

ฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่

5

ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551



ผู้เรียบเรียง

รศ. ดร.ณรงค์ สักวาเรนที
นายสุชาติ แซ่เฮ้ง

ผู้ตรวจ

ดร.สุริษา เละเข็น
ดร.อุดมเดช ภัคดี
น.ท.หญิง ปวีณา ธารักษ์

บรรณาธิการ

ผศ. ดร.เอกภูมิ จันท軒นตี
นางสาวจุลิสพร สุวัฒนาพิบูล

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

ปีที่พิมพ์ 2567

พิมพ์ครั้งที่ 1

จำนวนพิมพ์ 20,000 เล่ม

ISBN : 978-616-606-0775

รหัสสินค้า 3518018

อักษ
www.aksorn.com

จัดพิมพ์และจำหน่ายทั่วประเทศโดย
บริษัท อักษรเจริญทัศน์ อจก. จำกัด
142 ถนนตะนาว เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร 10200
โทร. 0 2622 2999 (อัตโนมัติ 20 คู่สาย)
พิมพ์ที่: บริษัท ไทยรับเกล้า จำกัด โทร. 0 2903 9101-6



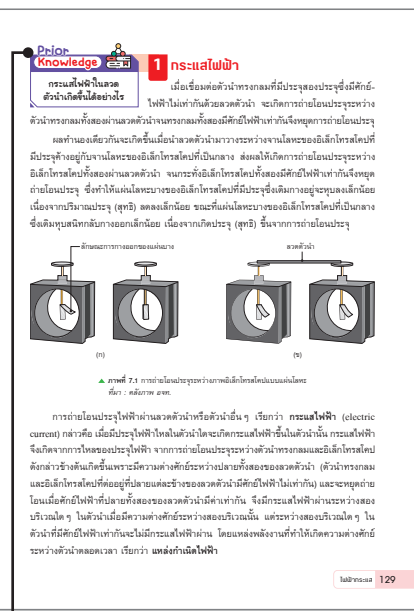
คำแนะนำในการใช้สื่อ



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี พิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 2 จัดทำขึ้นสำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยดำเนินการจัดทำให้สอดคล้องตามผลการเรียนรู้ในสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เพื่อให้ผู้เรียนรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงของระบบเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม และสภาพแวดล้อม สามารถแข่งขันและอยู่ร่วมกับประชาคมโลกได้

Big Question

คำถามกระตุ้น การเรียนรู้ ก่อนเข้าสู่เนื้อหา เพื่อให้เกิด กระบวนการ สืบเสาะหาความรู้



Prior Knowledge

คำถามทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียน เพื่อเชื่อมโยงสู่ความรู้ใหม่



H.O.T.S.

คำถามท้าทายการคิดขั้นสูง

คำถามเพื่อให้ผู้เรียนพัฒนาการคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ



Physics Focus

ความรู้เสริมจากเนื้อหา เพื่อขยายความรู้ของผู้เรียน

Physics in Real Life

เชื่อมโยงความรู้ทางฟิสิกส์สู่ชีวิตประจำวัน



QR Code

ใช้สมาร์ตโฟนเพื่อสแกนเพื่อดูสื่อดิจิทัลเพิ่มเติม



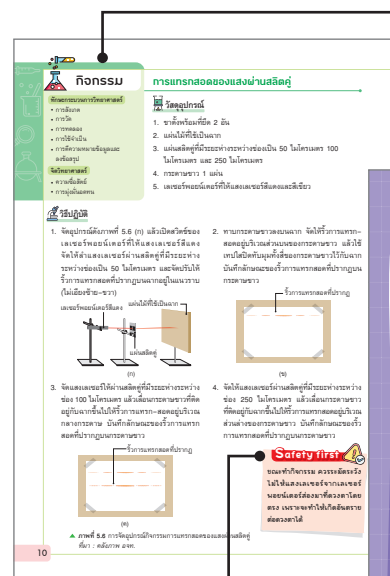
เชื่อมโยงสู่แบบฝึกหัดเพื่อให้ผู้เรียนฝึกฝนจนเกิดความรู้ความเข้าใจ

กิจกรรม

กิจกรรมให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างทักษะทางวิทยาศาสตร์

Summary

สรุปเนื้อหาเพื่อให้ผู้เรียนได้ทบทวนสาระสำคัญประจำหน่วยการเรียนรู้



Safety first

ข้อควรระวัง ในการทำการทดลอง

Unit questions

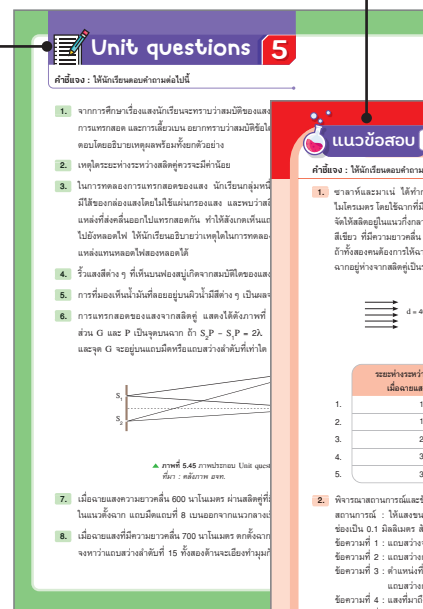
แบบฝึกหัดประจำหน่วยการเรียนรู้ เพื่อใช้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แนวข้อสอบ A-Level

แนวข้อสอบเพื่อเข้าศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)

กิจกรรมที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง





คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ฟิสิกส์ เล่ม 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เวลา 80 ชั่วโมง

ศึกษา วิเคราะห์ และอธิบายการศึกษาแสงเชิงกายภาพ การทดลองการแทรกสอดของยัง การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ การค้นพบสมบัติการเลี้ยวเบนของแสงของกริมัลดี การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว การแทรกสอดของแสงที่เลี้ยวเบนผ่านช่องแคบของเกรตติง การกระเจิงของแสง ปัจจัยที่มีผลต่อการกระเจิงของแสง สีของท้องฟ้า ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า การเหนี่ยวนำไฟฟ้า แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์ การคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า การหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์ ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ การถ่ายโอนประจุระหว่างตัวนำทรงกลม ชนิดของตัวเก็บประจุ พลังงานสะสมในตัวเก็บประจุและความจุสมมูลของตัวเก็บประจุที่ต่อแบบอนุกรมและแบบขนาน การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์ เช่น เครื่องถ่ายภาพเอกซเรย์ เครื่องพ่นสี ไมโครโฟนแบบตัวเก็บประจุ การประยุกต์ใช้ไฟฟ้าสถิตกับการทดลองหาประจุไฟฟ้า การนำไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า กฎของโอห์ม ชนิดของตัวต้านทาน ความต้านทานสมมูลเมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพต้านทาน แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าสมมูลของการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน การคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า เครื่องวัดไฟฟ้า เช่น แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน วงจรไฟฟ้าในบ้าน อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน การใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การอภิปราย การอธิบาย และการสรุปผล เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความคิด และความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตตนเอง ตลอดจนมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่ถูกต้อง

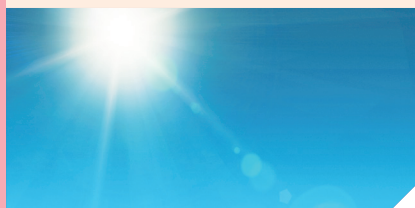


ผลการเรียนรู้

1. ทดลองและอธิบายการแทรกสอดของแสง ผ่านสลิตคู่และเกรตติง การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตเดี่ยว รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติเกี่ยวกับแสง เช่น รุ้ง การทรงกลด มิราจ การเห็นท้องฟ้าเป็นสีต่าง ๆ ในช่วงเวลาต่างกัน
3. ทดลองและอธิบายการทำวัตถุที่เป็นกลางทางไฟฟ้าให้มีประจุไฟฟ้า โดยการขัดสีกันและการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต
4. อธิบายและคำนวณแรงไฟฟ้าตามกฎของคูลอมบ์
5. อธิบายและคำนวณสนามไฟฟ้าและแรงไฟฟ้าที่กระทำกับอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าที่อยู่ในสนามไฟฟ้า รวมทั้งหาสนามไฟฟ้าลัพธ์เนื่องจากระบบจุดประจุโดยรวมกันแบบเวกเตอร์
6. อธิบายและคำนวณพลังงานศักย์ไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า และความต่างศักย์ระหว่างสองตำแหน่งใด ๆ
7. อธิบายส่วนประกอบของตัวเก็บประจุ ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้า ความต่างศักย์ และความจุของตัวเก็บประจุ แล้วอธิบายพลังงานสะสมในตัวเก็บประจุและความจุสมมูล รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
8. นำความรู้เรื่องไฟฟ้าสถิตไปอธิบายหลักการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด และปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน
9. อธิบายการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระและกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำ ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าในลวดตัวนำกับความเร็วลอยเลื่อนของอิเล็กตรอนอิสระ ความหนาแน่นของอิเล็กตรอนในลวดตัวนำและพื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
10. ทดลองและอธิบายกฎของโอห์ม อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับความยาว พื้นที่หน้าตัด และสภาพต้านทานของตัวนำโลหะที่อุณหภูมิคงตัว และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งอธิบายและคำนวณความต้านทานสมมูล เมื่อนำตัวต้านทานมาต่อกันแบบอนุกรมและแบบขนาน
11. ทดลอง อธิบาย และคำนวณอีเอ็มเอฟของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รวมทั้งอธิบายและคำนวณพลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า
12. ทดลองและคำนวณอีเอ็มเอฟสมมูลจากการต่อแบตเตอรี่แบบอนุกรมและแบบขนาน รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งประกอบด้วยแบตเตอรี่และตัวต้านทาน
13. อธิบายการเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งสืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีที่นำมาแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการทางด้านพลังงานไฟฟ้า โดยเน้นด้านประสิทธิภาพและความคุ้มค่าด้านค่าใช้จ่าย

รวม 13 ผลการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5



แสงเชิงกายภาพ 2-53

การศึกษาแสงเชิงกายภาพ	3
การแทรกสอด	4
• การทดลองการแทรกสอดของแสงของยัง	4
• การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่	5
การเลี้ยวเบนของแสง	16
• การค้นพบสมบัติการเลี้ยวเบนของแสงของกริมมัลดี	16
• การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว	17
เกรตติง	30
การกระเจิงของแสง	40
• ปัจจัยที่มีผลต่อการกระเจิงของแสงในบรรยากาศ	40
• การมองเห็นสีของท้องฟ้าในเวลาแตกต่างกัน	42
Unit questions 5	49
แนวข้อสอบ A-Level	53

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6



ไฟฟ้าสถิต 54-127

ปรากฏการณ์ธรรมชาติของไฟฟ้า	55
ประจุไฟฟ้า	56
กฎการอนุรักษ์ประจุไฟฟ้า	59
การเหนี่ยวนำไฟฟ้า	60
แรงระหว่างประจุและกฎของคูลอมบ์	64
• แรงระหว่างจุดประจุสองจุดประจุ	66
• แรงบนจุดประจุหนึ่งจากกลุ่มของจุดประจุ	69
สนามไฟฟ้า	72
• สนามไฟฟ้าจากจุดประจุเดี่ยว	73
• สนามไฟฟ้าจากกลุ่มจุดประจุ	75
• สนามไฟฟ้าของตัวนำที่มีประจุ	78
เส้นสนามไฟฟ้า	81
ศักย์ไฟฟ้า	86
• ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากจุดประจุ	88
• ศักย์ไฟฟ้าเนื่องจากประจุบนตัวนำทรงกลม	93
• ความสัมพันธ์ระหว่างความต่างศักย์และสนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ	97
ตัวเก็บประจุและความจุ	100
• การถ่ายโอนประจุระหว่างตัวนำทรงกลม	103
• การต่อตัวเก็บประจุ	105
การนำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าสถิตไปใช้ประโยชน์	109
• เครื่องถ่ายภาพเอกสาร	109
• เครื่องพ่นสี	110
• ไมโครโฟนแบบตัวเก็บประจุ	111
• ปรากฏการณ์ฟ้าแลบและฟ้าผ่า	112
• สายล่อฟ้า	112
Unit questions 6	116
แนวข้อสอบ A-Level	127

หน่วยการเรียนรู้ที่ 7



ไฟฟ้ากระแส 128-200

กระแสไฟฟ้า	129
• การนำไฟฟ้า	131
• กระแสไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า	132
ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและ	
ความต่างศักย์	135
• กฎของโอห์มและความต้านทาน	135
• สภาพต้านทานไฟฟ้าและสภาพนำไฟฟ้า	154
• ผลของอุณหภูมิที่มีต่อสภาพต้านทาน	156
พลังงานในวงจรไฟฟ้า	160
• แรงเคลื่อนไฟฟ้าและความต่างศักย์	160
• พลังงานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า	163
• การต่อแบตเตอรี่	164
การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแส	
ตรงเบื้องต้น	167
เครื่องวัดไฟฟ้า	171
• แอมมิเตอร์	172
• โวลต์มิเตอร์	174
• โอห์มมิเตอร์	176

การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้าของ	
เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน	179
วงจรไฟฟ้า เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน และ	
การใช้ไฟฟ้าอย่างปลอดภัย	183
• วงจรไฟฟ้าในบ้าน	184
• อุปกรณ์ไฟฟ้าและเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน	186
ไฟฟ้าจากพลังงานทดแทน	188
Unit questions 7	195
แนวข้อสอบ A-Level	200

กิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning)	201
บรรณานุกรม	202


ลักษณะการแทรกสอดหรือเลี้ยวเบนของแสง มีความเหมือนหรือแตกต่างจากคลื่นผิวน้ำอย่างไร

5 หน่วยการเรียนรู้ที่

แสงเชิงกายภาพ

การศึกษาแสงเชิงกายภาพ เป็นการศึกษาการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงที่เกิดจากการที่แสงตกกระทบอุปกรณ์ที่มีขนาดใกล้เคียงหรือเล็กกว่าความยาวคลื่นของแสง โดยจะใช้คุณสมบัติคลื่นของแสงในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

Check for Understanding

พิจารณาข้อความตามความเข้าใจของนักเรียนว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุดบันทึก	ถูก/ผิด
1. ตำแหน่งปฏิบัพของคลื่นแสงที่เกิดการแทรกสอดกัน คือตำแหน่งที่มีมืดที่สุดที่อยู่บนฉาก	
2. การแทรกสอดของแสงผ่านช่องสลิตคู่ แสงที่มีสีต่างกัน จะมีระยะห่างระหว่างแถบมืดที่เกิดบนฉากที่แตกต่างกัน	
3. การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว แสงจะมีมืดที่สุดที่บริเวณแนวกลางของฉาก	บันทึกลงในสมุด
4. ถ้าฉายแสงขาวผ่านเกรตติง แสงที่ปรากฏบนฉากจะมีแค่เพียงสีเดียว คือ สีขาว	
5. สีที่เกิดขึ้นบนท้องฟ้าเกิดจากการกระเจิงของแสง	

Prior Knowledge

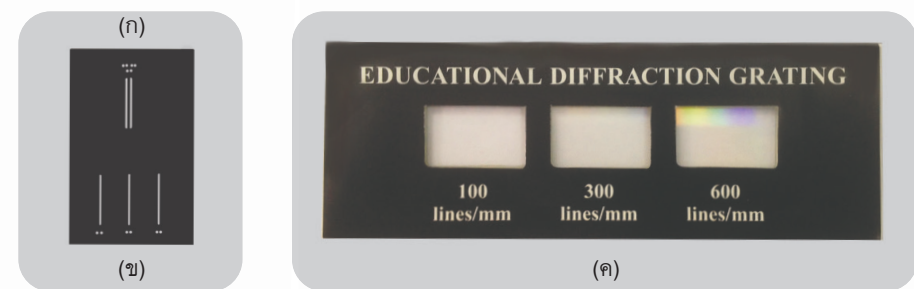
สมบัติของแสงเชิงกายภาพ มีอะไรบ้าง และสามารถศึกษาได้อย่างไร

1 การศึกษาแสงเชิงกายภาพ

การศึกษาแสงเชิงกายภาพ (physical optics) เป็นการศึกษาสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง และศึกษาการกระเจิงของแสง โดยใช้อุปกรณ์การศึกษาแสงเชิงกายภาพเบื้องต้น เช่น สลิตเดี่ยว¹ สลิตคู่ เกรตติง

กฎหรือทฤษฎีและปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติการสะท้อนและการหักเหของแสงที่ศึกษาในหน่วยการเรียนรู้ที่ผ่านมา สามารถทำความเข้าใจหรือพิสูจน์ได้โดยอาศัยความรู้ทางเรขาคณิต จึงอาจเรียกสมบัติการสะท้อนและการหักเหของแสงว่า **สมบัติเชิงเรขาคณิตของแสง** แสงมีสมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดเช่นเดียวกับคลื่นอื่น ๆ แต่การทำความเข้าใจสมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงต้องใช้หลักของฮอยเกนส์และหลักการรวมกันได้ของคลื่น จึงกล่าวได้ว่า สมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงเป็นสมบัติเชิงคลื่นของแสง แต่เนื่องจากสมบัติการสะท้อนและการหักเหของแสงเป็นสมบัติของคลื่นโดยทั่วไป จึงนิยมเรียกสมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงว่า **สมบัติเชิงกายภาพ (physical properties)** ของแสง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาแสงเชิงกายภาพเบื้องต้น



(ก) ช่องเปิดคู่ หรือสลิตคู่ (double slit)	(ข) ช่องเปิดเดี่ยว หรือสลิตเดี่ยว (single slit)	(ค) เกรตติง (grating)
อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการแทรกสอดของแสง ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีช่องแคบและยาวสองช่องบนแผ่นวัตถุทึบแสงใช้เป็นทางผ่านของแสงหรืออนุภาค โดยในหนึ่งแผ่นอาจมีระยะห่างระหว่างช่องแคบต่างกันเพื่อให้เลือกใช้ในการทดลอง	อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาการเลี้ยวเบนของแสง ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีช่องแคบเล็ก ๆ หนึ่งช่องบนแผ่นวัตถุทึบแสงใช้เป็นทางผ่านของแสงหรืออนุภาค โดยในหนึ่งแผ่นอาจมีขนาดความกว้างของสลิตต่างกันเพื่อให้เลือกใช้ในการทำการทดลอง	อุปกรณ์ที่ใช้แยกแสงให้เป็นสเปกตรัมโดยวิธีการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง ซึ่งอุปกรณ์นี้อาจทำจากแผ่นกระจกหรือพลาสติกบางที่มีสลิตระยะห่างเท่า ๆ กัน เหมือนเป็นช่องเล็ก ๆ ขนานกันจำนวนมาก

▲ ภาพที่ 5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาแสงเชิงกายภาพเบื้องต้น
 ที่มา : คลังภาพ อจท.

¹คำว่า สลิต (Slit) หนังสือบางเล่มอาจใช้คำที่ต่างกัน เช่น ช่องเปิด, ช่องแคบ, ช่องเล็กยาว

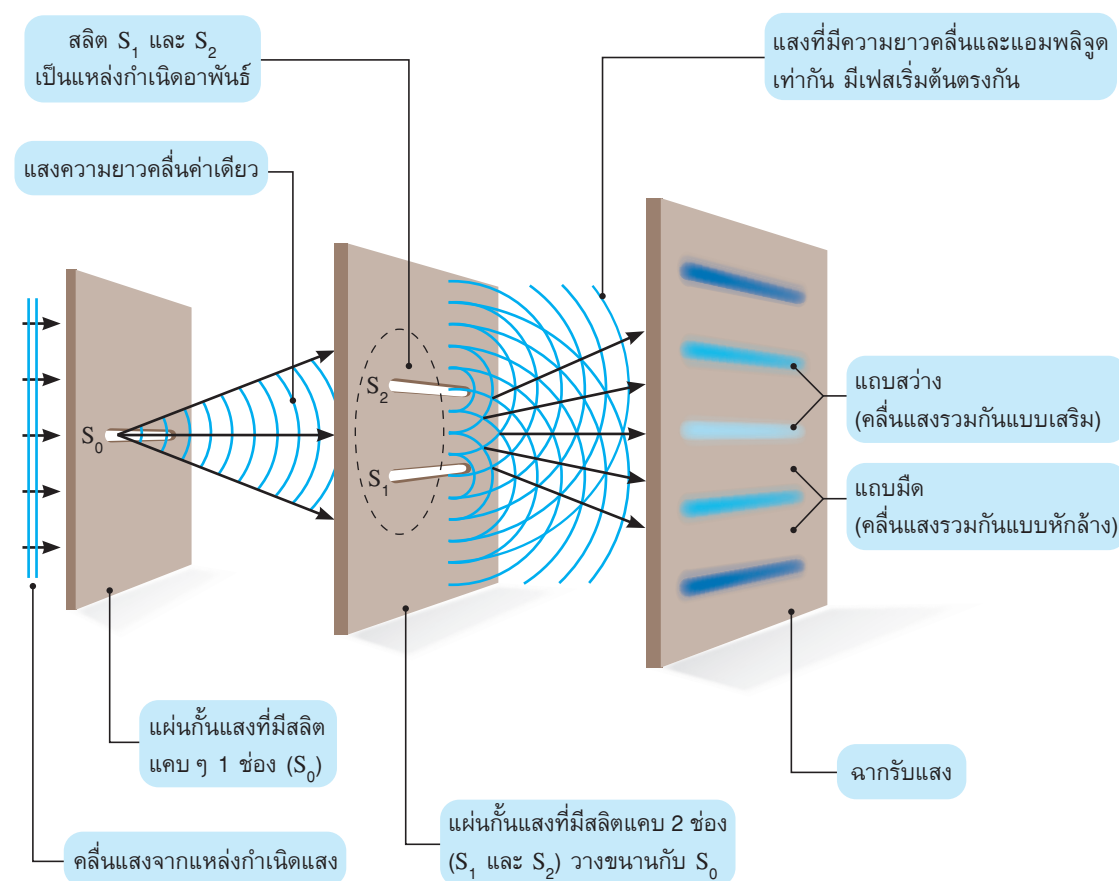
คลื่นแสง คลื่นผิวหน้าและ
คลื่นเสียงมีการแทรกสอด
ที่แตกต่างกันอย่างไ

2 การแทรกสอด

แหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ คือ แหล่งกำเนิดคลื่นสองแหล่งที่
ให้คลื่นที่มีความยาวคลื่นและแอมพลิจูดเท่ากัน ซึ่งในหัวข้อนี้
จะศึกษาว่า การแทรกสอดของคลื่นแสงจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์
มีลักษณะอย่างไร และอะไรเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ของคลื่นแสง

2.1 การทดลองการแทรกสอดของแสงของยัง

สมบัติการแทรกสอดของแสงเป็นที่รู้จักกันมานานแล้วนับตั้งแต่การทดลองของโทมัส
ยัง (Thomas Young) ในปี พ.ศ. 2344 โดยยังได้จัดการทดลอง ดังภาพที่ 5.2

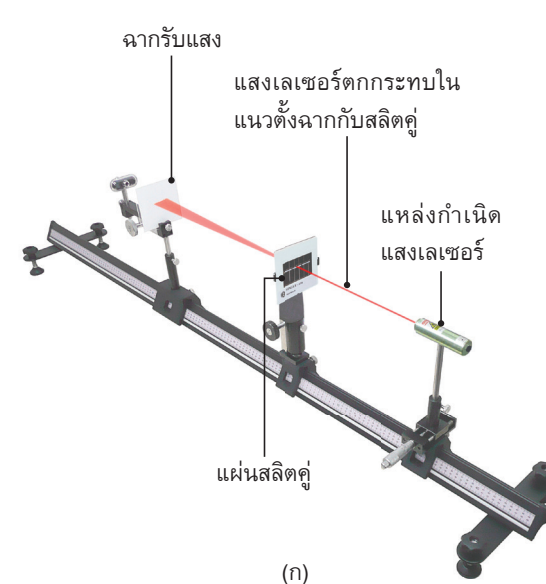


▲ ภาพที่ 5.2 การจัดอุปกรณ์การทดลองการแทรกสอดของแสงของยัง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

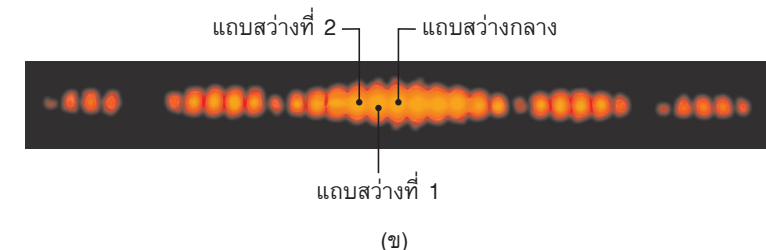
การเกิดแถบสว่างและแถบมืดสลับกันบนฉากแสดงว่า ที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนฉากมีความ-
สว่างไม่เท่ากัน โดยแถบสว่างแถบหนึ่งจะอยู่บนแนวปฏิบัติแนวหนึ่ง และแถบมืดแถบหนึ่งจะอยู่
บนแนวปฏิบัติแนวหนึ่ง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 5.2 การแทรกสอดของแสงจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์
จึงมีลักษณะเหมือนกับการแทรกสอดของคลื่นผิวหน้าและคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ โดย
แถบสว่างและแถบมืดในการแทรกสอดของแสง สอดคล้องกับตำแหน่งที่ผิวหน้าขึ้น-เว้าลงและ
ตำแหน่งที่ผิวหน้าราบเรียบในการแทรกสอดของคลื่นผิวหน้า และสอดคล้องกับตำแหน่งเสียงดังและ
ตำแหน่งเสียงค่อยในการแทรกสอดของเสียง ตามลำดับ

