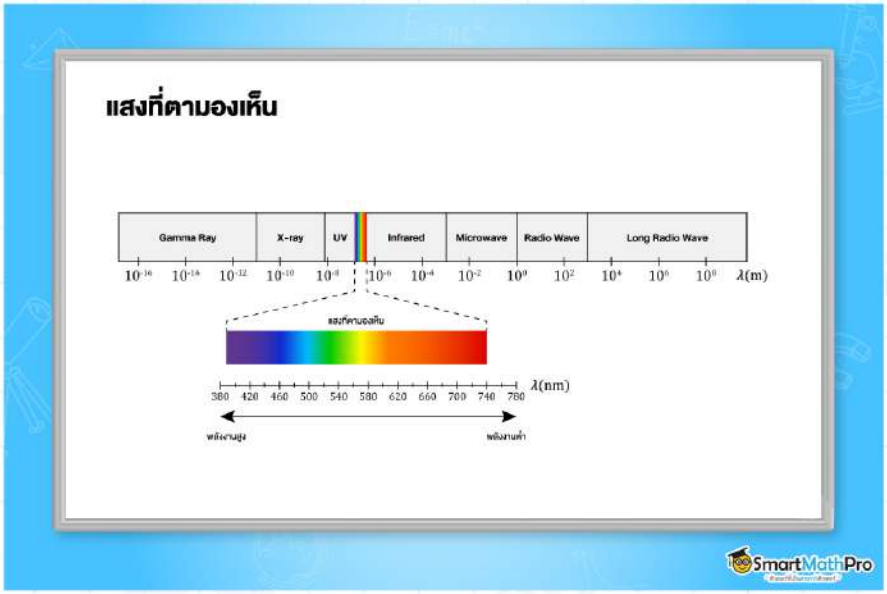
แสงเชิงคลื่น

แสงคืออะไร?

แสง (Light) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ผ่านดวงตาหรือที่เรียกว่า “แสงที่ตามองเห็น” (Visible Light)

แสงที่ตามองเห็นเป็นส่วนหนึ่งของ สเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า โดยมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400 - 700 นาโนเมตร และมีอัตราเร็วในสุญญากาศประมาณ 3×10^{8} เมตรต่อวินาที ซึ่งเท่ากับความเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิด



แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสง หมายถึง วัตถุหรือสิ่งที่สามารถปล่อยแสงออกมาได้เอง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลัก ได้แก่

1. **แหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ** เช่น
   - ดวงอาทิตย์ (Sun) เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญของโลก
   - ดาวฤกษ์ (Stars) อื่นๆ ที่ปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง
   - ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า (Lightning) ซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยพลังงานไฟฟ้าในบรรยากาศ
   - หิ่งห้อย และ สัตว์เรืองแสง (Bioluminescent organisms) เช่น แมงกะพรุนเรืองแสง

2. แหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น
   - หลอดไฟฟ้า เช่น หลอดไส้ (Incandescent bulb) และหลอดฟลูออเรสเซนต์
   - LED (Light Emitting Diode) ที่ใช้ในจอภาพและไฟส่องสว่าง
   - เลเซอร์ (Laser) ที่ใช้ในอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์
   - เปลวไฟ จากเทียน ไฟแช็ก หรือเตาเผาต่าง ๆ

สมบัติและพฤติกรรมของแสง

การสะท้อน (Reflection)

ปรากฏการณ์ที่แสงเดินทางไปกระทบพื้นผิวของวัตถุแล้วเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่กลับสู่ตัวกลางเดิม การสะท้อนของแสงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของพื้นผิวสัมผัส ซึ่งอาจเป็นการสะท้อนแบบปกติหรือการสะท้อนแบบกระจาย ขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวนั้น ๆ

การหักเห (Refraction)

ปรากฏการณ์ที่แสงเดินทางเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีดัชนีหักเหแตกต่างกัน เช่น อากาศ แก้ว หรือ น้ำ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วของแสงและอาจจะเปลี่ยนแปลงทิศทาง ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้วัตถุที่อยู่ในน้ำดูเหมือนบิดเบี้ยวจากตำแหน่งจริง

การแทรกสอดของแสง (Interference)

ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อคลื่นแสง 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมตัวกันและแทรกสอดกันเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก ซึ่งการที่จะเกิดการแทรกสอดที่สังเกตได้ชัดเจนแหล่งกำเนิดแสงที่มาซ้อนทับกันจะต้องเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ (Coherent Source) คือเป็นแหล่งกำเนิดที่ให้คลื่นแสงความถี่เดียวกัน และความยาวคลื่นเท่ากันและมีผลต่างเฟสคงที่ ตำแหน่งปฏิบัพจะเป็นแถบสว่าง ส่วนตำแหน่งบัพจะเป็นแถบมืด

การเลี้ยวเบนของแสง (diffraction)

ปรากฏการณ์ที่แสงเลี้ยวเบนรอบสิ่งกีดขวาง หรือ เลี้ยวเบนผ่านช่องแคบ ทำให้เกิดการกระจายแสงไปบริเวณด้านหลังของวัตถุทึบแสงได้ ซึ่งการเลี้ยวเบนของแสงเกิดขึ้นได้เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงอาพันธ์เดินทางผ่านช่องแคบที่มีขนาดเล็กใกล้เคียงกับความยาวคลื่นแสง

Timeline ของการศึกษาแสงเชิงคลื่น

การศึกษาเรื่องราวของแสงมีการพัฒนาและการเปลี่ยนแปลงจากแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่สำคัญหลายคนในช่วงเวลาต่าง ๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ดังนี้

ศตวรรษที่ 17 (ค.ศ.1601 - ค.ศ. 1701)

- **ไอแซก นิวตัน (Isaac Newton)** ได้ตั้งทฤษฎีอนุภาคโดยกล่าวว่า แสงเป็นอนุภาคที่ถูก ส่งออกจากต้นกำเนิดแสงอนุภาคเหล่านี้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงสามารถทะลุผ่านวัตถุโปร่งใส และสะท้อนจากวัตถุทึบแสงได้ เมื่อแสงเข้าสู่ตาทำให้เกิดความรู้สึกในการมองเห็น
- **คริสเตียน ฮอยเกนส์ (Christiaan Huygens)** ได้ตั้งทฤษฎีเกี่ยวกับแสงว่า แสงเป็นคลื่นสามารถนำไปใช้อธิบายการสะท้อน และการหักเหของแสง แต่ไม่สามารถแสดงว่าแสงมีการเลี้ยวเบนได้
  ทฤษฎีคลื่นแสงจึงไม่เป็นที่ยอมรับ

ค.ศ. 1801 โธมัส ยัง (Thomas Young)

ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับการแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง และสามารถวัดความยาวของคลื่นแสงได้ทำให้ทฤษฎีที่ว่าแสงเป็นอนุภาคของนิวตันหมดไป

ค.ศ. 1865 เจมส์ เคลิร์ก แมกซ์เวลล์ (James Clerk Maxwell)

ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่แบบซิมเปิลฮาร์โมนิกจะแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมาและอัตราเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีค่าใกล้เคียงกับอัตราเร็วของแสง จึงเป็นการสนับสนุนว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ค.ศ. 1905 อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein)

ได้เสนอว่าแสงเป็นอนุภาคซึ่งอนุภาคของแสงก็คือกลุ่มก้อนของพลังงาน ที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) และขนาดของโฟตอนขึ้นอยู่กับค่าความถี่ของแสง ซึ่งแตกต่างจากทฤษฎีของนิวตัน

ปัจจุบัน

- ทฤษฎีควอนตัมอธิบายว่าแสงมีลักษณะเป็นทั้งคลื่นและอนุภาค ขึ้นอยู่กับการสังเกตและสถานการณ์ที่เกิดขึ้น



นักวิทยาศาสตร์ได้พิสูจน์แล้วว่า "แสง" ไม่ได้เป็นเพียงเส้นตรงธรรมดา
แต่มีพฤติกรรมคล้ายคลื่น ในบทความนี้เราจะพูดถึงคุณสมบัติของแสงที่แสดงให้เห็นว่า
เป็นคลื่นผ่านปรากฏการณ์การแทรกสอดและการเลี้ยวเบน
โดยการใช้อุปกรณ์ 3 ประเภทได้แก่ สลิตเดี่ยว สลิตคู่ และเกรตติง

