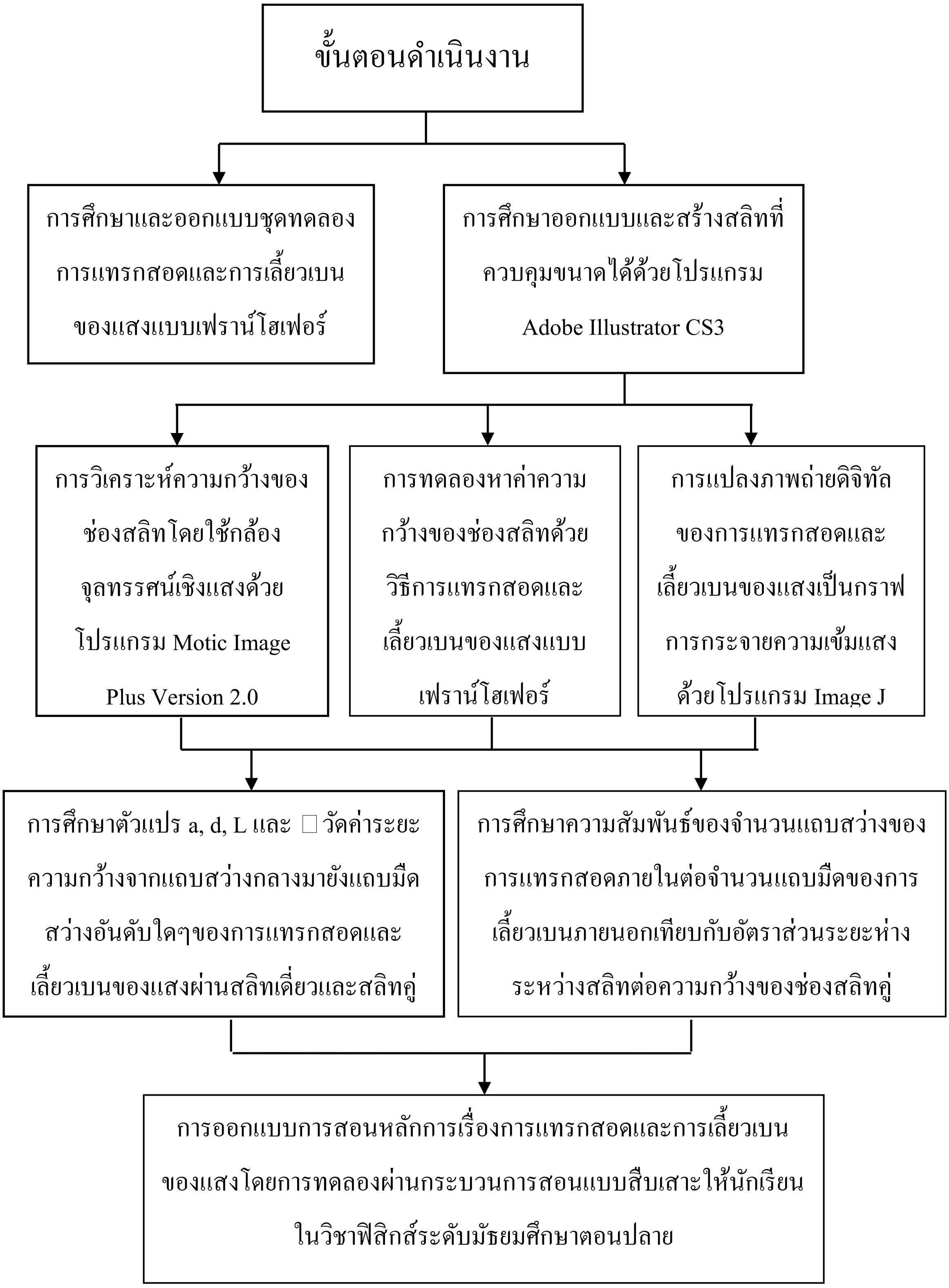
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน ในบทนี้ จะกล่าวถึงเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ในการออกแบบสร้างสลิทและวิเคราะห์ผล ตลอดจนขั้นตอนการดำเนินงานเริ่มต้นจากการออกแบบ สร้างสลิท วิเคราะห์สลิทที่สร้างขึ้น ทดลอง ศึกษาตัวแปรต่างๆ ที่ส่งผลต่อค่าระยะความกว้างจากแถบสว่างกลางมายังแถบมืดอันดับใดๆของการเลี้ยวเบนและระยะความกว้างจากแถบสว่างกลางมายังแถบสว่าง อันดับใดๆ ของการแทรกสอด ถ่ายภาพรูปแบบการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงด้วยกล้องถ่ายรูปดิจิทัลมือถือ แล้วนำภาพมาวิเคราะห์การกระ จายความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J ตอนท้ายแสดงการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงในลักษณะภาพถ่ายและกราฟ แล้วเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆที่ส่งผลต่อการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) เลเซอร์พอยน์เตอร์แสงสีเขียว ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร
2) เลเซอร์พอยน์เตอร์แสงแสงสีแดง ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร
3) กล้องถ่ายรูปดิจิทัลมือถือ
4) แท่นยึดจับอุปกรณ์ทางแสงที่ประกอบและสร้างขึ้นเอง
5) ขาตั้งกล้องถ่ายภาพ
6) ฉากรับภาพใช้กระดาษกราฟ
7) อุปกรณ์วัดความยาว ได้แก่ ไม้บรรทัด ตลับเมตร
8) เครื่องสร้างภาพบนฟิล์ม PRIME-2 รุ่น Heidelberg prime setter 102
9) ฟิล์มกราฟิก AGFA รุ่น E2Y4N
10) น้ำยาสร้างภาพ FUJI รุ่น QR-D1
11) กล้องจุลทรรศน์เชิงแสง Meiji รุ่น MX4300L
12) ซอฟท์แวร์โปรแกรม Image J รุ่น 1.47
13) ซอฟท์แวร์โปรแกรม Adobe Illustrator รุ่น CS3
14) ซอฟท์แวร์โปรแกรม Motic Image Plus รุ่น 2.0

