจึงสามารถใช้ค่า pixels เทียบเคียงค่าความเข้มแสงได้ โดยงานวิจัยนี้ใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่ง เน้นศึกษาตำแหน่งแถบ มืดสว่างในแนวแกน x ส่วนเทอมความเข้มแสงไม่ได้เน้นในระดับนี้ อีกทั้งในห้องเรียนระดับมัธยมไม่มีหัววัดความเข้มแสงใช้งาน

และสำหรับผลการทดลอง สลิทคู่ ดังตัวอย่างรูปที่ 4.8 พบว่าจะได้รูปแบบการแทรกสอดและการเลี้ยวเบน มีแถบ สว่างมืดสลับกัน โดยแถบสว่างกลางกว้างที่สุด ภายในแ ถบสว่างของรูปแบบการเลี้ยวเบนจะมีแถบสว่างกับแถบมืด ที่เกิดจากการแทรกสอดรวม อยู่ด้วย ภายในแถบสว่างและมืดของการเลี้ยวเบน บรรจุแถบสว่างมืด ของการแทรกสอดอยู่ภายใน ในการทดลองนี้ทำการแปลงข้อมูลตำแหน่งในแนวแกน x ให้สัมพันธ์กับระยะสเกลที่แท้จริง (หน่วยมิลลิเมตร) โดยเทียบค่าตำแหน่ง pixels ของตำแหน่งเทียบกับระยะได้ คือ ข้อมูลระยะที่วัดได้ด้วยโปรแกรม Image J 4.8 pixels เท่ากับ 1 มิลลิเมตร เช่นเดียวกับการทดลองสลิทเดี่ยว



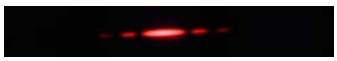
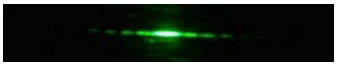
รูปที่ 4.8 แถบมืดสว่างและการกระจายความเข้มแสงผ่านช่องสลิทคู่เทียบกับตำแหน่งด้วยโปรแกรม Image J

4.6 ผลการศึกษาตัวแปร a, d, L และ λ วัดค่าระยะความกว้างจากแถบสว่างกลางมายังแถบมืดอันดับใดๆของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่

4.6.1 การทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยว

การทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวที่เปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ แสดงผลตัวอย่างดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ผ่านสลิทเดี่ยว

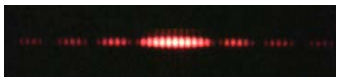
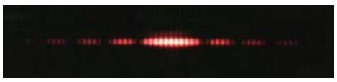
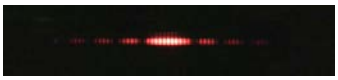
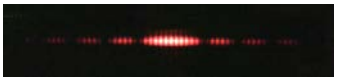
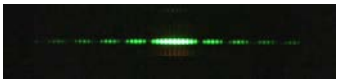
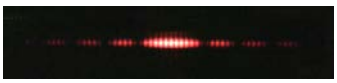
เงื่อนไขตัวแปร	วิธีทดลอง	ทำนาย	ผล
เปลี่ยน a	คงที่ L และ λ	ถ้า	
a_1 = 90 μm	L = 1.4 m	ถ้า a ↓ , y ↑	
a_2 = 450 μm	λ = 630 nm	ถ้า a ↑ , y ↓	
เปลี่ยน L	คงที่ a และ λ		
L_1 = 1.0 m	a = 90 μm	ถ้า L ↓ , y ↓	
L_2 = 1.4 m	λ = 630 nm	ถ้า L ↓ , y ↑	
เปลี่ยน λ	คงที่ a และ L		
λ_1 = 532 nm	a = 90 μm	ถ้า λ ↓ , y ↓	
λ_2 = 630 nm	L = 1.4 m	ถ้า λ ↑ , y ↑	

จากผลการทดลอง พบว่าความกว้างจากแถบสว่างกลางมายังแถบมืดอันดับที่ 1 ($y_{m=1}$) ของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวจะมีความกว้างมากที่สุด และ ค่าระยะความกว้างจากแถบสว่างกลางมายังแถบมืดอันดับใดๆ (y_m) จะแปรผกผันกับความกว้างของช่องสลิท (a) แต่จะแปรผันตรงกับระยะห่างระหว่างฉากรับภาพถึงสลิท (L) และความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสง (λ) ที่เป็นดังสมการ 2.15 และ 2.16

4.6.2 การทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทคู่

การทดลองการแทรกสอดและ การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิท คู่ที่เปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆ แสดงผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ผ่านสลิทคู่

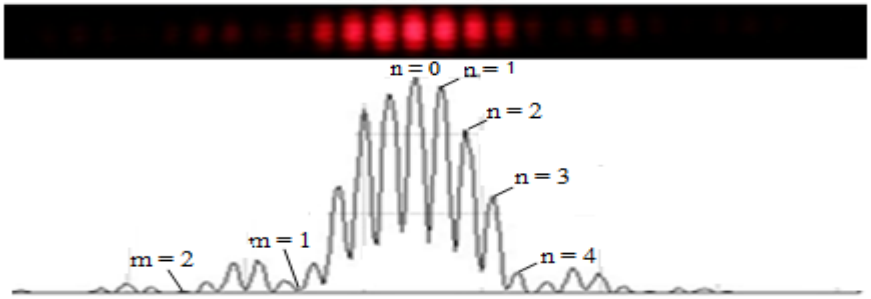
เงื่อนไขตัวแปร	วิธีทดลอง	ทำนาย	ผล
เปลี่ยน d	คงที่ L , a และ λ		
d_1 = 310 μm	L = 1.4 m	ถ้า d ↓ , y ↑	
d_2 = 450 μm	a = 70 μm		
	λ = 630 nm	ถ้า d ↑ , y ↓	
เปลี่ยน L	คงที่ d , a และ λ		
L_1 = 1.0 m	d = 450 μm	ถ้า L ↓ , y ↓	
L_2 = 1.4 m	a = 70 μm		
	λ = 630 nm	ถ้า L ↑ , y ↑	
เปลี่ยน λ	คงที่ d , a และ L		
λ_1 = 532 nm	d = 450 μm	ถ้า λ ↓ , y ↓	
λ_2 = 630 nm	a = 70 μm		
	L = 1.4 m	ถ้า λ ↑ , y ↑	

