บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับต่อไปนี้ (1) แสงและสมบัติของแสง (2) การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง (3) ดัชนีหักเหของตัวกลาง (4) การสร้างชุดทดลองหรืออุปกรณ์การทดลอง และ(5) การสอนแบบทดลอง

แสงและสมบัติของแสง

แสง

แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เดินทางในรูปคลื่นด้วยอัตราเร็วเท่ากับ $3x10^8$ m/s แหล่งกำเนิดแสงมีทั้งแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ดวงอาทิตย์ แหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แสงจากหลอดไฟ เป็นต้น เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มควันหรือฝุ่นละอองจะเห็นลำแสงเส้นตรง และสามารถทะลุผ่านวัตถุได้ วัตถุที่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านเป็นเส้นตรงไปได้นั้นเรียกวัตถุนี้ว่า วัตถุโปร่งใส เช่น แก้ว อากาศ น้ำ เป็นต้น ถ้าแสงเคลื่อนที่ผ่านวัตถุบางชนิดแล้วเกิดการกระจายของแสงออกไปโดยรอบทำให้แสงเคลื่อนที่ไม่เป็นเส้นตรงเรียกวัตถุนั้นว่า วัตถุโปร่งแสง เช่น กระจกฝ้า กระดาษไข พลาสติกฝ้า เป็นต้น ส่วนวัตถุที่ไม่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านไปได้เรียกว่า วัตถุทึบแสง เช่น ผนังคอนกรีต กระดาษแข็งหนา ๆ เป็นต้น วัตถุทึบแสงจะสะท้อนแสงบางส่วนและดูดกลืนแสงบางส่วนไว้ทำให้เกิดเงาขึ้น

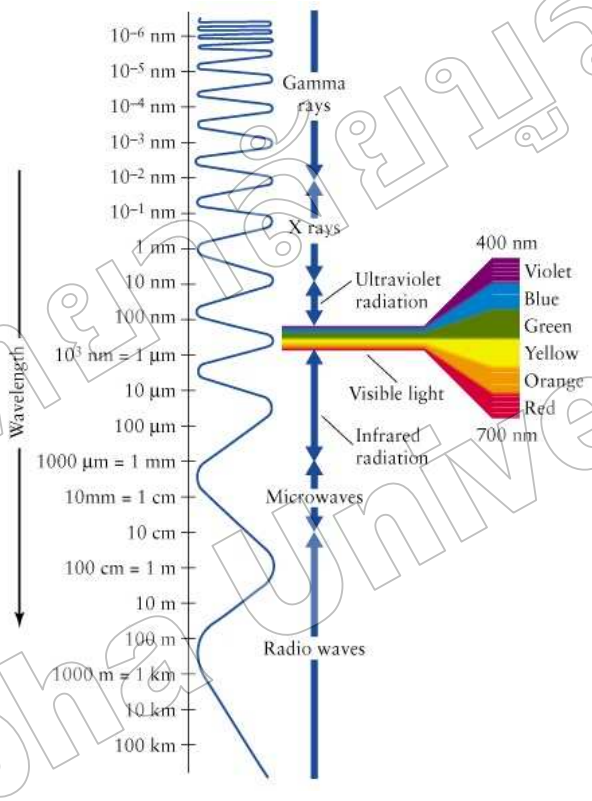
แสงคือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น แสงจะแสดงสมบัติเป็นทวิภาวะคือเป็นทั้งคลื่น (wave) และอนุภาค (particle)ในเวลาเดียวกัน ธรรมชาติที่แท้จริงของแสงเป็นปัญหาหลักปัญหาหนึ่งของฟิสิกส์สมัยใหม่

แสงมีสมบัติทวิภาวะ กล่าวคือ

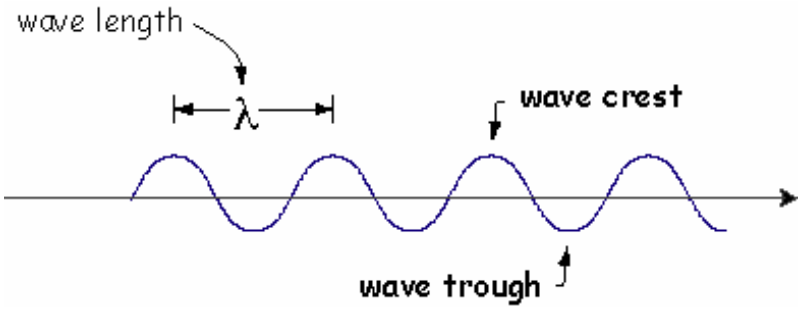
1. แสงเป็นคลื่น ในศตวรรษที่ 18 แมกซ์เวลล์ (James C. Maxwell) ค้นพบว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับคลื่นไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ รังสียูวี รังสีเอกซ์เรย์และรังสีแกมมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดแตกต่างกันที่ความยาวคลื่น และเรียกแถบความยาวคลื่นทั้งหมดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าว่า แถบสเปคตรัม โดยที่ระนาบการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับระนาบการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า และตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น และแสงก็มีการเลี้ยวเบนด้วย ซึ่งการเลี้ยวเบนก็แสดงสมบัติของคลื่น แสงเป็น

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงของสเปคตรัมที่สามารถมองเห็นได้ซึ่งมีความยาวคลื่นระหว่างประมาณ 400 – 750 nm (ภาพที่ 2-1)

สมบัติที่สำคัญของคลื่น (ภาพที่ 2-2) คือ ความยาวคลื่น (wavelength) แอมปลิจูด (amplitude) และเฟส (phase) ซึ่งทำให้คลื่นสามารถแสดงสมบัติที่สำคัญคือการหักเห (reflection) การสะท้อน (refraction) การแทรกสอด (interference) และการเลี้ยวเบน (diffraction)



ภาพที่ 2-1 สเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า



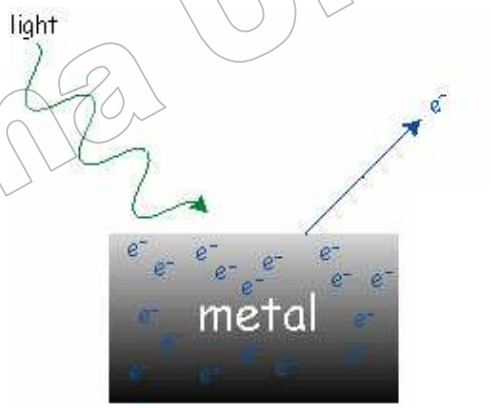
ภาพที่ 2-2 สมบัติคลื่น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. แสงเป็นอนุภาค ไอน์สไตน์ (A. Einstein) เป็นบุคคลแรกที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเลคตริก (photoelectric effects) ได้ โดยพิจารณาว่าแสงมีลักษณะเป็นก้อน ๆ เรียกว่าโฟตอน (photon) วิ่งมาชนผิวของโลหะ แล้วถ่ายทอดโมเมนตัมให้กับอิเลคตรอน ซึ่งพลังงานของแสงที่ชนจะขึ้นอยู่กับความถี่ของแสง นั่นคือโฟตอนของแสงสีม่วงมีพลังงานมากกว่าโฟตอนของแสงสีแดง

แสงเป็นก้อนพลังงานมีค่าพลังงาน $E = hf$ โดยที่ h คือค่าคงตัวของพลังค์ และ f คือความถี่ของแสง เรียกอนุภาคแสงว่าโฟตอน เมื่อฉายแสงไปตกกระทบที่ผิวของโลหะแล้วทำให้อิเลคตรอนหลุดออกมา โดยที่พลังงานจลน์ของอิเลคตรอนที่หลุดออกมาจะไม่ขึ้นอยู่กับความเข้ม (แอมปลิจูด) ของแสง แต่จะขึ้นอยู่กับความถี่ เรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า “ปรากฏการณ์โฟโตอิเลคตริค” (ภาพที่ 2-3)