2.2 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

ในการทดลองการแทรกสอดของแสงสลิตคู่จะเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ของแสง โดย
ความกว้างของสลิตแต่ละช่อง และระยะห่างระหว่างสลิตทั้งสองมีค่าใกล้เคียงหรือมากกว่า



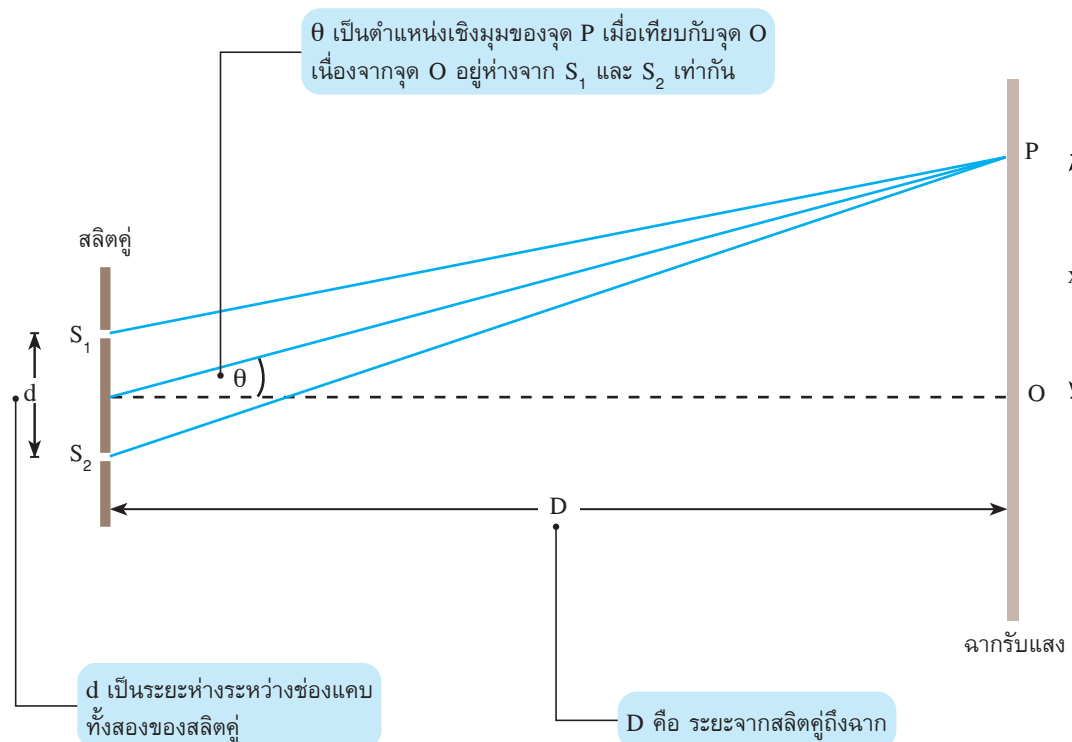
ความยาวคลื่นของแสง ส่วนแสงความยาวคลื่น
ค่าเดียวที่นิยมใช้ในปัจจุบัน คือ แสงเลเซอร์
เมื่อนำแสงเลเซอร์ตกกระทบบนแนวตั้งฉาก
กับสลิต ดังภาพที่ 5.3 (ก) (สังเกตได้ว่า
ไม่ต้องมีสลิต S_0 อย่างในการทดลองของยัง)
แสงจะเลี้ยวเบนผ่านสลิตแต่ละช่องไป
รวมกันหรือแทรกสอดกันบนฉากเกิดแถบสว่าง
สีเดียวกับสีของแสงเลเซอร์สลับกับแถบมืด
(บริเวณระหว่างแถบสว่าง) บนฉากรับภาพ
ดังภาพที่ 5.3 (ข)



▲ ภาพที่ 5.3 ภาพการแทรกสอดของแสงที่ปรากฏบนฉากเมื่อนำแสงเลเซอร์ผ่านสลิตคู่
ที่มา : <http://www.didaconcept.com/documentation/news/> และ <http://tsgphysics.mit.edu/>

จากภาพที่ 5.3 (ข) จะเห็นได้ว่า ในริ้วการแทรกสอดชุดเดียวกัน แถบสว่างแต่ละแถบจะมีความกว้างและความสว่างใกล้เคียงกัน (แถบสว่างกลางไม่สว่างกว่าแถบสว่างอื่นมากนัก โดยความสว่างจะลดลงทีละน้อยๆ เมื่อขยับห่างออกจากแถบสว่างกลาง) และความสว่างของแถบสว่างในริ้วการแทรกสอดชุดที่อยู่ตรงกลางจะสว่างที่สุด ส่วนความสว่างของแถบสว่างในริ้วการแทรกสอดชุดอื่นจะค่อยๆ ลดลงเมื่อขยับออกห่างจากริ้วการแทรกสอดชุดที่อยู่ตรงกลาง นอกจากนี้ ริ้วการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่ สามารถนำไปใช้ในการพิจารณาความยาวคลื่นของแสง โดยวิธีการคำนวณได้ ถ้ารู้ระยะห่างระหว่างสลิตทั้งสองบนสลิตคู่ ระยะจากสลิตถึงฉาก และระยะห่างจากริ้วสว่างกลางของริ้วสว่างแต่ละริ้ว (วัดได้จากการทดลอง)

1. การวิเคราะห์ตำแหน่งของแถบมืดและแถบสว่างในริ้วการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่ ในการหาตำแหน่งของแถบมืดและแถบสว่างในริ้วการแทรกสอดของแสงที่ปรากฏบนฉาก สามารถหาได้ทำนองเดียวกันกับการหาตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบเสริมกัน (ปฏิบัพ) และตำแหน่งที่มีการแทรกสอดแบบหักล้างกัน (บัพ) ในการแทรกสอดของคลื่นผิวน้ำและคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ดังภาพที่ 5.4



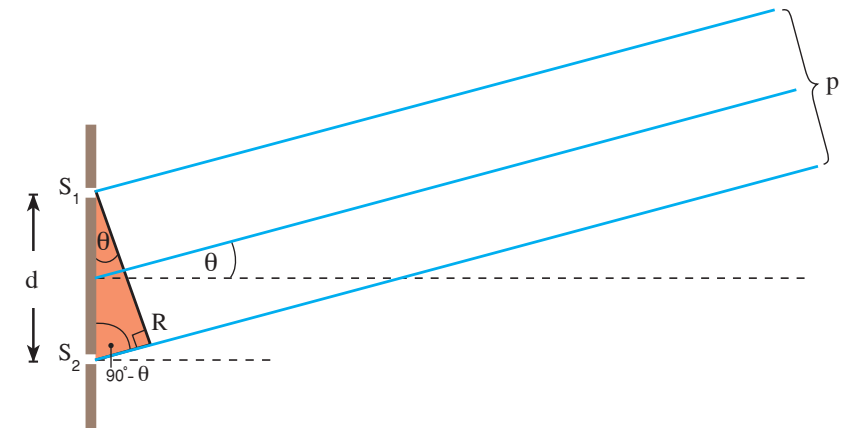
▲ ภาพที่ 5.4 การหาตำแหน่งของแถบสว่างและแถบมืดในริ้วการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

จากภาพที่ 5.4 ถ้าคลื่นแสงจาก S_1 และ S_2 มีเฟสเริ่มต้นตรงกัน จุด O จะเป็นตำแหน่งของแถบสว่างกลาง จึงกล่าวได้ว่า θ เป็นมุมที่แถบสว่าง หรือแถบมืดที่จุด P เบนไปจากแถบสว่างกลาง

จุด P จะเป็นตำแหน่งของแถบสว่าง เมื่อ $|S_2P - S_1P| = n\lambda$ โดย $n = 0, 1, 2, 3, \dots$

จุด P จะเป็นตำแหน่งของแถบมืด เมื่อ $|S_2P - S_1P| = (n - \frac{1}{2})\lambda$ โดย $n = 1, 2, 3, \dots$

และเมื่อขยับฉากรับภาพในภาพที่ 5.4 ออกห่างจากสลิตคู่ คือ เพิ่มค่าระยะ D มุมยอดของสามเหลี่ยมที่จุด P (ซึ่งมีด้านฐานยาวคงที่เท่ากับ d) จะเล็กลงตามระยะ D ที่เพิ่มขึ้น โดยมุมยอดของสามเหลี่ยมจะเข้าใกล้ศูนย์ เมื่อ $D \gg d$ ซึ่งส่งผลให้เส้นตรง S_1P ขนานกับเส้นตรง S_2P ดังภาพที่ 5.5 กล่าวคือ แสงที่ผ่านสลิตคู่ไปยังฉากจะเป็นแสงขนาน เนื่องจากระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่น้อยมากเมื่อเทียบกับระยะจากสลิตคู่ถึงฉาก หรือ $d \ll D$



▲ ภาพที่ 5.5 การหาตำแหน่งของแถบสว่างและแถบมืดในริ้วการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่เมื่อ $D \gg d$
ที่มา : คลังภาพ อจท.

พิจารณาภาพที่ 5.5 เมื่อ S_1P มีแนวขนานกับ S_2P จะพบว่า $|S_2P - S_1P| = S_2R$ โดยที่ $S_2R = d \sin \theta$ ดังนั้นกับเวลา ดังนี้

เมื่อจุด P เป็นตำแหน่งของแถบสว่าง

$$d \sin \theta = n\lambda$$

เมื่อจุด P เป็นตำแหน่งของแถบมืด

$$d \sin \theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$$

d คือ ระยะห่างระหว่างสลิตคู่

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

สำหรับแถบสว่าง ; n คือ ลำดับที่ของแถบสว่าง เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
โดยที่ $n = 0$ เป็นลำดับที่ของแถบสว่างกลาง

สำหรับแถบมืด ; n คือ ลำดับที่ของแถบมืด เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

เนื่องจากมุมที่เบนไปจากแนวกลางของแถบสว่างและแถบมืดในรี้วการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่เป็นมุมเล็ก ๆ ($\theta \rightarrow 0^\circ$) จึงกล่าวได้ว่า $\tan \theta \approx \sin \theta$ เมื่อ θ เป็นมุมเล็ก ๆ เมื่อย้อนกลับไปพิจารณาภาพที่ 5.4 จะพบว่า $\tan \theta = \frac{x}{D}$ เมื่อ x เป็นระยะห่างจากแถบสว่างกลางกับแถบสว่างหรือแถบมืดลำดับที่ n (ระยะห่างนี้เป็นระยะที่วัดจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลางถึงจุดกึ่งกลางของแถบสว่างหรือแถบมืดลำดับที่ n) ดังนั้น

เมื่อจุด P เป็นตำแหน่งของแถบสว่าง

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

เมื่อจุด P เป็นตำแหน่งของแถบมืด

$$d \frac{x}{D} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

d คือ ระยะห่างระหว่างสลิตคู่

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

สำหรับแถบสว่าง ; n คือ ลำดับที่ของแถบสว่าง เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
โดยที่ $n = 0$ เป็นลำดับที่ของแถบสว่างกลาง

สำหรับแถบมืด ; n คือ ลำดับที่ของแถบมืด เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

จากสมการ $d \frac{x}{D} = n\lambda$ จะได้ $x = n \frac{\lambda D}{d}$ ซึ่งหมายความว่า แถบสว่างลำดับที่ 1 จะอยู่ห่างจากแถบสว่างกลาง ($n = 0$) เป็นระยะ $x_1 = \frac{\lambda D}{d}$ ขณะที่แถบสว่างลำดับที่ 2 และแถบสว่างลำดับที่ 3 อยู่ห่างจากแถบสว่างกลางเป็นระยะ $x_2 = 2 \frac{\lambda D}{d}$ และ $x_3 = 3 \frac{\lambda D}{d}$ ระยะห่างระหว่างแถบสว่างลำดับที่ 3 กับแถบสว่างลำดับที่ 2 จึงมีค่าเป็น $x_3 - x_2 = 3 \frac{\lambda D}{d} - 2 \frac{\lambda D}{d} = \frac{\lambda D}{d}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับระยะห่างระหว่างแถบสว่างลำดับที่ 2 กับแถบสว่างลำดับที่ 1 ดังนั้น ระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่อยู่ติดกันหรืออยู่ติดกัน สามารถหาได้จาก $\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$

สังเกตว่า แถบสว่างลำดับที่ 3 อยู่ห่างจากแถบสว่างกลางเท่ากับ $3 \frac{\lambda D}{d}$ และอยู่ห่างจากแถบสว่างลำดับที่ 1 เท่ากับ $2 \frac{\lambda D}{d}$ โดยที่เลข 3 และ 2 มีค่าเท่ากับผลต่างของลำดับที่ของแถบสว่างทั้งสอง ดังนั้น แถบสว่างที่มีลำดับที่ต่างกันเท่ากับ Δn จะอยู่ห่างกัน $\Delta x = \Delta n \frac{\lambda D}{d}$



Physics Focus

การประมาณค่า $\tan \theta \approx \sin \theta$

เนื่องจาก $\tan \theta \approx \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$ เมื่อมุม θ มีค่าน้อยมาก ($\theta \rightarrow 0^\circ$) ทำให้ค่า $\cos \theta$ เข้าใกล้ 1

($\cos \theta \rightarrow 1$) จึงได้ว่า $\tan \theta \approx \frac{\sin \theta}{1}$ หรือ $\tan \theta \approx \sin \theta$

จากสามเหลี่ยมมุมฉากในภาพที่ 5.4 จึงกล่าวได้ว่า $\sin \theta = \tan \theta = \frac{x}{D}$

จากสมการ $d \frac{x}{D} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ จะได้ $x = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{d}$ แถบมืดลำดับที่ 1 จึงอยู่ห่างจากแถบสว่างกลางเป็นระยะ $x_1 = \left(1 - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{d} = \frac{1}{2} \frac{\lambda D}{d}$ ขณะที่แถบมืดลำดับที่ 2 และแถบมืดลำดับที่ 3 อยู่ห่างจากแถบสว่างกลางเป็นระยะ $x_2 = \frac{3}{2} \frac{\lambda D}{d}$ และ $x_3 = \frac{5}{2} \frac{\lambda D}{d}$ ระยะห่างระหว่างแถบมืดลำดับที่ 3 และแถบมืดลำดับที่ 2 จึงมีค่าเป็น $x_3 - x_2 = \frac{5}{2} \frac{\lambda D}{d} - \frac{3}{2} \frac{\lambda D}{d} = \frac{\lambda D}{d}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับระยะห่างระหว่างแถบมืดลำดับที่ 2 กับแถบมืดลำดับที่ 1 ดังนั้น ระยะห่างระหว่างแถบมืดที่อยู่ติดกันจึงมีค่าเป็น $\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$ เช่นเดียวกับระยะห่างระหว่างแถบสว่างที่อยู่ติดกัน

สังเกตว่า แถบมืดลำดับที่ 3 อยู่ห่างจากแถบมืดลำดับที่ 2 เท่ากับ $\frac{\lambda D}{d}$ และอยู่ห่างจากแถบมืดลำดับที่ 1 เท่ากับ $2 \frac{\lambda D}{d}$ โดยที่เลข 1 และเลข 2 มีค่าเท่ากับผลต่างของลำดับที่ (Δn) ของแถบมืดทั้งสอง แถบมืดที่มีลำดับที่ต่างกันเท่ากับ Δn จะอยู่ห่างกันเท่ากับ $\Delta x = \Delta n \frac{\lambda D}{d}$ เช่นเดียวกับแถบสว่าง

เมื่อพิจารณาแถบสว่างกลางในรี้วการแทรกสอดขนาดข้างซ้าย-ขวาด้วยแถบมืดลำดับที่ 1 โดยแถบมืดลำดับที่ 1 แต่ละแถบอยู่ห่างจากแถบสว่างกลางเป็นระยะ $\frac{1}{2} \frac{\lambda D}{d}$ ความกว้างของแถบสว่างกลางของรี้วการแทรกสอด จึงมีค่าเป็น $\frac{\lambda D}{d}$ ซึ่งมีค่าเท่ากับความกว้างของแถบสว่างอื่น ๆ แถบสว่างทั้งหลายในรี้วการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่จึงมีความกว้างพอ ๆ กัน

2. ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นของแสงและลำดับที่ของแถบสว่างที่ทับกัน เมื่อฉายแสงความยาวคลื่นต่างกันสองค่า ถ้าฉายแสงความยาวคลื่น λ_1, λ_2 ผ่านสลิตคู่เดียวกัน แล้วแถบสว่างลำดับที่ n_1 ของแสงความยาวคลื่น λ_1 ไปทับกัน (หรือเกิดที่ตำแหน่งเดียวกัน) กับแถบสว่างลำดับที่ n_2 ของแสงที่มีความยาวคลื่น λ_2 กรณีนี้ θ หรือ x มีค่าเท่ากัน เพราะเกิดที่ตำแหน่งเดียวกัน ขณะที่ d และ D มีค่าเท่ากัน เนื่องจากเป็นสลิตคู่เดียวกันและอยู่ห่างจากฉากเท่ากัน

จากสมการ $d \sin \theta = n\lambda$ จะได้ว่า $d \sin \theta = n_1 \lambda_1$ สำหรับแสงความยาวคลื่น λ_1 และ $d \sin \theta = n_2 \lambda_2$ สำหรับแสงความยาวคลื่น λ_2 จึงได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นของแสงและลำดับที่ของแถบสว่างที่ทับกัน เมื่อฉายแสงความยาวคลื่นต่างกันสองค่า ผ่านสลิตคู่เดียวกัน เป็นดังสมการ $n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$

และจากการพิจารณาทำนองเดียวกันจะได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นของแสงและลำดับที่ของแถบมืดที่ทับกัน เมื่อฉายแสงความยาวคลื่นต่างกันสองค่า ผ่านสลิตคู่เดียวกัน เป็นดังสมการ $\left(n_1 - \frac{1}{2}\right) \lambda_1 = \left(n_2 - \frac{1}{2}\right) \lambda_2$

H.O.T.S.

คำถามท้าทาย
การคิดขั้นสูง

ความยาวคลื่น-แสงที่ฉายผ่านสลิตคู่ มีผลต่อรี้วของการแทรกสอดอย่างไร



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การวัด
- การทดลอง
- การใช้จำเป็น
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความซื่อสัตย์
- การมุ่งมั่นอดทน

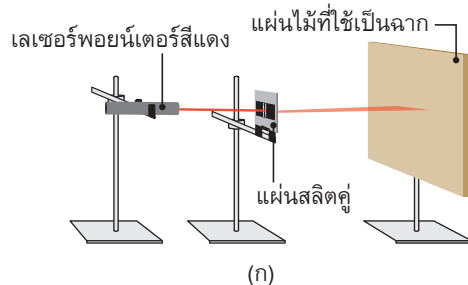
การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

วัสดุอุปกรณ์

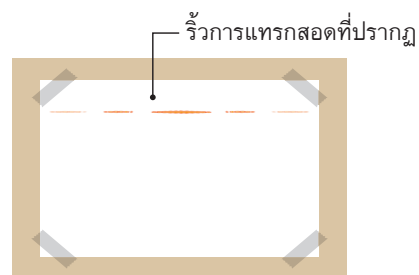
1. ขาตั้งพร้อมที่ยึด 2 อัน
2. แผ่นไม้ที่ใช้เป็นฉาก
3. แผ่นสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องเป็น 50 ไมโครเมตร 100 ไมโครเมตร และ 250 ไมโครเมตร
4. กระดาษขาว 1 แผ่น
5. เลเซอร์พอยน์เตอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีแดงและสีเขียว

วิธีปฏิบัติ

1. จัดอุปกรณ์ดังภาพที่ 5.6 (ก) แล้วเปิดสวิตช์ของเลเซอร์พอยน์เตอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีแดง จัดให้ลำแสงเลเซอร์ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องเป็น 50 ไมโครเมตร และจัดปรับให้ร้าวการแทรกสอดที่ปรากฏบนฉากอยู่ในแนวราบ (ไม่เอียงซ้าย-ขวา)
2. ทาบกระดาษขาวลงบนฉาก จัดให้ร้าวการแทรกสอดอยู่บริเวณส่วนบนของกระดาษขาว แล้วใช้เทปใสปิดทับมุมทั้งสี่ของกระดาษขาวไว้กับฉาก บันทึกลักษณะของร้าวการแทรกสอดที่ปรากฏบนกระดาษขาว

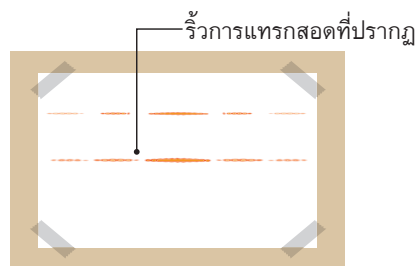


(ก)

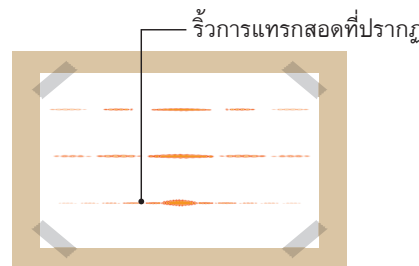


(ข)

3. จัดแสงเลเซอร์ให้ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่อง 100 ไมโครเมตร แล้วเลื่อนกระดาษขาวที่ติดอยู่กับฉากขึ้นไปให้ร้าวการแทรกสอดอยู่บริเวณกลางกระดาษ บันทึกลักษณะของร้าวการแทรกสอดที่ปรากฏบนกระดาษขาว
4. จัดให้แสงเลเซอร์ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่อง 250 ไมโครเมตร แล้วเลื่อนกระดาษขาวที่ติดอยู่กับฉากขึ้นไปให้ร้าวการแทรกสอดอยู่บริเวณส่วนล่างของกระดาษขาว บันทึกลักษณะของร้าวการแทรกสอดที่ปรากฏบนกระดาษขาว



(ค)



(ง)

▲ ภาพที่ 5.6 การจัดอุปกรณ์กิจกรรมการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

5. เปรียบเทียบลักษณะของร้าวการแทรกสอดที่ได้จากการทำกิจกรรมข้อ 1. ถึง 4. บันทึกผลเปรียบเทียบที่ได้
6. เปลี่ยนมาใช้เลเซอร์พอยน์เตอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีเขียว ทำกิจกรรมข้อ 1. ถึง 4. ซ้ำ และเปรียบเทียบระยะห่างระหว่างแถบสว่างของร้าวการแทรกสอดของแสงเลเซอร์สีเขียวกับแสงเลเซอร์สีแดงสำหรับสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องแคบเท่ากัน บันทึกผลเปรียบเทียบที่ได้
7. จัดลำแสงเลเซอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีแดงให้ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่อง 50 ไมโครเมตร แล้วเลื่อนขาตั้งที่ยึดแผ่นสลิตคู่ไป-มา ในแนวลำแสงเลเซอร์เพื่อให้ระยะห่างจากแผ่นสลิตคู่ถึงฉากเปลี่ยนไป พร้อมสังเกตการเปลี่ยนแปลงของร้าวการแทรกสอด บันทึกผลที่สังเกตได้
8. มองหลอดไฟชนิดมีไส้หลอดผ่านช่องเปิดคู่บนแผ่นสลิตคู่ สังเกตลักษณะของร้าวการแทรกสอดที่มองเห็นเปรียบเทียบกับร้าวการแทรกสอดที่ได้จากแสงเลเซอร์สีเขียวและสีแดง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. เมื่อเพิ่มระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่ ร้าวการแทรกสอดของแสงที่ได้จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร
2. ร้าวการแทรกสอดของแสงเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อแสงเลเซอร์ที่ฉายผ่านสลิตคู่เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว โดยที่ระยะห่างระหว่างช่องและระยะจากสลิตคู่ถึงฉากมีค่าเท่ากัน
3. ร้าวการแทรกสอดของแสงจากหลอดไฟชนิดมีไส้หลอดมีลักษณะต่างจากร้าวการแทรกสอดของแสงจากแสงเลเซอร์สีเขียวและสีแดงอย่างไร
4. เหตุใดตรงกึ่งกลางของร้าวการแทรกสอดจึงเป็นแถบสว่างเสมอ
5. เหตุใดแถบสว่างกลางของร้าวการแทรกสอดของแสงจากหลอดไฟชนิดมีไส้หลอดจึงมีสีขาว

Safety first

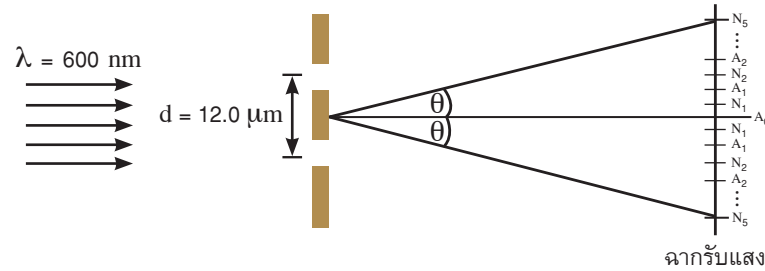
ขณะทำกิจกรรม ควรระมัดระวัง
ไม่ให้แสงเลเซอร์จากเลเซอร์
พอยน์เตอร์ส่องมาที่ดวงตาโดยตรง
เพราะจะทำให้เกิดอันตราย
ต่อดวงตาได้

อภิปรายผลกิจกรรม

เมื่อนำแสงเลเซอร์ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉากกับสลิตคู่จะปรากฏร้าวการแทรกสอดบนฉากเป็นแถบสว่างสีเดียวกับสีของแสงเลเซอร์สลับกับแถบมืดบนฉาก โดยแถบสว่างแต่ละแถบในร้าวการแทรกสอดชุดเดียวกันจะมีความกว้างและความสว่างใกล้เคียงกัน ซึ่งระยะห่างของแถบสว่างอื่น ๆ จากแถบสว่างกลางหาได้จากสมการ $x = n \frac{\lambda D}{d}$ เมื่อพิจารณาสมการจะเห็นได้ว่า ระยะห่างจากแถบสว่างกลาง (x) จะแปรผันตรงกับลำดับที่ของแถบสว่าง (n) ความยาวคลื่นแสง (λ) และระยะห่างจากสลิตคู่ถึงฉาก (D) และจะแปรผกผันกับระยะห่างระหว่างช่องแคบของสลิตคู่ (d) ซึ่งจะสอดคล้องกับผลที่ได้จากการทำกิจกรรมว่า เมื่อเพิ่มค่า λ กับค่า D แล้วลดค่า d จะส่งผลให้แถบสว่างในร้าวการแทรกสอดอยู่ห่างกันมากขึ้น แต่ถ้าลดค่า λ และค่า D แล้วเพิ่มค่า d แถบสว่างในร้าวการแทรกสอดจะอยู่ชิดกันมากขึ้น ส่วนกรณีนี้ที่ฉายแสงขาวผ่านสลิตคู่ แถบสว่างจะประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ ยกเว้นแถบสว่างกลางที่เป็นสีขาว

ตัวอย่างที่ 5.1

เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างสลิตคู่ 12.0 ไมโครเมตร ในแนวตั้งฉาก จงหาว่าแถบมืดแถบที่ 5 จะเบนออกจากแนวกลางเป็นมุมเท่าใด



▲ ภาพที่ 5.7 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 5.1
ที่มา : คลังภาพ อจท.

