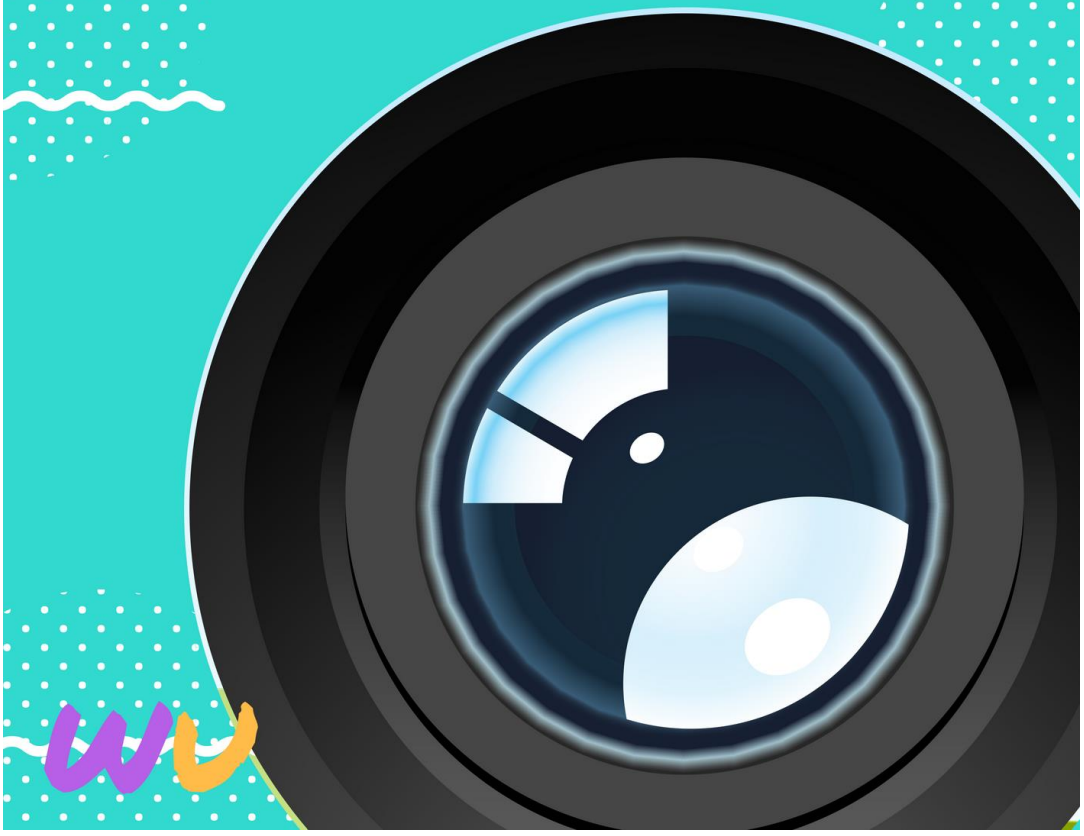
BY DIVISION OF PHYSICS, SCHOOL OF SCIENCE
WALAILAK UNIVERSITY

OPTICS LAB

FOR TEACHERS



คู่มือครู
ปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ เรื่อง แสง

คู่มือนี้จัดทำขึ้นสำหรับผู้สอน ประกอบด้วยบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับแสงจำนวน 6 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1	การศึกษาปรากฏการณ์การสะท้อนของแสง
การทดลองที่ 2	การหาค่าดัชนีหักเหแสงของอะคริลิคจากกฎของสเนลล์
การทดลองที่ 3	การศึกษาการโพลาไรเซชันของแสงขาวจากกฎของมาลัส
การทดลองที่ 4	การหาค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์จากการเลี้ยวเบนแบบฟราวโฮเฟอร์

การประยุกต์

การทดลองที่ 5	การหาขนาดเส้นผม
การทดลองที่ 6	การหาขนาดร่องของแผ่นซีดี

บทปฏิบัติการ 1 – 4 จะมีรายละเอียดความรู้พื้นฐานและขั้นตอนการทดลอง เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนสามารถดำเนินกิจกรรมการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนบทปฏิบัติการที่ 5 และ 6 นั้นเป็นส่วนที่จะแนะนำให้ผู้สอนได้ลองทำ โดยประยุกต์ความรู้จากการทดลองก่อนหน้า