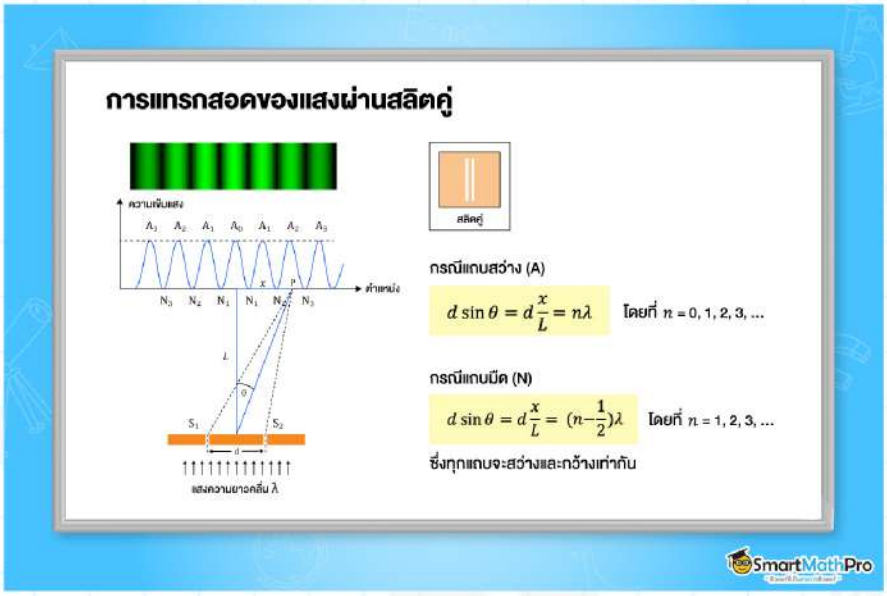
การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

สลิตคู่ (double slit) คือ อุปกรณ์ทางแสงที่ประกอบด้วยช่องเปิดขนาดเล็กสองช่อง
ซึ่งมีความกว้างใกล้เคียงกันและอยู่ใกล้กัน



การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่ เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินทางผ่านช่องเปิดสองช่อง แล้วเกิดการซ้อนทับของคลื่นแสง ทำให้เกิดลวดลายแทรกสอดบนฉากรับภาพ ซึ่งปรากฏเป็นแถบสว่างและแถบมืด

- แถบสว่าง → เกิดจากการแทรกสอดเสริม (สันคลื่นรวมกับสันคลื่น, ท้องคลื่นรวมกับท้องคลื่น)
- แถบมืด → เกิดจากการแทรกสอดหักล้าง (ยอดคลื่นรวมกับท้องคลื่น)



โดยที่ d = ระยะห่างระหว่างสลิตคู่

λ = ความยาวคลื่นของแสง

n = ลำดับการแทรกสอด

θ = มุมที่แถบแสงปรากฏ

ตัวอย่าง : การแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

เมื่อฉายแสงความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ลงบนสลิตคู่ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างสลิตเป็น 1 ไมโครเมตร อยากทราบว่าจุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันจุดที่ 1 จะเบนจากแนวที่ฉายแสงเป็นมุมเท่าใด

จากสมการ $d\sin\theta = n\lambda$

จะได้ $(1\times10^{-6})\sin\theta = 1\,(500\times10^{-9})$

$$\sin\theta = \frac{1\,(500\times10^{-9})}{(1\times10^{-6})}$$

$$\sin\theta = 0.5$$

$$\theta = 30^\circ$$

ตอบ จุดที่เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันจุดที่ 1 จะเบนจากแนวที่ฉายแสงเป็นมุม 30°