วิธีทำ จากสมการสำหรับแถบมืด $d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$

$$(12.0 \times 10^{-6} \text{ m}) \sin \theta = \left(5 - \frac{1}{2}\right)(600 \times 10^{-9} \text{ m})$$

$$\sin \theta = \frac{\left(5 - \frac{1}{2}\right)(600 \times 10^{-9} \text{ m})}{12.0 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.225)$$

$$\theta = 13.0^\circ$$

ดังนั้น แถบมืดแถบที่ 5 เบนออกจากแนวกลางเป็นมุม 13.0 องศา

ตัวอย่างที่ 5.2

เมื่อฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 5.0×10^{-7} เมตร ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.2 เมตร ถ้าระยะห่างระหว่างสลิตคู่เท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร แถบสว่างสองแถบที่ติดกัน จะอยู่ห่างกันเท่าใด

วิธีทำ จากสมการสำหรับแถบสว่าง $d \frac{x}{D} = n\lambda$

$$x = n \frac{\lambda D}{d}$$

จึงได้ว่า $\Delta x = \Delta n \frac{\lambda D}{d}$

สำหรับแถบสว่างสองแถบที่ติดกัน $\Delta n = 1$ จะได้ว่า

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$$

$$\Delta x = \frac{(5.0 \times 10^{-7} \text{ m})(1.2 \text{ m})}{0.10 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

$$\Delta x = 6.0 \times 10^{-3} \text{ m}$$

ดังนั้น แถบสว่างสองแถบที่ติดกัน จะอยู่ห่างกัน 6.0 มิลลิเมตร

ตัวอย่างที่ 5.3

ถ้าฉายแสงสีแดงความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ เกิดภาพการแทรกสอดบนฉาก โดยแถบสว่างสองแถบที่ติดกันอยู่ห่างกัน 0.26 มิลลิเมตร ถ้าเปลี่ยนมาฉายแสงสีม่วงความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ดังกล่าวแทน แถบสว่างสองแถบที่ติดกัน จะอยู่ห่างกันกี่มิลลิเมตร

วิธีทำ จากสมการ $\Delta x = \Delta n \frac{\lambda D}{d}$

กรณีแสงสีแดง $\Delta x_R = (1) \frac{\lambda_R D}{d}$

กรณีแสงสีม่วง $\Delta x_V = (1) \frac{\lambda_V D}{d}$

จะได้ว่า $\frac{\Delta x_V}{\Delta x_R} = \left(\frac{\lambda_V D}{d}\right) \left(\frac{\lambda_R D}{d}\right)$

$$\frac{\Delta x_V}{\Delta x_R} = \frac{\lambda_V}{\lambda_R}$$

$$\frac{\Delta x_V}{0.26 \times 10^{-3} \text{ m}} = \frac{400 \times 10^{-9} \text{ m}}{650 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$\Delta x_V = \frac{(0.26 \times 10^{-3} \text{ m})(400 \times 10^{-9} \text{ m})}{650 \times 10^{-9} \text{ m}}$$

$$\Delta x_V = 0.16 \times 10^{-3} \text{ m}$$

ดังนั้น เมื่อเปลี่ยนจากแสงสีแดงเป็นแสงสีม่วง แถบสว่างสองแถบที่ติดกัน จะอยู่ห่างกัน 0.16 มิลลิเมตร

ตัวอย่างที่ 5.4

เมื่อฉายความยาวคลื่น λ_1 และ λ_2 ผ่านสลิตคู่ซึ่งมีระยะห่างระหว่างช่องเท่ากับ d พบว่า แถบมืดที่ 4 ของแสงความยาวคลื่น λ_1 เกิดขึ้นที่เดียวกับแถบมืดที่ 5 ของแสงความยาวคลื่น λ_2 จงหาว่า อัตราส่วนระหว่าง λ_1 ต่อ λ_2 มีค่าเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ เมื่อแถบมืดลำดับต่างกันของแสงต่างความยาวคลื่นซ้อนทับกัน จะได้ว่า $\left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$ มีค่าคงตัว เนื่องจาก $d \sin \theta$ มีค่าคงตัว จึงได้ว่า

$$\left(n_1 - \frac{1}{2}\right)\lambda_1 = \left(n_2 - \frac{1}{2}\right)\lambda_2$$

จึงได้ว่า $\left(4 - \frac{1}{2}\right)\lambda_1 = \left(5 - \frac{1}{2}\right)\lambda_2$

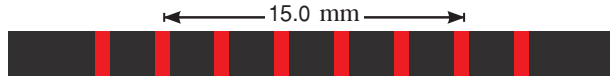
$$\frac{7}{2}\lambda_1 = \frac{9}{2}\lambda_2$$

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \left(\frac{2}{7}\right)\left(\frac{9}{2}\right) = \frac{9}{7}$$

ดังนั้น อัตราส่วนระหว่าง λ_1 ต่อ λ_2 เป็น 9 ต่อ 7

ตัวอย่างที่ 5.5

ถ้าภาพการแทรกสอดจากสลิตคู่ที่ปรากฏบนฉากเป็น ดังภาพที่ 5.8 โดยฉากอยู่ห่างจากสลิตคู่เท่ากับ 1.20 เมตร และระยะระหว่างช่องเปิดเป็น 0.240 มิลลิเมตร ความยาวคลื่นของแสงที่ใช้เป็นเท่าใด



▲ ภาพที่ 5.8 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 5.5
ที่มา : คลังภาพ อจท.

วิธีทำ จากสมการ

$$\Delta x = \Delta n \frac{\lambda D}{d}$$

$$15.0 \times 10^{-3} = (5) \frac{\lambda(1.20 \text{ m})}{0.240 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

จึงได้ว่า

$$\lambda = \frac{(15.0 \times 10^{-3} \text{ m})(0.240 \times 10^{-3} \text{ m})}{(5)(1.20 \text{ m})}$$

$$\lambda = 600 \times 10^{-9} \text{ m}$$

ดังนั้น ความยาวคลื่นของแสงที่ใช้จึงมีค่าเป็น 600 นาโนเมตร

ตัวอย่างที่ 5.6

แสงขาวประกอบด้วยแสงที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 380 นาโนเมตร ถึง 760 นาโนเมตร เมื่อฉายผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องเป็น d เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตคู่เป็นระยะ D จะเกิดการทับกันของแถบสว่างบนฉากของแถบสว่างชุดที่เท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $d \sin \theta = n\lambda$ เมื่อแถบสว่างลำดับต่างกันของแสงต่างความยาวคลื่นซ้อนทับกัน จะได้ว่า $n\lambda$ มีค่าคงตัว เนื่องจาก $d \sin \theta$ มีค่าคงตัว จึงได้ว่า

จากสมการ

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

$$n_1(380 \times 10^{-9} \text{ m}) = n_2(760 \times 10^{-9} \text{ m})$$

$$n_1 = n_2 \frac{(760 \times 10^{-9} \text{ m})}{(380 \times 10^{-9} \text{ m})}$$

$$n_1 = 2n_2$$

จึงกล่าวได้ว่า แถบสว่างลำดับที่ 1, 2, 3, ... ของแสงความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร (แสงสีแดง) จะซ้อนทับกับแถบสว่างลำดับที่ 2, 4, 6, ... ของแสงความยาวคลื่น 380 นาโนเมตร (แสงสีม่วง)

ดังนั้น การทับกันเริ่มจากแถบสว่างชุดที่ 1 กับแถบสว่างชุดที่ 2 ดังภาพที่ 5.9



ตำแหน่งแรกที่ทับกันของแสงสีม่วงกับแสงสีแดง

▲ ภาพที่ 5.9 ภาพประกอบวิธีทำตัวอย่างที่ 5.6
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ตัวอย่างที่ 5.7

ฉายแสงสองค่าความยาวคลื่นผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉากไปยังฉาก ปรากฏว่าแถบสว่างลำดับที่ 2 ของแสงที่มีความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร ซ้อนอยู่กับแถบสว่างลำดับที่ 3 ของแสงอีกสีหนึ่ง แสงสีนั้นมีค่าความยาวคลื่นเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $d \sin \theta = n\lambda$ เมื่อแถบสว่างลำดับต่างกันของแสงต่างความยาวคลื่นซ้อนทับกัน จะได้ว่า $n\lambda$ มีค่าคงตัว เนื่องจาก $d \sin \theta$ มีค่าคงตัว

จึงได้ว่า

$$n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2$$

$$(2)(660 \times 10^{-9} \text{ m}) = (3)\lambda_2$$

$$\lambda_2 = \frac{(2)(660 \times 10^{-9} \text{ m})}{3}$$

$$\lambda_2 = 440 \times 10^{-9} \text{ m}$$

ดังนั้น แสงอีกสีหนึ่งจะมีความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร

Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. เมื่อฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตกตั้งฉากบนสลิตคู่หนึ่งซึ่งห่างกัน 0.1 มิลลิเมตร จงหาว่าแถบสว่างลำดับที่ 20 จะเอียงทำมุมกับแถบสว่างกลางกี่องศา
2. สลิตคู่ห่างกัน 0.03 มิลลิเมตร วางห่างจากฉาก 2 เมตร เมื่อฉายแสงผ่านสลิตคู่ ปรากฏว่า แถบสว่างลำดับที่ 5 อยู่ห่างจากแถบกลาง 14 เซนติเมตร ความยาวคลื่นของแสงเป็นกี่นาโนเมตร
3. เมื่อฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 5.0×10^{-7} เมตร ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.2 เมตร ถ้าระยะห่างระหว่างสลิตคู่เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร แถบสว่างสองแถบติดกัน จะอยู่ห่างกันเท่าใด
4. จากการทดลองเรื่องการแทรกสอดของแสงโดยใช้สลิตคู่ พบว่า ระยะระหว่างริ้วสว่างที่อยู่ติดกันเท่ากับ 0.32 มิลลิเมตร ระยะระหว่างสลิตคู่เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร และระยะจากสลิตคู่ถึงฉากเท่ากับ 40 เซนติเมตร จงหาความยาวคลื่นของแสงนี้
5. เมื่อฉายแสงสีเหลืองความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉาก พบว่า บนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.5 เมตร แถบสว่างลำดับที่ 3 และลำดับที่ 7 อยู่ห่างกัน 6 มิลลิเมตร ช่องทั้งสองของสลิตคู่อยู่ห่างกันกี่ไมโครเมตร

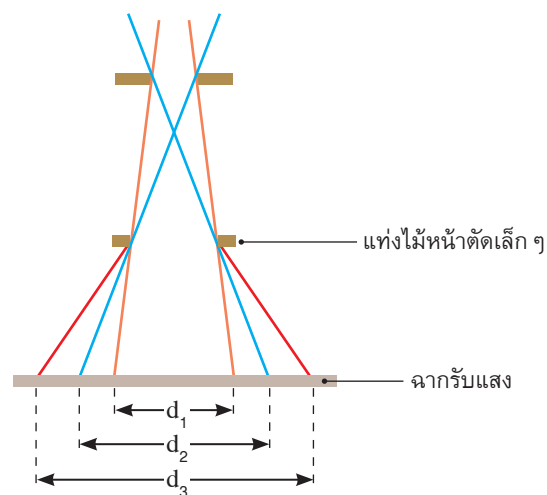
3 การเลี้ยวเบนของแสง

แสงอ้อมผ่านสิ่งกีดขวางไปปรากฏทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางได้เช่นเดียวกับคลื่นผิวน้ำและคลื่นเสียง สมบัติการเลี้ยวเบนของแสง (diffraction) เป็นที่รับรู้มานานแล้ว โดยกริมัลดีเป็นคนแรกที่พบสมบัติการเลี้ยวเบนของแสง ในปี พ.ศ. 2203 ก่อนที่โทมัส ยังจะทำการทดลองเพื่อพิสูจน์สมบัติการแทรกสอดของแสงในอีกประมาณ 140 ปีต่อมา

3.1 การค้นพบสมบัติการเลี้ยวเบนของแสงของกริมัลดี

กริมัลดี (Francesco Maria Grimaldi) เป็นอาจารย์ทางคณิตศาสตร์และฟิสิกส์ที่วิทยาลัยเยซูน เมืองโบโลญญา ประเทศอิตาลี กริมัลดีเป็นหนึ่งในนักฟิสิกส์เชิงเรขาคณิตที่ยิ่งใหญ่ในยุคนั้น และเป็นผู้มีทักษะด้านการสังเกตที่เป็นเลิศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางด้านทัศนศาสตร์ กริมัลดีเป็นคนแรกที่พบสมบัติการเลี้ยวเบนของแสงและเป็นคนวางรากฐานในการประดิษฐ์เกรตติง นอกจากนี้ยังเป็นหนึ่งในนักฟิสิกส์ยุคแรก ๆ ที่เชื่อว่าแสงมีสมบัติเป็นคลื่น กริมัลดีค้นพบสมบัติการเลี้ยวเบนของแสงโดยการให้แสงแดดส่องผ่านรูเล็ก ๆ เข้าไปในห้องมืดไปตกกระทบบนฉากและปรากฏเป็นวงสว่างบนฉาก และเมื่อกริมัลดีวางแท่งไม้หน้าดัดเล็ก ๆ ขวางลำแสงเพื่อวัดขนาดของลำแสงแล้วพบว่า ขนาดของลำแสง (วงสว่าง) บนฉาก (d_3) ใหญ่กว่าขนาดของลำแสง (ปากกรวย) บนฉากที่คำนวณจากวิธีการทางเรขาคณิต (d_1 , d_2) ดังภาพที่ 5.10

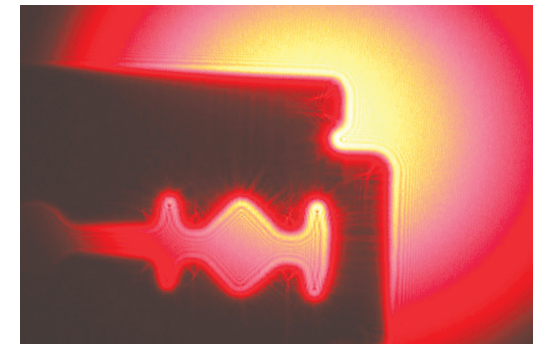
กริมัลดียังสังเกตเห็นแถบสีรอบ ๆ เงาของแท่งไม้บนฉาก โดยแถบในสุดเป็นสีม่วงและแถบนอกสุดเป็นสีแดง กริมัลดียังทดลองวางวัตถุรูปร่างอื่น ๆ ขวางลำแสงเพื่อสังเกตผลที่เกิดขึ้นด้วย และเรียกสมบัติของแสงที่ค้นพบนี้ว่า diffraction ซึ่งเป็นคำในภาษาละติน แปลว่า แยกออกจากกัน เพราะสิ่งที่สังเกตพบทำให้กริมัลดีนึกถึงการที่น้ำไหลแยกออกจากกันเมื่อวางแท่งไม้ขวางทางไหลของน้ำ



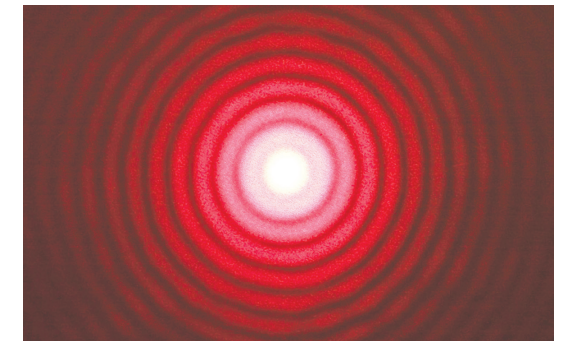
▲ ภาพที่ 5.10 การค้นพบสมบัติการเลี้ยวเบนของแสงของกริมัลดี
ที่มา : คลังภาพ อจท.

3.2 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

การเลี้ยวเบนของแสงจะเกิดได้ดีเมื่อแสงตกกระทบบนสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดที่มีขนาดพอ ๆ กับความยาวคลื่นของแสง (เช่นเดียวกับคลื่นอื่น ๆ) การเลี้ยวเบนกับการแทรกสอดของแสงจะเกิดควบคู่กันเสมอ แสงที่เลี้ยวเบนผ่านสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดเล็ก ๆ ไปจะแทรกสอดกันเกิดเป็นริ้วการเลี้ยวเบนรอบ ๆ ขอบของสิ่งกีดขวางหรือบนฉากรับแสงทางด้านหลังของสลิตเล็ก ๆ เช่นการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์บริเวณขอบใบมีดโกนหวดในภาพที่ 5.11 (ก) และการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ผ่านสลิตกลมในภาพที่ 5.11 (ข)



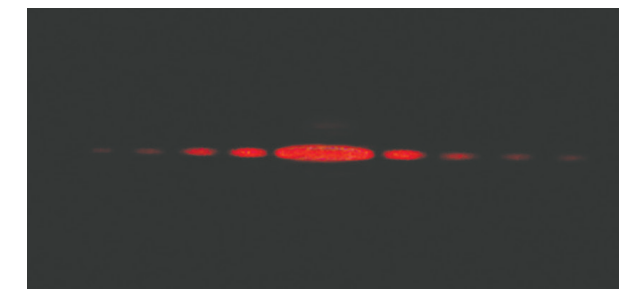
(ก)



(ข)

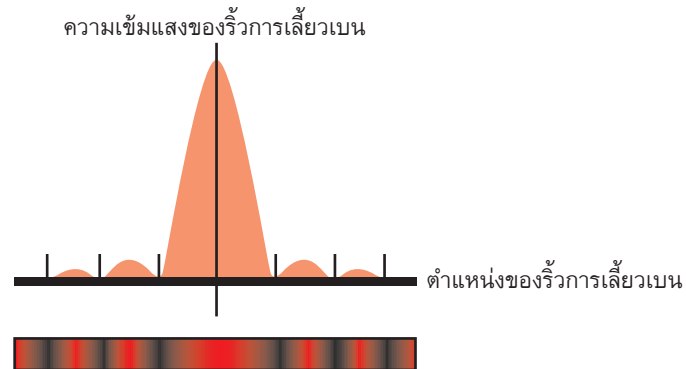
▲ ภาพที่ 5.11 ริ้วการเลี้ยวเบนของแสงที่ขอบของสิ่งกีดขวางและสลิตเล็ก ๆ
ที่มา : Harvard Natural Sciences Lecture Demonstrations, 2016

เมื่อฉายแสงความยาวคลื่นค่าเดียว (แสงเลเซอร์) ตกกระทบบนแนวตั้งฉากกับสลิตเดี่ยว แสงจะเลี้ยวเบนผ่านขอบของสลิตไปได้ โดยขอบของสลิตแต่ละข้างจะทำหน้าที่เหมือนเป็นจุดกำเนิดคลื่นให้คลื่นสองขบวนที่มีความยาวคลื่นและแอมพลิจูดเท่ากัน เคลื่อนไปรวมกันหรือเกิดการแทรกสอดกันบนฉาก เกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างสลับกันบนฉาก ดังภาพที่ 5.12



▲ ภาพที่ 5.11 แถบมืดและแถบสว่างที่ปรากฏบนฉากรับแสง
ที่มา : http://www.physics.montana.edu/demonstrations/apparatus/6_optics/demos/singleslitandlaser.html

สังเกตว่า แแถบสว่างกลางของริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากสลิตเดี่ยวมีความกว้างประมาณสองเท่าของแถบสว่างอื่นและสว่างกว่าแถบสว่างอื่นมาก โดยความเข้มแสงของแถบการเลี้ยวเบนของแสงจากสลิตเดี่ยวที่ตำแหน่งต่าง ๆ (ลำดับต่าง ๆ) พิจารณาได้จากกราฟในภาพที่ 5.13



▲ ภาพที่ 5.13 กราฟแสดงความเข้มแสงของริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากสลิตเดี่ยวที่ตำแหน่งต่าง ๆ
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ความกว้างสลิตเดี่ยวมีผลต่อขนาดของแถบสว่างกลาง หากความกว้างของสลิตเดี่ยวเพิ่มขึ้น ขนาดของแถบสว่างกลางจะลดลง แต่ในทางกลับกันหากความกว้างของสลิตเดี่ยวมีขนาดลดลง ขนาดของแถบสว่างกลางจะเพิ่มขึ้น ดังภาพที่ 5.14 (ก) และ (ข)



(ก) สลิตเดี่ยวความกว้าง 80 ไมโครเมตร

(ข) สลิตเดี่ยวความกว้าง 40 ไมโครเมตร

▲ ภาพที่ 5.14 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตที่มีขนาดต่างกัน
ที่มา : <https://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/diffraction/diffraction2.php>



Physics Focus

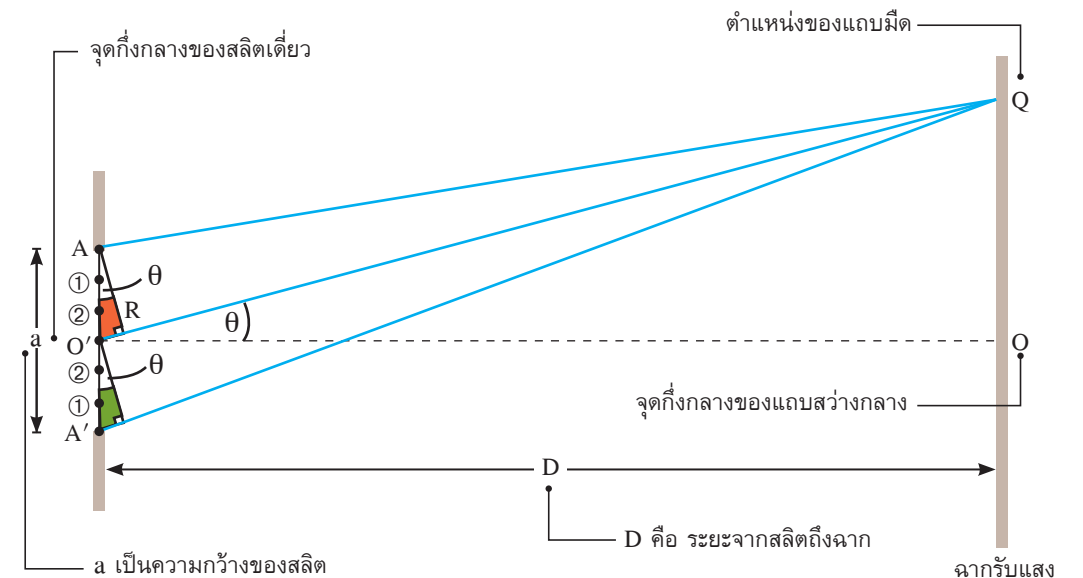
เครื่องวัดขนาดอนุภาค

เครื่องวัดขนาดอนุภาคจะวัดขนาดอนุภาคโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนของแสง โดยในตัวเครื่องจะมีแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ปล่อยแสงเลเซอร์ให้เลี้ยวเบนผ่านตัวอย่างที่ต้องการจะหาขนาดอนุภาค ถ้าอนุภาคมีขนาดใหญ่ มุมของการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์จะแคบ แต่ถ้าอนุภาคมีขนาดเล็ก มุมของการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์จะกว้าง โดยข้อมูลที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยของขนาดอนุภาคของสารตัวอย่าง ซึ่งได้มาจากการคำนวณจากความเข้มแสงที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์ที่มุมต่าง ๆ ซึ่งจะถูกรวบรวมด้วยหัวตรวจวัดภายในเครื่อง



▲ ภาพที่ 5.15 เครื่องวัดขนาดอนุภาค
ที่มา : คลังภาพ อจท.