<u>คำเตือน</u> ในการทดลองเรื่องแสงนั้น มีอุปกรณ์ประกอบสำคัญคือเลเซอร์ แสงเลเซอร์เป็นอันตรายต่อตา ให้ระมัดระวังในการทดลองและหลีกเลี่ยงการมองแสงเลเซอร์โดยตรง และผู้สอนควรจะแจ้งนักเรียนให้ระมัดระวังอย่างเคร่งครัดเพื่อความปลอดภัยในการทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาปรากฏการณ์การสะท้อนของแสง

1. วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษากฎการสะท้อนของแสง

2. อุปกรณ์ ชุดทดลอง LightWU01 ประกอบด้วย

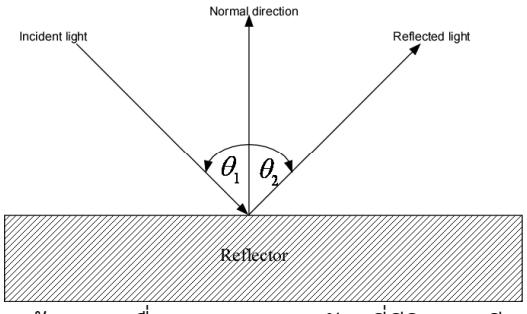
1) แหล่งกำเนิดแสงแบบหลอดไส้
2) รางแสงแบบมีสเกลบอกระยะทาง
3) ตัวเลื่อนเชิงมุมหรือแผ่นจานหมุนมีสเกลบอกมุม และตัวยึดชิ้นส่วนชนิดที่ใช้ได้กับตัวเลื่อนเชิงมุม
4) แผ่นสลิตขนาดเดียวกันหลายช่อง (Slit Plate) และหน้ากากสลิต (Slit Mask) ใช้เพื่อบังแสงที่ไม่ต้องการออก
5) ตัวสะท้อนแสง (ทำด้วยพลาสติกคล้ายกระจกเงา)
6) อุปกรณ์จับยึดสายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) และ โฟโตมิเตอร์ (Photometer) พร้อมสายใยแก้วนำแสง

3. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการสะท้อนของแสง แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีการเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดทุกทิศทางและเดินทางเป็นเส้นตรง โดยแสงสามารถเกิดการสะท้อน หักเห แทรกสอด และเลี้ยวเบนได้ ในการศึกษาปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่กล่าวมานั้น วิธีการที่ง่ายที่สุดคือการใช้เทคนิคเส้นแสง (Ray Optics) ซึ่งจะพิจารณาการเคลื่อนที่ของแสงจากเส้นรังสี (เส้นที่ลากตั้งฉากกับหน้าคลื่น) และในบทปฏิบัติการนี้นักศึกษาจะได้ใช้เทคนิคดังกล่าว ในการศึกษาสมบัติเชิงคลื่นของแสง

สมบัติการสะท้อนของแสง: เมื่อฉายแสงลงบนวัสดุที่มีผิวเรียบและสะท้อนแสงได้ เช่น กระจกเงา แสงที่สะท้อนออกมาจะเป็นไปตามกฎการสะท้อนของแสง (Law of Reflection) ดังรูปที่ 1.1 หรือเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\theta_1 = \theta_2 \text{ และอยู่ในระนาบเดียวกัน} \qquad (1.1)$$