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงสเปกตรัม ที่สามารถมองเห็นได้ คือ อยู่ในย่านความถี่ 380 THz (3.8×10^{14} Hz) ถึง 750 THz (7.5×10^{14} Hz) จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (v) ความถี่ (f) และ ความยาวคลื่น (λ) ของแสง และ ความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าคงที่ ดังนั้นเราจึงสามารถจำแนกแสงโดยใช้ตามความยาวคลื่นได้ โดยแสงที่เรามองเห็นได้ข้างต้นนั้นจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400 nm และ 800 nm (ในสุญญากาศ)



ภาพที่ 2-3 ปรากฏการณ์โฟโตอิเลคตริก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สมบัติของแสง

1. การสะท้อนของแสง เมื่อแสงตกกระทบผิวของวัตถุใด ๆ โดยที่พื้นที่ผิวของวัตถุไม่ดูดกลืนพลังงานแสงทั้งหมด พลังงานที่เหลือจะสะท้อนออกมาจากผิวของวัตถุนั้น ๆ ไม่ว่าวัตถุจะมีผิวอย่างไร การสะท้อนของแสงจะเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง คือ รังสีตกกระทบ รังสีสะท้อน และเส้นแนวฉาก อยู่บนระนาบเดียวกัน และมุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน เมื่อรังสีของแสงตกกระทบผิววัตถุที่จุดใด ถ้าเราลากเส้นตั้งฉากกับผิววัตถุนั้น เส้นตั้งฉากที่ลากนี้เรียกว่า เส้นแนวฉาก และเรียกมุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นแนวฉากว่า มุมตกกระทบ มุมที่รังสีสะท้อนทำกับแนวฉาก เรียกว่า มุมสะท้อน วัตถุที่สะท้อนแสงได้ดีจะต้องมีผิวเรียบและเป็นมัน เช่น กระจกเงา จะทำให้เกิดการสะท้อนอย่างมีระเบียบ แต่ถ้าวัตถุที่มีผิวไม่เรียบจะเกิดการสะท้อนไม่มีระเบียบ แต่การสะท้อนของแสงเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง

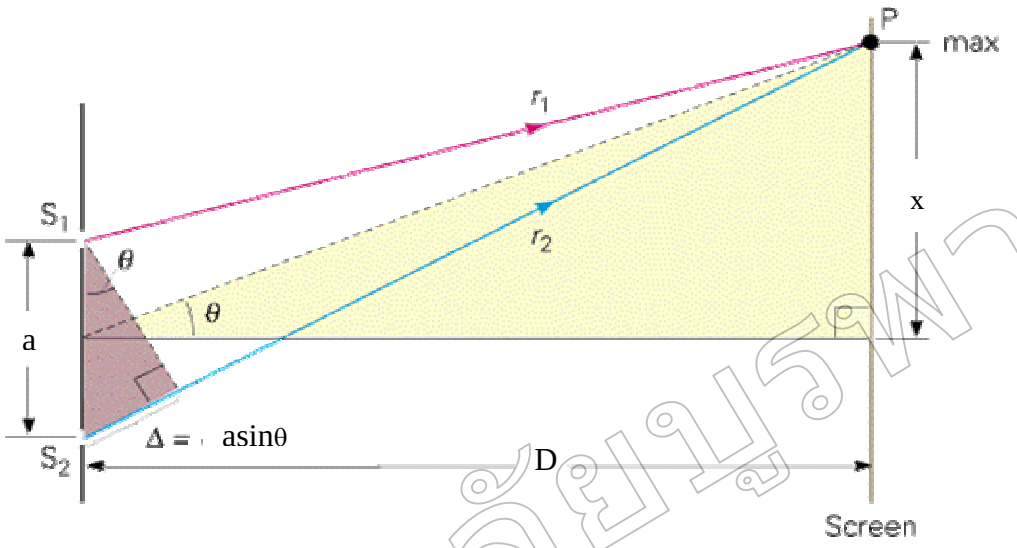
2. การหักเหของแสง เมื่อแสงเดินทางพบรอยต่อระหว่างตัวกลางหรือแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกันจะทำให้ทางเดินของแสงเปลี่ยนไปและเกิดการหักเห การหักเหจะเกิดขึ้นเฉพาะผิวรอยต่อของตัวกลางเท่านั้น เงื่อนไขของการหักเห คือ แสงผ่านตัวกลางสองชนิด แสงผ่านผิวรอยต่อของตัวกลาง และแนวทางเดินของแสงต้องไม่ตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางคู่แสงจึงจะเกิดการหักเหขึ้น

3. การแทรกสอดของแสง เกิดได้ต่อเมื่อคลื่นแสง 2 ขบวนเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมตัวกันและแทรกสอดกันเกิดเป็นแถบมืดและแถบสว่างบนฉาก โดยแหล่งกำเนิดแสงจะต้องเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ (Coherent Source) คือเป็นแหล่งกำเนิดที่ให้คลื่นแสงที่มีความถี่ความยาวคลื่น และแอมพลิจูดเท่ากัน

แถบสว่างบนฉากเกิดจากการแทรกสอดแบบเสริมและแถบมืดเกิดจากการแทรกสอดแบบหักล้าง ถ้าให้สลิต S_1 และ S_2 ของสลิตคู่ (double slit) เป็นแหล่งกำเนิดแสงห่างกันเป็นระยะ a เมื่อแสงเดินทางจากสลิตทั้งสองมาถึงฉากด้วยระยะทางที่ต่างกัน เดินทางมาพบกันบนจุดเดียวกัน คือจุด P ในภาพที่ 2-4 จะได้ผลต่าง S_1P กับ S_2P เป็นดังสมการที่ 2-1

$$S_2P - S_1P = \Delta = a\sin\theta \qquad (2\text{-}1)$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-4 การแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบหรือสลิตคู่

เนื่องจากมุม θ เป็นมุมน้อย ๆ จะได้ $\sin\theta \approx \tan\theta = \frac{x}{D}$ ดังนั้น สำหรับการแทรกสอดแบบเสริม จะได้แถบสว่างที่เกิดขึ้นเป็น

$$a\sin\theta = d\frac{x}{D} = m\lambda \qquad (2\text{-}2)$$

โดยที่ m คือ ลำดับที่ของแถบสว่าง ซึ่ง m = $0, \pm1, \pm2, \ldots$ สำหรับการแทรกสอดแบบหักล้างจะได้แถบมืดที่เกิดขึ้นเป็น

$$a\sin\theta = a\frac{y}{L} = (m+\frac{1}{2})\lambda \qquad (2\text{-}3)$$

โดยที่ m คือ ลำดับที่ของแถบมืด ซึ่ง m = $0, \pm1, \pm2, \ldots$

4. การเลี้ยวเบนของแสง การเลี้ยวเบนแสงเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่ เมื่อผ่านสิ่งกีดขวางขนาดเล็กหรือที่ทึบหรือช่องเปิดขนาดเล็ก การเลี้ยวเบนสามารถเกิดได้ดีเมื่อสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ ถ้าสลิตเดี่ยวมีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ จะเกิดการแทรกสอดเป็นแถบมืดและแถบสว่างสลับกัน ส่วนการเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ เมื่อคลื่นเลี้ยวเบนผ่านสลิตคู่ไปจะเกิดการแทรกสอดกัน และเป็นไปตามเงื่อนไขการแทรกสอด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เมื่อให้แสงผ่านช่องเปิดที่เล็ก ๆ มาก จะเกิดปรากฏการณ์การเลี้ยวเบนมีผลให้เกิดแถบสว่างกลางที่มีความกว้างกว่าช่องเปิดที่แสงผ่าน นอกจากนี้ถัดจากแถบสว่างกลางออกไปทั้งสองข้าง ยังมีแถบสว่างและแถบมืดสลับกันไป ที่เกิดจากการแทรกสอดของคลื่น ซึ่งสามารถอธิบายการเลี้ยวเบนของแสงได้เมื่อใช้แสงความยาวคลื่นเดียวผ่านช่องเปิดที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากแสงเป็นคลื่นที่มีการแผ่กระจายออกทุกทิศทาง หน้าคลื่นจึงเป็นผิวโค้งของทรงกลม แต่เมื่อพิจารณา ณ ตำแหน่งหนึ่งบนหน้าคลื่นที่มีบริเวณแคบ อาจถือว่าหน้าคลื่นดังกล่าวเป็นระนาบ