1. การวิเคราะห์การเกิดแถบมืดและแถบสว่างเพื่อหาตำแหน่งของแถบมืดและแถบสว่างในริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากสลิตเดี่ยว จะใช้วิธีแบ่งสลิตเดี่ยวออกเป็น 2 ส่วน, 4 ส่วน, 6 ส่วน, ... เพื่อให้มีลักษณะเป็นช่องแคบคู่ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ แล้วใช้เงื่อนไขของการแทรกสอดแบบหักล้างและแบบเสริมกันเพื่อหาตำแหน่งของแถบมืดและแถบสว่าง โดยหาตำแหน่งที่เป็นจุดกึ่งกลางของแถบมืดเป็นหลัก ส่วนจุดกึ่งกลางของแถบสว่างประมาณได้ว่าอยู่ตรงกึ่งกลางระหว่างจุดกึ่งกลางของแถบมืดสองแถบที่อยู่ติดกันหรือถัดกัน



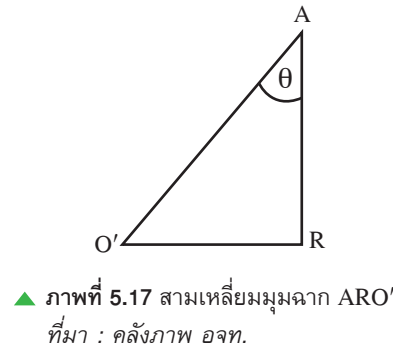
▲ ภาพที่ 5.16 การวิเคราะห์การเกิดแถบสว่างกลางและการหาตำแหน่งของแถบมืดที่ 1 ในริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากสลิตเดี่ยว
ที่มา : คลังภาพ อจท.

จากภาพที่ 5.16 สลิตเดี่ยวซึ่งกว้าง a (ระยะ AA') ได้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยจุด O' เป็นจุดกึ่งกลางของสลิตเดี่ยว ระยะ AO' และระยะ $O'A'$ จึงมีขนาดเป็น $\frac{a}{2}$ เท่ากัน ขณะที่จุด O เป็นจุดบนฉากซึ่งอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกับจุด O' และจุด Q เป็นจุดบนฉากที่เป็นตำแหน่งของแถบมืดที่ 1 โดยที่ฉากอยู่ห่างจากสลิตเดี่ยวมาก หรือระยะจากสลิตถึงฉาก (D) มีค่ามากกว่าความกว้างของสลิตเดี่ยวมาก ($D \gg a$)

เมื่อพิจารณาทุกจุดบนแนว AA' ตามหลักของฮอยเกนส์ จะได้ว่า ทุกจุดบนแนว AA' จะทำหน้าที่เป็นจุดกำเนิดแสงซึ่งกระจายแสงที่มีเฟสเริ่มต้นตรงกันออกไปโดยรอบไปตกกระทบบนฉาก และรวมกันที่ตำแหน่งต่าง ๆ บนฉาก จุด O อยู่ห่างจากจุดกำเนิดแสงทุกคู่บนสลิตเดี่ยว ($A-A'$, ①-①, ②-②, ...) เท่ากัน แสงจากจุดกำเนิดแสงทุกคู่ที่พบกันที่จุด O จึงมีเฟสตรงกัน เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันตลอดเวลา จึงกล่าวได้ว่า จุด O จึงเป็นจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลาง

เนื่องจาก $D \gg a$ เมื่อลากเส้นตั้งฉาก AR จะทำให้ระยะ AQ เท่ากับระยะ RQ ผลต่างของระยะทางที่แสงเดินทางจากจุด O' ไปยังจุด Q และจากจุด A ไปยังจุด Q จึงมีค่าเท่ากับระยะ $O'R$ ถ้าตำแหน่งเชิงมุมของจุด Q เทียบกับจุด O เป็น θ จะพิจารณาได้ว่า มุม $O'AR$ เท่ากับ θ ดังนั้น

$$\begin{aligned} \sin \theta &= \frac{O'R}{AO'} \\ O'R &= AO' \sin \theta \\ \text{เนื่องจาก} \quad AO' &= \frac{a}{2} \\ \text{จึงได้ว่า} \quad O'R &= \frac{a}{2} \sin \theta \end{aligned}$$

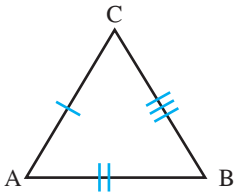


ในทำนองเดียวกันจะพิจารณาได้ว่าผลต่างของระยะทางที่แสงเดินทางจากจุด A' ไปยังจุด Q และจากจุด O' ไปยังจุด Q มีค่าเท่ากับ $\frac{a}{2} \sin \theta$ เช่นกัน (เพราะสามเหลี่ยม AQO' และสามเหลี่ยม A'QO' เป็นสามเหลี่ยมที่เท่ากันทุกประการ) และเป็นเช่นเดียวกับสองจุดใด ๆ บนสลิตเดี่ยวที่อยู่ห่างกัน $\frac{a}{2}$ ผลต่างของระยะทางที่แสงเดินทางจากจุดทั้งสองไปยังจุด Q ต่างมีค่าเป็น $\frac{a}{2} \sin \theta$ ทั้งสิ้น เนื่องจากจุด Q เป็นจุดกึ่งกลางของแถบมืดที่ 1 ผลต่างของระยะทางที่แสงเดินทางจากสองจุดใด ๆ บนสลิตเดี่ยวที่อยู่ห่างกัน $\frac{a}{2}$ ไปยังจุด Q ต้องมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าความยาวคลื่นของแสง ($\frac{\lambda}{2}$) (ซึ่งทำให้มีเฟสต่างกัน 180°) เพื่อให้เกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกัน ดังนั้น จุด Q จะเป็นจุดกึ่งกลางของแถบมืดแถบแรก เมื่อ $\frac{a}{2} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$ หรือ $a \sin \theta = \lambda$

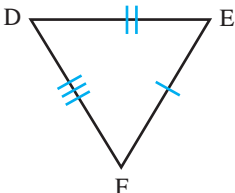
🔍

Physics Focus

ความเท่ากันทุกประการของรูปสามเหลี่ยม



(ก)

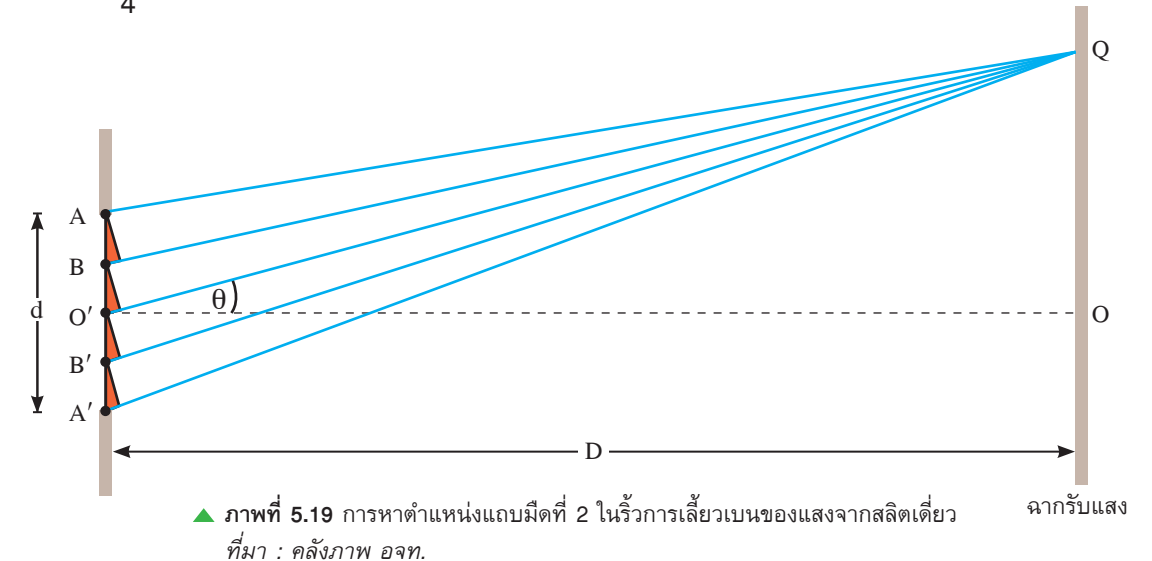


(ข)

▲ ภาพที่ 5.18 รูปสามเหลี่ยมที่มีด้านเท่ากันสามด้าน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

จากภาพ จะเห็นได้ว่า รูปสามเหลี่ยมของภาพที่ 5.18 (ก) และ (ข) มีด้านเท่ากันสามคู่จึงสรุปได้ว่า รูปสามเหลี่ยมทั้งสองรูปจะเท่ากันทุกประการ ซึ่งสามารถเขียนได้ว่า $\triangle ABC$ และ $\triangle DEF$ มีด้าน $\overline{AC} = \overline{FE}$, $\overline{AB} = \overline{DE}$ และ $\overline{BC} = \overline{FD}$

2. การหาตำแหน่งของแถบมืดที่ 2 ในรั้วการเลี้ยวเบนของแสงโดยสลิตเดี่ยว วิเคราะห์ได้จากการแบ่งสลิตเดี่ยวออกเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน คือ AB, BO', O'B' และ B'A' ซึ่งยาวส่วนละ $\frac{d}{4}$ ดังภาพที่ 5.19



เนื่องจาก $D \gg d$ จึงพิจารณาได้ว่า AQ, BQ, O'Q, B'Q, A'Q มีแนวขนานกัน และผลต่างของระยะทางที่แสงเดินทางจากจุดสองจุดใด ๆ บนสลิตเดี่ยวที่อยู่ห่างกัน $\frac{d}{4}$ ถึงจุด Q จะมีค่าเป็น $\frac{d}{4} \sin \theta$ เท่ากัน ถ้าจุด Q เป็นจุดกึ่งกลางของแถบมืดที่ 2 ผลต่างของระยะทางที่แสงเดินทางจากจุดสองจุดใด ๆ บนสลิตเดี่ยวถึงจุด Q ต้องมีค่าเท่ากับ $\frac{\lambda}{2}$ เพื่อให้เกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกัน จะได้ว่า

จุด Q จะเป็นจุดกึ่งกลางของแถบมืดที่ 2 เมื่อ $\frac{d}{4} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$ หรือ $d \sin \theta = 2\lambda$

ถ้าต้องการตำแหน่งของแถบมืดที่ 3 ต้องแบ่งสลิตเดี่ยวออกเป็น 6 ส่วนเท่า ๆ กัน และผลจากการพิจารณาในทำนองเดียวกันกับการหาตำแหน่งของแถบมืดที่ 1 และแถบมืดที่ 2 จะได้ว่า

จุด Q จะเป็นจุดกึ่งกลางของแถบมืดที่ 3 เมื่อ $\frac{d}{6} \sin \theta = \frac{\lambda}{2}$ หรือ $d \sin \theta = 3\lambda$

3. เงื่อนไขในการหาตำแหน่งของแถบมืดในรั้วการเลี้ยวเบนของแสงโดยสลิตเดี่ยว จากการวิเคราะห์ก่อนหน้านี้ (ข้อ 1. และข้อ 2.) สามารถสรุปเงื่อนไขได้ ดังสมการ

$$d \sin \theta = n\lambda$$

- d คือ ความกว้างของสลิตเดี่ยว
- n คือ ลำดับที่ของแถบมืด เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$
- θ คือ ตำแหน่งเชิงมุมของแถบมืด

เมื่อพิจารณาสามเหลี่ยม $Q O' O$ ในภาพที่ 5.19 เนื่องจาก θ เป็นมุมเล็ก ๆ จึงประมาณได้ว่า $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{D}$ ดังนั้น สามารถเขียนสมการที่เป็นเงื่อนไขในการหาตำแหน่งของแถบมืดในริ้วการเลี้ยวเบนของแสงโดยสลิตเดี่ยวได้ ดังสมการ

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

d คือ ความกว้างของสลิตเดี่ยว

x คือ ระยะจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลางถึงจุดกึ่งกลางของแถบมืดที่ n

n คือ ลำดับที่ของแถบมืด เมื่อ $n = 1, 2, 3, \dots$

D คือ ระยะจากสลิตเดี่ยวถึงฉาก

พิจารณาสมการ

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

$$x = n \frac{\lambda D}{d}$$

$$\text{จะได้ว่า } x_1 = \frac{\lambda D}{d}, x_2 = 2 \frac{\lambda D}{d}, x_3 = 3 \frac{\lambda D}{d}, \dots$$

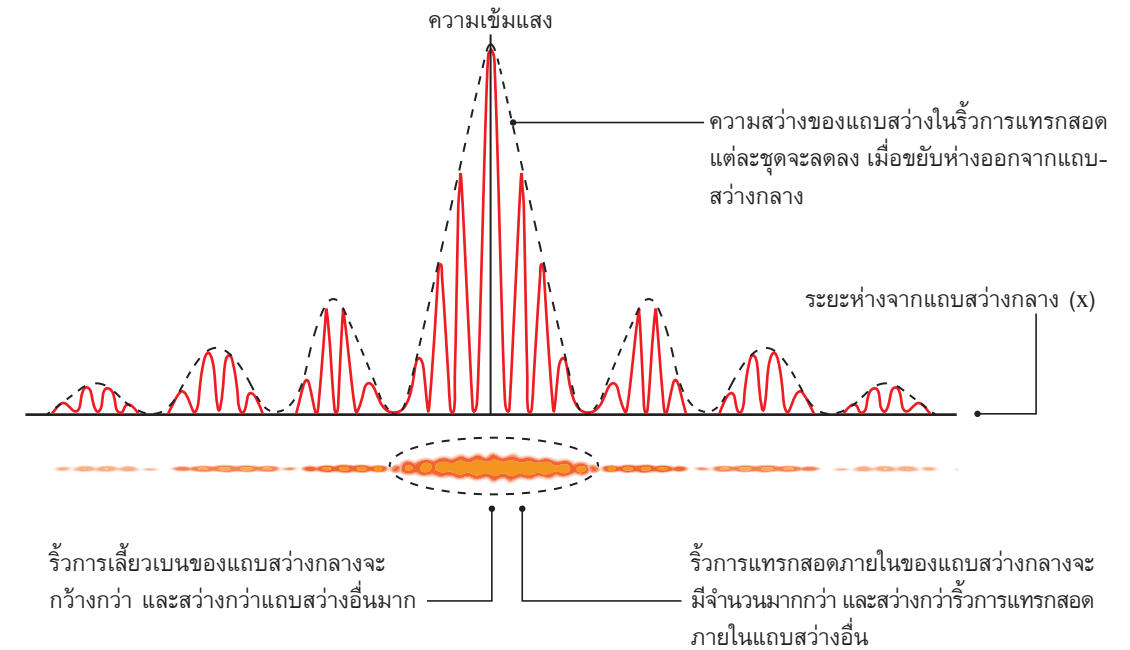
เมื่อ $x_1, x_2, x_3, \dots$ เป็นระยะห่างจากกึ่งกลางของแถบสว่างกลางถึงกึ่งกลางของแถบมืดที่ 1, 2, 3, ... ตามลำดับ และเนื่องจาก $\Delta x = x_2 - x_1 = x_3 - x_2 = \dots = \frac{\lambda D}{d}$ จึงได้ว่า ระยะห่างระหว่างแถบมืดที่อยู่ติดกัน (ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางหรือจุดที่มืดที่สุดของแถบมืดที่อยู่ติดกัน) มีค่าดังสมการ

$$\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$$

ถ้าให้ β แทนความกว้างของแถบสว่างกลาง เนื่องจากแถบสว่างกลางขนานข้างซ้าย-ขวาด้วยแถบมืดลำดับที่ 1 โดยแถบมืดลำดับที่ 1 แต่ละแถบอยู่ห่างจากจุดกึ่งกลางของแถบสว่างกลางเท่ากับ $\frac{\lambda D}{d}$ ความกว้างของแถบสว่างกลางจึงมีค่าดังสมการ

$$\beta = 2 \frac{\lambda D}{d}$$

ขณะที่แถบสว่างลำดับที่ 1 ซึ่งอยู่ระหว่างแถบมืดลำดับที่ 1 กับแถบมืดลำดับที่ 2 และแถบสว่างลำดับที่ 2 ซึ่งอยู่ระหว่างแถบมืดลำดับที่ 2 กับแถบมืดลำดับที่ 3 โดยที่จุดกึ่งกลางของแถบมืดลำดับที่ติดกันอยู่ห่างกัน $\frac{\lambda D}{d}$ ความกว้างของแถบสว่างลำดับที่ 1 และความกว้างของแถบสว่างลำดับที่ 2 จึงมีค่าเป็น $\frac{\lambda D}{d}$ เท่ากัน ความกว้างของแถบสว่างลำดับอื่น ๆ ในริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากสลิตเดี่ยวจึงมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของความกว้างของแถบสว่างกลาง ซึ่งจะมีค่าเป็น $\frac{\beta}{2} = \frac{\lambda D}{d}$



▲ ภาพที่ 5.20 ผลของการเลี้ยวเบนของแสงจากช่องแคบแต่ละช่องของสลิตคู่ต่อริ้วการแทรกสอดของแสง ที่มา : คลังภาพ อจท.

เมื่อพิจารณาสมการที่เป็นเงื่อนไขของตำแหน่งของแถบสว่างในริ้วการแทรกสอดของแสงโดยสลิตคู่ คือ $d \frac{x}{D} = n\lambda$ จะพบว่า ในกรณีที่ระยะจากสลิตคู่ถึงฉาก (D) มีค่าคงตัว เมื่อระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่ (d) เพิ่มขึ้น ระยะห่างจากแถบสว่างกลางของแถบสว่างอื่น (x) จะมีค่าลดลง ซึ่งส่งผลให้แถบสว่างทั้งหลายจะอยู่ชิดกันมาก ทำให้วัตรยะห่างระหว่างแถบสว่างได้ยาก (ผิดพลาดได้ง่าย) ในทางกลับกัน ถ้าลดระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่ แถบสว่างทั้งหลายจะอยู่ห่างกันมากขึ้น ทำให้วัตรยะห่างระหว่างแถบสว่างได้ง่าย (ความผิดพลาดหรือความคลาดเคลื่อนในการวัดน้อยลง)

การทำให้ระยะห่างระหว่างแถบสว่างเพิ่มขึ้น นอกจากการลดระยะห่างระหว่างช่องของสลิตคู่แล้วยังทำได้อีกวิธีหนึ่ง คือ การเพิ่มสลิตคู่เข้าไประหว่างสลิตคู่เดิมโดยยังเพิ่มจำนวนสลิตคู่เข้าไปมากเท่าใดระยะห่างระหว่างแถบสว่างยิ่งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ ความเข้มของแถบสว่างจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นผลจากการแทรกสอดหรือซ้อนทับกันของแสงจากแถบสว่างของริ้วการแทรกสอดจากช่องแต่ละคู่วิธีการนี้อาจเรียกอีกแบบหนึ่งว่าเป็นการเพิ่มจำนวนช่องต่อหน่วยความยาว ซึ่งเป็นวิธีการที่นำไปใช้ในการสร้างเกรตติงที่จะศึกษาในหัวข้อถัดไป

H.O.T.S.

**คำถามท้าทาย
การคิดขั้นสูง**

ความยาวคลื่นแสงที่ฉายผ่านสลิตเดี่ยว มีผลต่อรั้วของการเลี้ยวเบนอย่างไร



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การวัด
- การทดลอง
- การใช้จำเป็น
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความซื่อสัตย์
- การมุ่งมั่นอดทน

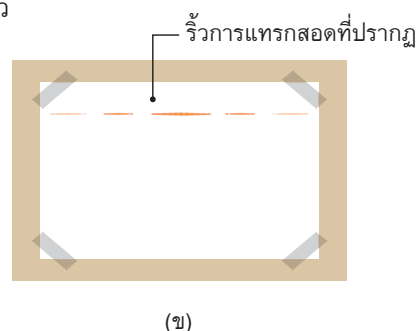
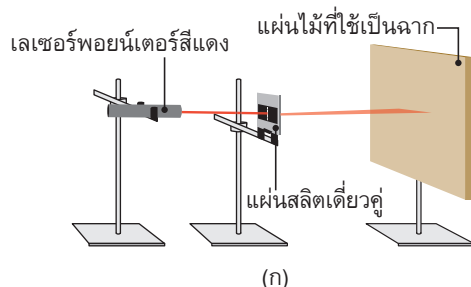
การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

วัสดุอุปกรณ์

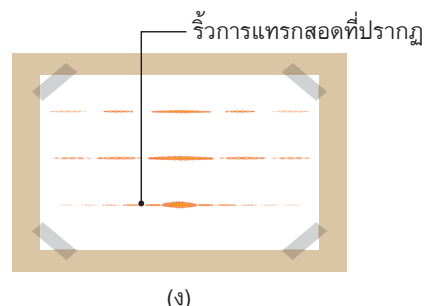
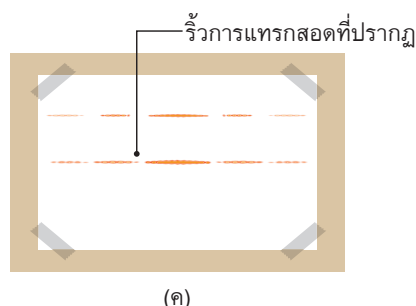
1. ขาตั้งพร้อมที่ยึด 2 อัน
2. กระดาษขาว 1 แผ่น
3. แผ่นสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่องเป็น 50 ไมโครเมตร 100 ไมโครเมตร และ 250 ไมโครเมตร
4. แผ่นไม้ที่ใช้เป็นฉาก
5. เลเซอร์พอยน์เตอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีแดงและสีเขียว

วิธีปฏิบัติ

1. จัดอุปกรณ์การทดลอง ดังภาพที่ 5.21 (ก) แล้วเปิดสวิตช์ของเลเซอร์พอยน์เตอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีแดง จัดให้ลำแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 50 ไมโครเมตร และปรับให้ริ้วการเลี้ยวเบนที่ปรากฏบนฉากอยู่ในแนวราบ (ไม่เอียงซ้าย-ขวา)
2. ทาบกระดาษขาวลงบนฉาก จัดให้ริ้วการเลี้ยวเบนอยู่บริเวณส่วนบนของกระดาษขาวแล้วใช้เทปใสปิดทับมุมทั้งสี่ของกระดาษขาวไว้กับฉาก บันทึกลักษณะของริ้วการเลี้ยวเบนที่ปรากฏบนกระดาษขาว



3. จัดแสงเลเซอร์ให้ผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 100 ไมโครเมตร แล้วเลื่อนกระดาษขาวที่ติดอยู่กับฉากขึ้นไปให้ริ้วการเลี้ยวเบนอยู่บริเวณกลางกระดาษขาว บันทึกลักษณะของริ้วการเลี้ยวเบนที่ปรากฏบนกระดาษขาว
4. จัดให้แสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 250 ไมโครเมตร แล้วเลื่อนกระดาษขาวที่ติดอยู่กับฉากขึ้นไปให้ริ้วการเลี้ยวเบนอยู่ส่วนล่างของกระดาษขาว บันทึกลักษณะของริ้วการเลี้ยวเบนที่ปรากฏบนกระดาษขาว



▲ ภาพที่ 5.21 ภาพการจัดอุปกรณ์กิจกรรมการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว
ที่มา : คลังภาพ อจท.