โดยที่ θ_1 คือมุมตกกระทบ และ θ_2 คือมุมสะท้อน

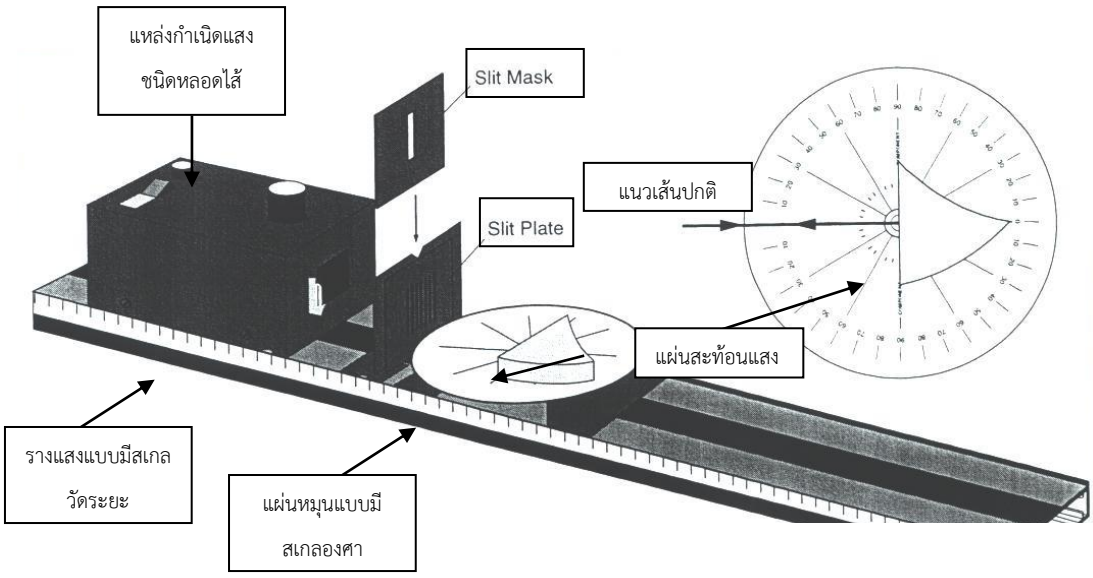


รูปที่ 1.1 แสดงการสะท้อนแสงเมื่อฉายแสงลงบนวัสดุที่มีผิวราบเรียบและสะท้อนแสงได้

เมื่อฉายแสงให้แสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางผิวเรียบต่างชนิดกัน (ตัวกลางเป็นชนิดที่แสงผ่านได้) หากตัวกลางยอมให้แสงผ่านได้เพียงบางส่วน แสงส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับตรงรอยต่อของตัวกลางทั้งสองโดยคุณสมบัติจะเป็นไปตามกฎการสะท้อน ในทางกลับกันแสงส่วนที่ผ่านเข้าไปในตัวกลางได้จะเกิดการหักเห (Refraction) ซึ่งการทดลองเกี่ยวกับการหักเหของแสงนั้นจะได้กล่าวไว้ในบทปฏิบัติการถัดไป

4. วิธีการทดลอง

1) จัดอุปกรณ์บนรางแสงตามลำดับดังนี้ แหล่งกำเนิดแสงแบบหลอดไส้ แผ่นสลิต วางแผ่นบังสลิตไว้ด้านหน้าแผ่นสลิต และวางแผ่นสะท้อนแสง (เป็นพลาสติกฉาบด้วยอะลูมิเนียม) บนฐานซึ่งมีแผ่นหมุนแบบมีสเกลองศา โดยให้ผิวเรียบตั้งฉากกับเส้นปกติบนสเกล ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การจัดอุปกรณ์เพื่อทดลองสมบัติการสะท้อนของแสง

2) ปรับแผ่นสลิต แผ่นกั้น หรือลูกบิดบนแหล่งกำเนิดแสง จนแสงเป็นเส้นแสงเส้นเดียวส่องไปทับสนิทกับแนวเส้นปกติบนจานหมุน
3) หาความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบ (ตัวแปรอิสระ) และมุมสะท้อน (ตัวแปรตาม) โดยการบันทึกผลการทดลองและเขียนกราฟระหว่างมุมตกกระทบ (x) และมุมสะท้อน (y)
4) วิเคราะห์และสรุปผลจากค่าความชันของกราฟว่าเป็นไปตามกฎการสะท้อนหรือไม่

5. บันทึกคำแนะนำเกี่ยวกับการทดลองเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 2 การหักเหแสง

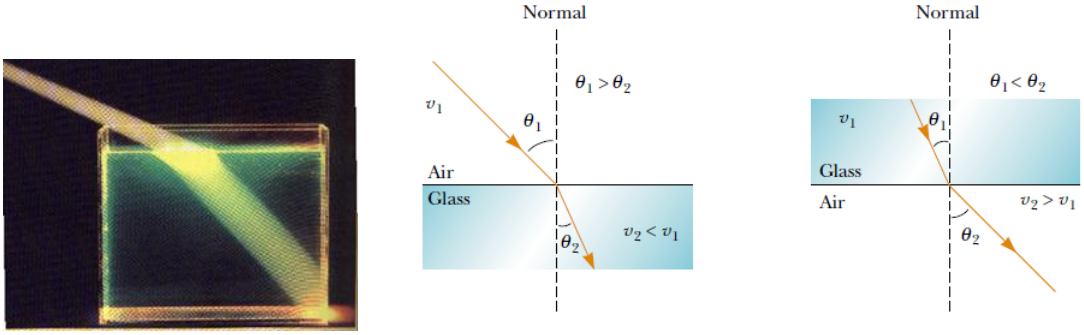
---

1. วัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าดัชนีหักเหแสงของอะคริลิคจากกฎของสเนลล์