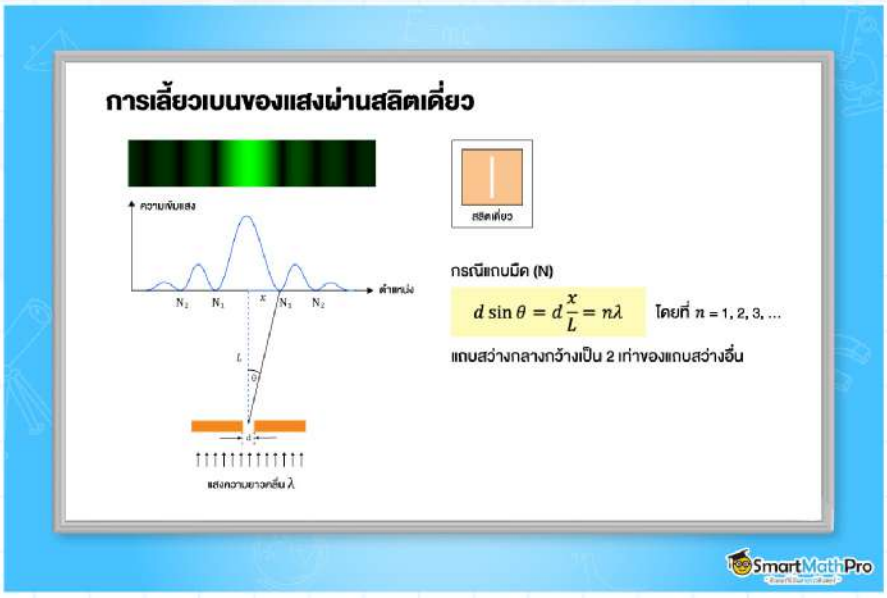
SmartMathPro × PHYSICS FARM

การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

สลิตเดี่ยว (Single Slit) คือ อุปกรณ์ทางแสงที่ประกอบด้วยช่องเปิดช่องเดียว ซึ่งมีความกว้างน้อย ๆ ค่าหนึ่ง



เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านสลิตเดี่ยวแคบ ๆ ที่มีขนาดเทียบเท่ากับความยาวคลื่นแสง แสงจะเกิดปรากฏการณ์เลี้ยวเบน โดยขอบของสิ่งกีดขวางจะประพฤติตัวเสมือนแหล่งกำเนิดคลื่นใหม่จำนวนมากมาย (ตามหลักของฮอยเกนส์) เมื่อนำฉากมารับจะเห็นริ้วมืดสว่างที่เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นจำนวนมากเหล่านี้ เกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างขึ้น



โดยที่ d = ระยะห่างระหว่างสลิตเดี่ยว

λ = ความยาวคลื่นของแสง

n = ลำดับการแทรกสอด

θ = มุมที่แถบแสงปรากฏ

แถบสว่างกลางจะมีความกว้างและความสว่างมากที่สุด โดยแถบสว่างกลางมีความสัมพันธ์กับความกว้างของสลิต ดังนี้

- เมื่อเพิ่มความกว้างของสลิต ความกว้างของแถบสว่างกลางจะแคบลง
- เมื่อลดความกว้างของสลิตลง ความกว้างของแถบกลางจะเพิ่มขึ้น

ตัวอย่าง : การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

เมื่อให้แสงมีความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ผ่านช่องแคบเดี่ยว และต้องการให้แถบมืดแรกเบนจากแนวกลาง $30°$ จงหาความกว้างของช่องแคบนี้

