บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับต่อไปนี้ได้แก่ การขยายตัวเนื่องจากความร้อน แสงและสมบัติของแสง การสร้างชุดทดลองหรืออุปกรณ์การทดลองและการสอนแบบทดลอง

การขยายตัวเนื่องจากความร้อน

เมื่อวัตถุได้รับความร้อน (อุณหภูมิของวัตถุเพิ่มขึ้น) วัตถุจะมีการขยายตัว ผลของการขยายตัวทำให้ความยาว หรือพื้นที่ภาคตัดขวาง หรือปริมาตรของวัตถุเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นกว่าเดิม ในทางกลับกันถ้าวัตถุคายความร้อนออก (อุณหภูมิของวัตถุลดลง) ย่อมทำให้เกิดการหดตัว มีความยาว หรือพื้นที่ภาคตัดขวาง หรือปริมาตรลดน้อยลง แบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. การขยายตัวเนื่องจากความร้อน คือการที่วัตถุนั้นขยายตัวออกไปทางด้านใดด้านหนึ่งตามความยาว เมื่อวัตถุนั้นได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เช่นเส้นลวดที่มีความยาวเพิ่มขึ้นเมื่อร้อนขึ้น เป็นต้น สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Thermal Expansion) คือความยาวของวัตถุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากความยาวเดิม 1 หน่วย เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา เช่นสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของทองเหลืองมีค่าเท่ากับ 0.0000198 $^{\circ}C^{-1}$ หมายความว่าทองเหลืองยาว 1 m ที่ 0 $^{\circ}C$ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 $^{\circ}C$ ความยาวเพิ่มขึ้นจากเดิมเท่ากับ 0.0000198 m

พิจารณาแท่งวัตถุขนาดสม่ำเสมอที่อุณหภูมิ T_1 มีความยาวเริ่มต้นเป็น L_1 เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ΔT ทำให้ความยาววัตถุเปลี่ยนไปเป็น L_2 ถ้าอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป $\Delta T=T_2-T_1$ มีค่าไม่มากจนเกินไปโดยทั่วไปน้อยกว่า 100 $^{\circ}C$ พบว่าระยะที่วัตถุขยายตัว $\Delta L=L_2-L_1$ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับ ΔT ถ้ามีวัตถุชนิดเดียวกันอยู่สองแท่งโดยแท่งหนึ่งมีความยาวเป็นสองเท่าของอีกแท่งหนึ่ง เมื่ออุณหภูมิมีการเปลี่ยนแปลงเท่ากัน จะพบว่าการเปลี่ยนแปลงความยาวของแท่งวัตถุที่ยาวกว่าจะมากกว่าวัตถุแท่งสั้นเป็นสองเท่า จึงสรุปได้ว่า ΔL จะเป็นสัดส่วนกับความยาวเริ่มต้น L_1 สามารถเขียนสมการการขยายตัวได้เป็น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T \tag{2-1}$$

และ

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_1 \Delta T} \tag{2-2}$$

เมื่อ α คือสัมประสิทธิ์การขยายตัว มีหน่วยเป็น K^{-1} หรือ $^{\circ}C^{-1}$

ตารางที่ 2-1 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของวัสดุที่อุณหภูมิ 20 °C (พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ และวีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, 2549)

วัตถุ	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัว (α) ($^{\circ}C^{-1}$)
อลูมิเนียม	24×10^{-6}
ทองเหลือง	19×10^{-6}
อิฐและคอนกรีต	$10\text{-}12 \times 10^{-6}$
ทองแดง	17×10^{-6}
แก้ว	9×10^{-6}
แก้วไพเรกซ์	3×10^{-6}
เหล็กและเหล็กกล้า	12×10^{-6}
ตะกั่ว	29×10^{-6}
น้ำแข็ง (-20 ถึง -1)	51×10^{-6}

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การขยายตัวเชิงพื้นที่ คือการที่ผิวด้านใดด้านหนึ่งของวัตถุนั้นมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น เช่น โลหะแผ่นบางมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเมื่อร้อนมากขึ้น สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่เนื่องจากความร้อน (Coefficient of Area Thermal Expansion) คือพื้นที่ของวัตถุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากพื้นที่เดิม 1 หน่วย เมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ºC เช่น เหล็กกล้าแผ่นบางมีพื้นที่ผิวเดิม 1 m^2 ที่ 0 ºC เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น 1 ºC ปรากฏว่ามีพื้นที่เป็น 1.0000238 m^2 นั่นคือพื้นที่ของแผ่นเหล็กกล้าเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.0000238 m^2 ดังนั้นสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่เนื่องจากความร้อน 0.0000238 $ºC^{-1}$