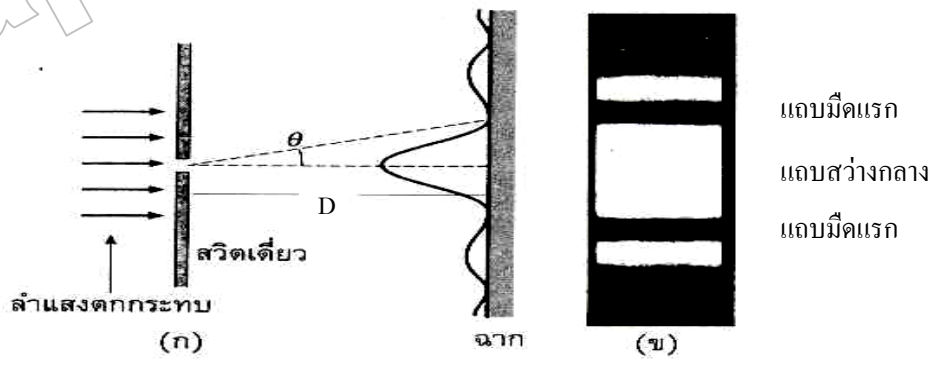
การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง

การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญที่แสดงสมบัติการเป็นคลื่นของแสง การเลี้ยวเบนของแสงจะแสดงออกในกรณีที่แสงผ่านช่องแคบเล็ก ๆ บางครั้งจะปรากฏแถบมืดกับแถบสว่างรอบ ๆ ขอบของวัตถุขนาดเล็กซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการแทรกสอดของแสง การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง สามารถแสดงให้เห็นได้ชัดเจน โดยให้แสงเลเซอร์ผ่านสลิตเดี่ยว สลิตคู่ และ เกรตติง ดังนี้

สลิตเดี่ยว

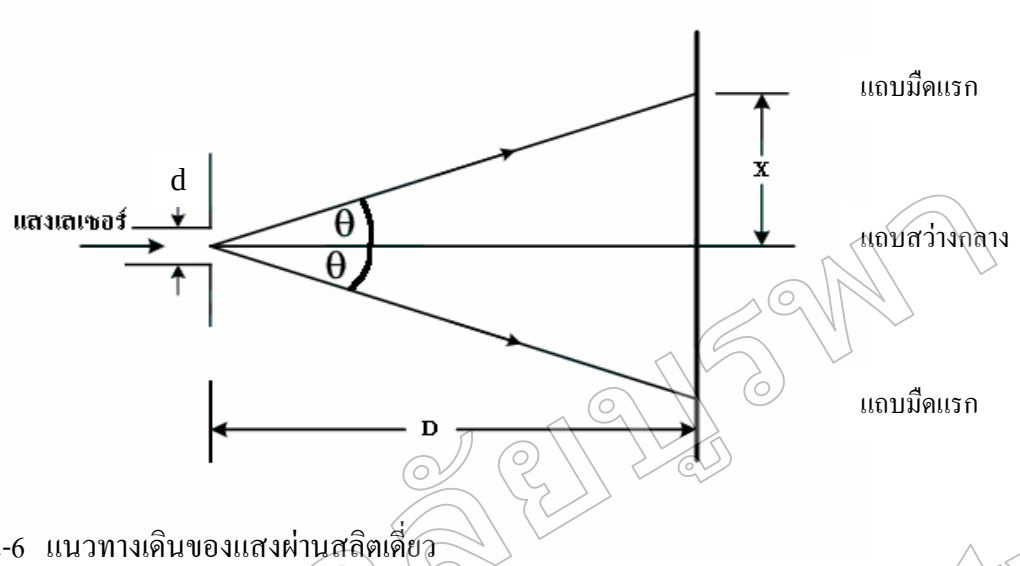
เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านสลิตเดี่ยว แสงจะเลี้ยวเบนทำให้เกิดการแทรกสอดปรากฏเป็นแถบมืด-แถบสว่างบนฉากโดยแถบสว่างกลางกว้างกว่าแถบสว่างอื่น ๆ ซึ่งอยู่ถัดออกไปทั้งสองข้าง และมีความเข้มแสงมากที่สุด

แสงขนาดความยาวคลื่น λ ส่องผ่านสลิตเดี่ยวที่มีความกว้าง d ทำให้เกิดการแทรกสอดเนื่องจากการเลี้ยวเบนบนฉากที่ห่างจากสลิตเดี่ยว D ดังภาพที่ 2-5 และ 2-6

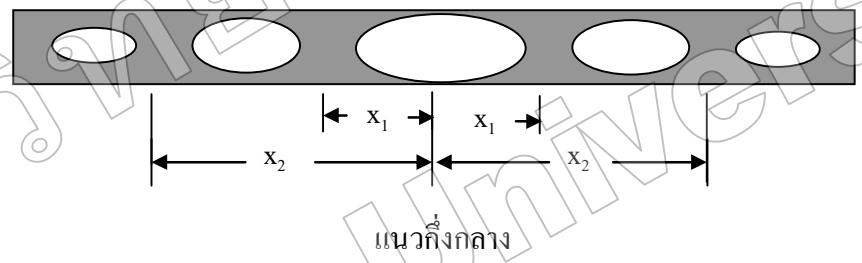


ภาพที่ 2-5 การเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-6 แนวทางเดินของแสงผ่านสลิตเดี่ยว



ภาพที่ 2-7 แถบของการเลี้ยวเบนจากสลิตเดี่ยวและระยะห่างระหว่างแถบมืดแรกกับแถบสว่างกลาง (x_1) และ แถบมืดที่สองกับแถบสว่างกลาง (x_2)

สามารถเขียนสมการหาตำแหน่งแถบมืด ของการเลี้ยวเบนของแสงผ่านสลิตเดี่ยวได้ดังนี้

$$d\sin\theta = m'\lambda \qquad (2\text{-}4)$$

เมื่อ d คือ ความกว้างของสลิตเดี่ยว

θ คือ มุมที่กระทำจากแถบสว่างกลางกับตำแหน่งแถบมืดลำดับต่างๆ

m' คือ ลำดับของแถบมืด ($=\pm1, \pm2, \pm3, ...$)