↑ คือ เพิ่มขึ้น และ ↓ คือ ลดลง

จากผลการทดลองสำหรับสลิทคู่ พบว่า ค่าระยะความกว้างจากแถบสว่างกลางมายังแถบ สว่างกลางอันดับใดๆ (y_n) จะแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างช่องสลิท (d) แต่จะแปรผันตรงกับระยะห่างระหว่างฉากรับภาพถึงสลิท (L) และความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสง (λ) ที่เป็นดังสมการ 2.26 และ 2.27

4.7 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนแถบสว่างของการแทรกสอดภายในต่อจำนวนแถบมืดของการเลี้ยวเบนภายนอกเทียบกับอัตราส่วนระยะห่างระหว่างสลิทต่อความกว้างของช่องสลิทคู่

ทดลองศึกษาหาความสัมพันธ์ของจำนวนแถบสว่างของการแทรกสอดภายในต่อจำนวน แถบมืดของการเลี้ยวเบนภายนอกเทียบกับอัตราส่วนระยะห่างระหว่างสลิทต่อความกว้างของช่องสลิทคู่ ที่ความกว้างของช่องสมมาตร ผลการทดลองแสดงดังรูปที่ 4.9 และตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.9 แสดงจำนวนแถบของการแทรกสอดภายในแถบการเลี้ยวเบนภายนอกของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์

จากรูปที่ 4.9 ความกว้างของช่องสลิท 90 ไมโครเมตรเท่ากัน ระยะห่างระหว่างช่องของสลิททั้งคู่ 450 ไมโครเมตร พบว่า จากการนับจำนวนแถบ สว่างที่เกิดขึ้นเนื่องจากการแทรกสอดภายใน แถบสว่างกลางของการเลี้ยวเบนได้จำนวน 9 แถบโดยแถบสว่างกลาง $n = 0$ แถบสว่างอันดับอื่นๆ $n = 1$ ถึง $n = 4$

จากอัตราส่วน จำนวนแถบสว่างของการแทรกสอดภายใน (N) ต่อจำนวนแถบมืดของการเลี้ยวเบนภายนอก (M) เท่ากับอัตราส่วนระยะห่างระหว่างสลิท (d) ต่อความกว้างของช่องสลิท (a) ในที่นี้ ค่า N มีค่าเท่ากับ 5 โดยนับจากอันดับแถบ สว่างกลาง $n = 0$ ถึงแถบสว่างอันดับสุดท้าย $n = 4$ ส่วน M มีค่าเท่ากับ 1 โดยที่อัตราส่วน N/M เท่ากับ 5 ส่วน อัตราส่วน d/a เท่ากับ 450/90 เท่ากับ 5 เช่นเดียวกัน ดังนั้นจากข้อมูลกราฟผลการทดลองและภาพถ่ายสามารถแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของ อัตราส่วน จำนวนแถบสว่างของการแทรกสอดภายใน (N) ต่อจำนวนแถบมืดของการเลี้ยวเบนภายนอก (M) เท่ากับอัตราส่วนระยะห่างระหว่างสลิท (d) ต่อความกว้างของช่องสลิท (a) เป็นจริงดังตัวอย่างที่แสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ผลของการทดลองหาความกว้างแถบมืดสว่างของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทคู่

ความกว้างช่องสลิท (a) (μm)	ระยะห่างช่องสลิทคู่ (d) (μm)	จำนวนแถบสว่างของการแทรกสอด (N)	$\frac{N}{M}$	$\frac{d}{a}$
70	380	5	5	5.4
70	450	6	6	6.4
90	450	5	5	5

หมายเหตุ : จำนวนแถบมืดของการเลี้ยวเบนภายนอก M=1

4.8 ผลการออกแบบการสอนหลั กการเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงโดยการทดลองผ่านกระบวนการสอนแบบสืบเสาะให้นักเรียนในวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้เรียนรู้ถึงความแตกต่างระหว่างการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ ผ่านทางอุปกรณ์และกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดย อุปกรณ์ในการสืบเสาะความรู้ประกอบด้วย แสงเลเซอร์ สลิทขนาดต่างๆ และฉากรับภาพ เกิดองค์ความรู้ที่สำคัญหลายด้านทั้งทางตรงและทางอ้อม รู้วิธีการใช้โปรแกรมวิเคราะห์ภาพถ่ายการกระจายความเข้มแสงกับตำแหน่ง สามารถเทียบสเกล pixels ของโปรแกรม Image J เทียบกับระยะตำแหน่งที่เ กิดจากภาพแถบ มืดสว่างที่ถ่ายจากกล้องดิจิทัล เรียนรู้การใช้งาน ซอฟต์แวร์โปรแกรม Adobe Illustrator CS3 ในการสร้างสลิทจากแผ่นฟิล์มกราฟิกรูปแบบขนาดที่หลากหลายด้วยตนเอง ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดทักษะกระบวนการคิดและวิเคราะห์ ที่มีศักยภาพ ซึ่งผลงานดังกล่าวได้ถูกนำเสนอในก ารประชุมวิชาการเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 53 (รายละเอียดดังในภาคผนวก)