พิจารณาวัตถุที่กว้าง L_1 ยาว L_2 มีพื้นที่เป็น $A_o=L_1L_2$ มีอุณหภูมิเปลี่ยนไปเป็น ΔT ทำให้พื้นที่เปลี่ยนไปเป็น A ดังนั้น $\Delta A=A-A_o$ ถ้ากำหนดให้ β เป็นค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงพื้นที่ จะได้สมการเป็น

$$\beta = \frac{dL_2}{L_2 dT} + \frac{dL_1}{L_1 dT} \tag{2-3}$$

สามารถเขียนได้ว่า

$$\beta = \alpha + \alpha = 2\alpha \tag{2-4}$$

3. การขยายตัวเชิงปริมาตร คือการที่ปริมาตรของวัตถุเพิ่มขึ้นเมื่อวัตถุได้รับความร้อน สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรเนื่องจากความร้อน (Coefficient of Volumetric Thermal Expansion) คือปริมาตรของวัตถุที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจากปริมาตรเดิม 1 หน่วย เมื่อวัตถุนั้นมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา

สมมุติว่าวัตถุรูปทรงลูกบาศก์ที่มีขนาด L_1, L_2 และ L_3 ปริมาตรของวัตถุคือ $V = L_1L_2L_3$ ถ้ากำหนดให้ γ เป็นสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรจะได้

$$\gamma = \frac{dL_1}{L_1 dT} + \frac{dL_2}{L_2 dT} + \frac{dL_3}{L_3 dT} \tag{2-5}$$

$$\gamma = \alpha + \alpha + \alpha = 3\alpha \tag{2-6}$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 2-2 ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของวัสดุต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 20 °C (พงษ์ศักดิ์ ชินนาบุญ และวีระชัย ลิ้มพรชัยเจริญ, 2549)

วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตร (γ) ($^{o}C^{-1}$)
อลูมิเนียม	$72x10^{-6}$
ทองเหลือง	$57x10^{-6}$
อิฐและคอนกรีต	$30\text{-}36x10^{-6}$
ทองแดง	$51x10^{-6}$
แก้ว	$27x10^{-6}$
แก้วไพเรกซ์	$9x10^{-6}$
เหล็กและเหล็กกล้า	$36x10^{-6}$
ตะกั่ว	$87x10^{-6}$
น้ำแข็ง (-20 ถึง -1)	$153x10^{-6}$
น้ำมันเบนซิน	$950x10^{-6}$
ปรอท	$180x10^{-6}$
น้ำ	$210x10^{-6}$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แสงและสมบัติของแสง

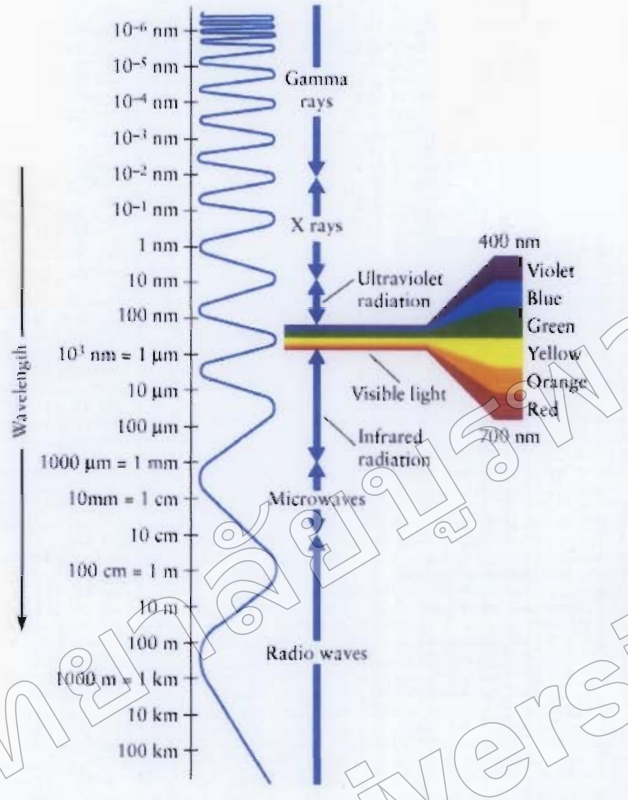
แสงเป็นพลังงานรูปหนึ่ง เดินทางในรูปคลื่นด้วยอัตราเร็วเท่ากับ $3x10^8$ m/ s แหล่งกำเนิดแสงมีทั้งแหล่งกำเนิดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น ดวงอาทิตย์ แหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แสงจากหลอดไฟ เป็นต้น เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มควันหรือฝุ่นละอองจะเห็นลำแสงเส้นตรง และสามารถทะลุผ่านวัตถุได้ วัตถุที่ยอมให้แสงเคลื่อนที่ผ่านเป็นเส้นตรงไปได้นั้นเรียกวัตถุนี้ว่า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

แสงคือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงความยาวคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น แสงสามารถแสดงสมบัติเป็นทวิภาวะคือเป็นทั้งคลื่น (Wave) และอนุภาค (Particle) ธรรมชาติที่แท้จริงของแสงเป็นปัญหาหลักปัญหาหนึ่งของฟิสิกส์สมัยใหม่ สำหรับสมบัติทวิภาวะของแสงอธิบายได้ดังนี้

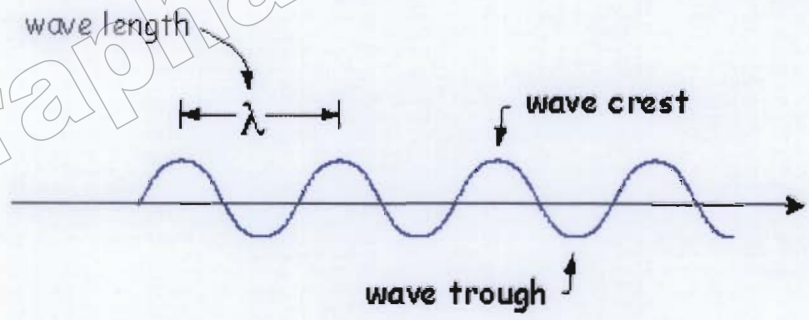
1. แสงเป็นคลื่น ในศตวรรษที่ 18 แมกซ์เวลล์ (James C. Maxwell) ค้นพบว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเช่นเดียวกับคลื่นไมโครเวฟ คลื่นวิทยุ รังสียูวี รังสีเอกซ์เรย์และรังสีแกมมา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแต่ละชนิดแตกต่างกันที่ความยาวคลื่น และเรียกแถบความยาวคลื่นทั้งหมดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าว่า แถบสเปคตรัม โดยที่ระนาบการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็กตั้งฉากกับระนาบการเปลี่ยนแปลงของสนามไฟฟ้า และตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น และแสงก็มีการเลี้ยวเบนด้วย ซึ่งการเลี้ยวเบนก็แสดงสมบัติของคลื่น แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงของสเปคตรัมที่สามารถมองเห็นได้ซึ่งมีความยาวคลื่นระหว่างประมาณ 400-750 nm (ภาพที่ 2-1)

ปริมาณที่สำคัญของคลื่น (ภาพที่ 2-2) คือ ความยาวคลื่น (Wavelength) แอมพลิจูด (Amplitude) และเฟส (Phase) ซึ่งทำให้คลื่นสามารถแสดงสมบัติที่สำคัญคือการหักเห (Reflection) การสะท้อน (Refraction) การแทรกสอด (Interference) และการเลี้ยวเบน (Diffraction)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-1 สเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (กัลยาณัฐ แสงสุริยา, 2553, หน้า 6)



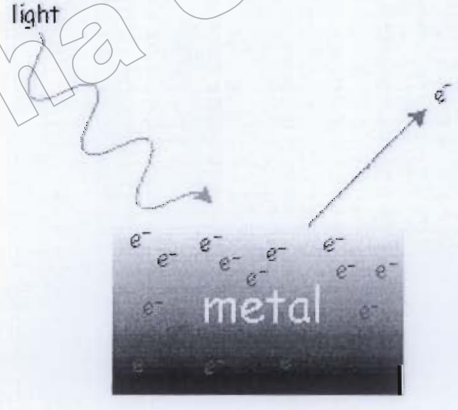
ภาพที่ 2-2 ลักษณะคลื่นต่อเนื่อง (กัลยาณัฐ แสงสุริยา, 2553, หน้า 6)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. แสงเป็นอนุภาค ไอน์สไตน์ (A. Einstein) เป็นบุคคลแรกที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเลคตริก (Photoelectric Effects) ได้ โดยพิจารณาว่าแสงมีลักษณะเป็นก้อน ๆ เรียกว่าโฟตอน (Photon) วิ่งมาชนผิวของโลหะ แล้วถ่ายทอดโมเมนตัมให้กับอิเลคตรอน ซึ่งพลังงานของแสงที่ชนจะขึ้นอยู่กับความถี่ของแสง นั่นคือโฟตอนของแสงสีม่วงมีพลังงานมากกว่าโฟตอนของแสงสีแดง