2. อุปกรณ์ ชุดทดลอง LightWU01 ประกอบด้วย

1) แหล่งกำเนิดแสงแบบหลอดไส้
2) รางแสงแบบมีสเกลบอกระยะทาง
3) ตัวเลื่อนเชิงมุมหรือแผ่นจานหมุนมีสเกลบอกมุม และตัวยึดชิ้นส่วนชนิดที่ใช้ได้กับตัวเลื่อนเชิงมุม
4) แผ่นสลิตขนาดเดียวกันหลายช่อง (Slit Plate) และหน้ากากสลิต (Slit Mask) ใช้เพื่อบังแสงที่ไม่ต้องการออก
5) แผ่นอะคริลิคหนารูปทรงครึ่งวงกลม
6) อุปกรณ์จับยึดสายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) และ โฟโตมิเตอร์ (Photometer) พร้อมสายใยแก้วนำแสง

3. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการหักเหแสง การหักเหของแสงเกิดจากการที่แสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน เป็นผลทำให้ความเร็วของแสงเปลี่ยนไป ทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงจึงเปลี่ยนแปลงไปจากแนวเดิมซึ่งมุมที่แสงหักเหไปนั้นจะขึ้นอยู่กับค่า



รูปที่ 2.1 แสดงเส้นรังสีของแสงที่เดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันแตกต่างกัน

ดัชนีหักเหแสง (Refractive index) ของตัวกลางแต่ละชนิด ตัวอย่างเช่น จากรูปที่ 2.1 เมื่อแสงเดินทางผ่านอากาศ (ตัวกลางที่1) มีค่าดัชนีหักเห n_1 ไปยังน้ำหรือแก้ว (ตัวกลางที่2) มีค่าดัชนีหักเห n_2 จะเห็นได้ว่าเส้นแสงหรือรังสีของแสงที่เข้าไปในตัวกลางที่ 2 มีแนวทางเปลี่ยนไปจากแนวรังสีตกกระทบเดิม ถ้ากำหนดให้ θ_1 คือมุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นปกติ และ θ_2 คือมุมที่รังสีหักเหทำกับ

เส้นปกติ (Normal) หรือเรียกว่ามุมหักเห (Angle of Refraction) จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ (θ_1) และมุมหักเห (θ_2) และค่าดัชนีหักเหในตัวกลางทั้งสอง n_1 และ n_2 ตามลำดับ เป็นไปตาม**กฎของสเนลล์ (Snell's law)** ดังนี้

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2 \qquad (2.1)$$

Indices of Refraction[a]

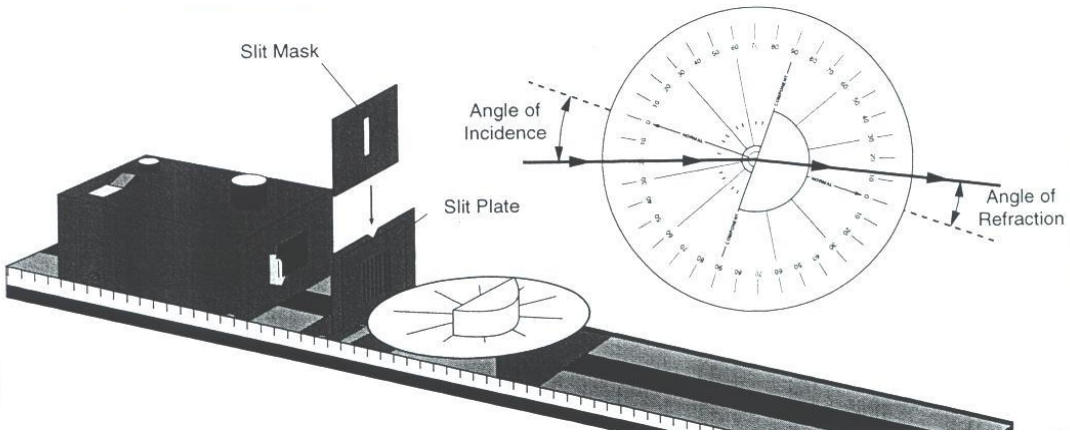
Substance	Index of Refraction	Substance	Index of Refraction
Solids at 20°C		*Liquids at 20°C*	
Cubic zirconia	2.20	Benzene	1.501
Diamond (C)	2.419	Carbon disulfide	1.628
Fluorite (CaF_2)	1.434	Carbon tetrachloride	1.461
Fused quartz (SiO_2)	1.458	Ethyl alcohol	1.361
Gallium phosphide	3.50	Glycerin	1.473
Glass, crown	1.52	Water	1.333
Glass, flint	1.66		
Ice (H_2O)	1.309	*Gases at 0°C, 1 atm*	
Polystyrene	1.49	Air	1.000 293
Sodium chloride (NaCl)	1.544	Carbon dioxide	1.000 45