5. เปรียบเทียบลักษณะของริ้วการเลี้ยวเบนที่ได้จากการทำกิจกรรมข้อ 1. ถึง 4. บันทึกผลเปรียบเทียบที่ได้
6. เปลี่ยนมาใช้เลเซอร์พอยน์เตอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีเขียว ทดลองซ้ำข้อ 1. ถึง 4. ซ้ำ เปรียบเทียบระยะห่างระหว่างแถบสว่างของริ้วการเลี้ยวเบนของแสงเลเซอร์สีเขียวกับแสงเลเซอร์สีแดงสำหรับสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างเท่ากัน บันทึกผลเปรียบเทียบที่ได้
7. จัดลำแสงเลเซอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีแดงให้ผ่านสลิตเดี่ยวที่กว้าง 50 ไมโครเมตร แล้วเลื่อนขาตั้งที่ยึดแผ่นสลิตเดี่ยวไป-มา ในแนวลำแสงเลเซอร์เพื่อให้ระยะห่างจากแผ่นสลิตเดี่ยวถึงฉากเปลี่ยนไป พร้อมสังเกตการเปลี่ยนแปลงของริ้วการเลี้ยวเบน และบันทึกผลที่สังเกตได้
8. มองหลอดไฟชนิดมีไส้หลอดผ่านสลิตเดี่ยวบนแผ่นสลิตเดี่ยว สังเกตลักษณะของริ้วการเลี้ยวเบนที่มองเห็น เปรียบเทียบกับริ้วการเลี้ยวเบนที่ได้จากแสงเลเซอร์สีเขียวและสีแดง

คำถามท้ายกิจกรรม

1. ริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากสลิตเดี่ยวเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อความกว้างของสลิตเดี่ยวเพิ่มขึ้น
2. ริ้วการเลี้ยวเบนของแสงเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อแสงเลเซอร์ที่ฉายผ่านสลิตเดี่ยวเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว โดยที่ความกว้างของสลิตเดี่ยวและระยะจากสลิตเดี่ยวถึงฉากมีค่าเท่ากัน
3. ริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากหลอดไฟชนิดมีไส้หลอดมีลักษณะต่างจากริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากแสงที่มีความยาวคลื่นค่าเดียวอย่างไร
4. เหตุใดตรงกึ่งกลางของริ้วการเลี้ยวเบนจึงเป็นแถบสว่างเสมอ
5. เหตุใดแถบสว่างกลางของริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากหลอดไฟชนิดมีไส้หลอดจึงมีสีขาว
6. ริ้วการเลี้ยวเบนของแสงจากสลิตเดี่ยวต่างจากริ้วการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่อย่างไร

Safety first

ขณะทำกิจกรรม ควรระมัดระวัง
ไม่ให้แสงเลเซอร์จากเลเซอร์พอยน์เตอร์ส่องมาที่ดวงตาโดยตรง
เพราะจะทำให้เกิดอันตรายต่อดวงตาได้

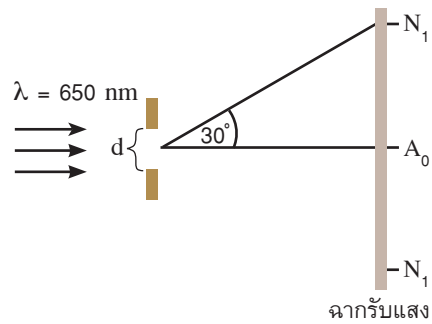
อภิปรายผลกิจกรรม

เมื่อนำแสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยวในแนวตั้งฉากกับสลิตเดี่ยวจะปรากฏริ้วการเลี้ยวเบนบนฉากเป็นแถบสว่างสีเดียวกับสีของแสงเลเซอร์สลับกับแถบมืดบนฉาก โดยแถบสว่างกลางจะกว้างประมาณ 2 เท่าของแถบสว่างอื่น และสว่างกว่าแถบสว่างอื่นมาก ซึ่งความกว้างของแถบสว่างกลางหาได้จากสมการ $\beta = 2 \frac{\lambda D}{d}$ เมื่อพิจารณาสมการจะได้ว่า ความกว้างของแถบสว่างกลาง (β) จะแปรผันตรงกับความยาวคลื่นของแสง (λ) และระยะจากสลิตเดี่ยวถึงฉาก (D) และแปรผกผันกับความกว้างของสลิตเดี่ยว (d) ซึ่งจะสอดคล้องกับผลการทำกิจกรรมที่ได้มาว่า เมื่อเพิ่มค่า λ กับค่า D แล้วลดค่า d จะส่งผลให้ความกว้างของแถบสว่างกลางเพิ่มขึ้น และแถบสว่างอื่นจะอยู่ห่างกันมากขึ้น แต่ถ้าลดค่า λ กับค่า D และเพิ่มค่า d ความกว้างของแถบสว่างกลางจะลดลง และแถบสว่างอื่นจะอยู่ชิดกันมากขึ้น ส่วนกรณีที่ฉายแสงขาวผ่านสลิตเดี่ยว แถบสว่างอื่นจะประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ มีเพียงแถบสว่างกลางเท่านั้นที่เป็นแถบสีขาว

ตัวอย่างที่ 5.8

ฉายแสงผ่านสลิตเดี่ยวทำให้เกิดแนวมืดแถบแรกเบนไปจากแนวกลางเป็นมุม 30 องศา ถ้าแสงมีความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร จงหาความกว้างของสลิต

วิธีทำ จากโจทย์ สามารถเขียนภาพได้ ดังภาพที่ 5.22



จากสมการ

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$d \sin 30^\circ = (1)(650 \times 10^{-9} \text{ m})$$

$$d = \frac{(1)(650 \times 10^{-9} \text{ m})}{\sin 30^\circ}$$

$$d = \frac{(1)(650 \times 10^{-9} \text{ m})}{\frac{1}{2}}$$

$$d = (2)(650 \times 10^{-9} \text{ m})$$

$$d = 1.3 \times 10^{-6} \text{ m}$$

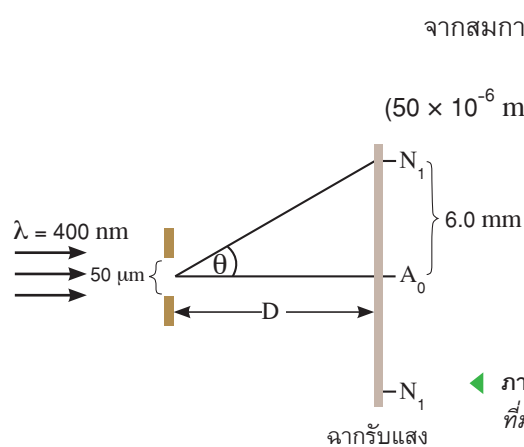
▲ ภาพที่ 5.22 ภาพประกอบวิธีทำตัวอย่างที่ 5.8
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ดังนั้น สลิตเดี่ยวกว้าง 1.3 ไมโครเมตร

ตัวอย่างที่ 5.9

ฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร ตกตั้งฉากกับสลิตเดี่ยวที่มีความกว้างของช่องเท่ากับ 50 ไมโครเมตร จากการสังเกตภาพการเลี้ยวเบนบนฉาก พบว่า แถบมืดแถบแรกอยู่ห่างจากกึ่งกลาง แถบสว่างกลาง 6.0 มิลลิเมตร จงหาระยะระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากเป็นเท่าใดในหน่วยเซนติเมตร

วิธีทำ จากโจทย์ สามารถเขียนภาพได้ ดังภาพที่ 5.23



จากสมการ

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

$$(50 \times 10^{-6} \text{ m}) \frac{(6.0 \times 10^{-3} \text{ m})}{D} = (1)(400 \times 10^{-9} \text{ m})$$

$$D = \frac{(50 \times 10^{-6} \text{ m})(6.0 \times 10^{-3} \text{ m})}{(1)(400 \times 10^{-9} \text{ m})}$$

$$D = 0.75 \text{ m}$$

$$D = 75 \text{ cm}$$

▲ ภาพที่ 5.23 ภาพประกอบวิธีทำตัวอย่างที่ 5.9
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ดังนั้น ระยะระหว่างสลิตเดี่ยวกับฉากจึงมีค่าเป็น 75 เซนติเมตร

ตัวอย่างที่ 5.10

ใช้แสงความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ส่องผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 2.6 ไมโครเมตร ในแนวตั้งฉากเกิดการเลี้ยวเบนบนฉากที่วางห่างจากสลิตเดี่ยว 2 เมตร จงหาว่าแถบมืดที่สองเบนจากแนวกลางเป็นมุมเท่าไร

วิธีทำ จากสมการ

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$(2.6 \times 10^{-6} \text{ m}) \sin \theta = (2)(650 \times 10^{-9} \text{ m})$$

$$\sin \theta = \frac{(2)(650 \times 10^{-9} \text{ m})}{2.6 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\sin \theta = 0.5$$

$$\theta = \sin^{-1}(0.5)$$

$$\theta = 30^\circ$$

ดังนั้น แถบมืดที่สองเบนจากแนวกลางเป็นมุม 30 องศา

ตัวอย่างที่ 5.11

แสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยวแล้วปรากฏภาพการเลี้ยวเบนจากสลิตที่ระยะ 3.00 เมตร เป็นแถบสว่างหลายแถบ ถ้าระยะระหว่างจุดที่มืดที่สุดของแถบสว่างที่กว้างที่สุดเป็น 1.50 เซนติเมตร สลิตเดี่ยวจะมีความกว้างเป็นเท่าไร

วิธีทำ แถบสว่างที่กว้างที่สุด คือ แถบสว่างกลาง และระยะระหว่างจุดที่มืดที่สุดของแถบสว่างกลาง คือ ระยะระหว่างจุดกึ่งกลางแถบมืดแถบแรก ($n = 1$) ที่ขนานข้างแถบสว่างกลาง ซึ่งมีค่าเท่ากับ ความกว้างของแถบสว่างกลาง

จากสมการ

$$\beta = 2 \frac{\lambda D}{d}$$

$$1.5 \times 10^{-2} \text{ m} = 2 \frac{(630 \times 10^{-9} \text{ m})(3.00 \text{ m})}{d}$$

$$d = \frac{2(630 \times 10^{-9} \text{ m})(3.00 \text{ m})}{1.50 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$d = 2.52 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$d = 252 \times 10^{-6} \text{ m}$$

ดังนั้น ความกว้างของสลิตเดี่ยวเป็น 252 ไมโครเมตร

ตัวอย่างที่ 5.12

แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร และ 400 นาโนเมตร ตกกระทบบนสลิตเดี่ยวซึ่งกว้าง 10 ไมโครเมตร
 อยากทราบว่า ขอบของแถบสว่างกลางสองแถบจากคลื่นแสงทั้งสองที่เกิดขึ้นบนฉากที่อยู่ห่างออกไป
 1.0 เมตร จะอยู่ห่างกันกี่เซนติเมตร

วิธีทำ พิจารณาสมการของความกว้างของแถบสว่างกลางจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

$$\beta = 2 \frac{\lambda D}{d}$$

จะได้ว่า

$$\beta_1 = 2 \frac{\lambda_1 D}{d}$$

และ

$$\beta_2 = 2 \frac{\lambda_2 D}{d}$$

ถ้าให้ β_1 และ β_2 เป็นความกว้างของแถบสว่างกลางจากการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวของ
 แสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร และ 400 นาโนเมตร จะได้ว่า

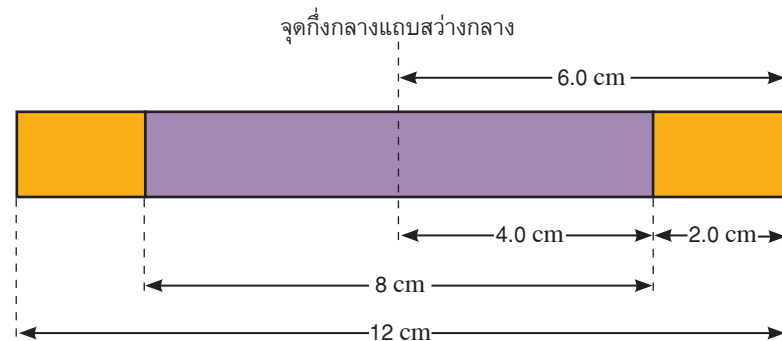
$$\beta_1 = 2 \frac{(600 \times 10^{-9} \text{ m})(1.0 \text{ m})}{10 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\beta_1 = 12 \times 10^{-2} \text{ m} = 12 \text{ cm}$$

$$\beta_2 = 2 \frac{(400 \times 10^{-9} \text{ m})(1.0 \text{ m})}{10 \times 10^{-6} \text{ m}}$$

$$\beta_2 = 8.0 \times 10^{-2} \text{ m} = 8.0 \text{ cm}$$

สามารถเขียนภาพของแถบสว่างกลางจากการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวของคลื่นแสงความยาวคลื่น
 600 นาโนเมตร และ 400 นาโนเมตร ได้ดังภาพที่ 5.24



▲ ภาพที่ 5.24 ภาพประกอบวิธีทำตัวอย่างที่ 5.12
 ที่มา : คลังภาพ อจท.

เมื่อพิจารณาภาพ จะได้ว่า ขอบของแถบสว่างกลางสองแถบจากคลื่นแสงทั้งสองอยู่ห่างกัน
 2.0 เซนติเมตร

ดังนั้น ขอบของแถบสว่างกลางสองแถบจากคลื่นแสงทั้งสองที่เกิดขึ้นบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.0 เมตร
 จะอยู่ห่างกัน 2.0 เซนติเมตร

ตัวอย่างที่ 5.13

ถ้าต้องการให้ตำแหน่งริ้วมืดแรกของลวดลายจากการเลี้ยวเบนของสลิตเดี่ยวตรงกับตำแหน่งริ้วมืดที่ 5
 ของริ้วการแทรกสอดจากสลิตคู่ ระยะระหว่างช่องคู่ของสลิตคู่ต้องมีค่าเป็นกี่เท่าของความกว้างของสลิต
 เดี่ยว เมื่อแสงที่ฉายผ่านสลิตเดี่ยวและสลิตคู่มีความยาวคลื่นเท่ากัน และระยะห่างจากสลิตเดี่ยวและสลิต
 คู่ถึงฉากมีค่าเท่ากัน

วิธีทำ จากเงื่อนไขของตำแหน่งของริ้วมืดจากลวดลายการเลี้ยวเบนของสลิตเดี่ยว ดังสมการ

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

กำหนดให้ ความกว้างของสลิตเดี่ยวเป็น a

$$\text{จะได้ว่า } a = \frac{n\lambda D}{x} = \frac{(1)\lambda D}{x} = \frac{\lambda D}{x}$$

จากเงื่อนไขของตำแหน่งของริ้วมืดจากลวดลายการแทรกสอดของสลิตคู่ ดังสมการ

$$d \frac{x}{D} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$\text{จากโจทย์ จะได้ว่า } d = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{x} = \left(5 - \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda D}{x} = \frac{9}{2} \frac{\lambda D}{x}$$

$$\text{เนื่องจาก } a = \frac{\lambda D}{x} \text{ จึงได้ว่า } d = \frac{9}{2} a = 4.5 a$$

ดังนั้น ระยะระหว่างช่องคู่ของสลิตคู่ต้องมีค่าเป็น 4.5 เท่าของความกว้างของสลิตเดี่ยว

Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

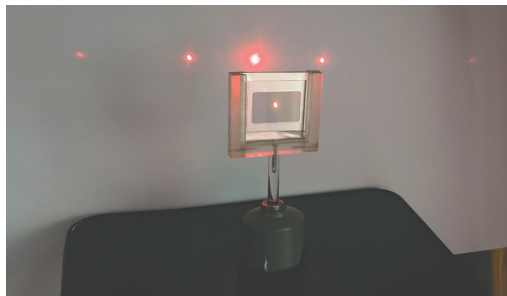
1. ฉายแสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ผ่านสลิตเดี่ยว เกิดแถบมืด-สว่างบนฉากที่อยู่ห่างออกไป
 3 เมตร ระยะห่างระหว่างจุดที่มีมืดที่สุดสองข้างของแถบสว่างที่กว้างที่สุดเป็น 1.5 เซนติเมตร สลิตนั้น
 กว้างเท่าใด
2. แสงสีเดียวความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร เมื่อฉายผ่านสลิตเดี่ยวซึ่งกว้าง 0.5 มิลลิเมตร แล้วเกิดแถบ
 มืด-สว่างบนฉากที่อยู่ห่างจากช่องแคบ 1 เมตร แถบมืดทั้งสองข้างของแถบสว่างตรงกลางจะอยู่ห่างกัน
 ประมาณเท่าใด
3. ฉายแสงความยาวคลื่น λ เมตร ตกตั้งฉากกับสลิตเดี่ยวกว้าง 12λ เมตร เกิดภาพการเลี้ยวเบน
 บนฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิตเดี่ยว 3.6 เมตร ความกว้างของแถบสว่างกลางเป็นกี่เซนติเมตร
4. แสงความยาวคลื่น λ ส่องผ่านสลิตเดี่ยวในแนวตั้งฉาก เกิดแถบมืดแรกบนฉากเบนทำมุม 30 องศา
 กับแนวกลาง อยากทราบว่าสลิตเดี่ยวที่ใช้มีความกว้างเท่าไร
5. แสงความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ตกตั้งฉากบนสลิตเดี่ยวกว้าง 50 ไมโครเมตร เกิดแถบมืด-สว่าง
 บนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเดี่ยว 0.6 เมตร แถบมืดที่สองอยู่ห่างจากแถบมืดที่สี่เท่าใด

หากฉายแสงเลเซอร์ผ่าน
เกรตติงและช่องเปิดคู่
ภาพที่ปรากฏบนฉากจะ
ต่างกันอย่างไร

เกรตติงเป็นแผ่นแก้วหรือพลาสติกที่ประกอบด้วยช่อง
เล็ก ๆ ซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่าจำนวนนับพันนับหมื่นช่องใน
ระยะ 1 เซนติเมตร โดยแต่ละช่องจะแคบมากและมีระยะห่าง
ระหว่างช่องเท่า ๆ กัน ซึ่งจำนวนช่องหรือจำนวนเส้นต่อหน่วย

ความยาวจะเป็นค่าคงที่ของเกรตติงแต่ละแผ่น

นอกจากช่องเปิดคู่ที่ใช้หาความยาวคลื่นของแสงแล้ว ยังมีอุปกรณ์ทางแสงอีกอย่างหนึ่งที่ใช้
หาความยาวคลื่นของแสงได้ คือ เกรตติง (grating) ถ้าฉายแสงเลเซอร์ซึ่งเป็นแสงที่มีความยาวคลื่น
ค่าเดียวผ่านเกรตติงในแนวตั้งฉากกับเกรตติง แสงเลเซอร์จะเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงไปแทรกสอด
กันเกิดเป็นจุดสว่างสีเดียวกับแสงเลเซอร์บนฉาก ดังภาพที่ 5.25 โดยจุดสว่างกลางจะสว่างที่สุด
ขณะที่ความสว่างของจุดสว่างอื่นจะลดลงตามระยะห่างจากจุดสว่างกลาง



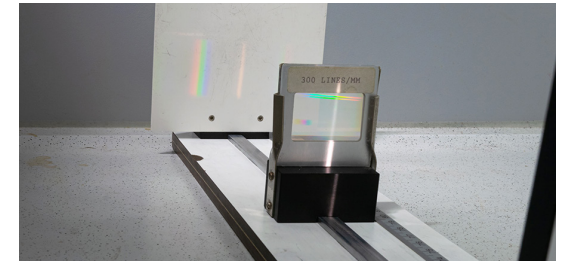
▲ ภาพที่ 5.25 การเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงของแสงเลเซอร์
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ถ้าฉายแสงที่มีความยาวคลื่นหลายค่า
ผ่านเกรตติง เช่น แสงที่ปลดปล่อยออกจาก
อะตอมของแก๊สที่บรรจุในหลอดแก้ว เมื่อปลาย
ทั้งสองของหลอดแก้วอยู่ภายใต้ความต่างศักย์
ค่าสูง ๆ แก๊สในหลอดแก้วจะปลดปล่อยแสงที่มี
สีต่างกัน ตามชนิดของแก๊สที่บรรจุ ซึ่งแสงแต่ละ
สีนี้จะประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ หลายสี (หลาย
ความยาวคลื่น) ซึ่งจะแยกจากกันเป็นเส้นสว่าง
สีต่าง ๆ ในช่วงความยาวคลื่นของแสงที่ตามอง
เห็น (แสงสีม่วงถึงแสงสีแดง) เมื่อฉายผ่านหรือ
มองผ่านเกรตติง



▲ ภาพที่ 5.26 สเปกตรัมเส้นสว่างจากอะตอมของแก๊สฮีเลียม
ที่มา : <http://farmgirlfactsoflife.com/infrarood-lamp-588gtk.html#>

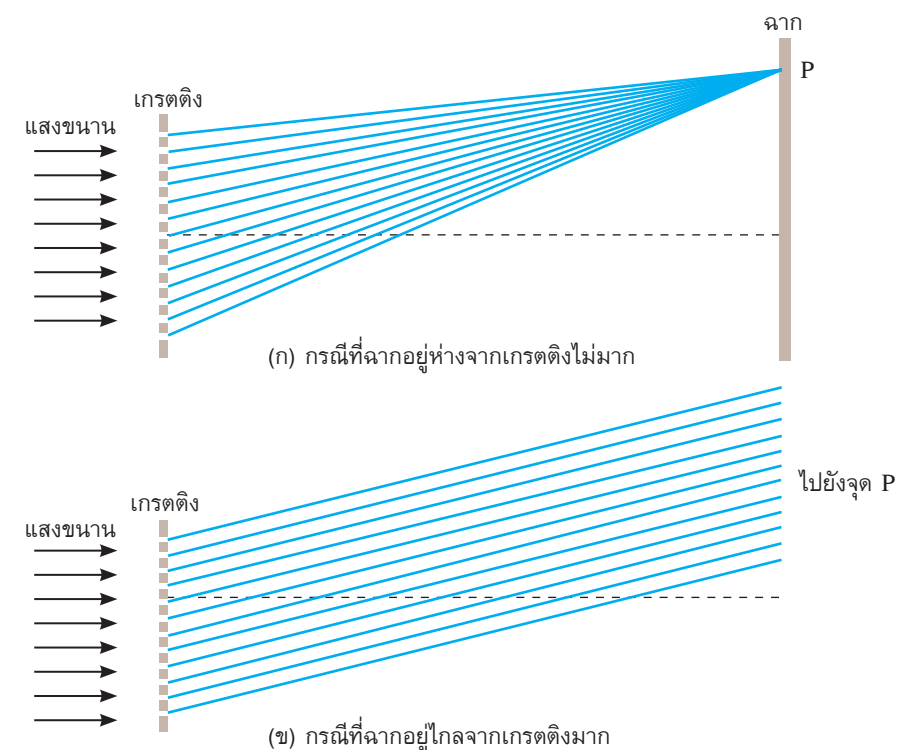
แต่ถ้าแสงที่ฉายผ่านเกรตติงเป็นแสงขาว
ที่มีสเปกตรัมต่อเนื่อง เมื่อเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง
จะกระจายออกเกิดเป็นแถบสีต่าง ๆ (สีม่วงถึง
สีแดง) ต่อเนื่องกันบนฉาก ยกเว้นแถบกลาง
จะเป็นแถบสีขาว ดังภาพที่ 5.27



▲ ภาพที่ 5.27 การเลี้ยวเบนผ่านเกรตติงของแสงขาว
ที่มา : คลังภาพ อจท.

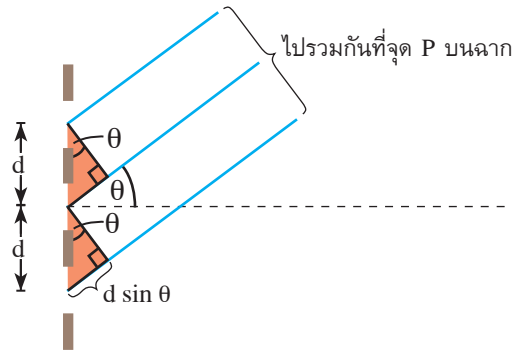
เมื่อแสงความยาวคลื่นค่าหนึ่งตกกระทบบ
ในแนวตั้งฉากกับเกรตติงแล้วเลี้ยวเบนผ่าน

ช่องแคบของเกรตติงไป ช่องแคบของเกรตติงจะทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์ให้คลื่นแสง
ที่มีเฟสเริ่มต้นตรงกันไปรวมกันบนฉาก ตำแหน่งที่คลื่นแสงจากช่องแคบของเกรตติงมารวมแบบ
เสริมกัน (เฟสตรงกัน) จะปรากฏเป็นจุดสว่างหรือเส้นสว่างบนฉาก โดยตำแหน่งของจุดสว่างหรือ
เส้นสว่างหาได้ด้วยวิธีการเดียวกับที่ศึกษาในหัวข้อผ่านมาแล้ว กล่าวคือ ถ้าจุด P บนฉากเป็น
ตำแหน่งของจุดสว่างหรือเส้นสว่างลำดับที่ n ผลต่างของระยะทางระหว่างช่องที่อยู่ติดกันของ
เกรตติงถึงจุด P บนฉาก ต้องมีค่าเป็น n เท่าของความยาวคลื่นของแสง (λ) ถ้าฉากอยู่ห่างจาก
เกรตติงไม่มากนักผลจะเป็นดังภาพที่ 5.28 (ก) แต่ถ้าฉากอยู่ไกลจากเกรตติงมาก ผลจะเป็น
ดังภาพที่ 5.28 (ข) คือ แสงจากช่องแคบของเกรตติงซึ่งเคลื่อนที่ไปยังฉากจะเป็นแสงขนาน
(มุมยอดของสามเหลี่ยมที่มีจุดยอดอยู่ที่จุด P ในภาพที่ 5.28 (ก) มีค่าเข้าใกล้ศูนย์)



▲ ภาพที่ 5.28 การหาตำแหน่งของจุดสว่างหรือเส้นสว่างจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ถ้าระยะห่างระหว่างช่องแคบแต่ละช่องที่อยู่ติดกันบนเกรตติงมีค่าเป็น d และตำแหน่งเชิงมุมของจุด P เมื่อเทียบกับจุดสว่างหรือเส้นสว่างกลางเป็น θ จากภาพขยายของบริเวณช่องต่าง ๆ ของเกรตติงเมื่อแสงที่ผ่านช่องต่าง ๆ ของเกรตติงไปยังฉากเป็นแสงขนาน จะพบว่า ผลต่างของระยะทางระหว่างช่องที่อยู่ติดกันของเกรตติงถึงจุด P บนฉาก มีค่าเป็น $d \sin \theta$ เท่ากันทุกคู่ ดังภาพที่ 5.29



▲ ภาพที่ 5.29 การหาผลต่างของระยะทางจากช่องแต่ละช่องที่อยู่ติดกันของเกรตติงถึงจุดหนึ่งบนฉาก
ที่มา : คลังภาพ อจท.