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มุมที่เกิดขึ้นมีค่าน้อย ๆ ดังนั้น $\sin\theta \approx \tan\theta$ และ

$$\tan\theta = \frac{x}{D} \tag{2-5}$$

เมื่อ x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ

D คือ ระยะห่างจากฉากถึงสลิตเดี่ยว

ดังนั้นเราสามารถหาค่าความยาวคลื่นแสงได้จากสมการ

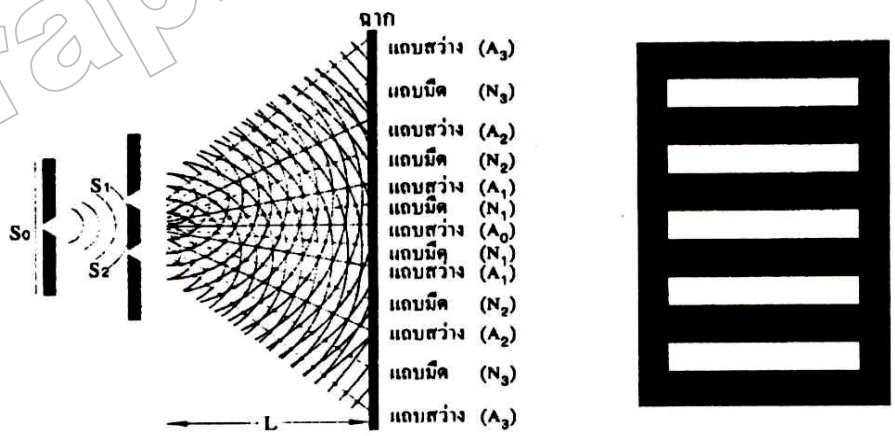
$$\lambda = \frac{dx}{m'D} \tag{2-6}$$

สลิตคู่

โทมัส ยัง (Thomas Young) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ทำการทดลองปรากฏการณ์การแทรกสอดของแสงโดยใช้อุปกรณ์การทดลองดังภาพที่ 2-8

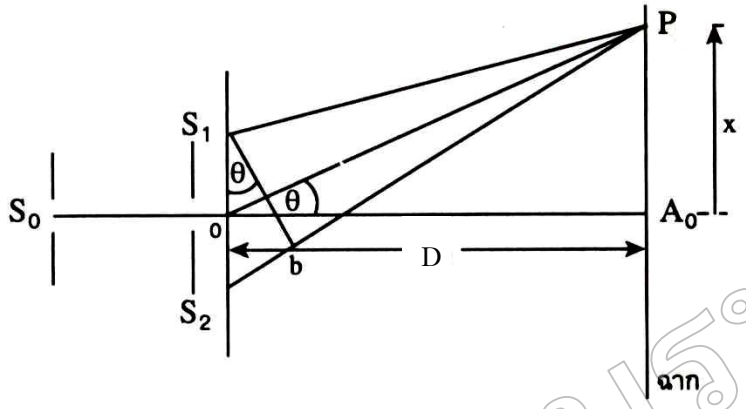
จากภาพที่ 2-8 เมื่อให้แสงสีเดียวผ่านสลิต S_0 แล้วเลี้ยวเบนตกลงบนสลิตคู่ S_1 และ S_2 สลิต S_1 และ S_2 ทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ เมื่อคลื่นแสงเคลื่อนที่ผ่านสลิต S_1 และ S_2 เดินทางไปพบกันจะทำให้เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันและหักล้างกันโดยปรากฏภาพการแทรกสอดบนฉากเห็นเป็นแถบสว่างและแถบมืด

จากภาพที่ 2.8 แนว A คือ แนวการแทรกสอดแบบเสริมกัน เกิดแถบสว่างบนฉาก แนว N คือ แนวการแทรกสอดแบบหักล้างกัน เกิดแถบมืดบนฉาก



ภาพที่ 2-8 แนวเสริมกันและแนวหักล้างของการแทรกสอดของแสงผ่านสลิตคู่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-9 การแทรกสอดบนฉาก

จากภาพที่ 2.9 เมื่อให้แสงสีเดียวความยาวคลื่น λ เคลื่อนที่ผ่านสลิต S_0 แล้วเลี้ยวเบนตกลงบนสลิต S_1 และ S_2 ซึ่งจุดกึ่งกลางของสลิต S_1 และ S_2 มีระยะห่างกัน a คลื่นแสงที่เคลื่อนที่ออกจาก S_1 และ S_2 พบกันบนฉากที่จุด P ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการของการแทรกสอดได้ดังนี้ (เมื่อ P เป็นตำแหน่งบนแนวการแทรกสอดแบบเสริมกัน)

$$a\sin\theta = m\lambda \qquad (2\text{-}7)$$

เมื่อ a คือ ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของสลิตคู่

θ คือ มุมที่กระทำจากจุดกึ่งกลางของสลิตคู่กับตำแหน่งแถบสว่างลำดับต่าง ๆ

m คือ ลำดับของแนวแถบสว่าง ($\pm1, \pm2, \pm3,...$)

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

มุมที่เกิดขึ้นมีค่าน้อย ๆ ดังนั้น $\sin\theta \approx \tan\theta$ และ

$$\tan\theta = \frac{x}{D} \qquad (2\text{-}8)$$

เมื่อ x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกลางถึงแถบสว่างลำดับต่าง ๆ

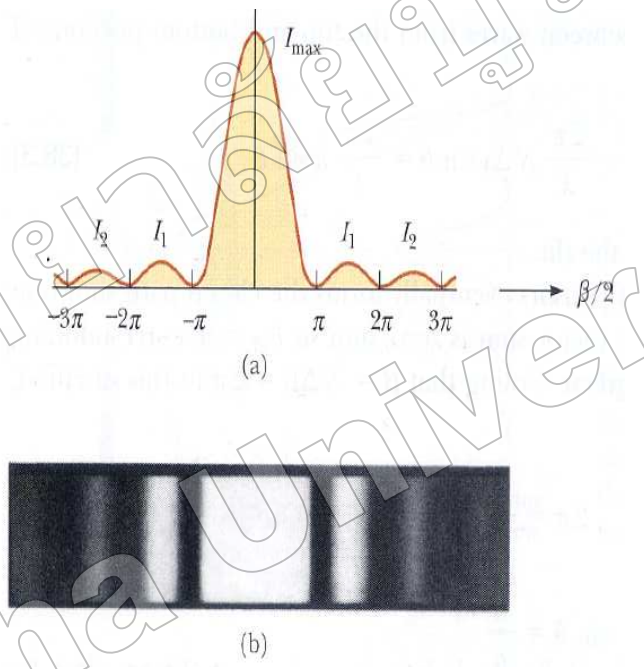
D คือ ระยะห่างจากฉากถึงสลิตคู่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ดังนั้นเราสามารถหาค่าความยาวคลื่นแสงได้จากสมการ

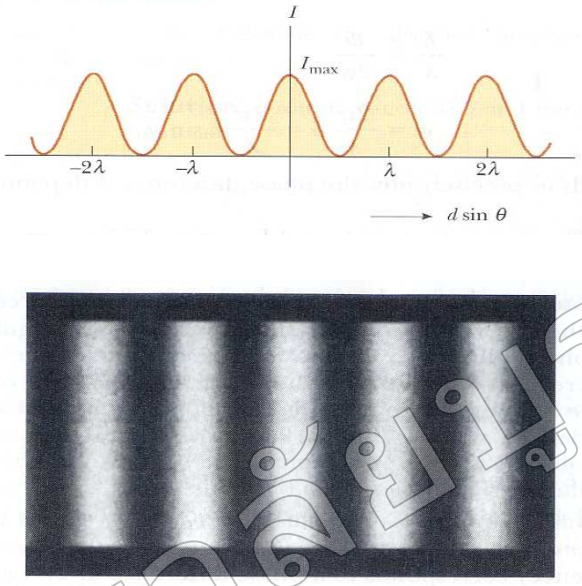
$$\lambda = \frac{ax}{mD} \tag{2-9}$$

ภาพที่ 2-10 , 2-11 และ 2-12 แสดงการเกิดการแทรกสอดของแสงเมื่อผ่านสลิตเดี่ยว และสลิตคู่



ภาพที่ 2-10 การแทรกสอดเมื่อแสงผ่านสลิตเดี่ยว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-11 การแทรกสอดเมื่อแสงผ่านสลิตคู่

ภาพที่ 2-12 การแทรกสอดของสลิตเดี่ยวและสลิตคู่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เกรตติง