[a] All values are for light having a wavelength of 589 nm in vacuum.

ตารางที่1 แสดงค่าดัชนีหักเหแสงของวัสดุบางชนิดสำหรับแสงความยาวคลื่น 589 นาโนเมตร

4. วิธีการทดลอง

1) จัดอุปกรณ์คล้ายกับการทดลองในบทปฏิบัติการที่ 1 วิธีการทดลองข้อที่ 1 แต่วางแผ่นอะคริลิกหนารูปครึ่งวงกลมที่มีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ n_2 แทนแผ่นสะท้อนแสง ให้ด้านเรียบตั้งฉากกับเส้นปกติและต้องวางให้แนวเส้นปกติเข้าสู่จุดศูนย์กลางของแผ่นอะคริลิก ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การจัดอุปกรณ์เพื่อทดลองสมบัติการหักเหของแสง

2) ปรับแผ่นสลิต แผ่นกั้น หรือลูกบิดบนแหล่งกำเนิดแสง จนแสงเป็นเส้นแสงเส้นเดียวส่องไปทับสนิทกับแนวเส้นปกติบนจานหมุน

3) หาความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบ (ตัวแปรอิสระ) และมุมหักเห (ตัวแปรตาม) โดยการทดลองและเขียนกราฟระหว่างค่าไซน์ของมุมหักเห เป็นแกน x และค่าไซน์ของมุมตกกระทบ เป็นแกน y

4) ให้หาค่าดัชนีหักเหแสงของอะคริลิก จากกราฟผลการทดลอง

5) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองว่าการหักเหแสงเป็นไปตามกฎของสเนลล์หรือไม่ โดยใช้ค่าดัชนีหักเหแสงของอะคริลิกจากทฤษฎีเท่ากับ 1.5 เปรียบเทียบกับผลจากข้อ 4)

5. บันทึกคำแนะนำเกี่ยวกับการทดลองเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

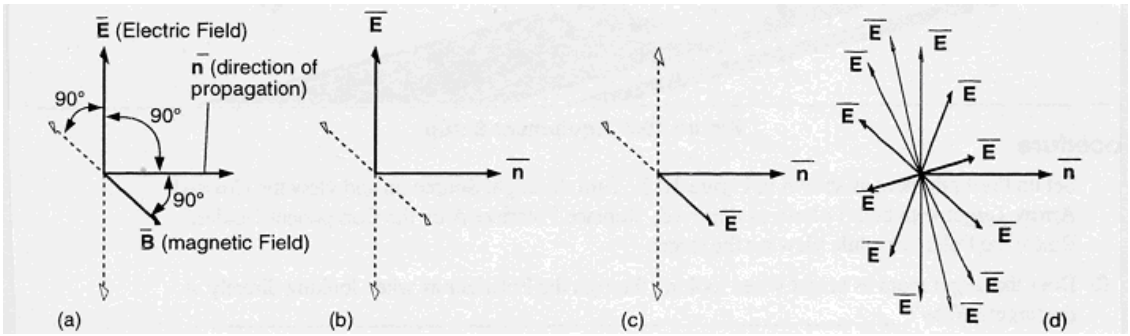
การทดลองที่ 3 การศึกษาการโพลาไรเซชันของแสงขาวจากกฎของมาลัส

1. วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการโพลาไรเซชันของแสงขาวจากกฎของมาลัส