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนผังลำดับขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 การศึกษาและออกแบบชุดทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์

ชุดทดลองที่ออกแบบในการทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่ จะประยุกต์ขาตั้งและตัวจับหลอดทดลองเป็นแท่นยึดจับสลิท และแท่นยึดกล้องถ่ายรูปดิจิทัลมือถือห่างจากฉาก 0.3 เมตร ทุกครั้งในการถ่ายภาพ ประยุกต์ใช้กระดาษกราฟที่มีสเกลเป็นฉากรับภาพ แล้วให้แหล่งกำเนิดแสงจากเลเซอร์พอยน์เตอร์แสงสีแดงที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตรและเลเซอร์พอยน์เตอร์แสงสีเขียวความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร เคลื่อนที่ผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่ขนาดต่างๆที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดแสงเป็นระยะ 0.5 เมตร สำหรับระยะห่างระหว่างฉากถึงสลิทเลือกทดลองที่ระยะ 1.0-3.0 เมตร ตัวอย่างรูปที่ 3.2

รูปที่ 3.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์การทดลองเพื่อศึกษาการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์

3.2.2 การศึกษาออกแบบและสร้างสลิทที่ควบคุมขนาดได้ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS3

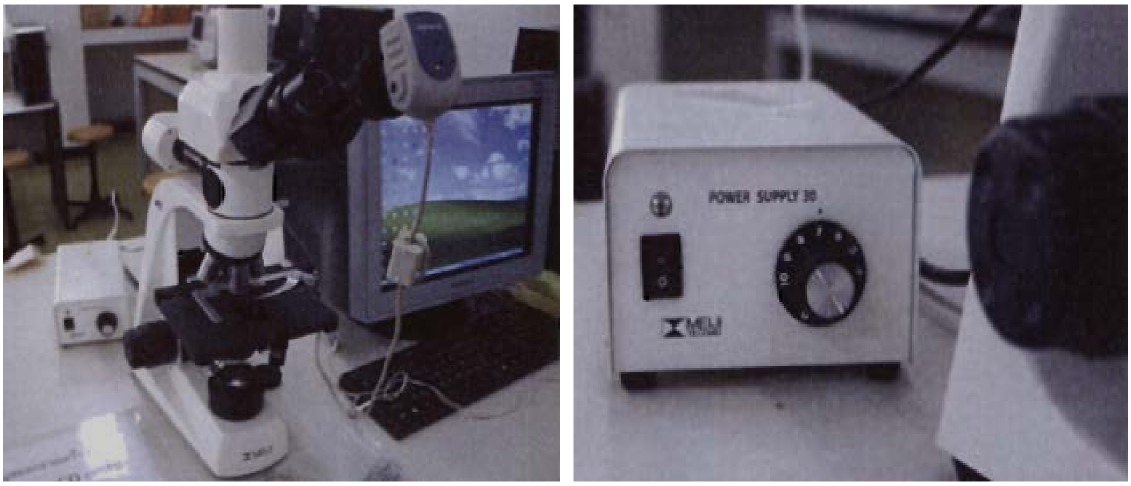
1) ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม Adobe Illustrator CS3 ในการออกแบบและกำหนดขนาดความกว้างของช่องสลิทขนาดต่างๆ

