สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ซ
รายการรูปประกอบ	ฌ
รายการสัญลักษณ์	ฎ

บทที่

1.	**บทนำ**	**1**
	1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	4
	1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	4
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
2.	**ทฤษฎี**	**6**
	2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
	2.1.1 ธรรมชาติของแสง	6
	2.1.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	6
	2.1.3 การแทรกสอดของแสง	7
	2.1.4 การเลี้ยวเบนของแสง (Diffraction of Light)	12
	2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	21
3.	**การดำเนินการวิจัย**	**27**
	3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	27
	3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1 การศึกษาและออกแบบชุดทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ 29

3.2.2 การศึกษาออกแบบและสร้างสลิทที่ควบคุมขนาดได้ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS3 29

3.2.3 การวิเคราะห์ความกว้างของช่องสลิทโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงด้วยโปรแกรม Motic Image Plus Version 2.0 30

3.2.4 การทดลองหาค่าความกว้างของช่องสลิทด้วยวิธีการเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ 33

3.2.5 การแปลงภาพถ่ายดิจิทัลของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงเป็นกราฟการกระจายความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J 34

3.2.6 การศึกษาตัวแปร a, d, L และ □ วัดค่าระยะความกว้างจากแถบสว่างกลางมายังแถบมืดอันดับใดๆ ของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่ 35

3.2.7 การศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนรแถบสว่างของการแทรกสอดภายในต่อจำนวนแถบมืดของการเลี้ยวเบนภายนอกเทียบกับอัตราส่วนระยะห่างระหว่างสลิทต่อความกว้างของช่องสลิทคู่ 36

3.2.8 การออกแบบการสอนหลักการเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงโดยการทดลองผ่านกระบวนการสอนแบบสืบเสาะให้นักเรียนในวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 36

4. ผลการทดลอง **38**

4.1 ผลการศึกษาและออกแบบชุดทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ 38

4.2 ผลการศึกษาออกแบบและสร้างสลิทที่ควบคุมขนาดได้ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS3 40

4.3 ผลการวิเคราะห์ความกว้างของช่องสลิทโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงด้วยโปรแกรม Motic Image Plus Version 2.0 42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.4 ผลการทดลองหาค่าความกว้างของช่องสลิทด้วยวิธีการเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ 45

4.5 ผลการแปลงภาพถ่ายดิจิทัลของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงเป็นกราฟการกระจายความเข้มแสงด้วยโปรแกรม Image J 46

4.6 ผลการศึกษาตัวแปร a, d, L และ λ วัดค่าระยะความกว้างจากแถบสว่างกลางมายังแถบมืดอันดับใดๆของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่ 50

4.7 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของจำนวนแถบสว่างของการแทรกสอดภายในต่อจำนวนแถบมืดของการเลี้ยวเบนภายนอกเทียบกับอัตราส่วนระยะห่างระหว่างสลิทต่อความกว้างของช่องสลิทคู่ 52

4.8 ผลการออกแบบการสอนหลักการเรื่องการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงโดยการทดลองผ่านกระบวนการสอนแบบสืบเสาะให้นักเรียนในวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 53

5. สรุปผลการทดลอง 54

5.1 สรุปผลการทดลอง 54

5.2 ข้อเสนอแนะ 56

5.3 แนวทางในการพัฒนางานวิจัย 57

เอกสารอ้างอิง 58

ภาคผนวก 60

ก ผลการวัดสเปกตรัมของแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์พอยน์เตอร์ 60

ข ตัวอย่างการคำนวณหาความกว้างของช่องสลิทเดี่ยว 62

ค ตัวอย่างการคำนวณหาความกว้างระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ 64

ง เอกสารการประชุมทางวิชาการ (Proceeding) 66

ประวัติผู้วิจัย 78

รายการตาราง

ตาราง **หน้า**

2.1 เปรียบเทียบค่าความกว้างสลิทเดี่ยวที่สร้างจากซอฟต์แวร์และการคำนวณ 25

4.1 ผลการเปรียบเทียบค่าความกว้างของช่องสลิทเดี่ยวที่ออกแบบและค่าความกว้างที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง 43

4.2 ผลการเปรียบเทียบค่าความกว้างของระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ที่ออกแบบและค่าระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสง 44

4.3 ผลการเปรียบเทียบค่าความกว้างของช่องสลิทเดี่ยวที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงและค่าจากการทดลอง 45

4.4 ผลการเปรียบเทียบค่าความกว้างของระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่ที่ได้ด้วยการวิเคราะห์จากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงและค่าจากการทดลอง 46

4.5 ผลการทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ผ่านสลิทเดี่ยว 50

4.6 ผลการทดลองการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์ผ่านสลิทคู่ 51

4.7 ผลของการทดลองหาความกว้างแถบมืดสว่างของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทคู่ 53