เกรตติงเป็นแผ่นใสมีเส้นตรงทึบแสงขนานกันอย่างสม่ำเสมอจำนวนมาก เกรตติงจึงเป็นแผ่นที่มีสลิตจำนวนมากนั่นเอง แสงความยาวคลื่น λ เมื่อผ่านเกรตติงจะมีการเลี้ยวเบนและแทรกสอด ทำนองเดียวกับเมื่อผ่านสลิตคู่ โดยปกติขนาดความกว้างของสลิต (b) ของแผ่นเกรตติงจะมีค่าน้อยและน้อยกว่าระยะระหว่างสลิต (a) มาก ผลจากการแทรกสอดของแสงจึงปรากฏชัดเจน ดังนั้นถ้าเริ่มสังเกตริ้วหรือแถบที่ได้ โดยใช้สลิตที่มีขนาดของช่องค่อย ๆ เล็กลง และมีจำนวนช่องค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจะเห็นได้ว่าแถบสว่างกลางของริ้วการเลี้ยวเบนจะค่อย ๆ กว้างขึ้น และจะมีแถบสว่างที่เนื่องจากการแทรกสอดคมชัดมากและอยู่ห่างกันเท่า ๆ กัน ยิ่งจำนวนสลิตในหนึ่งหน่วยความยาวของเกรตติงมากขึ้น แถบสว่างกลางของริ้วของการเลี้ยวเบนยิ่งกว้างออก และแถบมืดกับแถบสว่างของการแทรกสอดที่ปรากฏในแถบสว่างกลางของริ้วการเลี้ยวเบน ก็ยิ่งแยกห่างจากกันมากขึ้น ผลที่ได้เป็นดังภาพที่ 2-13 ตำแหน่งของแถบสว่างเหล่านี้จะหาได้จากสมการ (2-10) คือ

$$m\lambda = a \sin \theta_m \qquad (2\text{-}10)$$

เมื่อ a คือ ระยะห่างระหว่างช่องแคบ 2 ช่องที่ติดกัน

m คือ อันดับของแถบสว่างที่ได้บนฉากมีค่าเท่ากับ $(0, \pm1, \pm2, \pm3,...)$

m = 0 คือ แถบสว่างที่อยู่กลางฉากอยู่ในแนวของแสงตก เรียกว่า แถบสว่างอันดับที่ศูนย์หรือแถบสว่างกลาง

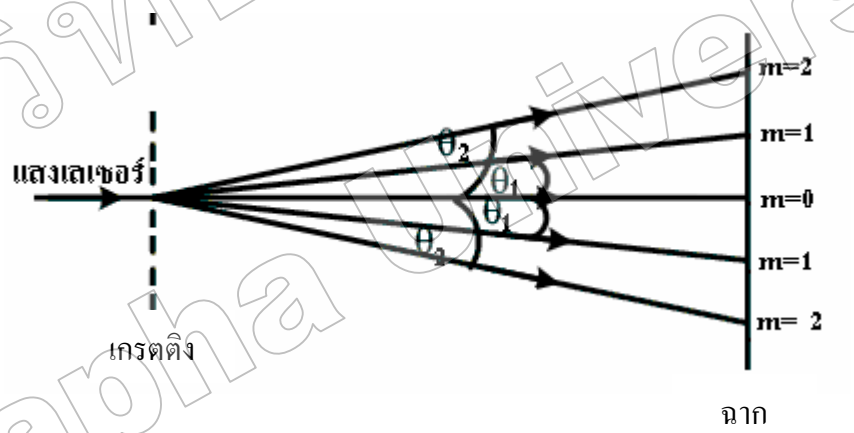
$m = \pm1, \pm2, \pm3,\ldots$ คือ แถบสว่างอันดับที่ 1,2,3,… ทางด้านขวาและด้านซ้ายของแถบสว่างอันดับที่ศูนย์หรือแถบสว่างกลาง ตามลำดับ

เกรตติงเป็นอุปกรณ์ที่สามารถสร้างขึ้นด้วยความละเอียดสูงมาก ค่ามุมที่รับภาพก็อาจวัดได้อย่างแม่นยำ ทำให้วิธีการวัดค่าความยาวคลื่นเป็นไปอย่างสะดวกและมีความแม่นยำสูง ค่าความยาวคลื่นหาได้ดังนี้

$$\lambda = \frac{a \sin \theta_m}{m} \qquad (2\text{-}11)$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาพที่ 2-13 การเลี้ยวเบนจากเกรตติงจะสังเกตเห็นแถบสว่างกลางและแถบสว่างอันดับที่ 1 และ 2 ทางด้านขวาและทางด้านซ้ายของแถบสว่างกลาง



ภาพที่ 2-14 การเลี้ยวเบนจากเกรตติง

เกรตติงส่วนใหญ่จะให้มุม θ_1 มากกว่า 10 องศา ซึ่งไม่ถือว่าเป็นมุมเล็ก ๆ ค่า $\sin\theta$ จึงไม่เท่ากับ $\tan\theta$ ดังนั้นจะต้องมีความระมัดระวังในการคำนวณเป็นพิเศษ

เกรตติงเลี้ยวเบน เป็นอุปกรณ์ทัศนศาสตร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ความยาวคลื่นในสเปกตรัมของแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ดัชนีหักเหของตัวกลาง (Index of Refraction)

การเคลื่อนที่ของแสงในตัวกลางต่างชนิดกันจะมีอัตราเร็วต่างกัน เช่น ถ้าแสงเคลื่อนที่ในอากาศจะมีอัตราเร็วเท่ากับ $3x10^8$ m/s ซึ่งเท่ากับอัตราเร็วของแสงในสูญญากาศแต่ถ้าแสงเคลื่อนที่ในแก้วหรือพลาสติกจะมีอัตราเร็วประมาณ $2x10^8$ m/s การเปลี่ยนความเร็วของแสงเมื่อผ่านตัวกลางต่างชนิดกัน ทำให้เกิดการหักเห อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศต่ออัตราเร็วของแสงในตัวกลางใด ๆ เรียกว่า ค่าดัชนีหักเหของตัวกลาง นั้น

ดัชนีหักเหของตัวกลาง = อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ / อัตราเร็วของแสงในตัวกลาง

หรือ $$n = \frac{c}{v} \qquad (2\text{-}12)$$

ตัวอย่างเช่น ค่าดัชนีหักเหของอากาศ สำหรับแสงสีม่วงขนาดความยาวคลื่น 0.00004359 cm คือ 1.0002957 และค่าดัชนีหักเหสำหรับแสงสีแดงขนาดความยาวคลื่น 0.00006563 cm คือ 1.0002914 เพราะฉะนั้นจะประมาณได้ว่าค่าดัชนีหักเหของในสุญญากาศเท่ากับดัชนีหักเหในอากาศ ค่าดัชนีหักเหของแก้วในอุปกรณ์ทางแสงที่ใช้กันทั่วไปอยู่ระหว่าง 1.46 – 1.96 มีสารไม่มากนักที่มีค่าดัชนีหักเหมากกว่านี้ เช่น เพชรมีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ 2.42

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-1 ค่าดัชนีหักเหแสงของสารชนิดต่าง ๆ โดยประมาณ (n) เทียบกับค่า 1.00000 ของสุญญากาศ เมื่อใช้แสงที่มีขนาดความยาวคลื่น 589 nm

ชื่อสาร	**ดัชนีหักเห (n)**
อากาศ	1.00029
คาร์บอนไดออกไซด์	1.00045
น้ำแข็ง	1.31
น้ำ	1.33
กลีเซอรีน	1.47
แก้ว	1.52
เกลือแกง	1.54
เพชร	2.42

ที่มา : สมพงษ์ ใจดี . (2542). *ฟิสิกส์มหาวิทยาลัย* 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การสร้างชุดทดลองหรืออุปกรณ์การทดลอง