ดังนั้น ตำแหน่งของจุดสว่างหรือเส้นสว่าง (หรือแถบสว่างเล็ก ๆ) จึงสอดคล้องกับสมการ

$$d \sin \theta = n\lambda$$

d คือ ระยะห่างระหว่างช่องแคบแต่ละช่องที่อยู่ติดกันบนเกรตติง
 n คือ ลำดับที่หรืออันดับของจุดสว่างหรือเส้นสว่าง เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \dots$
 โดยที่ $n = 0$ ลำดับที่หรืออันดับของจุดสว่างหรือเส้นสว่างกลาง
 λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

ทำนองเดียวกับการแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่ ถ้าระยะห่างจากเกรตติงถึงฉากเป็น D โดยที่ $D \gg x$ เมื่อ x แทนระยะห่างจากจุดสว่างหรือเส้นสว่างกลางถึงจุดสว่างหรือเส้นสว่างที่ n ภายใต้เงื่อนไขนี้จะได้ $\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{D}$ จากสมการด้านบนจึงได้ว่า

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

d คือ ระยะห่างระหว่างช่องแคบแต่ละช่องที่อยู่ติดกันบนเกรตติง
 x คือ ระยะห่างจากจุดสว่างหรือเส้นสว่างกลางถึงจุดสว่างหรือเส้นสว่างที่ n
 D คือ ระยะห่างจากเกรตติงถึงฉาก

จึงกล่าวได้ว่า สมการ $d \frac{x}{D} = n\lambda$ เป็นอีกเงื่อนไขหนึ่งของตำแหน่งของจุดสว่างหรือเส้นสว่างที่เกิดจากการเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

ข้อมูลเกี่ยวกับเกรตติงมักจะระบุเป็นจำนวนช่องหรือจำนวนเส้นต่อหน่วยความยาวมากกว่าการระบุระยะห่างระหว่างช่องที่อยู่ติดกัน คือ มักจะระบุว่าเป็นเกรตติงที่มี N ช่อง หรือ N เส้นต่อหน่วยความยาว เช่น 500 เส้นต่อเซนติเมตร ซึ่งหมายความว่า ในระยะ 1 เซนติเมตร บนเกรตติงมีช่องเรียงขนานกันอยู่ 500 ช่อง ดังนั้น ระยะห่างระหว่างช่องที่อยู่ติดกันจึงมีค่าเป็น $\frac{1}{500}$ เซนติเมตร (ทำนองเดียวกับไม้บรรทัดที่มีสเกลเป็นเซนติเมตร โดยใน 1 เซนติเมตร แบ่งเป็น 10 ช่องย่อย แต่ละช่องจึงกว้าง $\frac{1}{10}$ เซนติเมตร หรือ 1 มิลลิเมตร และระยะจากกลางช่องถึงกลางช่องที่อยู่ติดกันมีค่าเป็น $\frac{1}{10}$ เซนติเมตร หรือ 1 มิลลิเมตร) จากการพิจารณาดังกล่าว จึงสรุปได้ว่า ระยะห่างระหว่างช่องที่อยู่ติดกัน (d) เป็นส่วนกลับของจำนวนช่องหรือจำนวนเส้นต่อหน่วยความยาว (N) หรือ $d = \frac{1}{N}$ (ทำนองเดียวกับความสัมพันธ์ระหว่างคาบกับความถี่) ดังนั้น สมการ $d \sin \theta = n\lambda$ และสมการ $d \frac{x}{D} = n\lambda$ จึงเขียนใหม่ในเทอมของจำนวนเส้นต่อหน่วยความยาวได้เป็น

$$\frac{\sin \theta}{N} = n\lambda \quad \text{และ} \quad \frac{x}{ND} = n\lambda$$

ตัวอย่างที่ 5.14

ให้แสงสีแดงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนเส้น 5,000 เส้นต่อเซนติเมตร จงหาจำนวนแถบสว่างทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น

วิธีทำ จากสมการ $d \sin \theta = n\lambda$

เนื่องจากมุมโตที่สุดที่แถบสว่างเบนไปจากแนวกลางมีค่าเป็น 90 องศา

จึงได้ว่า $d \sin 90^\circ = n\lambda$

$$d(1) = n\lambda$$

$$d = n\lambda$$

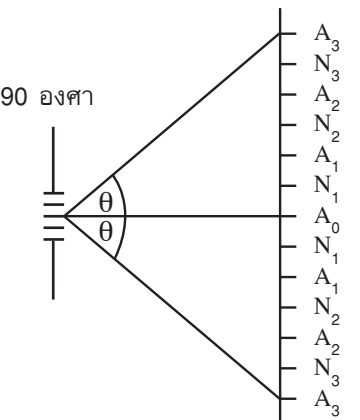
เมื่อ n คือ ลำดับสุดท้ายของแถบสว่างที่เกิดขึ้น และ $d = \frac{1}{N}$

$$\frac{1}{N} = n\lambda$$

$$n = \frac{1}{N\lambda}$$

$$n = \frac{1}{(5,000 \text{ cm}^{-1})(600 \times 10^{-7} \text{ cm})}$$

$$n = 3.33$$



▲ ภาพที่ 5.30 ภาพประกอบวิธีทำตัวอย่างที่ 5.14

ที่มา : คลังภาพ อจท.

$n = 3.33$ แสดงว่า แถบสว่างลำดับสุดท้ายที่เกิดขึ้นได้ในกรณีนี้ คือ แถบที่ 3 กล่าวคือ มีแถบสว่างอยู่ 3 แถบทางด้านบนและล่างของแถบสว่างกลาง เมื่อนับรวมกับแถบสว่างกลางจะได้จำนวนแถบสว่างทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้นเป็น 7 แถบ

ดังนั้น จำนวนแถบสว่างทั้งหมดที่เป็นไปได้ที่จะเกิดขึ้น คือ 7 แถบ



กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การวัด
- การทดลอง
- การใช้จำเป็น
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความซื่อสัตย์
- การมุ่งมั่นอดทน

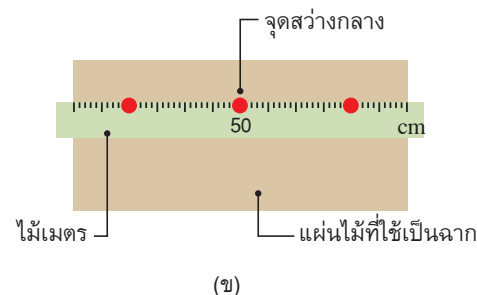
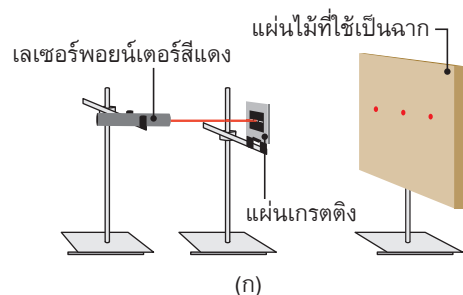
การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

วัสดุอุปกรณ์

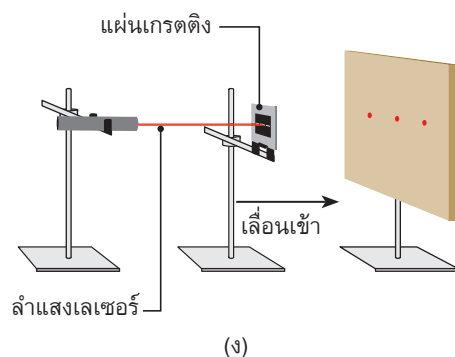
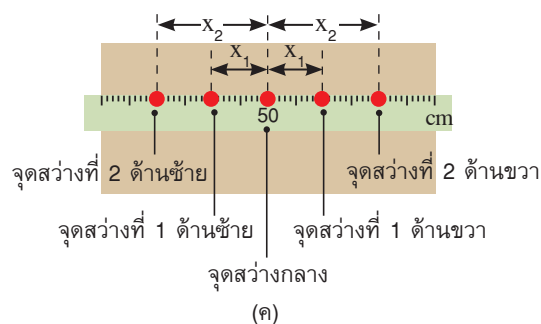
1. ขาตั้งพร้อมที่ยึด 2 อัน
2. ตลับเมตรหรือไม้เมตร
3. แผ่นเกรตติงที่มีจำนวนช่องต่อหน่วยความยาวเป็น 80 เส้นต่อมิลลิเมตร และ 300 เส้นต่อมิลลิเมตร
4. แผ่นไม้ที่ใช้เป็นฉาก
5. เลเซอร์พอยน์เตอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีแดงและสีเขียว

วิธีปฏิบัติ

1. จัดอุปกรณ์การทำการทดลอง ดังภาพที่ 5.31 (ก) แล้วเปิดสวิตช์ของเลเซอร์พอยน์เตอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีแดง จัดให้ลำแสงเลเซอร์ผ่านแผ่นเกรตติงแล้วปรากฏจุดสว่างบนฉาก จัดให้จุดสว่างเรียงตัวอยู่ในแนวราบ (ไม่เอียงซ้าย-ขวา)
2. วางไม้เมตรทาบบนฉาก ขยับฉากออกเท่ากับความหนาของไม้เมตรเพื่อให้ระยะจากเกรตติงถึงสเกลบนไม้เมตรเท่ากับ 1 เมตรพอดี จัดให้จุดสว่างกลางอยู่ที่กึ่งกลางไม้เมตร (ตำแหน่ง 50 เซนติเมตร)



3. อ่านค่าระยะห่างจากจุดสว่างกลางถึงจุดสว่างที่ 1 และจุดสว่างที่ 2 ทางด้านซ้ายและด้านขวาของจุดสว่างกลาง บันทึกเป็นค่า x_1 และ x_2 ทางด้านซ้ายและด้านขวา แล้วหาค่าเฉลี่ยของ x_1 และ x_2
4. เลื่อนขาตั้งที่ยึดแผ่นเกรตติงเข้าหาฉากในแนวลำแสงเลเซอร์ เพื่อลดระยะห่างจากเกรตติงถึงฉาก สังเกตการเปลี่ยนแปลงของรั้วการเลี้ยวเบนของแสงจากเกรตติง



▲ ภาพที่ 5.31 การจัดอุปกรณ์การทดลองการเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

5. เปลี่ยนแผ่นเกรตติงเป็นเกรตติงที่มีจำนวนช่องต่อหน่วยความยาวเป็น 300 เส้นต่อมิลลิเมตร แล้วทำกิจกรรมข้อ 1.-4. ซ้ำ
6. เปลี่ยนเลเซอร์พอยน์เตอร์เป็นเลเซอร์พอยน์เตอร์ที่ให้แสงเลเซอร์สีเขียว แล้วทำกิจกรรมข้อ 1.-5. ซ้ำ
7. นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองทั้งหมดมาคำนวณค่าความยาวคลื่นของแสงสีแดงและแสงสีเขียวที่ได้จากการทดลอง (ในหน่วยนาโนเมตร) จากสมการ $\lambda = \frac{x}{nND}$
8. หาค่าเฉลี่ยของความยาวคลื่นของแสงสีแดงและแสงสีเขียวที่ได้จากการทดลองในข้อ 7. แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่าความยาวคลื่นแสงมาตรฐานของแสงสีแดงและแสงสีเขียว
9. มองดูหลอดไฟชนิดมีไส้หลอดผ่านเกรตติง สังเกตรั้วการเลี้ยวเบนของแสงที่มองเห็น เปรียบเทียบกับรั้วการเลี้ยวเบนของแสงความยาวคลื่นค่าเดียว (แสงเลเซอร์สีเขียวและสีแดง)

คำถามท้ายกิจกรรม

1. รั้วการเลี้ยวเบนของแสงจากเกรตติงเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อจำนวนช่องต่อหน่วยความยาวเปลี่ยนไป
2. รั้วการเลี้ยวเบนของแสงจากเกรตติงเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อระยะห่างระหว่างเกรตติงถึงฉากมีค่าลดลง
3. รั้วการเลี้ยวเบนของแสงจากเกรตติงเปลี่ยนแปลงอย่างไร เมื่อแสงเลเซอร์เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว
4. หากนำเกรตติงกับสลิตคู่มาใช้ในการหาความยาวคลื่นของแสง นักเรียนคิดว่าอุปกรณ์ใดจะให้ค่าใกล้เคียงกับค่าความยาวแสงจริงมากที่สุด
5. เหตุใดแถบสว่างกลางของรั้วการเลี้ยวเบนของแสงจากหลอดไฟชนิดมีไส้หลอดจึงมีสีขาว

Safety first

ขณะทำการทดลอง ควรระมัดระวังไม่ให้แสงเลเซอร์จากเลเซอร์พอยน์เตอร์ส่องมาที่ดวงตาโดยตรง เพราะจะทำให้เกิดอันตรายต่อดวงตาได้

อภิปรายผลกิจกรรม

เมื่อนำแสงเลเซอร์ผ่านเกรตติงโดยให้ลำแสงตกกระทบบนเกรตติง จะเกิดรั้วการเลี้ยวเบนบนฉากเป็นจุดสว่างสีเดียวกับสีของแสงเลเซอร์บนฉากโดยระยะห่างระหว่างจุดสว่างแต่ละจุดมีค่าเท่า ๆ กัน ตำแหน่งของจุดสว่างอื่นเมื่อเทียบกับจุดสว่างกลางสามารถหาได้จากสมการ $x = nND\lambda$ เมื่อพิจารณาสมการจะได้ว่า ระยะห่างจากจุดสว่างกลางของจุดสว่างอื่น (x) จะแปรผันตรงกับความยาวคลื่นของแสง (λ) ลำดับที่ของแถบสว่าง (n) จำนวนช่องต่อหน่วยความยาวของเกรตติง (N) และระยะจากเกรตติงถึงฉาก (D) ซึ่งจะสอดคล้องกับผลที่ได้มาว่าการเพิ่มค่า λ , N และ D จะส่งผลให้จุดสว่างในรั้วการเลี้ยวเบนอยู่ห่างกันมากขึ้น แต่ถ้าลดค่า λ , N และ D จะทำให้จุดสว่างในรั้วการเลี้ยวเบนอยู่ชิดกันมากขึ้น ส่วนกรณีที่ทำแสงขาวผ่านเกรตติง แถบสว่างอื่นจะประกอบด้วยแสงสีต่าง ๆ ยกเว้นแถบสว่างกลางที่เป็นแถบสีขาวเช่นเดียวกับช่องเปิดคู่และช่องเปิดเดี่ยว แต่แถบสว่างจากเกรตติงจะมีความเข้มมากกว่าและแยกห่างกันมากกว่า

ตัวอย่างที่ 5.15

จากการทดลองหาความยาวคลื่นแสงโดยใช้เกรตติง โดยกำหนดให้ x เป็นระยะห่างของแถบสว่างจากแถบสว่างกลาง ซึ่ง x มีค่าน้อยกว่าระยะห่างระหว่างหลอดไฟกับเกรตติง (D) มาก จากข้อมูลในตารางเมื่อค่าของ $n = 1$ ความยาวคลื่นของแสงสีแดง (y) มีค่าเป็นเท่าใด

แสงสี	$x(\text{cm})$	ความยาวคลื่น (nm)
น้ำเงิน	24.0	480
เหลือง	28.0	560
แดง	32.5	y

วิธีทำ จากสมการ

$$d \frac{x}{D} = n\lambda$$

เมื่อ $n = 1$ จะได้ว่า

$$d \frac{x}{D} = (1)\lambda$$

$$\frac{d}{D} = \frac{\lambda}{x}$$

คำนวณหาอัตราส่วนระหว่าง $\frac{d}{D}$ ของแสงสีต่าง ๆ

สำหรับแสงสีน้ำเงิน ;

$$\frac{d}{D} = \frac{\lambda_{\text{น้ำเงิน}}}{x_{\text{น้ำเงิน}}}$$

$$\frac{d}{D} = \frac{480 \times 10^{-9} \text{ m}}{24.0 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$\frac{d}{D} = 200 \times 10^{-8}$$

สำหรับแสงสีเหลือง ;

$$\frac{d}{D} = \frac{\lambda_{\text{เหลือง}}}{x_{\text{เหลือง}}}$$

$$\frac{d}{D} = \frac{560 \times 10^{-9} \text{ m}}{28.0 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$\frac{d}{D} = 200 \times 10^{-8}$$

แสดงว่า ในการทดลองครั้งนี้ อัตราส่วนระหว่าง $\frac{d}{D} = 200 \times 10^{-8}$

สำหรับแสงสีแดง ;

$$\frac{d}{D} = \frac{\lambda_{\text{แดง}}}{x_{\text{แดง}}}$$

$$\frac{d}{D} = \frac{y}{32.5 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$200 \times 10^{-8} = \frac{y}{32.5 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

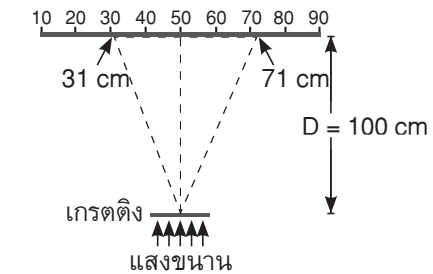
$$y = (200 \times 10^{-8} \text{ m})(32.5 \times 10^{-2} \text{ m})$$

$$y = 650 \times 10^{-9} \text{ m}$$

ดังนั้น ความยาวคลื่นของแสงสีแดงจึงมีค่าเป็น 650 นาโนเมตร

ตัวอย่างที่ 5.16

ในการศึกษาสเปกตรัมของแก๊สไฮโดรเจนได้จัดเครื่องมือ ดังภาพที่ 5.32 โดยหลอดแก๊สอยู่ตรงตำแหน่ง 50 เซนติเมตร ของไม้เมตร สเปกตรัมของแสงสีหนึ่งปรากฏที่ตำแหน่ง 31 เซนติเมตร และ 71 เซนติเมตร ของไม้เมตร ถ้าเกรตติงอยู่ห่างจากกึ่งกลางของไม้เมตรเป็นระยะ 100 เซนติเมตร และเกรตติงมีจำนวนเส้นต่อหน่วยความยาวเป็น 4,000 เส้นต่อเซนติเมตร จงหาความยาวคลื่นของแสงนี้



▲ ภาพที่ 5.32 ภาพประกอบตัวอย่างที่ 5.16
ที่มา : คลังภาพ อจท.

วิธีทำ จากภาพที่ 5.32 แถบสว่างลำดับที่ 1 ($n = 1$) อยู่ห่างกันเป็นระยะ = $71 - 31 \text{ cm} = 40 \text{ cm}$ ระยะห่าง (เฉลี่ย) จากแถบสว่างกลางของแถบสว่างลำดับที่ 1 จึงมีค่าเป็น $x = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}$

จากสมการ

$$\frac{x}{ND} = n\lambda$$

$$\lambda = \frac{x}{nND}$$

$$\lambda = \frac{20 \times 10^{-2} \text{ m}}{(1)\left(\frac{4,000}{10^{-2}} \text{ m}^{-1}\right)(100 \times 10^{-2} \text{ m})} = 500 \times 10^{-9} \text{ m}$$

ดังนั้น ความยาวคลื่นของแสงจึงมีค่าเป็น 500 นาโนเมตร

ตัวอย่างที่ 5.17

แสงจากแหล่งกำเนิดแสงหนึ่งประกอบด้วยแสงที่มีความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร และ 551 นาโนเมตร ถ้าฉากอยู่ห่างจากเกรตติง 1.00 เมตร แถบสว่างลำดับที่ 2 ของคลื่นแสงทั้งสองแยกห่างจากกัน 1 มิลลิเมตร เกรตติงที่ใช้มีจำนวนกี่ช่องต่อความยาว 1 เซนติเมตร

วิธีทำ จากสมการ $\frac{x}{ND} = n\lambda$ จะได้ว่า $x = nND\lambda$

สำหรับแถบสว่างเดียวกัน $\Delta x = nND(\Delta\lambda)$

จากโจทย์ จะได้ว่า $1 \times 10^{-3} \text{ m} = (2)N(1.00 \text{ m})(551 \times 10^{-9} \text{ m} - 550 \times 10^{-9} \text{ m})$

$$N = \frac{1 \times 10^{-3} \text{ m}}{2.00 \times 10^{-9} \text{ m}^2}$$

$$N = 500 \times 10^3 \text{ m}^{-1}$$

$$N = 5,000 \text{ cm}^{-1}$$

ดังนั้น เกรตติงที่ใช้จึงมีจำนวนช่อง 5,000 ช่องต่อความยาว 1 เซนติเมตร

ตัวอย่างที่ 5.18

เมื่อฉายแสงไปยังเกรตติง แสงสว่างที่เกิดขึ้นแถบแรกบนฉากจะอยู่ห่างจากแนวแกนกลางเป็นมุม 30 องศา แสงสว่างนี้ประกอบด้วยแสงสีเหลืองที่มีความยาวคลื่น 5.75×10^{-7} เมตร และแสงสีน้ำเงินที่มีความยาวคลื่น 4.60×10^{-7} เมตร โดยแสงสีเหลืองอยู่ในอันดับที่ m และแสงสีน้ำเงินอยู่ในอันดับที่ $m + 1$ จงหาระยะห่างระหว่างช่องแต่ละช่องของเกรตติงในหน่วยเมตร

วิธีทำ จากสมการ $d \sin \theta = n\lambda$

สำหรับแสงสีเหลือง ; $d \sin \theta = m\lambda_Y$

สำหรับแสงสีน้ำเงิน ; $d \sin \theta = (m + 1)\lambda_B$

จึงได้ว่า $m\lambda_Y = (m + 1)\lambda_B$

$$\frac{\lambda_Y}{\lambda_B} = \frac{m + 1}{m}$$

$$\frac{5.75 \times 10^{-7} \text{ m}}{4.60 \times 10^{-7} \text{ m}} = \frac{m + 1}{m}$$

$$5.75 \text{ m} = 4.60(m + 1)$$

$$5.75 \text{ m} - 4.60 \text{ m} = 4.60$$

$$m = \frac{4.60}{5.75 - 4.60} = 4$$

คำนวณค่า d ; $d \sin 30^\circ = (4)(5.75 \times 10^{-7} \text{ m})$

$$d = \frac{(4)(5.75 \times 10^{-7} \text{ m})}{\sin 30^\circ} = 4.6 \times 10^{-6} \text{ m}$$

ดังนั้น ระยะห่างระหว่างช่องแต่ละช่องของเกรตติงจึงมีค่าเป็น 4.6×10^{-6} เมตร

ตัวอย่างที่ 5.19

เกรตติงแผ่นหนึ่งให้ภาพแสงสว่างแถบแรกบนฉากแนวกลาง 37 องศา ในอากาศ ถ้านำอุปกรณ์ทั้งหมดไปทดลองในของเหลวชนิดหนึ่ง ปรากฏว่าเกรตติงแผ่นนี้ให้ภาพแสงสว่างแถบแรกบนฉากแนวกลางเป็นมุม 30 องศา ดรรชนีหักเหของของเหลวนี้มีค่าเท่าใด

วิธีทำ จากสมการ $d \sin \theta = n\lambda$ จะได้ว่า เมื่อทดลองในอากาศ $d \sin 37^\circ = (1)\lambda_a = \lambda_a$

เมื่อทดลองในของเหลว $d \sin 30^\circ = (1)\lambda_\ell = \lambda_\ell$

ดังนั้น $\frac{\lambda_a}{\lambda_\ell} = \frac{d \sin 37^\circ}{d \sin 30^\circ}$

$$\frac{\lambda_a}{\lambda_\ell} = \frac{0.6}{0.5} = 1.2$$

เนื่องจาก $\frac{\lambda_a}{\lambda_\ell} = \frac{n_\ell}{n_a}$ จึงได้ $\frac{n_\ell}{n_a} = 1.2$ หรือ $n_\ell = 1.2 n_a = 1.2 (1) = 1.2$

ดังนั้น ดรรชนีหักเหของของเหลวจึงมีค่าเป็น 1.2

ตัวอย่างที่ 5.20

เมื่อนำแผ่นกรองแสงมาขึ้นระหว่างหลอดไฟขาวและเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 2,000 ช่องต่อเซนติเมตร ปรากฏว่าแสงสว่างจะอยู่ห่างจากแนวกลางเป็นมุม θ โดย $\sin \theta$ มีค่าต่าง ๆ คือ 0.12, 0.24, 0.36, ... ถ้านำแผ่นที่มีสลิตเดี่ยวกว้าง 0.05 มิลลิเมตร มาวางแทนที่เกรตติง แถบมืดแถบแรกที่อยู่สองข้างของแสงสว่างกลางจะห่างกันเท่าใดในหน่วยมิลลิเมตรบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 0.5 เมตร

วิธีทำ เมื่อพิจารณาการเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง

จากสมการ $d \sin \theta = n\lambda$ เนื่องจาก $d = \frac{1}{N}$ จะได้ว่า $\frac{1}{N} \sin \theta = n\lambda$

$$\lambda = \frac{\sin \theta}{nN} = \frac{0.12}{(1)(2,000 \text{ cm})} = 6 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

เมื่อพิจารณาการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยว

จากสมการ $\frac{dx}{D} = n\lambda$ จะได้ว่า $x = \frac{n\lambda D}{d}$

$$x = \frac{(1)(6 \times 10^{-5} \text{ cm})(0.5 \text{ m})}{0.05 \times 10^{-3} \text{ m}} = 0.6 \text{ cm} = 6 \text{ mm}$$