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	แสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสนามไฟฟ้า ($\vec{E}$)และ สนามแม่เหล็ก ($\vec{B}$) ตั้งฉากซึ่งกันและกัน และตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของแสง	6
2.2	แสดงสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นและความถี่แตกต่างกัน	7
2.3	แสดงการทดลองสลิทคู่ของยัง	8
2.4	แสดงรูปแบบการแทรกสอดของคลื่นผ่านสลิทคู่ S_1 และ S_2	8
2.5	ระยะต่างๆ ในการทดลองของยัง	9
2.6	แสดงค่าความเข้มแสงกับระยะ $d\sin\theta$ สำหรับรูปแบบการแทรกสอดจากสลิทคู่เมื่อฉากอยู่ไกลจากสลิตทั้งคู่ ($L >> d$)	11
2.7	การกระจายความเข้มแสงจากช่องเปิดหลายช่อง	12
2.8	แสดงพฤติกรรมของคลื่นตามหลักของฮอยเกนส์	12
2.9	แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนของคลื่นผ่านช่องสลิท	13
2.10	แสดงรูปแบบการเลี้ยวเบนแบบเฟรสเนล	13
2.11	แสดงการเลี้ยวเบนแบบเฟรานโฮเฟอร์ของลำแสงขนานผ่านสลิทเดี่ยว	14
2.12	แสดงการแบ่งช่องแคบออกเป็น 2 ส่วน	15
2.13	แสดงการแบ่งช่องแคบออกเป็น 3 ส่วน	15
2.14	แสดงการแบ่งช่องแคบออกเป็น 4 ส่วน	16
2.15	แสดงภาพถ่ายการเลี้ยวเบนของแสงที่ตกบนฉากโดยเกิดจากสลิทเดี่ยว	17
2.16	แสดงการแบ่งช่องสลิทออกเป็นส่วนเล็กๆ	18
2.17	การกระจายความเข้มแสงจากการเลี้ยวเบนผ่านสลิทคู่	21
2.18	การสร้างสลิทจากใบมีดโกนและรูปแบบการเลี้ยวเบนของแสงผ่านขอบใบมีดโกน	21
2.19	กระบวนการสร้างสลิทและสลิทที่ได้จากการสร้างด้วยวิธีการสร้างลวดลาย	22
2.20	การจัดตั้งอุปกรณ์ในการทดลองปรากฏการณ์เลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง	23
2.21	การกระจายความเข้มแสงและแถบมืดสว่างของการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยว	23
2.22	การเกิดภาพกรวยแสงและไดอะแกรมการเคลื่อนที่ของแสงเชิงเรขาคณิต	25
2.23	การจัดตั้งอุปกรณ์การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวเพื่อทำการวัดค่ายังมอดูลัส	26
3.1	แผนผังลำดับขั้นตอนวิธีดำเนินการวิจัย	28

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
3.2	การออกแบบชุดอุปกรณ์การทดลองเพื่อศึกษาการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์	29
3.3	กล้องจุลทรรศน์เชิงแสงและแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า	30
3.4	กระบวนการวัดขนาดความกว้างของช่องสลิทด้วยกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงและโปรแกรม Motic Image Plus 2.0	32
3.5	การตั้งค่าอุปกรณ์การทดลองสำหรับวิธีการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์	33
3.6	เครื่องมือและคำสั่งของโปรแกรม Image J	34
3.7	การลากเส้นตัดผ่านแบ่งครึ่งภาพถ่ายแถบมืดสว่างของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงด้วยโปรแกรม Image J	34
3.8	ข้อมูลกราฟการกระจายความเข้มแสงเทียบกับตำแหน่งของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงด้วยโปรแกรม Image J	35
3.9	อุปกรณ์การทดลองการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงที่หลากหลายหาได้ง่ายในห้องปฏิบัติการ	37
4.1	การจัดตั้งอุปกรณ์ชุดการทดลองการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์	38
4.2	ชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่ออกแบบชุดการทดลองอย่างง่ายการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์	39
4.3	กระบวนการตั้งค่าเริ่มต้นของการออกแบบสลิทที่ควบคุมขนาดได้ด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS3	40
4.4	สลิทที่ควบคุมขนาดได้ที่พิมพ์ลงบนแผ่นฟิล์มกราฟิก	41
4.5	ภาพถ่ายผลการวิเคราะห์ความกว้างของช่องสลิทจากกล้องจุลทรรศน์เชิงแสงด้วยโปรแกรมMotic Image Plus Version 2.0	42
4.6	ภาพแถบมืดสว่างของการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยวและสลิทคู่บนฉากรับภาพติดสเกลกราฟ	45
4.7	แถบมืดสว่างและการกระจายความเข้มผ่านช่องแสงสลิทเดี่ยวเทียบกับตำแหน่งด้วยโปรแกรม Image J	47

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป **หน้า**

4.8	แถบมืดสว่างและการกระจายความเข้มแสงผ่านช่องสลิทคู่เทียบกับตำแหน่งด้วยโปรแกรม Image J	49
4.9	แสดงจำนวนแถบของการแทรกสอดภายในแถบการเลี้ยวเบนภายนอกของการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสงแบบเฟรานโฮเฟอร์	52
ก.1	ค่าความยาวคลื่นของเลเซอร์พอยน์เตอร์แสงสีเขียว	61
ก.2	ค่าความยาวคลื่นของเลเซอร์พอยน์เตอร์แสงสีแดง	61
ข.1	รูปแบบการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยว	63
ค.1	รูปแบบการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิทเดี่ยว	65

รายการสัญลักษณ์

a	=	ความกว้างของช่องสลิทเดี่ยว
$\vec{B}$	=	สนามแม่เหล็ก
d	=	ระยะห่างระหว่างช่องสลิทคู่
$\vec{E}$	=	สนามไฟฟ้า
I	=	ความเข้มแสง
I_0	=	ความเข้มแสงสูงสุด
L	=	ระยะทางจากฉากรับภาพถึงสลิท
M	=	จำนวนริ้วมืดของการเลี้ยวเบนภายนอก
m	=	อันดับริ้วมืดใดๆในการเลี้ยวเบน
N	=	จำนวนริ้วสว่างของการแทรกสอดภายใน
n	=	อันดับริ้วสว่างใดๆในการแทรกสอด
Δr	=	ความต่างระยะทาง
S_1	=	แหล่งกำเนิดของคลื่นขบวนที่ 1
S_2	=	แหล่งกำเนิดของคลื่นขบวนที่ 2
t	=	เวลา
$\square$	=	อัตราเร็วเชิงมุม
$\square$	=	ความยาวคลื่น
$\square$	=	มุม