2) ทำการสร้างและออกแบบสลิทเดี่ยวและสลิทคู่ที่ขนาดความกว้างต่างๆ

3) นำไฟล์ที่ออกแบบพิมพ์ที่โรงพิมพ์สุนทรฟิล์ม เพื่อทำการพิมพ์สลิทลงบนแผ่นฟิล์มกราฟิกตามกระบวนการและขั้นตอนการพิมพ์ฟิล์ม จะได้สลิทเดี่ยวและสลิทคู่จากแผ่นฟิล์มกราฟิกขนาดต่างๆตามที่ออกแบบ

3.2.3 การวิเคราะห์ความกว้างของช่องสลิทโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงด้วยโปรแก รม Motic Image Plus Version 2.0

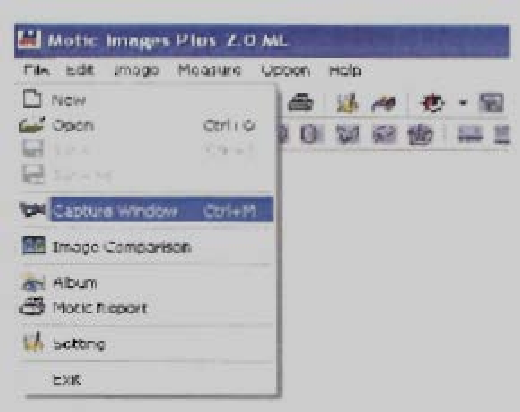
กล้องที่ใช้ในการวิเค ราะห์ความกว้าง ของช่องสลิท คือ Meiji MX4300L ดังตัวอย่างรูปที่ 3.3 (ก) ทำการปรับค่ามาตรฐาน กล้องก่อนอันดับแรก เพื่อที่ในขณะที่ทำการวิเคราะห์จะได้ไม่เกิดค่าที่ผิดพลาด เนื่องจากสลิทที่ทำการสร้างจากแผ่นฟิล์ม กราฟิกมีความกว้าง ของช่องสลิท อยู่ในระดับไมโครเมตร โดยกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงนี้มีการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์โดยมีกล้องวิดีโอขนาดเล็กอยู่ที่บริเวณเลนส์ใกล้ตา ขณะทำการส่องกล้องจุลทรรศน์สามารถปรับความเข้มแสงได้จากเครื่องจ่ายไฟฟ้า (Power supply) และปรับโหมดของกล้องเป็นแบบส่องแสงจากด้านบนหรือแบบส่องแสงจากด้าน ล่างได้ดังตัวอย่างรูปที่ 3.3 (ข) เมื่อทำการวางวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ด้วยด้วยกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงปรับกำลังขยายดูภาพที่ได้และความชัดเจนของภาพ ซึ่งจะเห็นได้โดยการใช้โปรแกรมวัดขนาดความกว้างของสลิท



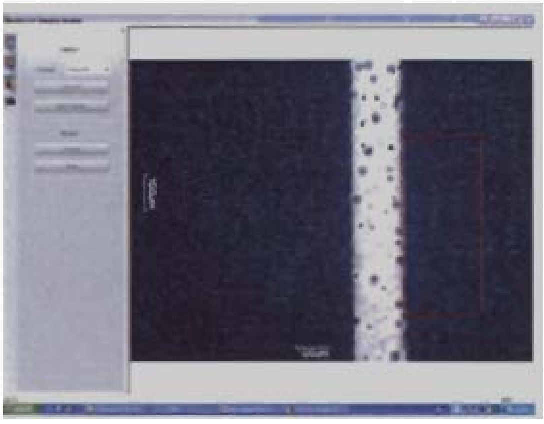
(ก) กล้องจุลทรรศน์เชิงแสง (ข) แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 3.3 กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงและแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า