เมื่อ $x = 6 \text{ mm}$ เป็นระยะห่างจากแนวกลางของแถบมืดแถบแรก

แถบมืดแถบแรกที่อยู่สองข้างของแสงสว่างกลางจะอยู่ห่างกัน $2x$

ดังนั้น แถบมืดแถบแรกที่อยู่สองข้างของแสงสว่างกลางจะอยู่ห่างกัน 12 มิลลิเมตร

Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- เมื่อให้แสงเปล่งออกมาจากหลอดบรรจุแก๊สไฮโดรเจนผ่านตั้งฉากกับเกรตติงอันหนึ่ง ถ้าเส้นสเปกตรัมที่เป็นลำดับที่ 2 เนื่องจากแสงสีแดงซึ่งมีความยาวคลื่น 656 นาโนเมตร ช้อนอยู่ที่เดียวกับเส้นสเปกตรัมอีกเส้นหนึ่งที่เป็นลำดับที่ 3 เนื่องจากแสงสีอื่นอีกเส้นหนึ่ง จงหาว่าแสงสีนี้มีความยาวคลื่นเท่าใด
- ถ้าแสงจากแหล่งกำเนิดหนึ่งประกอบด้วยคลื่นแสงสองความยาวคลื่นซึ่งมีอัตราส่วนของความยาวคลื่นเป็น 1.2 จงหาค่า n สำหรับคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่าว่าต้องมีค่าเป็นเท่าใด ที่ทำให้ตำแหน่งของแสงสว่างของภาพที่เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นนี้ ทับกับตำแหน่งของแสงสว่างของคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นสั้นกว่าพอดีในการทดลองกับเกรตติง (ให้ตอบค่า n ที่น้อยที่สุดเพียงคำตอบเดียว)
- ใช้เกรตติงที่มี 5,000 ช่องต่อเซนติเมตร รับแสงจากหลอดไฟที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร จงหาความกว้างของแถบสีม่วงในสเปกตรัมแถบแรก ถ้าแสงสีม่วงมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 380 นาโนเมตร ถึง 450 นาโนเมตร
- ในการทดลองเพื่อหาความยาวคลื่นของแสงโดยใช้เกรตติง เมื่อใช้แสงสีเดียวส่องผ่านเกรตติงจะสังเกตเห็นแสงสว่างลำดับที่ 1 อยู่ที่ตำแหน่ง 10 เซนติเมตร และ 90 เซนติเมตร บนไม้เมตร แถบสว่างทั้งสองนี้ตั้งอยู่ห่างจากเกรตติงเป็นระยะ 1 เมตร ถ้าเกรตติงที่ใช้มี 10^4 ช่องต่อเซนติเมตร ความยาวคลื่นของแสงมีค่าเท่าใด

เหตุใดสีของท้องฟ้าในแต่ละช่วงเวลาจึงมีสีไม่เหมือนกัน

5 การกระเจิงของแสง

การกระเจิงของแสงเป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบอนุภาคต่าง ๆ หรือโมเลกุลของอากาศ แล้วแสงจะกระจายไปโดยรอบ ตัวอย่างปรากฏการณ์การกระเจิงของแสงที่สามารถเห็นได้จากในชีวิตประจำวัน เช่น การที่เรามองเห็นท้องฟ้าเป็นสีฟ้าในตอนกลางวันแต่ตอนเย็นเราจะมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีส้มหรือสีแดง

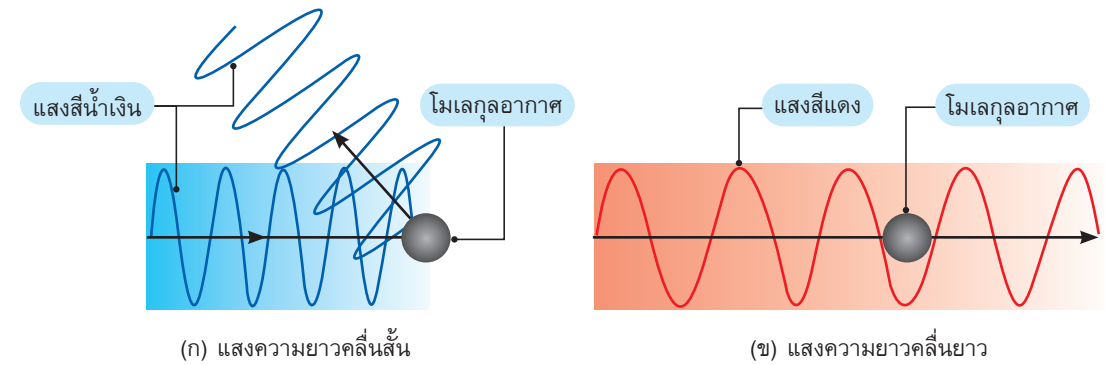
โลกจะถูกห่อหุ้มด้วยบรรยากาศที่ประกอบด้วยโมเลกุลของแก๊ส ไอน้ำ และฝุ่น เมื่อแสงอาทิตย์ (ซึ่งเป็นแสงขาว) ส่องผ่านบรรยากาศโลกมายังพื้นโลก แสงอาทิตย์จะตกกระทบอนุภาคเหล่านี้จนเกิดการกระเจิง (scattering) ซึ่งแสง (บางความยาวคลื่น) จะกระจายออกไปโดยรอบแนวการเคลื่อนที่ของแสง

5.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการกระเจิงของแสงในบรรยากาศ

1. ความยาวคลื่นของแสงในบรรยากาศโลก ถ้าแสงที่มีความยาวคลื่นใกล้เคียงกับขนาดของอนุภาคที่มาขวางทางเดินของแสงจะเกิดการกระเจิงได้ดีกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่าขนาดของอนุภาคที่มาขวางทางเดินของแสง

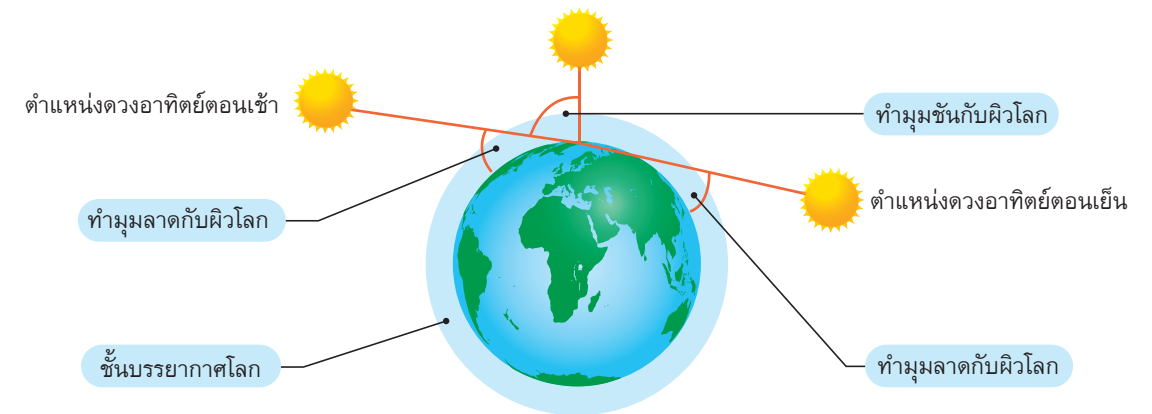
2. ขนาดของอนุภาคที่มาขวางทางเดินของแสง เนื่องจากโมเลกุลแก๊สมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับโมเลกุลของไอน้ำและฝุ่นจึงทำให้โมเลกุลของแก๊สซึ่งเป็นอนุภาคที่มาขวางทางเดินของแสงที่มีจำนวนมากที่สุด เมื่อแสงความยาวคลื่นสั้นในแสงอาทิตย์ (แสงสีม่วงและแสงสีน้ำเงิน) มาตกกระทบโมเลกุลของแก๊สในบรรยากาศโลก จึงเกิดการกระเจิงได้ดีกว่าแสงความยาวคลื่นยาว (แสงสีแดงและแสงสีส้ม) ในขณะที่โมเลกุลของไอน้ำและฝุ่นจะกั้นแสงความยาวคลื่นสั้นไว้ แต่แสงความยาวคลื่นยาวเคลื่อนผ่านได้ทั้งโมเลกุลของแก๊ส ไอน้ำ และฝุ่น

3. ปริมาณสารแขวนลอยในอากาศ ในขณะที่ในบรรยากาศโลกมีไอน้ำและฝุ่นลอยอยู่ปริมาณมาก แสงความยาวคลื่นสั้นจะเคลื่อนผ่านบรรยากาศโลกลงมายังพื้นผิวโลกได้น้อย เมื่อแสงอาทิตย์ตกกระทบโมเลกุลของแก๊สในบรรยากาศโลก แสงความยาวคลื่นสั้นจะกระเจิงได้ดีกว่าแสงความยาวคลื่นยาว ดังภาพที่ 5.33 (ก) และ (ข) หากเปรียบเทียบแสงอาทิตย์กับคลื่นน้ำโดยให้แสงความยาวคลื่นสั้นและแสงความยาวคลื่นยาวเป็นคลื่นน้ำ และโมเลกุลของอากาศเป็นเขื่อนสามารถกล่าวได้ว่า คลื่นน้ำที่เคลื่อนมากระแทกเขื่อน คลื่นลูกเล็ก ๆ จะกระเจิงหรือสะท้อนกลับโดยน้ำจะกระจายออกไปด้านข้าง ขณะที่คลื่นลูกใหญ่จะเคลื่อนข้ามเขื่อนไปได้



ภาพที่ 5.33 การกระเจิงของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบโมเลกุลของแก๊สในบรรยากาศโลก ที่มา : คลังภาพ อจท.

4. มุมที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านบรรยากาศ ในเวลากลางวันแสงอาทิตย์ทำมุมชันกับพื้นผิวโลก แสงจึงเดินทางผ่านบรรยากาศโลกเป็นระยะทางสั้นกว่าในเวลาเช้าและเย็น เนื่องจากในเวลาเช้าและเย็นแสงอาทิตย์จะทำมุมลาดกับพื้นผิวโลก ดังภาพที่ 5.34



ภาพที่ 5.34 ผลจากมุมที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านบรรยากาศโลกต่อการกระเจิงของแสง ที่มา : คลังภาพ อจท.

Physics Focus

คอลลอยด์

- คอลลอยด์ (colloid) คือ ของผสมที่ประกอบด้วยสารสองชนิด โดยจะมีโมเลกุลเล็กกว่าสารแขวนลอย
- โมเลกุลมีขนาด 1-100 นาโนเมตรแต่ใหญ่กว่าโมเลกุลของสารละลาย คอลลอยด์อาจจะมีสถานะเป็นของแข็งของเหลว หรือแก๊สก็ได้ ซึ่งอนุภาคของคอลลอยด์สามารถทำให้เกิดการกระเจิงของแสงได้ ตัวอย่างคอลลอยด์ที่สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น น้ำสลัด นม ไอน้ำ น้ำสบู ฝุ่นละอองในอากาศ

ภาพที่ 5.35 ฝุ่นละอองที่ฟุ้งอยู่ในอากาศ ที่มา : คลังภาพ อจท.

5.2 การมองเห็นสีของท้องฟ้าในเวลาแตกต่างกัน



การมองเห็นสีของท้องฟ้า

หากมองท้องฟ้าในช่วงเวลาต่างกันจะเห็นว่าท้องฟ้ามีสีต่างกัน เพราะในแต่ละช่วงเวลานั้นบรรยากาศจะมีปริมาณโมเลกุลของอากาศและฝุ่นลอยอยู่ในอากาศต่างกัน จึงทำให้เกิดการกระเจิงของแสงที่ส่งมาจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน ซึ่งการมองเห็นสีของท้องฟ้าในเวลาเช้า เวลากลางวัน และเวลาเย็น สามารถอธิบายได้ ดังนี้

การมองเห็นท้องฟ้าในเวลากลางวัน

ในเวลากลางวันที่มีท้องฟ้าแจ่มใส (ไม่มีเมฆปกคลุม) แสงอาทิตย์ทำมุมชันกับพื้นโลก แสงเดินทางผ่านบรรยากาศเป็นระยะทางสั้น อนุภาคที่มาขวางทางเดินของแสงจึงมีน้อย เมื่อแสงสีม่วงและสีน้ำเงินตกกระทบโมเลกุลของอากาศจะกระเจิงไปบนท้องฟ้าในทุกทิศทาง (รอบแนวการเคลื่อนที่ของแสง) แสงสีม่วงจะกระเจิงได้ดีกว่าแสงสีน้ำเงินเพราะมีความยาวคลื่นสั้นกว่า แต่เนื่องจากประสาทตาของมนุษย์ตอบสนองต่อแสงสีน้ำเงินได้ดีกว่าแสงสีม่วง เมื่อมองขึ้นไปบนท้องฟ้าจึงมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีน้ำเงิน

แสงอาทิตย์ประกอบไปด้วยแสง 7 สี เหมือนรุ้ง แต่เนื่องจากแสงทุกสีมีความเข้มสูง เกิดการรวมกันทำให้เราเห็นเป็นแสงขาว

แสงสีน้ำเงินตกกระทบโมเลกุลของอากาศ

แสงสีน้ำเงินเกิดการกระเจิง

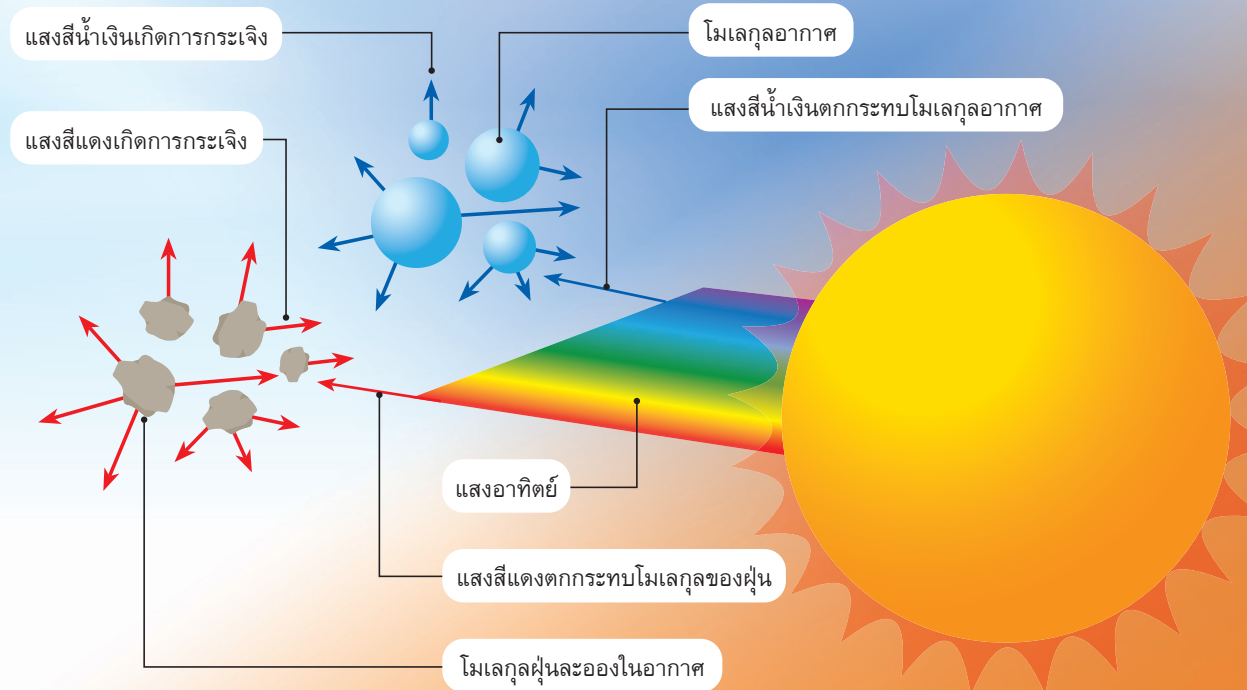
โมเลกุลอากาศ

▲ ภาพที่ 5.36 การมองเห็นสีของท้องฟ้าในเวลาที่แตกต่างกัน
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีส้มหรือสีแดงในเวลาเช้าหรือเย็น

ตอนเช้าและตอนเย็นขณะที่ดวงอาทิตย์กำลังจะขึ้นหรือตก (ตอนรุ่งสางและพลบค่ำ) แสงอาทิตย์ทำมุมลาดชันกับพื้นผิวโลก แสงเดินทางผ่านบรรยากาศเป็นระยะทางยาวกว่าตอนกลางวัน อนุภาคที่ขวางทางเดินของแสงมีมาก เมื่อแสงสีม่วงและแสงสีน้ำเงินตกกระทบโมเลกุลอากาศจะกระเจิงออกไปโดยรอบทางเดินของแสง มีเพียงแสงสีเหลือง แสงสีแดง และแสงสีส้มเท่านั้น ที่ทะลุผ่านโมเลกุลอากาศมายังพื้นผิวโลกได้ จึงทำให้เรามองเห็นท้องฟ้าเป็นสีเหลืองปนสีแดง

ท้องฟ้าในเวลาเย็นมักมีสีแดงกว่าเวลาเช้า เนื่องจากตอนบ่ายอากาศมีอุณหภูมิสูงมาก ทำให้ฝุ่นละอองเกิดการยกตัวได้มากกว่าตอนเช้า ประกอบกับในตอนเช้าฝุ่นละอองในอากาศถูกชะล้างด้วยน้ำค้างในช่วงเวลาใกล้สว่าง ทำให้ช่วงเวลาเย็นจะมีการกระเจิงของแสงสีแดงมากกว่าตอนเช้า





กิจกรรม

ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

- การสังเกต
- การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

จิตวิทยาศาสตร์

- ความซื่อสัตย์
- การมุ่งมั่นอดทน

การกระเจิงของแสง

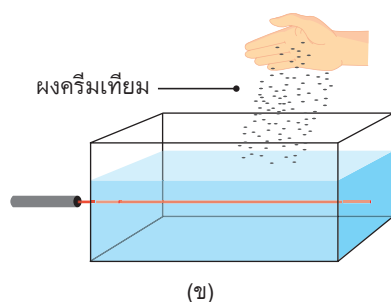
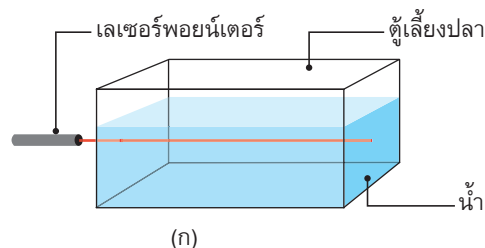
วัสดุอุปกรณ์

1. ตู้เลี้ยงปลา
2. ไฟฉาย
3. เลเซอร์พอยน์เตอร์
4. ครีมน้ำนม
5. นมสด

วิธีปฏิบัติ

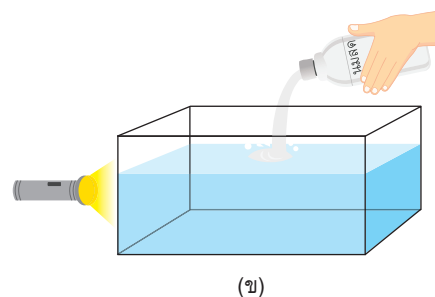
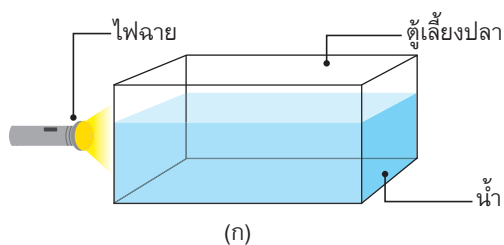
ตอนที่ 1 การกระเจิงของแสงโดยอนุภาคของสารแขวนลอย

1. ใส่ น้ำลงในตู้เลี้ยงปลา แล้วฉายแสงเลเซอร์จากเลเซอร์พอยน์เตอร์ผ่านเข้าไปในตู้เลี้ยงปลาตามความยาวของตู้เลี้ยงปลา โดยให้ลำแสงตั้งฉากกับผนังตู้เลี้ยงปลา สังเกตลำแสงเลเซอร์ในน้ำ
2. โรยผงครีมน้ำนมลงไปในน้ำในตู้เลี้ยงปลาตามแนวลำแสงเลเซอร์ สังเกตผลที่เกิดขึ้นเมื่อผงครีมน้ำนมจมลงไปถึงแนวของลำแสงเลเซอร์

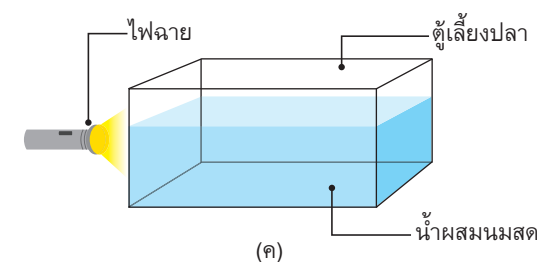


ตอนที่ 2 สาเหตุที่ทำให้มองเห็นสีของดวงอาทิตย์ขณะกำลังขึ้นหรือตกเป็นสีแดง

1. ใส่ น้ำลงในตู้เลี้ยงปลา แล้วฉายแสงจากไฟฉายผ่านเข้าไปในน้ำในตู้เลี้ยงปลาตามความยาวของตู้เลี้ยงปลาให้ลำแสงตั้งฉากกับผนังตู้เลี้ยงปลา สังเกตลำแสงจากไฟฉายทางด้านตั้งฉากกับลำแสงและทางด้านตรงข้ามกับไฟฉาย
2. เท นมสดลงไปในน้ำในตู้เลี้ยงปลา แล้วคนให้ทั่ว



3. ฉายแสงจากไฟฉายผ่านเข้าไปในน้ำผสมนมในตู้เลี้ยงปลาตามความยาวของตู้เลี้ยงปลาให้ลำแสงตั้งฉากกับผนังตู้เลี้ยงปลา สังเกตลำแสงจากไฟฉายทางด้านตั้งฉากกับลำแสงและทางด้านตรงข้ามกับไฟฉาย



▲ ภาพที่ 5.38 การจัดอุปกรณ์กิจกรรมการกระเจิงของแสงตอนที่ 2
ที่มา : คลังภาพ อจท.