แสงเป็นก้อนพลังงานมีค่าพลังงาน $E = h\nu$ โดยที่ h คือค่าคงตัวของพลังค์ และ ν คือความถี่ของแสง เรียกอนุภาคแสงว่าโฟตอน เมื่อฉายแสงไปตกกระทบที่ผิวของโลหะแล้วทำให้อิเลคตรอนหลุดออกมา โดยที่พลังงานจลน์ของอิเลคตรอนที่หลุดออกมาไม่ขึ้นอยู่กับความเข้ม (แอมพลิจูด) ของแสงแต่ขึ้นอยู่กับความถี่ เรียกปรากฏการณ์ดังกล่าวว่า "ปรากฏการณ์โฟโตอิเลคตริค" (ภาพที่ 2-3)

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในช่วงสเปกตรัม ที่สามารถมองเห็นได้ คือ อยู่ในย่านความถี่ 3.8×10^{14} Hz ถึง 7.5×10^{14} Hz จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (V) ความถี่ (ν) และความยาวคลื่น (λ) ของแสง และความเร็วของแสงในสุญญากาศมีค่าคงที่ ดังนั้นสามารถจำแนกแสงโดยใช้ความยาวคลื่นได้ โดยแสงที่เรามองเห็นได้ข้างต้นนั้นจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 400 nm และ 800 nm (ในสุญญากาศ)



ภาพที่ 2-3 ปรากฏการณ์โฟโตอิเลคตริค (กัลยาณัฐ แสงสุริยา, 2553, หน้า 7)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สมบัติที่สำคัญของคลื่น มี 4 อย่างดังนี้คือ

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

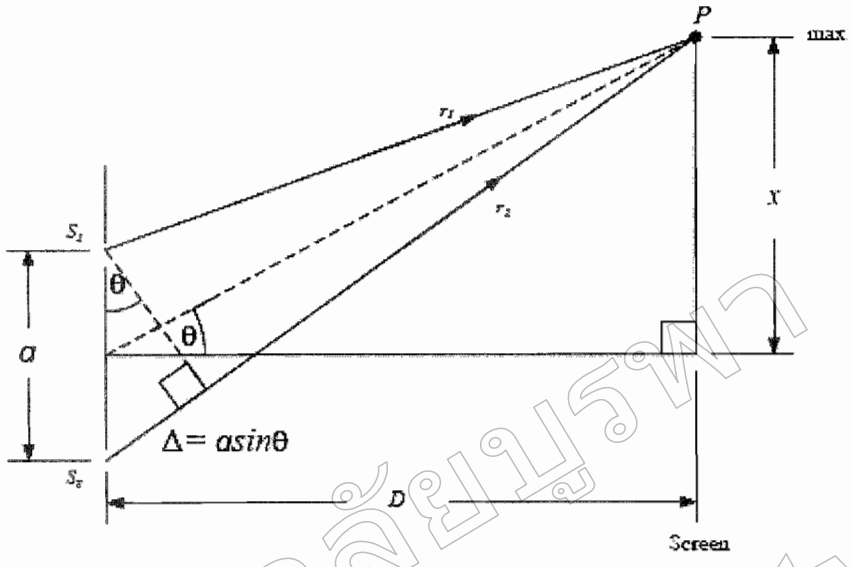
2. การหักเหของแสง เมื่อแสงเดินทางพบรอยต่อระหว่างตัวกลางหรือแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกันจะทำให้ทางเดินของแสงเปลี่ยนไปและเกิดการหักเห การหักเหจะเกิดขึ้นเฉพาะผิวรอยต่อของตัวกลางเท่านั้น เงื่อนไขของการหักเห คือ แสงผ่านตัวกลางสองชนิด แสงผ่านผิวรอยต่อของตัวกลาง และแนวทางเดินของแสงต้องไม่ตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางคู่แสงจึงจะเกิดการหักเหขึ้น

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

แถบสว่างบนฉากเกิดจากการแทรกสอดแบบเสริมและแถบมืดเกิดจากการแทรกสอดแบบหักล้าง ถ้าให้ช่องแคบ S_1 และ S_2 ของช่องแคบคู่ (Double Slit) เป็นแหล่งกำเนิดแสงห่างกันเป็นระยะ a เมื่อแสงเดินทางจากช่องแคบทั้งสองมาถึงฉากด้วยระยะทางที่ต่างกัน เดินทางมาพบกันบนจุดเดียวกันคือจุด P ในภาพที่ 2-4 จะได้ผลต่าง S_1P กับ S_2P เป็นดังสมการที่ 2-7

$$S_2P - S_1P = \Delta = a\sin\theta \qquad (2\text{-}7)$$

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-4 การแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบคู่

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

ดังนั้น สำหรับการแทรกสอดแบบเสริม จะได้แถบสว่างที่เกิดขึ้นเป็น

$$a\sin\theta = d\frac{x}{D} = m\lambda \tag{2-8}$$

โดยที่ m คือ ลำดับที่ของแถบสว่าง ซึ่ง m=0, $\pm$1, $\pm$2,… สำหรับการแทรกสอดแบบหักล้างจะได้แถบมืดที่เกิดขึ้นเป็น

$$a\sin\theta = a\frac{y}{L} = (m+\frac{1}{2})\lambda \tag{2-9}$$

โดยที่ m คือ ลำดับที่ของแถบมืด ซึ่ง m=0, $\pm$1, $\pm$2,...