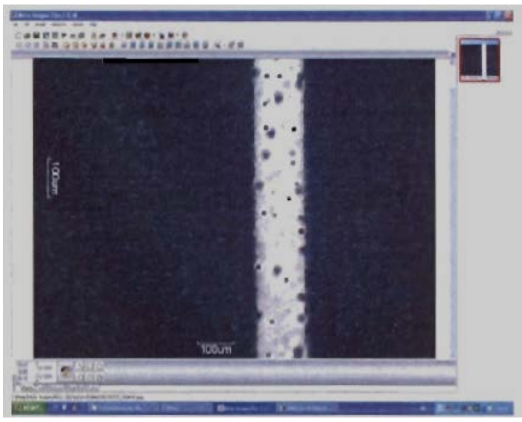
สำหรับโปรแกรมที่ใช้วิเคราะห์ความกว้างของช่องสลิท ในงานวิจัย คือ โปรแกรม Motic Image Plus 2.0 เมื่อทำการเปิดโปรแกรมให้เลือกไปที่ Capture Windows ต่อมาเลือกไปที่ Capture ดังตัวอย่างรูปที่ 3.4 (ก) จะเห็นภาพที่กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงทำการส่องวัตถุอยู่ในขณะนั้นตามจริงซึ่งสามารถทำการปรับค่าความชัดของภาพและจัดตำแหน่งของภาพให้ตรงก่อนที่จะทำการเก็บข้อมูลภาพ เมื่อได้ภาพที่ต้องการแล้วให้ทำการกดไปที่ Capture จะได้ภาพนิ่งมาหนึ่งภาพ ดัง ตัวอย่างรูปที่ 3.4 (ข) ทำการวัดอัตราส่วนที่ได้จากภาพแล้วทำการแปลงไปเป็นค่าความกว้างที่แท้จริงของสลิท โปรแกรมจะแปลงค่าให้โดยอัตโนมัติเพียงแค่มีการตั้งค่า โดยวิธีการตั้งค่าจะเริ่มจากเลือกที่เครื่องมือการวัดที่กำหนดค่าของกำลังขยายที่ทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง เช่น 5 เท่า, 10 เท่า หรือ 20 เท่า และเลือกหน่วยวัดที่ทำการวัดเพื่อให้โปรแกรมแสดงค่า ดัง ตัวอย่างรูปที่ 3.4 (ค) เมื่อตั้งค่าเรียบร้อยแล้วให้ไปที่อุปกรณ์วัดด้านบน ซึ่งมีการวัดหลายรูปแบบ เลือกไปที่ไม้บรรทัด ดังตัวอย่างรูปที่ 3.4 (ง) แล้วทำการวัดความกว้างของช่องสลิท โปรแกรมจะแสดงผลความกว้างของช่องสลิทออกมา ดังตัวอย่างรูปที่ 3.4 (จ) และ (ฉ) เมื่อเสร็จแล้วก็ทำการบันทึกเก็บรูปภาพเพื่อนำภาพไปวิเคราะห์ผลตามแสดง ดังตัวอย่างรูปที่ 3.4



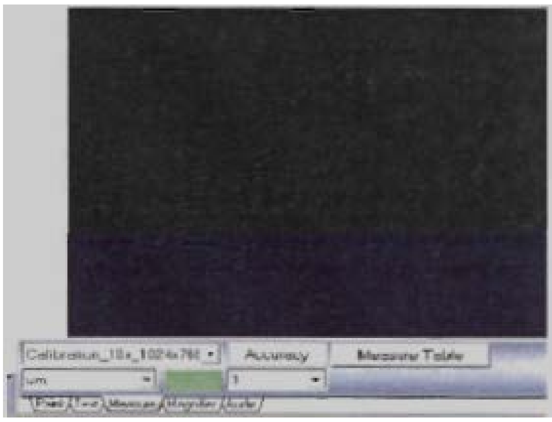
(ก)



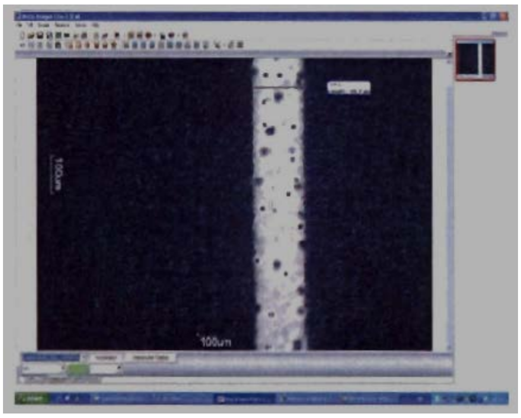
(ข)