มนต์ชัย (2530 : 69-71) กล่าวถึง การออกแบบสร้างชุดทดลองเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเป็นสิ่งที่ยุ่งยาก และค่อนข้างละเอียด ผู้สร้างจะต้องพิจารณาองค์ประกอบทุก ๆ ด้านที่เกี่ยวข้อง ประการแรกที่สำคัญ ได้แก่ การวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของบทเรียนว่าเนื้อหาหลักต้องการอะไร ผู้เรียนต้องมีกิจกรรมอย่างไรจึงจะแสดงว่าบรรลุตามวัตถุประสงค์ ถ้าต้องการแสดงออกด้วยผลการทดลองค้นคว้า หรือหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ชุดทดลองประกอบ หรือใช้สื่อความหมาย ก็จะต้องสร้างชุดทดลองโดยออกแบบขึ้นเองหรือดัดแปลงแก้ไขตามแบบที่มีอยู่

ในการออกแบบสร้างชุดทดลองขึ้นใหม่โดยการลอกเลียนแบบจากแคตตาล็อกหรือจากชุดทดลองอื่น ๆ ที่มีอยู่ ควรพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. ชุดทดลองสำหรับผู้สอนใช้สาธิตหน้าชั้นเรียนต้องมีขนาดเหมาะสม การแสดงผลเห็นได้ทั่วถึง ชัดเจน

2. ความปลอดภัยในการใช้ โดยเฉพาะชุดทดลองสำหรับผู้เรียน

3. มีความสะดวกในการใช้งาน ไม่ต้องใช้ประกอบกับอุปกรณ์อื่น ๆ โดยไม่จำเป็น

4. มีโครงสร้างง่าย และใช้วัสดุที่หาได้ทั่วไป เพื่อความสะดวกต่อการซ่อมแซม

5. มีความยืดหยุ่นในการประยุกต์ใช้กับวัตถุประสงค์อื่นได้ โดยการเพิ่มรายละเอียดบางส่วน

แนวทางในการออกแบบการสร้างชุดปฏิบัติการใช้ในการสอน มีลำดับขั้นตอนดังนี้ (วัลลภ จันทร์ตระกูล, 2530 ,หน้า 25-45)

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการนำชุดปฏิบัติการไปใช้ในการสอน จากการตัดสินใจที่จะใช้ชุดปฏิบัติการสำหรับการใช้ในการสอนเรื่องใดแล้ว จะทำให้ทราบได้ว่าชุดปฏิบัติการนำไปใช้กับผู้เรียนกลุ่มใดและต้องการทราบรายการวัตถุประสงค์ของเรื่องนั้น เพราะข้อมูลดังกล่าวจะนำมาใช้ในการดำเนินงานออกแบบ เพื่อสร้างชุดปฏิบัติการ เพื่อกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเรื่อง ขั้นตอนนี้อาจกล่าวได้ว่าเป็นขั้นตอนการศึกษาข้อมูลต่าง ๆ เพื่อการออกแบบสร้างชุดปฏิบัติการ เกิดความเป็นจริง สำเร็จผลตามเป้าหมาย ควรศึกษาสภาพในการเรียนการสอน ศึกษาข้อมูลด้านวิชาการในเรื่องนั้นด้วย ในบางครั้งถ้าหากได้มีการพัฒนามาแล้วโดยผู้อื่น ควรที่จะศึกษารายละเอียดต่าง ๆ ด้วย เมื่อศึกษาข้อมูลต่าง ๆ แล้ว จึงนำมาเขียนจุดประสงค์ของอุปกรณ์และจะไม่ระบุรูปร่างทางเทคนิคเฉพาะเจาะจง สุดท้ายตรวจสอบความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเรื่อง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนของอุปกรณ์ เป้าหมายที่สำคัญ คือ ต้องการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการเลือกอุปกรณ์ ได้แก่ ประสิทธิในการทำงาน ขนาด รูปร่าง การบำรุงรักษา ความคงทน ราคา เป็นต้น

3. การสร้างต้นแบบและตรวจสอบการตัดสินใจเลือกอุปกรณ์และชิ้นส่วนแล้ว มาร่างเป็นภาพประกอบคร่าว ๆ หรือร่างเป็นแบบง่าย ๆ ก่อน จากนั้นจึงทำการสร้างต้นแบบ ในขั้นตอนนี้อาจมีการทดสอบ หรือทดลองกลไกในหน้าที่ของอุปกรณ์บางอย่าง เพื่อให้การสร้างต้นแบบประสบผลสำเร็จ อุปกรณ์สามารถทำงานได้ตามต้องการ

4. การสร้างต้นแบบ ในกรณีที่ออกแบบสร้างเพียงชิ้นเดียวไม่จำเป็นสร้างต้นแบบ แต่หากจะทำการผลิตหรือต้องการเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการดำเนินการต่อไป งานเขียนแบบนับว่ามีความสำคัญอย่างมาก แบบงานจะเป็นข้อมูลสำหรับดำเนินการผลิตหรือการสร้าง ดังนั้นแบบงานจะต้องเป็นแบบแยกชิ้นเดี่ยวที่มีข้อมูลอย่างครบถ้วนสำหรับช่างที่จะทำการผลิตได้ งานเขียนแบบจะต้องมีการกำหนดเป็น 4 กลุ่ม คือ แบบรวม แบบประกอบกลุ่มหลัก แบบประกอบกลุ่มย่อยและแบบชิ้นเดี่ยว การเขียนแบบมีความสำคัญต่อการกำหนดราคา การวางแผนการผลิต และเก็บข้อมูลทางด้านชิ้นส่วนวัสดุของหน่วยงาน

5. อุปกรณ์ที่ออกแบบสร้างโดยทั่วไปต้องเตรียมเอกสารประกอบ หรือคู่มือการใช้งานเพื่อผู้ใช้จะได้ใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องปลอดภัยและสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ในการออกแบบสร้างอุปกรณ์นั้น โดยเฉพาะกลุ่มที่ออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนต้องมีเอกสารประกอบสำหรับใช้ในการเรียนการสอน เอกสารประกอบการศึกษา ทดลอง แบบฝึกหัดและแบบทดสอบ เป็นต้น

6. ใบงานเป็นใบสั่งงานให้กับผู้เรียน เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติ ซึ่งจะบอกลำดับขั้นในการทดลองและแนวทางที่ใช้ในการค้นคว้าเพิ่มเติมในการปฏิบัติการ นับเป็นสื่อชนิดหนึ่ง ดังนั้นจะพบว่าใบงานมีความสำคัญต่อการเรียนการสอนภาคปฏิบัติอย่างมากและสิ่งที่จะต้องมีไว้ในใบงานมีดังนี้

6.1 วัตถุประสงค์ของการปฏิบัติที่ชัดเจน

6.2 มีรายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการปฏิบัติ

6.3 มีลำดับขั้นตอนการทำงานที่ถูกต้อง

6.4 มีวงจรที่ใช้ในการปฏิบัติ

6.5 มีข้อควรระวังในการทำงาน

6.6 คำถามที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

7. วิเคราะห์เนื้อหาวิชาปฏิบัติโดยศึกษาเพื่อวางโครงร่างลำดับความสัมพันธ์และแบ่งระดับความยาก-ง่ายของเนื้อหาทำการออกแบบสื่อการเรียนการสอนซึ่งศึกษาจากตำรา เอกสารการสัมมนา ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

8. การทดลองจะถูกนำไปใช้ในสถานศึกษาโดยผู้วิจัยเพื่อค้นหาข้อบกพร่องต่าง ๆ เช่น ความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ความยาก ความซับซ้อน ความทนทาน ความสะดวกในการลอกเลียนขึ้นมาใหม่ เป็นต้น

9. การปรับปรุงข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงชุดทดลองและใบงานที่มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับ

สำหรับแนวทางในการออกแบบชุดสื่อการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอน (สุรัตน์ ไทยตรง , 2529 , หน้า 66 - 67) ดังนี้