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. การเลี้ยวเบนของแสง การเลี้ยวเบนแสงเป็นปรากฏการณ์ที่คลื่นเปลี่ยนเส้นทางการเคลื่อนที่ เมื่อผ่านสิ่งกีดขวางขนาดเล็กหรือที่ทึบหรือช่องเปิดขนาดเล็ก การเลี้ยวเบนสามารถเกิดได้ดีเมื่อสิ่งกีดขวางหรือช่องเปิดมีขนาดเท่ากับหรือน้อยกว่าความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ ถ้าช่องแคบเดี่ยวมีความกว้างใกล้เคียงกับความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ จะเกิดการแทรกสอดเป็นแถบมืดและแถบสว่างสลับกัน ส่วนการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบคู่ เมื่อคลื่นเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบคู่ไปจะเกิดการแทรกสอดกัน และเป็นไปตามเงื่อนไขการแทรกสอด

เมื่อให้แสงผ่านช่องเปิดที่เล็ก ๆ มาก จะเกิดปรากฏการณ์การเลี้ยวเบนมีผลให้เกิดแถบสว่างกลางที่มีความกว้างกว่าช่องเปิดที่แสงผ่าน นอกจากนี้ถัดจากแถบสว่างกลางออกไปทั้งสองข้าง ยังมีแถบสว่างและแถบมืดสลับกันไป ที่เกิดจากการแทรกสอดของคลื่น ซึ่งสามารถอธิบายการเลี้ยวเบนของแสงได้เมื่อใช้แสงความยาวคลื่นเดียวผ่านช่องเปิดที่มีขนาดเล็ก เนื่องจากแสงเป็นคลื่นที่มีการแผ่กระจายออกทุกทิศทาง

การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง

การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงเป็นปรากฏการณ์สำคัญที่แสดงสมบัติการเป็นคลื่นของแสง การเลี้ยวเบนของแสงเกิดขึ้นเมื่อแสงผ่านช่องแคบเล็ก ๆ บางครั้งปรากฏแถบมืดกับแถบสว่างรอบ ๆ ขอบของวัตถุขนาดเล็กซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการแทรกสอดของแสง ปรากฏการณ์นี้สามารถเห็นชัดเจนเมื่อแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว ช่องแคบคู่ และ เกรตติง ดังนี้

1. การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านช่องแคบเดี่ยว แสงจะเลี้ยวเบนทำให้เกิดการแทรกสอดปรากฏเป็นแถบมืด-แถบสว่างบนฉากโดยแถบสว่างกลางกว้างกว่าแถบสว่างอื่น ๆ ซึ่งอยู่ถัดออกไปทั้งสองข้าง และมีความเข้มแสงมากที่สุด ริ้วการแทรกสอดจากการเลี้ยวเบนผ่านช่องแคบเดี่ยว สามารถเขียนสมการหาตำแหน่งแถบมืด-แถบสว่าง ของการเลี้ยวเบนของแสงผ่านช่องแคบ ได้ดังนี้