2. อุปกรณ์ ชุดทดลอง LightWU01 ประกอบด้วย

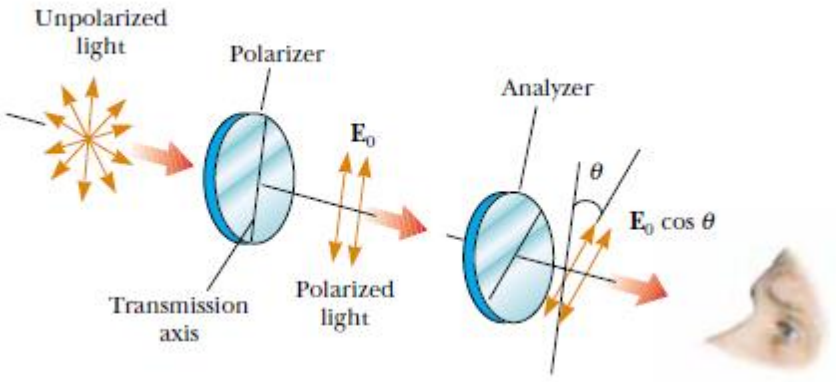
1) แหล่งกำเนิดแสงแบบหลอดไส้
2) รางแสงแบบมีสเกลบอกระยะทาง
3) ตัวเลื่อนเชิงมุมหรือแผ่นจานหมุนมีสเกลบอกมุม และตัวยึดชิ้นส่วนชนิดที่ใช้ได้กับตัวเลื่อนเชิงมุม
4) แผ่นสลิตขนาดเดียวกันหลายช่อง (Slit Plate) และหน้ากากสลิต (Slit Mask) ใช้เพื่อบังแสงที่ไม่ต้องการออก
5) แผ่นโพลาไรเซอร์ 2 แผ่น สำหรับใช้ศึกษากฎของมาลัส
6) อุปกรณ์จับยึดสายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) และ โฟโตมิเตอร์ (Photometer) พร้อมสายใยแก้วนำแสง

3. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการโพลาไรเซชัน แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามขวาง ขณะที่แสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง (ในที่นี้จะศึกษาตัวกลางเป็นอากาศ) สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กเป็นเวกเตอร์ตั้งฉากซึ่งกันและกันและจะมีการสั่นในทิศทางตั้งฉากกับเวกเตอร์ของการเคลื่อนที่ $\bar{n}$ ด้วย ดังรูปที่ 3.1a หากทิศทางการสั่นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของแสงสั่นไปในทิศทางเดียวตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 3.1b หรือ 3.1c พฤติกรรมดังกล่าวเรียกว่า แสงโพลาไรซ์ แต่ทว่าแสงที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดส่วนใหญ่จะมีเวกเตอร์ทิศทางการสั่นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าทุกทิศทาง ดังในรูปที่ 3.1d เรียกพฤติกรรมดังกล่าวว่า แสงไม่โพลาไรซ์ เช่น แสงจากหลอดไฟชนิดหลอดไส้และหลอดฟลูออเรสเซนท์ เป็นต้น



รูปที่ 3.1 (a) แสดงสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กในคลื่นแสง (b) และ (c) การโพลาไรซ์ของเวคเตอร์สนามไฟฟ้า ส่วน (d) แสดงแสงไม่โพลาไรซ์

สมบัติไดโครอิซึม (Dichroism) ของธาตุบางชนิดสามารถทำให้แสงที่ไม่โพลาไรซ์เป็นแสงที่โพลาไรซ์ ได้ คุณสมบัติดังกล่าวจะใช้ในการกั้นแสงที่โพลาไรซ์ไปในทิศทางที่ไม่ต้องการออก โดยธาตุดังกล่าวจะยอมให้สนามไฟฟ้าของแสงเฉพาะที่มีการสั่นไปในทิศที่ขนานกับแกนอ้างอิงผ่านออกมา หรือทำให้แสงเป็นแสงที่โพลาไรซ์นั่นเอง เรียกว่า โพลาไรเซอร์ วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าว เช่น วัสดุโพลารอยด์ เบอร์ HN-32 ของแผ่นโพลาไรซ์ แผ่นโพลาไรซ์นี้ตรึงกับแผ่นอะคริลิกวงกลมที่มีสเกลองศาและหมุนได้เมื่อเกาะติดกับตัวยึดติดชิ้นส่วน (Component Holder)