1. กำหนดขอบข่ายเนื้อหาวิชา
2. การกำหนดเนื้อหา และวัตถุประสงค์
3. การออกแบบ และสร้างชุดสื่อการเรียนการสอน
4. การทดลองใช้
5. การปรับปรุง

เครื่องมือและอุปกรณ์ หมายถึง เครื่องมือ เครื่องจักร เครื่องมือวัดและวัสดุอุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลอง

จากการศึกษาเอกสารและข้อมูลในการออกแบบการสร้างชุดทดลอง ได้ข้อมูลและหลักการออกแบบที่เป็นแนวทางในการปฏิบัติดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์
2. วิเคราะห์ชุดทดลอง
3. การสร้างต้นฉบับ
4. เตรียมเอกสาร–คู่มือการใช้
5. ใบทดลอง–ขั้นตอนการทดลอง
6. วิเคราะห์ปัญหา–แบบทดสอบ
7. ทดสอบใช้ชุดทดลอง
8. ปรับปรุงชุดทดลอง
9. นำชุดทดลองไปใช้งานจริง
10. ประเมินผลในแต่ละส่วน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การสอนแบบทดลอง

วิธีการสอนแบบทดลอง (Laboratory Method) นั้นใช้สำหรับการสอนเนื้อหาวิชาการเทคนิค โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นวิธีการสอนที่เหมาะสมสำหรับการสอนหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีงานปฏิบัติเป็นพื้นฐาน การทดลองเป็นวิธีการสอนที่ดีเยี่ยม ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างแจ่มแจ้งในเนื้อหา ให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้พิสูจน์หลักการด้วยตนเอง

ลออ การุณยะวานิช และคณะ (2529 , หน้า 42) ได้ให้ความหมายของวิธีการสอนแบบทดลองว่าเป็นการสอนที่ทำให้เกิดประสบการณ์ใหม่ ๆ และข้อเท็จจริงจากการสอบสวนและทดลองนั่นเอง วิธีนี้ผู้เรียนจะเป็นผู้ปฏิบัติการทดลองในห้องเรียนปฏิบัติการ ซึ่งไม่เหมือนกันกับวิธีการสอนแบบสาธิต ที่ผู้สอนเท่านั้นจะดำเนินการทดลองในขณะที่ผู้เรียนเป็นผู้เฝ้าดู

วิธีการสอนแบบทดลอง คือ การสอนที่ทำให้เกิดประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติ หรือข้อเท็จจริงจากทฤษฎีได้มีผู้ค้นพบมาแล้ว ผู้เรียนก็ทำการทดลองตามเนื้อหาทฤษฎีที่ได้เรียนมาเพื่อนำผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ การทดลองปฏิบัติทดลองในแต่ละเนื้อหาทำการสรุปผลการวิเคราะห์ถึงข้อเท็จจริงตามทฤษฎีโดยวิธีการสอบสวน ค้นคว้า และปฏิบัติการทดลอง วิธีการสอนแบบทดลองนี้ผู้สอนต้องเตรียมพร้อมในเรื่องของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งคู่มือในการฝึกทดลองแต่ละขั้นตอน โดยระบุขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นลำดับชัดเจนจนกระทั่งผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองได้ การสอนแบบนี้จะทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำการทดลองโดยทั่วถึงกัน เพื่อที่จะได้ศึกษาข้อเท็จจริงด้วยตนเอง

ความมุ่งหมายของการสอนแบบทดลอง พอสรุปได้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาทักษะในการใช้เครื่องมือต่าง ๆ
2. เพื่อให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง
3. เพื่อประยุกต์หลักการที่ใช้ในห้องทดลองกับงานจริงในภาคสนามได้
4. เพื่อพัฒนาความสามารถของผู้เรียน ในการรวบรวมความสัมพันธ์ของความคิดหลักการและความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อทำให้ผู้เรียนมองภาพรวมในเนื้อหาของวิชานั้น

วิธีดำเนินการโดยทั่วไปของการทดลองหรือการปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วย

1. ผู้สอนกำหนดการทดลอง เพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหา และหลักการที่บรรยายในชั้นเรียนโดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นตอน ๆ หรือเป็นเรื่อง ๆ แล้วแต่เนื้อหา
2. จัดทำคู่มือการทดลอง (Laboratory Manual) ให้กับผู้เรียน ซึ่งภายในประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย เครื่องมือและอุปกรณ์ แนวทางปฏิบัติ รวมทั้งคำถาม ปัญหาหรือสิ่งอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในการทดลองแล้วแจกผู้เรียนให้อ่านล่วงหน้า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. ผู้สอนและผู้ควบคุมห้องทดลอง จัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมืออย่างเป็นระเบียบเป็นขั้นตอนและมีมากพอกับจำนวนผู้เรียน

4. ผู้เรียนดำเนินการทดลองตามคำแนะนำของผู้สอนหรือผู้ควบคุมห้องทดลองตามลำดับขั้นตอนที่วางไว้โดยชัดเจน เป็นกลุ่มหรือเป็นรายบุคคล แล้วแต่ความเหมาะสม

5. ผู้เรียนเขียนรายงาน และข้อคิดเห็นตามแนวทางผู้สอนแนะนำ หรือบ่งไว้ในรายงาน

6. อภิปรายร่วมกันถึงผลการทดลอง และวิธีการทดลองที่ได้ทำเสร็จสิ้น รวมทั้งข้อคิดเห็นที่สัมพันธ์กับการทดลองที่ผ่านไปแล้ว และเตรียมการเพื่อการทดลองครั้งใหม่

จะเห็นได้ว่าก่อนที่ผู้เรียนจะทำการทดลองและเขียนรายงาน รวมทั้งการอภิปรายผล สิ่งหนึ่งที่สำคัญก็คือการจัดทำคู่มือการทดลองให้กับผู้เรียนซึ่งประกอบไปด้วย ใบเนื้อหา (Information Sheet) และใบทดลอง (Experiment Sheet)

ใบเนื้อหา คือ เอกสารที่บอกข้อมูลทางทฤษฎีที่เกี่ยวกับหัวเรื่องที่จะทำการทดลอง ประกอบไปด้วยเนื้อหาที่จำเป็น โดยเพียงแค่บทสรุปสั้น ๆ เท่านั้น และใบเนื้อหาที่ดีนั้นต้องอธิบายถึงเนื้อหาต่าง ๆ ที่เป็นจุดสำคัญของเรื่องนั้นอย่างเด่นชัด

ใบทดลอง คือ เอกสารที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับการทดลองปฏิบัติการในหัวข้อนั้น ๆ มีตั้งแต่ชื่อเรื่องที่จะทดลอง วัตถุประสงค์ของการทดลอง อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง รูปวงจรต่าง ๆ ลำดับขั้นในการปฏิบัติการ และคำอธิบายเกี่ยวกับความปลอดภัยในระหว่างการทดลองตามที่จำเป็นอาจมีตารางบันทึกหรือตารางกราฟ เพื่อบันทึกผลการวัดต่าง ๆ ในการทดลอง คำถามท้ายบทการทดลอง และสรุปผลการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้เรียนเขียนรายงาน และอภิปรายสรุปผลหลังการเรียน ใบทดลองใช้มากในงานทดลองต่าง ๆ ทางด้านวิทยาศาสตร์ และเหมาะสมกับการทดลองทางไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ เพื่อศึกษาถึงทฤษฎีต่าง ๆ ใบทดลองทั่วไปต้องประกอบไปด้วย