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

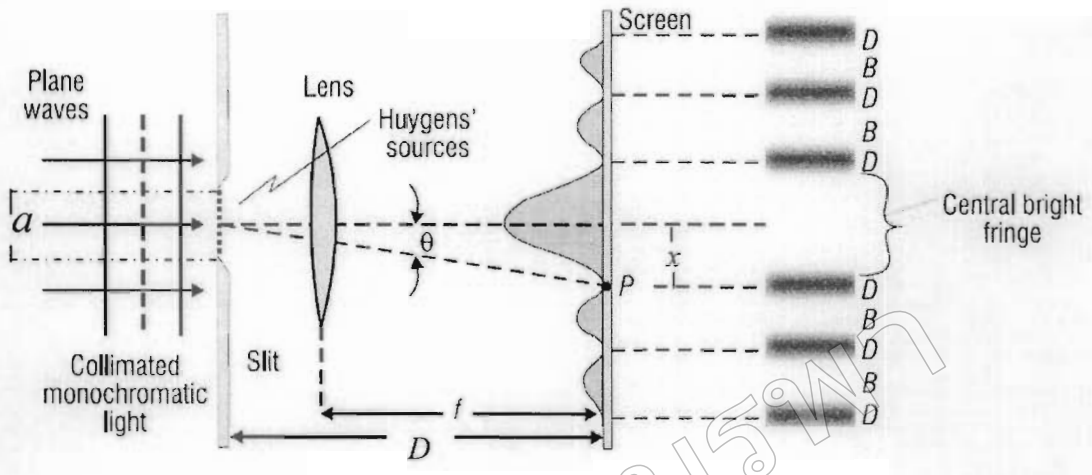
เมื่อ a คือ ความกว้างของช่องแคบเดี่ยว

θ คือ มุมที่กระทำจากแถบสว่างกลางกับตำแหน่งแถบมืดลำดับต่าง ๆ

m' คือ ลำดับของแถบมืด (=$\pm$1, $\pm$2, $\pm$3, ...)

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-5 แถบของการเลี้ยวเบนจากช่องแคบเดี่ยวและระยะห่างระหว่างแถบมืดแรกกับแถบสว่างกลาง (x)

ถ้ามุม θ มีค่าน้อย ๆ จะได้ว่า $\sin\theta \approx \tan\theta$ ดังนั้น สมการ (2-10) เขียนได้เป็น

$$\tan\theta = \frac{x}{D} \tag{2-11}$$

เมื่อ x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกลางถึงแถบมืดลำดับต่าง ๆ

D คือ ระยะห่างจากฉากถึงช่องแคบเดี่ยว

ค่าความกว้างของช่องแคบเดี่ยว สามารถหาได้จากสมการ

$$a = \frac{\lambda D}{x} \tag{2-12}$$

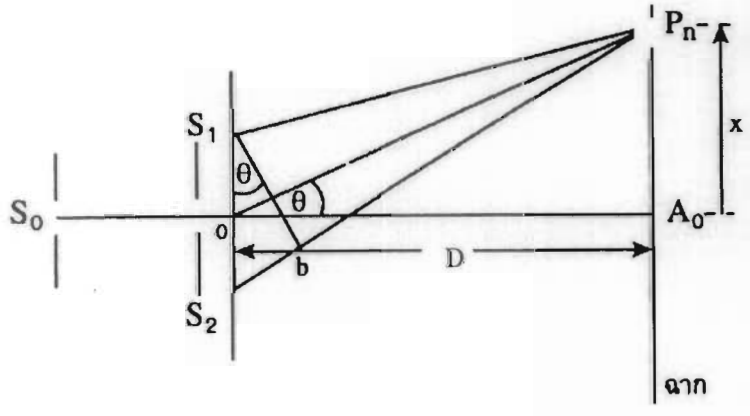
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2. การเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบคู่ โทมัส ยัง (Thomas Young) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ทำการทดลองปรากฏการณ์การแทรกสอดของแสงโดยใช้อุปกรณ์การทดลองดังภาพที่ 2-6

จากภาพที่ 2-6 เมื่อให้แสงสีเดียวผ่านช่องแคบ S_0 แล้วเลี้ยวเบนตกลงบนช่องแคบคู่ S_1 และ S_2 ช่องแคบ S_1 และ S_2 ทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ เมื่อคลื่นแสงเคลื่อนที่ผ่าน ช่องแคบ S_1 และ S_2 เดินทางไปพบกันจะทำให้เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันและหักล้างกัน โดยปรากฏภาพการแทรกสอดบนฉากเห็นเป็นแถบสว่างและแถบมืด

จากภาพที่ 2-6 แนว A คือ แนวการแทรกสอดแบบเสริมกัน เกิดแถบสว่างบนฉาก แนว N คือ แนวการแทรกสอดแบบหักล้างกัน เกิดแถบมืดบนฉาก

ภาพที่ 2-6 แนวเสริมกันและแนวหักล้างของการแทรกสอดของแสงผ่านช่องแคบคู่



ภาพที่ 2-7 การแทรกสอดบนฉาก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จากภาพที่ 2-8 เมื่อให้แสงสีเดียวความยาวคลื่น λ เคลื่อนที่ผ่านช่องแคบ S_0 แล้วเลี้ยวเบนตกลงบนช่องแคบ S_1 และ S_2 ซึ่งจุดกึ่งกลางของช่องแคบ S_1 และ S_2 มีระยะห่างกัน a คลื่นแสงที่เคลื่อนที่ออกจาก S_1 และ S_2 พบกันบนฉากที่จุด P ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการของการแทรกสอดได้ดังนี้ (เมื่อ P เป็นตำแหน่งบนแนวการแทรกสอดแบบเสริมกัน)