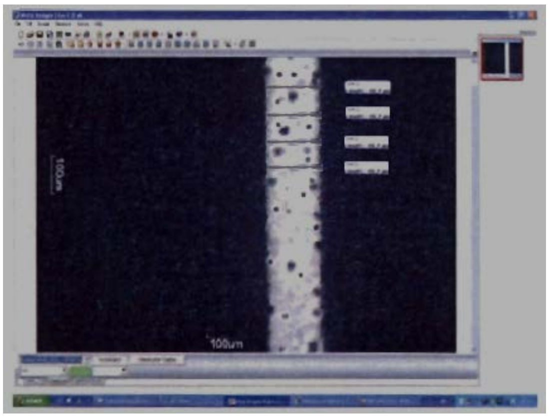
(ค)



(ง)



(จ)

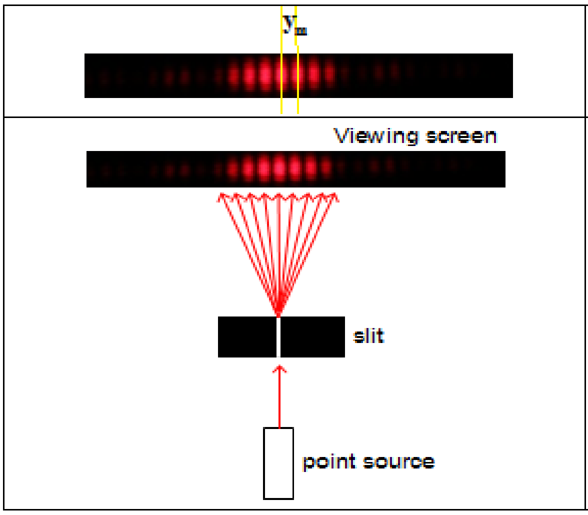


(ฉ)

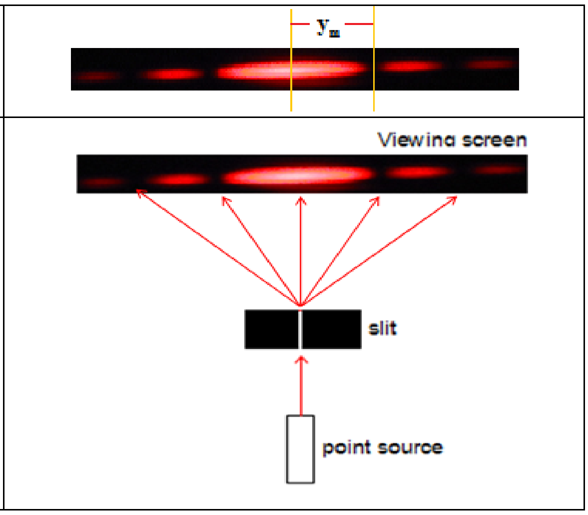
รูปที่ 3.4 กระบวนการวัดขนาดความกว้างของช่องสลิทด้วยกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงและโปรแกรม Motic Image Plus 2.0

3.2.4 การทดลองหาค่าความกว้างของช่องสลิทด้วยวิธีการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์

การหาความกว้างของ ช่องสลิทด้วยวิธีการแทรกสอด และเลี้ยวเบน ของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ ในงานวิจัยนี้จะใช้ฉากติดสเกลกราฟรับภาพที่เกิดจากการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง แล้วทำการ วัดค่าความกว้างของแถบมืด สว่างจากแถบสว่างกลาง จากระยะที่ตกบนฉากติดสเกลกราฟ ค่าที่ได้นำไปคำนวณเพื่อหาค่าความกว้างของช่องสลิท เริ่มต้นจัดตั้งอุปกรณ์ ปรับระยะจาก สลิทถึงฉากรับภาพ (L) จัดตั้งให้แหล่งกำเนิดแสงซึ่งในที่นี้ใช้พอยน์เตอร์วางตั้งฉากกับสลิท แล้ววางสลิทที่จะทดลอง โดยใช้ตัวจับยึดสลิทแสดงดังตัวอย่างรูปที่ 3.2 เมื่อแสงผ่านสลิทไปตกยังฉากรับภาพจะเห็นปรากฏการณ์การเลี้ยวเบนของแสง ปรากฏแถบมืดสว่างบนฉาก ทำการวัดค่าระยะห่างจาก ตำแหน่งสว่างกลางจนถึงแถบมืดลำดับที่ใดๆ ดังตัวอย่างรูปที่ 3.5 (ข) แล้วนำไปแทนค่าในสมการ 2.16 เพื่อคำนวณหาค่าความกว้างของช่องสลิท (a) ในทำนองเดียวกันสำหรับสลิทคู่ ทำการวัดค่าระยะห่างจาก ตำแหน่งสว่างกลางจนถึงแถบสว่างลำดับที่ใดๆ ดังตัวอย่างรูปที่ 3.5 (ก) แล้วนำไปแทนค่าในสมการ 2.27 เพื่อคำนวณหาค่าระยะห่างระหว่าง สลิท (d) เปรียบเทียบค่าความกว้างของ ช่องสลิทและระยะห่างระหว่าง สลิทที่ได้จากกระบวนการวัดด้วยกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง จากโปรแกรม Motic Image Plus 2.0 และการทดลองให้แสงผ่านสลิทด้วยวิธีการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์