รูปที่ 3.2 การสังเกตความเข้มแสงผ่านโพลาไรเซอร์ 2 แผ่นที่วางแกนเป็นมุมต่างกัน

อนึ่ง ถ้านำแผ่นโพลาไรเซอร์ 2 แผ่นมาขวางลำแสง โดยให้แกนอ้างอิงหรือแนวทิศ 0 - 180^0 ของทั้งสองแผ่นอยู่ในแนวเดียวกัน แล้ววัดความเข้มแสงที่ส่งผ่านแผ่นที่สอง เมื่อหมุนแผ่นโพลาไรซ์ตัวที่สองเป็นมุมต่าง ๆ (กำหนดให้แกน 0 - 180^0 ของโพลาไรเซอร์แผ่นแรกเป็นแกนอ้างอิงศูนย์องศา) เปรียบเทียบกับแผ่นโพลาไรซ์อันแรก ดังรูปที่ 3.2 ความเข้มแสงที่วัดได้จะมีค่าเปลี่ยนไปตามสมการของมาลัส (Malus' law) ดังแสดงในสมการที่ 3.1 และ 3.2

$$I = |E|^2 \cos^2\theta \qquad (3.1)$$

$$I = I_m \cos^2\theta \qquad (3.2)$$

เมื่อ E คือค่าสนามไฟฟ้า มีหน่วยเป็นนิวตันต่อคูลอมบ์

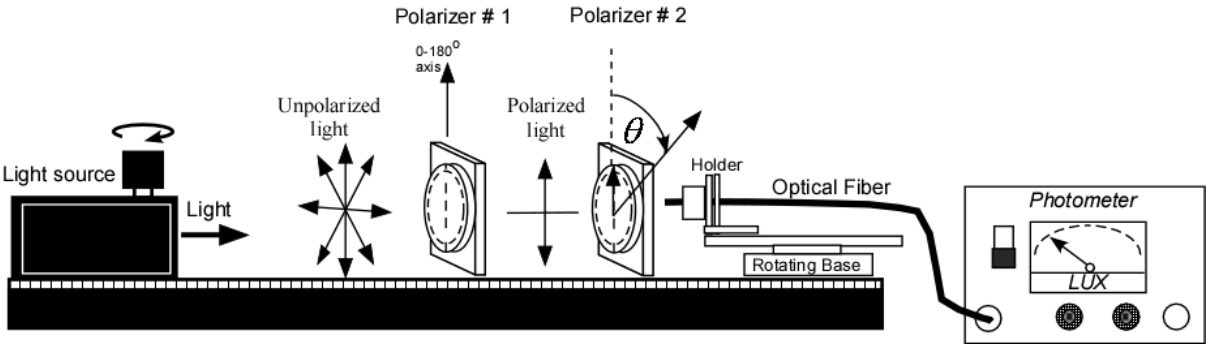
I คือความเข้มแสงที่ผ่านโพลาไรเซอร์แผ่นที่สองที่มุมต่างๆ มีหน่วยเป็น วัตต์ต่อตารางเมตร

I_m คือความเข้มแสงสูงสุด หรือ เมื่อแกนของทั้งคู่ขนานกัน หรือ $\theta = 0$

θ คือมุมที่แกนของโพลาไรเซอร์ตัวที่สองทำมุมแนวแกน 0 - 180° กับแผ่นแรก

4. วิธีการทดลอง

1) นำแผ่นสลิตและแผ่นบังสลิตออกจากรางแสง
2) นำแผ่นโพลาไรเซอร์ 2 แผ่น มาวางแทนที่แผ่นเลื่อนเชิงมุม โดยจัดวางให้แนวแกนอ้างอิง 0-180 ของทั้งสองแผ่นอยู่ในแนวดิ่งทั้งคู่หรือจัดให้มุม θ ในรูปที่ 3.3 เป็นศูนย์ก่อนในเบื้องต้น