1. ชื่อเรื่อง
2. วัตถุประสงค์
3. เนื้อหาเบื้องต้น
4. วัสดุและอุปกรณ์ประกอบการทดลอง
5. ลำดับขั้นการทดลอง
6. เอกสารอ้างอิง
7. คำถามเพื่อวัดผลหลังการทดลอง
8. ใบข้อมูล เช่น ตารางบันทึกผล หรือ กราฟ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การสอนแบบทดลอง เป็นวิธีการดำเนินงานหรือการใช้หลักสูตร ไม่ใช่การกระทำในสุญญากาศ ถ้าต้องการเตรียมผู้เรียนเข้าสู่งานแล้ว หลักสูตรจะต้องเน้นที่ความสอดคล้อง สำหรับเนื้อหาสาระไม่มีเพียงแต่ว่า ผู้เรียนควรรู้อะไร ทำอะไรได้ โดยผู้ปฏิบัติงานจริงต้องสอดคล้องกับความรู้ ทักษะ เจตคติ ค่านิยม ผลที่ตามมาก็คือ จะต้องเน้นภาคปฏิบัติอย่างมาก เวลาที่คนทำงานส่วนมากจะต้องประยุกต์ปฏิบัติการทดลองก็ต้องเป็นภาคปฏิบัติด้วย เป็นการจัดให้ผู้เรียนได้รับการถ่ายทอดความรู้ทักษะ และเจตคติ ที่สอดคล้องกับหลักสูตรการสอนแบบทดลอง

การปฏิบัติการทดลอง ขั้นตอนของการปฏิบัติการทดลอง เช่น การอภิปรายก่อนการทดลอง การทำการทดลองโดยอาศัยทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การอภิปรายหลังการทดลองเป็นเครื่องมือที่ใช้กระบวนการค้นพบ ตลอดจนสร้างสรรค์หรือประดิษฐ์คิดค้น ทำให้ความรู้ต่าง ๆ ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว (พวงทอง มีมั่งคั่ง, 2537, หน้า 90)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

P.J. Ouseph (1998) ได้ทำการทดลองการเปลี่ยนแปลงความยาวคลื่นของแสงในน้ำ และแสดงให้เห็นว่าความยาวคลื่นของแสงในน้ำเท่ากับ $\frac{\lambda_{air}}{n_w}$ หาค่าความยาวคลื่นของแสงในน้ำด้วยวิธีการเลี้ยวเบนแสงผ่านเกรตติง วัดระยะระหว่างแถบสว่างกลางเมื่อเติมน้ำและไม่เติมน้ำลงในกล่องเพลกซิกลาส (Plexiglas Box) สามารถนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของน้ำและค่าความยาวคลื่นของแสงในน้ำได้ จากการคำนวณค่าดัชนีหักเหของน้ำที่ได้มีค่า 1.35 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงมากกับค่าดัชนีหักเหของน้ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.33

ปิยะรัตน์ พราหมณี และสมบูรณ์ เอกปิยะพรชัย (2527) ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของน้ำโดยการส่องลำแสงเลเซอร์ผ่านขวดทรงกลมขนาด 1 ลิตร ซึ่งมีน้ำบรรจุอยู่ครึ่งหนึ่ง และวัดกำลังของลำแสงสะท้อน ลำแสงหักเห และลำแสงสะท้อนกลับที่มุมตกกระทบต่าง ๆ โดยใช้เครื่อง Radiometer/Photometer นอกจากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบ normalized fluxes ของลำแสงต่าง ๆ ที่ได้จากการทดลองกับผลการคำนวณทางทฤษฎี

ปิยะรัตน์ พราหมณี (2530) ได้ทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยวิธีตรึงมุมตกกระทบ โดยให้แสงโซเดียมส่องผ่านปริซึมกลวงรูปสามเหลี่ยมด้านเท่า ของเหลวที่ต้องหาดัชนีหักเหบรรจุอยู่ภายในปริซึม มุมตกกระทบของลำแสงจากหลอดโซเดียมเท่ากับมุมของปริซึม (ϕ) วัดมุมเบี่ยงเบน (δ) แล้วคำนวณหาค่าดัชนีหักเหจากสมการ

$$n = \left[\sin^2\delta + (1+\sin\delta\cot\phi)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

เปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหที่ได้จากการทดลองกับค่าที่วัดจาก Abbe refractometer พบว่าได้ค่าใกล้เคียงกันมาก

ปิยะรัตน์ พราหมณี (2531) ได้ทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวโดยการส่องลำแสงเลเซอร์ผ่านปริซึมแก้วรูปสี่เหลี่ยมคางหมูและเซลล์สี่เหลี่ยมซึ่งเชื่อมติดกัน (โดยที่ด้านยาวด้านหนึ่งของเซลล์สี่เหลี่ยมเป็นปริซึม) ภายในเซลล์สี่เหลี่ยมนี้บรรจุของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห ผลการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับค่าที่วัดด้วยเครื่อง Abbe refractometer ที่ความยาวคลื่นเดียวกัน พบว่าค่าที่ได้เป็นที่น่าพอใจ

ปิยะรัตน์ พราหมณี (2531) ได้ทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของแผ่นวัตถุบางและโปร่งใสด้วย Michelson interferometer โดยวางแผ่นวัตถุไว้ที่ด้านหนึ่งของเครื่องมือนี้ และหมุนแผ่นวัตถุเพื่อให้ลำแสงในด้านนั้นทำมุมตกกระทบ φ_i กับแผ่นวัตถุ ทำการทดลองโดยเปลี่ยนค่า φ_i และผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยของดัชนีหักเหในช่วง φ_i จาก 20° ถึง 30° ใกล้เคียงกับค่าที่วัดด้วยเครื่อง Abbe refractometer

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ปฐมพงษ์ ชุ่มมงคล (2549) ได้สร้างมาตรวัดดัชนีหักเห โดยอาศัยหลักการมุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุด ชุดทดลองประกอบด้วยแผ่นกระจกสไลด์ประกอบเป็นรูปตัววีประกบด้านข้างทั้งสองด้านด้วยแผ่นพลาสติกใส ทำให้เมื่อใส่ของเหลวลงในแผ่นกระจกสไลด์รูปตัววี ของเหลวดังกล่าวจะเป็นปริซึมที่ทำจากของเหลวนั้น ที่มุมด้านล่างของตัววีได้เจาะยึดกับแผ่นโลหะในแนวดิ่ง เพื่อที่จะทำให้สามารถหมุนตัววีเอียงทำมุมกับแนวดิ่งที่มุมต่าง ๆ ตามต้องการ ในการทดลองได้ใช้แสงเลเซอร์แทนลำแสงตกกระทบในแนวราบ และแสงเลเซอร์ที่ผ่านปริซึมสามารถเห็นได้บนฉากหรือผนังตึก จากการหมุนปริซึมรอบจุดยึดจะทำให้สามารถปรับมุมตกกระทบเพื่อให้ได้มุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุดได้ จากค่ามุมยอดของปริซึมที่สร้างขึ้นและค่ามุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุดสำหรับของเหลวที่บรรจุในปริซึมทำให้สามารถหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวได้ จากการทดลองพบว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นสามารถหาค่าดัชนีได้อย่างถูกต้องแม่นยำถึงทศนิยมตำแหน่งที่สาม

Tarnrux et al. (2009) ได้ทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว ในการดำเนินการทดลองได้จัดทำการทดลองวัดระยะมุมตกกระทบและมุมหักเหของแสงโดยใช้หลักการทางตรีโกณมิติ และคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวโดยไม่ต้องใช้ n_1 ใช้แสงเลเซอร์ He-Ne เพื่อให้การทดลองมีความแม่นยำมากขึ้น ชนิดของของเหลวที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้ คลอโรฟอร์ม เอทานอล เมธิลแอลกอฮอล์ และ 2, 2, 4- ไตรเมธิลเปนไทน์ ค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากการทดลองน้อยกว่า 0.42 % วิธีการนี้สามารถหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวได้โดยไม่ต้องใช้ค่า n_1 ดังนั้นจึงวัดค่าดัชนีหักเหได้อย่างรวดเร็ว

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University