(ก) แสงผ่านสลิทคู่

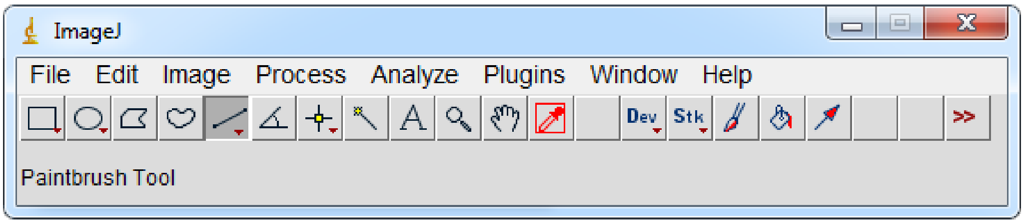


(ข) แสงผ่านสลิทเดี่ยว

รูปที่ 3.5 การตั้งค่าอุปกรณ์การทดลองสำหรับวิธีการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์

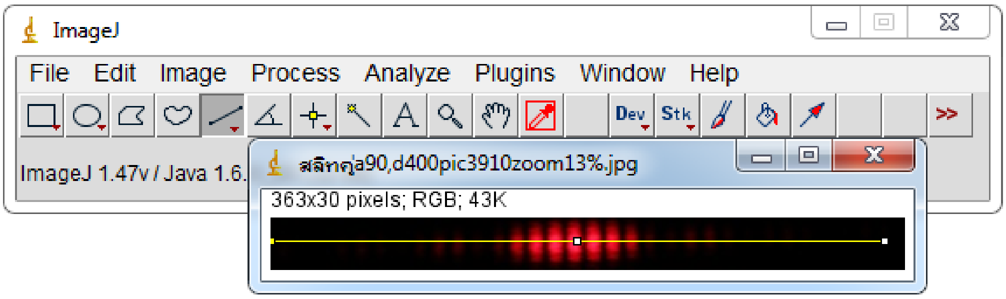
3.2.5 การแปลงภาพถ่ายดิจิทัลของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงเป็นกราฟการกระจายความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J

หลังจากจัดตั้งอุปกรณ์ชุดการทดลองในการศึกษารูปแบบการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟราน์โฮเฟอร์ เสร็จ ทำการ ให้แหล่งกำเนิดแสง เลเซอร์ ผ่านสลิทแล้วทำให้แสงเลี้ยวเบนและแทรกสอดตกบนฉากรับภาพเกิดเป็นภาพ แถบมืดสว่าง ถ่ายภาพแถบมืดสว่างของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงที่ปรากฏบนฉากแล้วนำมาแปลงเป็นข้อมูลกราฟการกระจายความเข้มแสง เทียบกับตำแหน่งด้วยโปรแกรม Image J แสดง ดังตัวอย่างรูปที่ 3.6