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

จะได้ $d\sin 30° = 1\,(600 \times 10^{-9})$

$$d\left(\frac{1}{2}\right) = 1\,(600 \times 10^{-9})$$

$$d = 2\,(600 \times 10^{-9})$$

$$d = 1.2 \times 10^{-6}\text{m}$$

$$d = 1.2\ \mu\text{m}$$

ตอบ ความกว้างของช่องแคบนี้ค่าเท่ากับ $1.2\ \mu\text{m}$

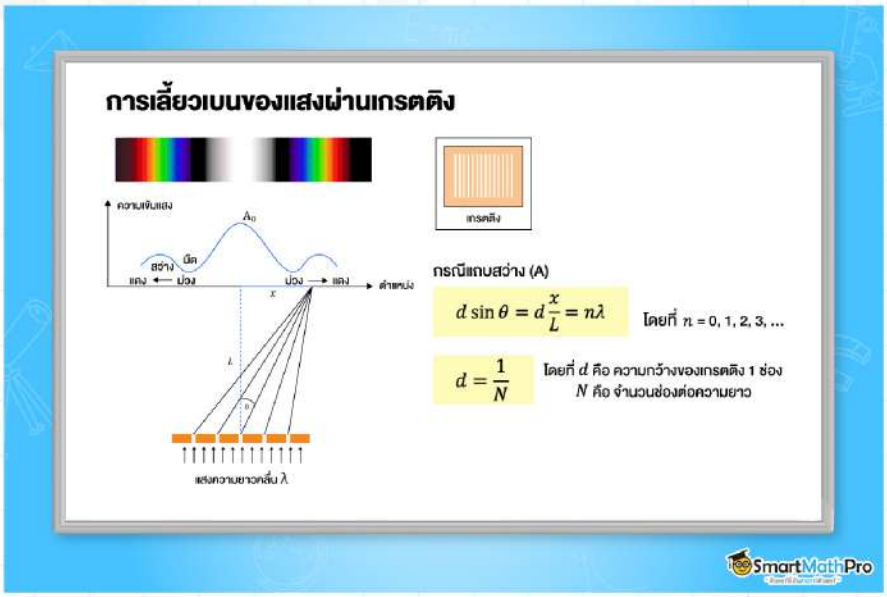
SmartMathPro × PHYSICS FARM

การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

เกรตติง (Grating) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวิเคราะห์สเปกตรัมของแสง และวัดความยาวคลื่นของแสง โดยอาศัยหลักการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของคลื่น โครงสร้างของเกรตติงเป็นแผ่นวัตถุโปร่งใสผิวเรียบที่มีช่องเปิดเล็ก ๆ เรียงตัวขนานกันอย่างหนาแน่น โดยทั่วไปอาจมีตั้งแต่ 100 ถึง 10,000 ช่องต่อเซนติเมตร



เมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น ดวงอาทิตย์หรือแสงขาวหลอดไฟฉาย ผ่านเข้าสู่เกรตติง จะเกิดการกระจายตัวออกเป็นสเปกตรัมสีต่าง ๆ อย่างชัดเจน กระบวนการนี้พัฒนามาจากแนวคิดเริ่มแรกของสลิตคู่ โดยการเพิ่มจำนวนและลดระยะห่างระหว่างช่องเปิด ส่งผลให้การเลี้ยวเบนของแสงมีความละเอียดและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ทำให้เราสามารถสังเกตเห็นองค์ประกอบของแสงขาวได้อย่างเป็นระบบ



SmartMathPro × PHYSICS FARM

แสงที่เบนจากแนวกลางมากที่สุดคือ แสงสีแดง และแสงที่เบนจากแนวกลางน้อยที่สุดคือ แสงสีม่วง ซึ่งสอดคล้องกับสมการ $d\sin\theta = n\lambda$ โดยแสงสีต่าง ๆ มีความยาวคลื่น ดังแสดงในตาราง

ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแสงสีกับความยาวคลื่น

แสงสี	ความยาวคลื่น (nm)
ม่วง	390 - 425
น้ำเงิน	425 - 500
เขียว	500 - 575
เหลือง	575 - 585
แสด	585 - 620
แดง	620 - 740

SmartMathPro

ตัวอย่าง : การเลี้ยวเบนของแสงผ่านเกรตติง

เกรตติง $10{,}000$ เส้นต่อเซนติเมตร ถ้าฉายแสงความยาวคลื่น λ ตกตั้งฉากกับเกรตติง แถบสว่างที่เกิดขึ้นแถบแรกบนจอ จะอยู่ห่างจากแนวกลางเป็นมุม 30° ค่า λ มีค่าเท่าใด

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

จะได้ $\frac{1}{n}\sin 30^\circ = (1\lambda)$

$$\lambda = \frac{1}{10^6} \times \frac{1}{2}$$

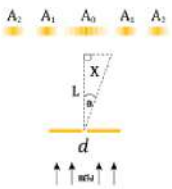
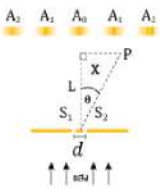
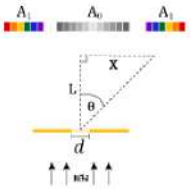
$$\lambda = 5 \times 10^{-7}$$

$$\lambda = 500 \text{ nm}$$

ตอบ ความยาวคลื่นมีค่าเท่ากับ 500 nm

สรุปสูตรเกี่ยวกับแสงเชิงคลื่น

สรุปสูตรเกี่ยวกับแสงเชิงคลื่น

	สลิตเดี่ยว	สลิตคู่	เกรตติง
อุปกรณ์			
สูตรสมการ	แถบมืด $d\sin\theta = d\frac{X}{L} = n\lambda$	แถบสว่าง $d\sin\theta = d\frac{X}{L} = n\lambda$ แถบมืด $d\sin\theta = d\frac{X}{L} = (n-\frac{1}{2})\lambda$	แถบสว่าง $d\sin\theta = d\frac{X}{L} = n\lambda$ $d = \frac{1}{N}$ โดยที่ d คือ ความกว้างของเกรตติง 1 ช่อง N คือ จำนวนช่องต่อความยาว

บนเส้นทางสู่เป้าหมาย ก้าวที่ยากที่สุด ... คือก้าวแรก

- พี่ฟาร์ม PhysicsFarm -

สนใจติวฟิสิกส์เพิ่มเติม online.smartmathpro.com