$$a\sin\theta = m'\lambda \tag{2-13}$$

เมื่อ a คือ ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางของช่องแคบคู่

θ คือ มุมที่กระทำจากจุดกึ่งกลางของสลิตคู่กับตำแหน่งแถบสว่างลำดับต่าง ๆ

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

λ คือ ความยาวคลื่นของแสง

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

$$\tan\theta = \frac{x}{D} \tag{2-14}$$

เมื่อ x คือ ระยะห่างจากแถบสว่างกลางถึงแถบสว่างลำดับต่าง ๆ

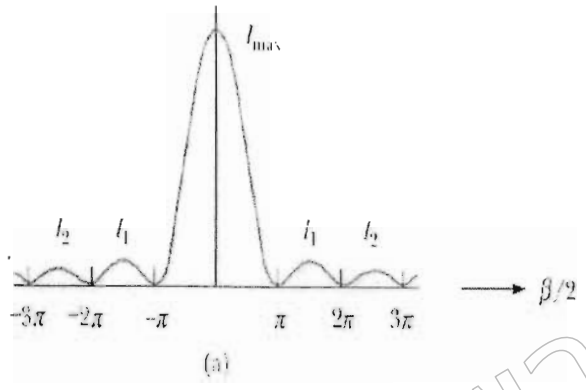
D คือ ระยะห่างจากฉากถึงช่องแคบคู่

ดังนั้นเราสามารถหาค่าความยาวคลื่นแสงได้จากสมการ

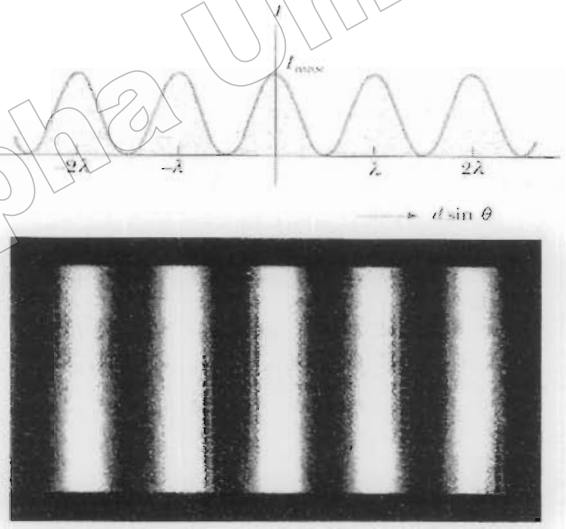
$$\lambda = \frac{ax}{m'D} \tag{2-15}$$

ภาพที่ 2-8 และ 2-9 แสดงการแทรกสอดของแสงเมื่อผ่านช่องแคบเดี่ยวและคู่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-8 การแทรกสอดเมื่อแสงผ่านช่องแคบเดี่ยว (บุญยัง กฤตสัมพันธ์, 2554, หน้า 241)



ภาพที่ 2-9 การแทรกสอดเมื่อแสงผ่านช่องแคบคู่ (บุญยัง กฤตสัมพันธ์, 2554, หน้า 244)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การสร้างชุดทดลองหรืออุปกรณ์การทดลอง

มนต์ชัย เทียนทอง (2530) 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

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-ง่าย ของเนื้อหาทำการออกแบบสื่อการเรียนการสอนซึ่งศึกษาจากตำรา เอกสารการสัมมนา ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษา

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

9. การปรับปรุงข้อมูลและประสบการณ์ที่ได้จากการทดลองที่กล่าวมาข้างต้น จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงชุดทดลองและใบงานที่มีคุณภาพจนเป็นที่ยอมรับ

สำหรับแนวทางในการออกแบบชุดสื่อการเรียนการสอนอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วยกระบวนการ 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) ใช้สำหรับการสอนเนื้อหาวิชาการเทคนิคโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นวิธีการสอนที่เหมาะสมสำหรับการสอนหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่มีงานปฏิบัติเป็นพื้นฐาน การทดลองเป็นวิธีการสอนที่ดีเยี่ยม ทำให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างแจ่มแจ้งในเนื้อหาให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้พิสูจน์หลักการด้วยตนเอง

ละออ การุณยะวาณิช และคณะ (2529, หน้า 42) ได้ให้ความหมายของวิธีการสอนแบบทดลองว่าเป็นการสอนที่ทำให้เกิดประสบการณ์ใหม่ ๆ และข้อเท็จจริงจากการสอบสวนและทดลองนั่นเอง วิธีนี้ผู้เรียนจะเป็นผู้ปฏิบัติการทดลองในห้องเรียนปฏิบัติการ ซึ่งไม่เหมือนกันกับวิธีการสอนแบบสาธิต ที่ผู้สอนเท่านั้นจะดำเนินการทดลองในขณะที่ผู้เรียนเป็นผู้เฝ้าดู