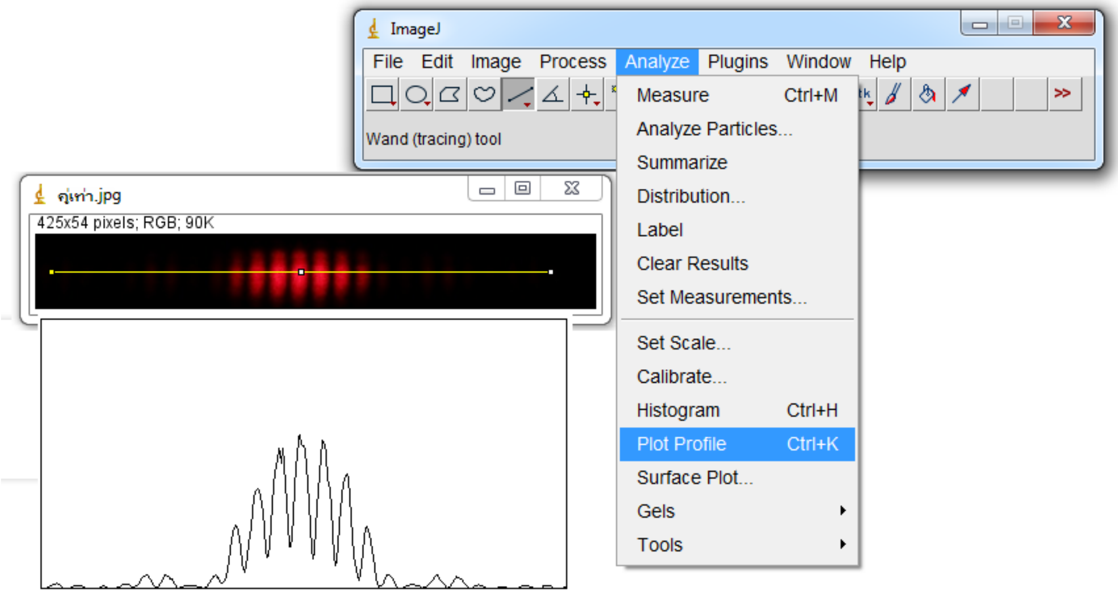
รูปที่ 3.6 เครื่องมือและคำสั่งของโปรแกรม Image J

จากนั้นเปิดภาพถ่ายแถบมืดสว่างของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง แล้วเลือกคำสั่งลากเส้นตัดผ่านแบ่งครึ่งภาพถ่ายบน-ล่าง ดังตัวอย่างรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 การลากเส้นตัดผ่านแบ่งครึ่งภาพถ่ายแถบมืดสว่างของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงด้วยโปรแกรม Image J

ไปที่คำสั่ง Analyze แล้วเลือก Plot Profile เพื่อให้โปรแกรม Image J แสดงข้อมูลกราฟการกระจายความเข้มแสงเทียบกับตำแหน่ง ดังตัวอย่างรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 ข้อมูลกราฟการกระจายความเข้มแสงเทียบกับตำแหน่งของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงด้วยโปรแกรม Image J

3.2.6 การศึกษาตัวแปร a, d, L และ □ วัดค่าระยะความกว้างจากแถบสว่างกลางมายังแถบมืดสว่างอันดับใดๆของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่

1) จัดตั้งอุปกรณ์การทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟราน์โฮเฟอร์ ดังตัวอย่างรูปที่ 3.2

2) ให้แสงจากเลเซอร์พ อยน์เตอร์แสงสีแดงที่ความย าวคลื่น (λ) 630 นาโนเมตร ผ่านสลิทเดี่ยวที่มีขนาดความกว้างของช่องสลิท (a) เท่ากับ 90 และ 450 ไมโครเมตร ตามลำดับ โดยเลือกระยะห่างระหว่างฉากถึงสลิท (L) เท่ากับ 1.4 เมตร

3) ทำการทดลองซ้ำเหมือนข้อ 2) แต่เปลี่ยนระยะห่างระหว่างฉากถึงสลิท (L) เป็น 1.0 เมตร โดยกำหนดขนาดความกว้างของช่องสลิทเดี่ยวเท่ากับ 90 ไมโครเมตร

4) ทำการทดลองให้แสงจากเลเซอร์พ อยน์เตอร์แสงสีแดงที่ความยาวคลื่น (λ) 630 นาโนเมตร แสงสีเขียวที่ความยาวคลื่น (λ) 532 นาโนเมตร ผ่านสลิทเดี่ยวที่มีขนาดความกว้างของช่องสลิท 90 ไมโครเมตร โดยกำหนดให้ระยะห่างระหว่างฉากถึงสลิท (L) เท่ากับ 1.4 เมตร