คำถามท้ายกิจกรรม

1. จากกิจกรรมตอนที่ 1 ลำแสงเลเซอร์ในน้ำตอนที่ยังไม่โรยผงครีมน้ำนมลงไปมีลักษณะอย่างไร และเกิดอะไรขึ้นเมื่อแสงเลเซอร์ส่องไปกระทบผงครีมน้ำนมที่โรยลงไปในน้ำ เพราะเหตุใด
2. จากกิจกรรมตอนที่ 2 จะเห็นลำแสงจากไฟฉายในน้ำก่อนผสมนมเป็นลำแสงสีอะไร และเมื่อฉายไฟฉายผ่านน้ำผสมนม เมื่อมองทางด้านข้าง (ด้านตั้งฉากกับลำแสง) จะเห็นเป็นสีอะไร และเมื่อมองทางด้านตรงข้ามกับไฟฉาย จะเห็นเป็นสีอะไร เพราะเหตุใด

อภิปรายผลกิจกรรม

แสงจากไฟฉายซึ่งประมาณได้ว่าเป็นแสงขาว เมื่อส่องไปกระทบอนุภาคขนาดเล็ก แสงความยาวคลื่นสั้นในแสงจากไฟฉายจะกระเจิงออกไปโดยรอบแนวลำแสง (ทางด้านข้าง) ขณะที่แสงความยาวคลื่นยาวเคลื่อนผ่านอนุภาคขนาดเล็กไปได้ เมื่อมองทางด้านข้างของลำแสงจึงมองเห็นเป็นสีของแสงความยาวคลื่นสั้น (ในกิจกรรมตอนที่ 2 จะมองเห็นเป็นสีฟ้าจาง ๆ) และมองเห็นเป็นสีของแสงความยาวคลื่นยาว เมื่อมองในแนวตั้งฉากกับลำแสง (ในกิจกรรมตอนที่ 2 จะมองเห็นเป็นสีแดงปนเหลือง) ทำนองเดียวกับการมองเห็นสีของดวงอาทิตย์ขณะกำลังขึ้นหรือตก

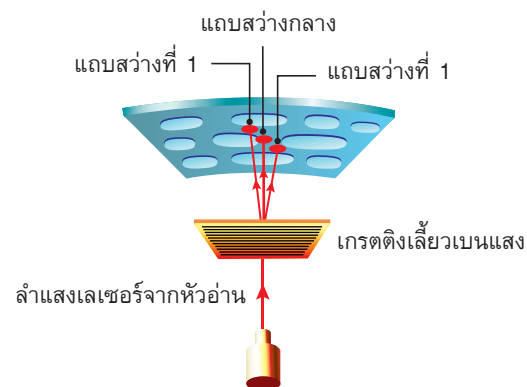
Topic Questions

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. การกระเจิงของแสงคืออะไร
2. ปัจจัยใดที่มีผลต่อการกระเจิงของแสงในอากาศ

เครื่องเล่นดีวีดีมีการใช้เทคนิคที่น่าสนใจ คือ การใช้ลำแสงเลเซอร์ 3 ลำ ในการควบคุมให้แสงเลเซอร์จากหัวอ่านที่กำลังอ่านข้อมูลอยู่ในร่องข้อมูลหนึ่งไม่เบนไปยังร่องข้อมูลอื่น เพื่อให้การอ่านข้อมูลเป็นไปตามลำดับและต่อเนื่อง วิธีการของเทคนิคนี้ คือ ยิงแสงเลเซอร์ผ่านเกรตติง แสงเลเซอร์ที่เลี้ยวเบนผ่านเกรตติงจะแทรกสอดกันเกิดแถบสว่าง 3 แถบ คือ แถบสว่างกลางและแถบสว่างที่ 1 ขนาบสองข้างของแถบสว่างกลาง

แถบสว่างกลางจะตกกระทบบนร่องข้อมูลและสะท้อนกลับมาที่อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสง ส่วนแถบสว่างที่ 1 ทั้งสองแถบจะตกกระทบบนแผ่นดีวีดีแล้วสะท้อนกลับมาที่อุปกรณ์ตรวจวัดความเข้มแสง แสงสะท้อนจากแถบสว่างที่ 1 ทั้งสองนี้จะใช้เป็นสัญญาณตรวจสอบ (โดยนำมาเปรียบเทียบกับกัน) ขณะที่หัวอ่านอยู่ตรงร่องข้อมูลพอดี สัญญาณ (ความเข้ม) จากแถบสว่างที่ 1 ทั้งสองจะเหมือนกัน (เท่ากัน) แต่เมื่อแผ่นหรือเครื่องเล่นดีวีดีเกิดการสั่นสะเทือนจากภายนอก หัวอ่านจะสั่นสะเทือนด้วย ถ้าหัวอ่านอ่านเยื้องร่องข้อมูลไปแม้เพียงเล็กน้อย แถบสว่างกลางจะอ่านผิดไปและแถบสว่างทั้งสองอ่านสัญญาณได้ไม่เท่ากัน สัญญาณความแตกต่างนี้จะส่งไปที่กลไกควบคุมหัวอ่านให้หัวอ่านกลับมาอ่านที่ร่องเดิม ด้วยเทคนิคดังกล่าวนี้จึงทำให้สามารถใช้เครื่องเล่นดีวีดีภายในรถยนต์ที่มีการสั่นสะเทือนตลอดเวลาได้ขณะกำลังเล่นแผ่นดีวีดี ลำแสงเลเซอร์จะเคลื่อนออกไปตามแนวรัศมีของแผ่นดีวีดีอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ลำแสงเลเซอร์เคลื่อนห่างออกไปจากจุดศูนย์กลางของแผ่นดีวีดี หลุมทั้งหลายในร่องข้อมูลจะเคลื่อนผ่านลำแสงเลเซอร์ด้วยอัตราเร็วสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะอัตราเร็วแนวเส้นสัมผัสของหลุมทั้งหลายในร่องข้อมูลมีค่าเท่ากับระยะตามแนวรัศมีจากจุดศูนย์กลางของแผ่นดีวีดีถึงร่องข้อมูลนั้น คุณกับอัตราเร็วรอบในการหมุนของแผ่นดีวีดี ดังนั้น ขณะที่ลำแสงเลเซอร์เคลื่อนออกจากจุดศูนย์กลางของแผ่นดีวีดี แผ่นดีวีดีจะหมุนช้าลง เพื่อให้หลุมในร่องข้อมูลต่างๆ เคลื่อนผ่านลำแสงเลเซอร์ด้วยอัตราเร็วคงที่ ซึ่งส่งผลให้อัตราการอ่านข้อมูลจากแผ่นดีวีดีมีค่าคงที่เช่นกัน



▲ ภาพที่ 5.39 หัวอ่านของเครื่องเล่นดีวีดีในรถยนต์ใช้เทคนิคการยิงแสงเลเซอร์ผ่านเกรตติง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Summary

แสงเชิงกายภาพ

การศึกษาแสงเชิงกายภาพ

การศึกษาแสงเชิงกายภาพ (physical optics) เป็นการศึกษาสมบัติการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง และศึกษาการกระเจิงของแสงโดยอนุภาคขนาดเล็ก โดยใช้อุปกรณ์การศึกษาแสงเชิงกายภาพเบื้องต้น ได้แก่ สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง

การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

จุด P จะเป็นตำแหน่งของแถบสว่าง

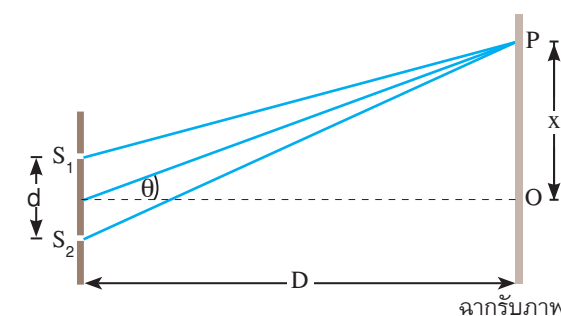
$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$\text{หรือ} \quad d \frac{x}{D} = n\lambda$$

และจุด P จะเป็นตำแหน่งของแถบมืด

$$d \sin \theta = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$\text{หรือ} \quad d \frac{x}{D} = \left(n - \frac{1}{2}\right)\lambda$$



▲ ภาพที่ 5.40 การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

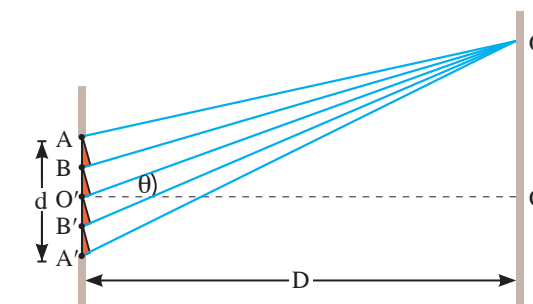
จุด Q จะเป็นตำแหน่งของแถบมืด

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$\text{หรือ} \quad d \frac{x}{D} = n\lambda$$

ความกว้างของแถบสว่างกลาง (β)

$$\beta = 2 \frac{\lambda D}{d}$$



▲ ภาพที่ 5.41 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การแทรกสอดของแสงที่เลี้ยวเบนผ่านช่องแคบของเกรตติง

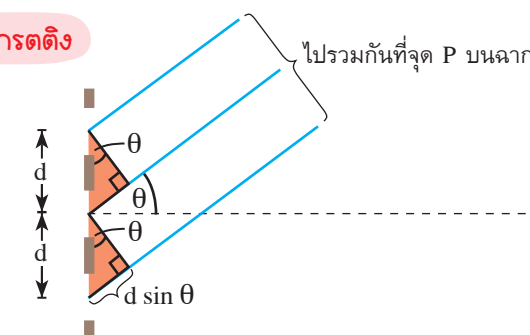
ตำแหน่งของจุดสว่างหรือเส้นสว่างบนฉาก

$$d \sin \theta = n\lambda$$

$$\text{หรือ} \quad d \frac{x}{D} = n\lambda$$

ระยะห่างระหว่างช่องที่อยู่ติดกัน (d) เป็นส่วนกลับของจำนวนช่องหรือจำนวนเส้นต่อหน่วยความยาว

$$(N) \text{ ตามสมการ } d = \frac{1}{N}$$



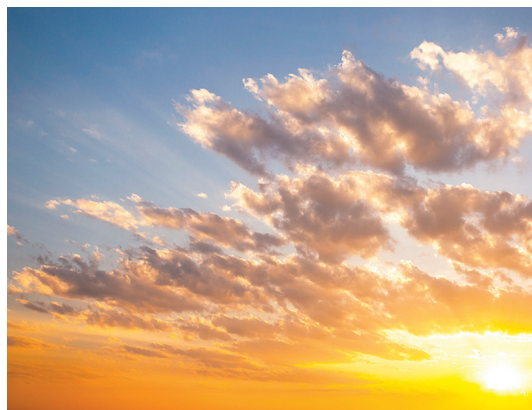
▲ ภาพที่ 5.42 การแทรกสอดของแสงที่เลี้ยวเบนผ่านช่องแคบของเกรตติง
ที่มา : คลังภาพ อจท.

การกระเจิงของแสง

เป็นปรากฏการณ์ที่แสงตกกระทบอนุภาคต่าง ๆ หรือโมเลกุลของอากาศ แล้วแสงจะกระจายไปโดยรอบ เรียกว่าการกระเจิงของแสง ตัวอย่างปรากฏการณ์การกระเจิงของแสงที่สามารถเห็นได้ในชีวิตประจำวัน เช่น การที่เรามองเห็นท้องฟ้าเป็นสีฟ้าในตอนกลางวัน แต่ตอนเย็นเราจะมองเห็นท้องฟ้าเป็นสีส้มหรือสีแดง



▲ ภาพที่ 5.43 ท้องฟ้าในตอนกลางวัน
ที่มา : คลังภาพ อจท.



▲ ภาพที่ 5.44 ท้องฟ้าในตอนเย็น
ที่มา : คลังภาพ อจท.

Self Check

ให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจ โดยพิจารณาข้อความว่าถูกหรือผิด แล้วบันทึกลงในสมุด หากพิจารณาข้อความไม่ถูกต้อง ให้กลับไปทบทวนเนื้อหาตามหัวข้อที่กำหนดให้

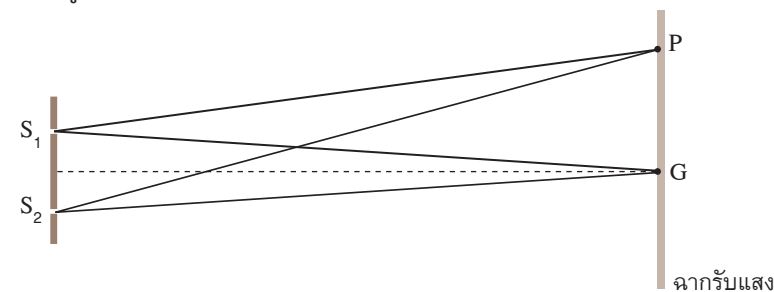
	ถูก/ผิด	บทวนที่หัวข้อ
1. อสมบัติการสะท้อนและการเลี้ยวเบนของแสงเป็นสมบัติเชิงกายภาพของแสง	☐	1.
2. เมื่อแสงผ่านช่องเปิดคู่จะเกิดการแทรกสอด	☐	2.2
3. เมื่อแสงผ่านช่องเปิดเดี่ยวจะเกิดการเลี้ยวเบน	☐	3.2
4. แสงที่เลี้ยวเบนผ่านช่องแคบของเกรตติงจะเกิดการแทรกสอด	☐	4.
5. มุมที่แสงอาทิตย์ส่องผ่านบรรยากาศไม่มีผลต่อการกระเจิงของแสงในบรรยากาศ	☐	5.1



Unit questions 5

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

- จากการศึกษาเรื่องแสงนักเรียนจะทราบว่าสมบัติของแสงจะมี 4 ข้อ คือ การสะท้อน การหักเห การแทรกสอด และการเลี้ยวเบน อยากทราบว่าสมบัติข้อใดบ้างที่แสดงว่าแสงเป็นคลื่น ให้นักเรียนตอบโดยอธิบายเหตุผลพร้อมทั้งยกตัวอย่าง
- เหตุใดระยะห่างระหว่างสลิตคู่ควรจะมีค่าน้อย
- ในการทดลองการแทรกสอดของแสง นักเรียนกลุ่มหนึ่งใช้แผ่นสลิตคู่กันแสงจากหลอดชนิดมีไส้ของกล่องแสงโดยไม่ใช้แผ่นกรองแสง และพบว่าสลิตคู่สามารถใช้แทนต้นกำเนิดแสงสองแหล่งที่ส่งคลื่นออกไปแทรกสอดกัน ทำให้สังเกตเห็นแถบมืดแถบสว่างได้ เมื่อมองผ่านสลิตคู่ไปยังหลอดไฟ ให้นักเรียนอธิบายว่าเหตุใดในการทดลองนี้แผ่นสลิตคู่จึงเป็นต้นกำเนิดแสงสองแหล่งแทนหลอดไฟสองหลอดได้
- ริ้วแสงสีต่าง ๆ ที่เห็นบนฟองสบู่เกิดจากสมบัติใดของแสงเป็นส่วนสำคัญ จงอธิบาย
- การที่มองเห็นน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำมีสีต่าง ๆ เป็นผลจากสมบัติใดของแสง จงอธิบาย
- การแทรกสอดของแสงจากสลิตคู่ แสดงได้ดังภาพที่ 5.45 เมื่อ S_1 และ S_2 คือ สลิต ส่วน G และ P เป็นจุดบนฉาก ถ้า $S_2P - S_1P = 2\lambda$ และ $S_2G - S_1G = 0$ จงหาว่า จุด P และจุด G จะอยู่บนแถบมืดหรือแถบสว่างลำดับที่เท่าใด



▲ ภาพที่ 5.45 ภาพประกอบ Unit question 5 ข้อ 6.
ที่มา : คลังภาพ อจท.

- เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างสลิต 12 ไมโครเมตร ในแนวตั้งฉาก แถบมืดแถบที่ 8 เบนออกจากแนวกลางเป็นมุมเท่าใด
- เมื่อฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร ตกตั้งฉากบนสลิตคู่หนึ่งซึ่งห่างกัน 0.2 มิลลิเมตร จงหาว่าแถบสว่างลำดับที่ 15 ทั้งสองด้านจะเอียงทำมุมกันกี่องศา

9. เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่อง 0.1 มิลลิเมตร แสงสว่างลำดับที่สองบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 80 เซนติเมตร จะอยู่ห่างจากแนวกลางเท่าใด
10. เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ตกตั้งฉากกับสลิตคู่ เกิดภาพการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.2 เมตร ถ้าระยะห่างระหว่างสลิตคู่เท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร แสงสว่างสองแถบที่ติดกันอยู่ห่างกันกี่มิลลิเมตร
11. เมื่อฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉากเกิดลวดลายการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1.5 เมตร ถ้าระยะห่างระหว่างแถบสว่างสองแถบติดกันได้ 5 มิลลิเมตร ระยะห่างระหว่างสลิตคู่มีค่าเท่าใด
12. สลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่อง 0.40 มิลลิเมตร เมื่อฉายแสงสีแดงผ่านสลิตคู่ในแนวตั้งฉากปรากฏว่าการแทรกสอดบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตคู่ 2.50 เมตร ระยะห่างระหว่างแถบสว่างลำดับติดกันได้เท่ากับ 3.50 มิลลิเมตร แสงนี้มีความยาวคลื่นเท่าใด
13. แสงสีหนึ่งเมื่อผ่านสลิตคู่ซึ่งอยู่ห่างกัน 0.5 มิลลิเมตร ปรากฏว่าบนฉากซึ่งอยู่ห่างจากสลิตคู่ 1 เมตร แถบสว่างที่ 4 และ 6 อยู่ห่างกัน 2 มิลลิเมตร จงหาความยาวคลื่นของแสงนี้
14. ในการทดลองเรื่องการแทรกสอดของแสงโดยใช้สลิตคู่สำหรับแสงสีแดง A และแสงสีม่วง B พบว่าแถบมืดที่ 5 นับจากแถบสว่างกลางออกไปด้านข้างของแสง A ตกทับกับแถบสว่างอันดับที่ 4 ของแสง B พอดี จงหาอัตราส่วนระหว่างความยาวคลื่นของแสง A ต่อความยาวคลื่นของแสง B
15. ในการทดลองเรื่องการแทรกสอดของแสงโดยใช้สลิตคู่ เมื่อให้แสงที่มีความยาวคลื่น 375 นาโนเมตร และ 450 นาโนเมตร ส่องตั้งฉากกับสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องเท่ากับ 1 มิลลิเมตร แถบสว่างจากคลื่นแสงทั้งสองที่ปรากฏบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 2 เมตร จะซ้อนกันครั้งแรกที่ระยะห่างจากแถบสว่างตรงกลางกี่มิลลิเมตร
16. จากตารางช่วงความยาวคลื่นแสงที่ให้ จงพิจารณาว่าเมื่อให้แสงขนานผ่านสลิตคู่ แสงสีใดให้จำนวนแถบสว่างมากที่สุด

แสงสี	น้ำเงิน	เขียว	เหลือง	แดง
ช่วงความยาวคลื่น	450-500 nm	500-570 nm	570-590 nm	590-750 nm

17. ให้นักเรียนอธิบายพร้อมให้เหตุผลว่า เหตุใดในชีวิตประจำวันมักเห็นแสงเดินทางเป็นเส้นตรง แต่พบว่าเสียงเดินทางอ้อมมุมตึกได้

18. ให้นักเรียนบอกข้อแตกต่างระหว่างลวดลายการแทรกสอดจากสลิตคู่กับลวดลายการเลี้ยวเบนจากสลิตเดี่ยว
19. แสงสีเหลืองความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร ฉายผ่านสลิตเดี่ยวกว้าง 250 ไมโครเมตร ไปตกบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิต 50 เซนติเมตร ปรากฏแถบมืด-สว่างบนฉาก จงหาความกว้างของแถบสว่างกลาง
20. เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตกตั้งฉากกับสลิตเดี่ยวจะปรากฏแถบมืด-สว่างบนฉากที่อยู่ห่างจากสลิตเดี่ยว 1.5 เมตร และแถบสว่างกลางกว้าง 2 เซนติเมตร จงหาความกว้างของสลิตเดี่ยวในหน่วยไมโครเมตร
21. ถ้าต้องการให้ตำแหน่งมืดแรกของการเลี้ยวเบนผ่านสลิตเดี่ยวเกิดตรงกับตำแหน่งมืดที่ 3 ของแถบการแทรกสอดจากสลิตคู่ จงหาว่าจำเป็นต้องให้ระยะห่างระหว่างสลิตคู่เป็นกี่เท่าของความกว้างของสลิตเดี่ยว
22. แสงสีแดงความถี่ f เฮิรตซ์ เคลื่อนที่ผ่านสลิตเดี่ยว ซึ่งมีความกว้าง $2d$ เมตร แล้วมีแถบสว่างและแถบมืดเนื่องจากการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดบนฉากที่ระยะห่าง D เมตร ถ้าความถี่ของแสงเปลี่ยนเป็น $2f$ เฮิรตซ์ และความกว้างของสลิตเป็น d เมตร อัตราส่วนความกว้างของแถบสว่างกลางตอนแรกกับตอนหลังมีค่าเท่าใด
23. เกรตติง 8,000 เส้นต่อเซนติเมตร ถ้าฉายแสงความยาวคลื่นค่าหนึ่งไปยังเกรตติงนี้ แถบสว่างที่เกิดขึ้นแถบแรกบนฉากจะอยู่ห่างจากแนวกลางเป็นมุม 30 องศา อยากทราบว่าแสงที่ฉายจะมีความยาวคลื่นกี่นาโนเมตร
24. แสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร พุ่งผ่านเกรตติง พบว่า แถบสว่างแถบที่ 4 ทำมุมกับแนวแถบสว่างกลางเท่ากับ 30 องศา จงหาจำนวนช่องต่อเซนติเมตรของเกรตติงนี้
25. จากการทดลองเพื่อศึกษาสเปกตรัมของแก๊สไฮโดรเจนโดยใช้เกรตติงที่มีจำนวนช่อง 4,500 ช่องต่อเซนติเมตร พบว่า เมื่อฉากอยู่ห่างจากเกรตติง 1 เมตร จะมีแถบสว่างสีเดียวกันบนไม้เมตรห่างจากจุดกึ่งกลางทางด้านซ้ายและด้านขวาเท่ากัน คือ 0.3 เมตร จงหาว่าแถบสว่างนั้นมีความยาวคลื่นเท่าใด
26. ฉายแสงที่มีความถี่ 6×10^{14} เฮิรตซ์ ผ่านเกรตติงไปตกบนฉากที่อยู่ห่างจากเกรตติง 1.00 เมตร ปรากฏว่าเกิดแถบสว่างแถบที่ 2 ที่มุม 53 องศา นับจากศูนย์กลางของแถบสว่างกลาง เกรตติงที่ใช้มีจำนวนช่องกี่ช่องต่อมิลลิเมตร (กำหนดให้ $\sin 53^\circ = 0.8$, $\cos 53^\circ = 0.6$, $\tan 53^\circ = 1.33$)

27. แสงขาวตกตั้งฉากกับเกรตติง สเปกตรัมลำดับที่ 3 ของแสงสีม่วงตรงกับสเปกตรัมลำดับที่ 2 ของแสงสีแดง ถ้าความยาวคลื่นของแสงสีม่วงเป็น 440 นาโนเมตร ความยาวคลื่นของแสงสีแดง เป็นกี่นาโนเมตร
28. ใช้เกรตติงที่มีจำนวนช่อง 120 ช่องต่อเซนติเมตร รับแสงขาว ถ้าต้องการให้แสงสีเขียว (ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร) เลี้ยวเบนห่างจากแถบสีขาว 0.6 เซนติเมตร จะต้องวางฉาก รับแสงห่างจากเกรตติงเท่าใด
29. แสงขนานความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ตกตั้งฉากกับเกรตติง เมื่อนำฉากมาวางห่างจากแผ่น เกรตติง 1 เมตร พบว่า แถบสว่างที่สองอยู่ห่างจากแถบสว่างแรก 4.8 เซนติเมตร ถ้าเลื่อนฉาก ไปอีก 2 เมตร แถบสว่างที่สองจะอยู่ห่างจากแถบสว่างแถบแรกเท่าใด
30. ฉายแสงที่มีความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านเกรตติงที่มีจำนวนช่อง 5,000 ช่องต่อเซนติเมตร จำนวนแถบสว่างที่เป็นไปได้ทั้งหมดมีกี่แถบ
31. ในการทดลองเพื่อหาความยาวคลื่นของแสง นักเรียนกลุ่มต่าง ๆ ได้เลือกใช้อุปกรณ์เพื่อใช้ในการ ทำการทดลองต่างกัน ดังตาราง ให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าแต่ละกลุ่มสามารถหาความยาวคลื่นของ แสงได้หรือไม่ เพราะเหตุใด

กลุ่ม	A	B	C	D
อุปกรณ์ที่เลือก	ปริซึมแก้ว	แผ่นโพลาไรซ์	ช่องเปิดคู่	เกรตติง

32. ในการทดลองหนึ่ง ถ้าผู้ทำการทดลองให้แสงขาวพุ่งผ่านเกรตติง นักเรียนคิดว่าแถบสว่างตรงกลาง จะเป็นสีอะไร
33. แสงสีใดกระเจิงได้ดีที่สุดเมื่อตกกระทบโมเลกุลอากาศ
34. ในตอนเย็นในวันที่มีฝุ่นน้อยจะมองเห็นดวงอาทิตย์เป็นสีอะไร
35. เหตุใดจึงใช้ไฟท้ายรถเป็นสีแดงแทนที่จะเป็นสีม่วงหรือสีน้ำเงิน

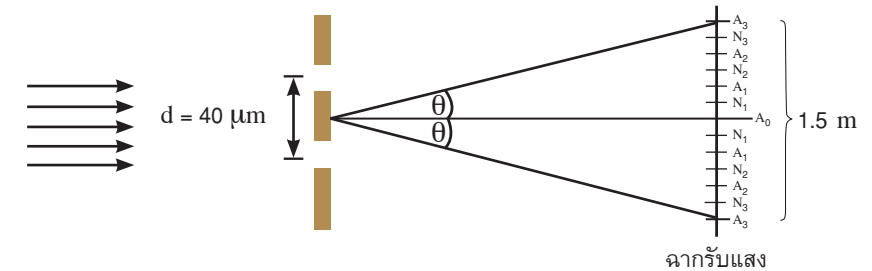


แนวข้อสอบ A-Level



คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ซาลาห์และมานะ ได้ทำการทดลองโดยให้แสงผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่างช่องเป็น 40 ไมโครเมตร โดยใช้ฉากที่มีความกว้าง 1.5 เมตร ถ้าทั้งสองคนจัดให้สลิตคู่วางตัวในแนวราบ โดย จัดให้สลิตอยู่ในแนวกึ่งกลางของฉากพอดี ดังภาพ และฉายแสงที่มีสีต่างกันสองสี คือ สีแดงและ สีเขียว ที่มีความยาวคลื่น 625 และ 500 นาโนเมตร ตามลำดับ ให้ตกกระทบตั้งฉากกับสลิตคู่ ถ้าทั้งสองคนต้องการให้ฉากสามารถรับแสงทั้งสองสีให้แสดงแถบสว่างที่ 3 ได้พอดี จะต้องจัดให้ ฉากอยู่ห่างจากสลิตคู่เป็นระยะเท่าใดเมื่อฉายแสงสีแดง และสีเขียวตามลำดับ



	ระยะห่างระหว่างสลิตคู่กับฉาก เมื่อฉายแสงสีแดง (m)	ระยะห่างระหว่างสลิตคู่กับฉาก เมื่อฉายแสงสีเขียว (m)
1.	16	13.8
2.	16	20
3.	24	30
4.	32	25.6
5.	32	40

2. พิจารณาสถานการณ์และข้อความต่อไปนี้

สถานการณ์ : ให้แสงขนานความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ผ่านสลิตคู่ที่มีระยะห่างระหว่าง ช่องเป็น 0.1 มิลลิเมตร สังเกตแถบมืด-สว่างบนฉากที่อยู่ห่างออกไป 1 เมตร

ข้อความที่ 1 : แถบสว่างจะอยู่ห่างกัน 5 มิลลิเมตร

ข้อความที่ 2 : แถบสว่างกลางจะกว้างกว่าแถบสว่างอื่น ๆ

ข้อความที่ 3 : ตำแหน่งที่แสงจากช่อง 1 และช่อง 2 มีเฟสต่างกัน 2π เรเดียน จะอยู่ห่างจาก แถบสว่างกลาง 5 มิลลิเมตร

ข้อความที่ 4 : แสงที่มาถึงแถบมืดแต่ละแถบ เฟสต่างกัน π เรเดียน

ข้อความใดที่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์

1. 2 เท่านั้น
2. 1 และ 2
3. 3 และ 4
4. 1, 2 และ 3
5. 1, 3 และ 4