วิธีการสอนแบบทดลอง คือ การสอนที่ทำให้เกิดประสบการณ์ตรงเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องนำไปปฏิบัติ หรือข้อเท็จจริงจากทฤษฎีได้มีผู้ค้นพบมาแล้ว ผู้เรียนก็ทำการทดลองตามเนื้อหาทฤษฎีที่ได้เรียนมาเพื่อนำผลสัมฤทธิ์ของการเรียนรู้ การทดลองปฏิบัติทดลองในแต่ละเนื้อหาทำการสรุปผลการวิเคราะห์ถึงข้อเท็จจริงตามทฤษฎีโดยวิธีการสอบสวน ค้นคว้าและปฏิบัติการทดลอง วิธีการสอนแบบทดลองนี้ผู้สอนต้องเตรียมพร้อมในเรื่องของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งคู่มือในการฝึกทดลองแต่ละขั้นตอน โดยระบุขั้นตอนการทำงานอย่างเป็นลำดับชัดเจนจนกระทั่งผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองได้ การสอนแบบนี้จะทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสทำการทดลองโดยทั่วถึงกัน เพื่อศึกษาข้อเท็จจริงด้วยตนเอง

ความมุ่งหมายของการสอนแบบทดลอง พอสรุปได้ดังนี้

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

วิธีดำเนินการโดยทั่วไปของการทดลองหรือการปฏิบัติการทดลอง ประกอบด้วย

1. ผู้สอนกำหนดการทดลองเพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาและหลักการที่บรรยายในชั้นเรียนโดยแบ่งเนื้อหาออกเป็นตอน ๆ หรือเป็นเรื่อง ๆ แล้วแต่เนื้อหา

2. จัดทำคู่มือการทดลอง (Laboratory Manual) ให้กับผู้เรียน ซึ่งภายในประกอบด้วยจุดมุ่งหมาย เครื่องมือและอุปกรณ์ แนวทางปฏิบัติ รวมทั้งคำถาม ปัญหาหรือสิ่งอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นในการทดลองแล้วแจกผู้เรียนให้อ่านล่วงหน้า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. ผู้สอนและผู้ควบคุมห้องทดลองจัดเตรียมอุปกรณ์เครื่องมืออย่างเป็นระเบียบเป็นขั้นตอนและมีมากพอกับจำนวนผู้เรียน

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 และคำอธิบายเกี่ยวกับความปลอดภัยในระหว่างการทดลองตามที่จำเป็น อาจมีตารางบันทึกหรือตารางกราฟ 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)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นิศาชล บุญประชม (2551) ได้ออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะ โดยแบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการออกแบบ และสร้างเครื่องมือโดยนำความรู้เรื่องแสง และความร้อนมาใช้ร่วมกันส่วนที่สองเป็นการคำนวณเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนผลปรากฏว่าค่าความคลาดเคลื่อนของสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเนื่องจากความร้อนของทองแดง สเตนเลส และอลูมิเนียม เป็น 0.65%, 1.79% และ 0.71%

ปิยะรัตน์ พราหมณี (2551) ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะโดยวิธีการวัดการเลี้ยวเบนทางแสงผ่านสลิตเดี่ยว โดยใช้แผ่นอลูมิเนียม ในการทดลองความกว้างของสลิตที่เพิ่มขึ้นสามารถหาได้จากรูปแบบของการเลี้ยวเบน ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะสามารถคำนวณได้จากสมการ การเลี้ยวเบนร่วมกับความรู้เรื่องการขยายตัวเนื่องจากความร้อน จากการทดลองพบว่าค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของแผ่นอลูมิเนียมมีค่าเป็น $22.5 \times 10^{-6}\ ^{\circ}C^{-1}$ ค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.15%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Hasan (2006) ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะโดยวิธีการวัดการเลี้ยวเบนทางแสงผ่านสลิตเดี่ยว แผ่นอลูมิเนียมเป็นตัวอย่างในการทดลองความกว้างของสลิตที่เพิ่มขึ้นสามารถหาได้จากรูปแบบของการเลี้ยวเบน ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะสามารถคำนวณได้จากสมการการเลี้ยวเบนร่วมกับความรู้เรื่องการขยายตัวเนื่องจากความร้อน จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะที่ได้จากการทดลองกับค่ามาตรฐาน

Ryan and Bruce (2009) ได้ทดลองเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของทองแดง โดยใช้ชุดทดลอง Michelson Interferometer วัดระยะการตกกระทบบนฉากที่เกิดขึ้นแล้วนำมาคำนวณร่วมกับเรื่องการขยายตัวเนื่องจากความร้อนของโลหะ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University