5) ทำการทดลองซ้ำเหมือนข้อ 2) ถึง ข้อ 4) โดยเปลี่ยนจากสลิทเดี่ยวเป็นสลิทคู่และเปลี่ยนค่าขนาดของความกว้างของช่องสลิทเดี่ยว (a) เป็นระยะห่างระหว่างช่องสลิท คู่ (d) ที่มีขนาด 310 และ 450 ไมโครเมตร ตามลำดับ โดยความกว้างของช่องสลิทเป็น 70 ไมโครเมตร

3.2.7 การศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวน แถบสว่างของการแท รกสอดภายในต่อจำนวนแถบมืดของการเลี้ยวเบนภายนอกเทียบกับอัตราส่วนระยะห่างระหว่างสลิทต่อความกว้างของช่องสลิทคู่

นำภาพ ถ่ายแถบมืด สว่างของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง ผ่านสลิทคู่ความกว้างของช่องสลิท 90 ไมโครเมตรที่สมมาตรและ ระยะห่างระหว่างช่องของสลิท คู่ 450 ไมโครเมตรที่วางห่างจากฉากเป็นระยะ 1.4 เมตรแปลงเป็นข้อมูลกราฟการกระจายความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J เพื่อศึกษาความสัม พันธ์ของจำนวนแถบสว่างของการแทรกสอดภายใน (N) ต่อจำนวนแถบมืดของการเลี้ยวเบนภายนอก (M) ดังสมการ 2.26 และสมการ 2.25 ตามลำดับ เปรียบเทียบกั บอัตราส่วนระยะห่างระหว่างสลิท (d) ต่อความกว้างของช่องสลิทคู่ (a)

3.2.8 การออกแบบการสอนหลักการเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยว เบนของแสงโดยการทดลองผ่านกระบวนการสอนแบบสืบเสาะให้นักเรียนในวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

การจัดตั้งอุปกรณ์ชุดการทดลองในการศึกษารูปแบบการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟราน์โฮเฟอร์ ให้แหล่งกำเนิดแสงผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่แล้วทำให้แสงเลี้ยวเบนและแทรก สอดตกบนฉากรับภา พเกิดเป็นแถบมืดสว่าง ถ่ายภาพ มืดสว่างที่ปรากฏบนฉากแล้วนำมาแปลงเป็นข้อมูลกราฟการกระจายความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J ผู้สอนทำการสร้างความสนใจ (Engage) เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แล้วรวบรวมคำตอบจัดเป็นกลุ่ม หลังจากได้คำตอบจากความคิดเ ห็นจากนักเรียนสำหรับคำถามที่ 1 แล้ว ผู้สอนจะยังคงไม่เฉลยคำตอบว่าสิ่งที่นักเรียนตอบมานั้นถูกต้อง

หรือไม่แต่จะกระตุ้นด้วยคำถามที่ 2 ต่อเนื่อง เพื่อทำให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ที่เพิ่มขึ้นจากสิ่งที่เห็น เมื่อผู้สอนเสร็จสิ้นกระบวนการ สร้างความสนใจ (Engage) นักเรียน ซึ่งให้ได้มาซึ่งคำตอบที่หลากหลายแล้ว ผู้สอนทำการออกแบบการทดลองโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติการทดลองเพื่อสำรวจและค้นหา (Explore) คำตอบด้วยตนเอง ซึ่งผู้สอนได้นำอุปกรณ์ที่หลากหลาย ดังตัวอย่างรูปที่ 3.9 มาวางในห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนเลือกอุปกรณ์ ไปปฏิบัติทดลองและตั้งสมมติฐานเพื่อสำรวจและค้นคว้าหาคำตอบด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนสามารถ อธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ถึงตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ที่เห็น หลังจากนั้น ให้ทำการทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่ โดยสลิทคู่ทำการปิดช่องเปิดข้างใดข้างหนึ่งสังเกตสิ่งที่เห็นบนฉากและบันทึกผล เพิ่มเติมการทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง ผ่านสลิทคู่ที่ความกว้างของช่องสลิทแต่ละด้านไม่เท่ากันหรือไม่สมมาตร เพื่อขยายความรู้ (Elaborate) ให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น สุดท้ายผู้สอนทำการประเมิน (Evaluate) ผู้เรียนจากทักษะกระบวนการในการทดลอง การซักถามแลกเปลี่ยนความรู้ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ถึงผลการทดลองที่ได้มา ความรู้ความเข้าใจ และการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ได้

รูปที่ 3.9 อุปกรณ์การทดลองการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงที่หลากหลายหาได้ง่ายในห้องปฏิบัติการ