รูปที่ 3.3 การจัดอุปกรณ์เพื่อทดลองการโพลาไรเซชันของแสง

3) นำสายใยแก้วนำแสง (Optical Fiber) ของเครื่องวัดความเข้มแสง ติดตั้งเข้ากับตัวยึดแล้วนำไปรับแสงที่ผ่านโพลาไรเซอร์ตัวที่ 2
4) ปรับปุ่มต่างๆ ของเครื่องวัดความเข้มแสงไปที่ตำแหน่งต่ำสุดทุกปุ่ม ก่อนเปิดเครื่อง
5) เปิดเครื่อง (การเปิดเครื่อง สวิทช์จะต้องอยู่ตำแหน่งกลาง) ปรับปุ่มต่างๆ ของเครื่องวัดแสงเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ จนเข็มของเครื่องเบนไปเต็มสเกลพอดี อ่านค่าความเข้มแสงขณะนี้ โดยบันทึกให้เป็นค่า I_m ในใบงานการทดลอง <u>**หมายเหตุ เนื่องจากเครื่องวัดความเข้มแสงในการทดลองนี้แสดงหน่วยของค่าที่วัดได้เป็นลักซ์ (LUX) ซึ่งแท้จริงแล้วเป็นหน่วยของความเข้มของการส่องสว่างต่อพื้นที่ (luminous flux/area) สมมูลกับหน่วย lumen/m^2 แต่สำหรับการทดลองนี้เป็นการศึกษาค่าของการเปลี่ยนแปลงสัมพัทธ์ ดังนั้นค่าของ I ที่วัดได้ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนเป็นค่าความเข้มแสงหรือ วัตต์ต่อตารางเมตรแต่อย่างใด</u>
6) หมุนแผ่นโพลาไรเซอร์ #2 ไปจากตำแหน่งเดิมเป็นมุมคราวละ 15 องศาจนครบ 90 องศา โดยการหมุนแต่ละค่ามุมให้บันทึกค่าความเข้มแสงลงในตารางบันทึกผลการทดลอง

7) เขียนกราฟ (สมการที่ 3.2) ระหว่าง $\cos^2\theta$ เป็นแกน x และ I / I_m แกน y และวิเคราะห์ผลการทดลองจากค่าความชันของกราฟว่าเป็นไปตามสมการของมาลัสหรือไม่

5. คำแนะนำเกี่ยวกับการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 4 การหาค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์จากการเลี้ยวเบนแบบฟราวโฮเฟอร์

---

1. วัตถุประสงค์ เพื่อหาค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์จากการเลี้ยวเบนแบบฟราวโฮเฟอร์

2. อุปกรณ์ ชุดทดลอง LightWU01 ประกอบด้วย

1) แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ชนิดก๊าซฮีเลียม – นีออน (He–Ne gas laser) ขนาดกำลัง 0.5 มิลลิวัตต์

2) แผ่นสลิตขนาดเล็ก 4 ขนาด (A, B, C, D)

3) ฉากรับภาพแบบมีสเกลวัดระยะ

4) ไม้บรรทัด

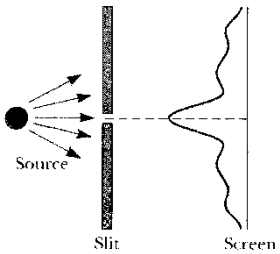
3. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการเลี้ยวเบน ถึงแม้ว่าแสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง แต่เมื่อเคลื่อนที่ผ่านขอบคมหรือลอดผ่านช่องบนผนังทึบพบว่าแสงบางส่วนสามารถเคลื่อนที่อ้อมสิ่งกีดขวางนั้นแล้วไปแทรกสอดกันได้ ผลที่เกิดขึ้นคือหากเอาฉากมารับแสงหลังวัตถุจะสังเกตเห็นได้ว่าความเข้มของแสงที่ตกกระทบฉากมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ (จะสังเกตได้ง่ายหากวัตถุหรือช่องมีขนาดเล็กๆ) โดยเรียกแสงส่วนที่สามารถเคลื่อนที่อ้อมสิ่งกีดขวางได้นี้ว่าแสงเลี้ยวเบน (Diffracted Light) และเรียกปรากฏการณ์นี้ว่าการเลี้ยวเบนของแสง (Diffraction of Light) เนื่องจากแสงจะประกอบด้วยเส้นแสงจำนวนมาก ทำให้แสงที่ผ่านการเลี้ยวเบนเกิดการแทรกสอดกันทั้งแบบเสริมสร้างและหักล้าง ผลก็คือจะเกิดแถบมืดสว่างใกล้เงาของวัตถุขึ้น เช่น เมื่อแสงผ่านขอบคมของวัตถุ หรือวัตถุที่มีขนาดเล็กเท่าเส้นผม เป็นต้น

ในที่นี้จะศึกษาการเลี้ยวเบนของแสงผ่านช่องๆเดี่ยวโดยใช้แสงเลเซอร์ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดแสงขนาน แสงเลเซอร์ (Laser) Laser ย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มสูง ให้แสงเอกรงค์ (Monochromatic Light) ลำแสงขนาน (Low Divergence) ค่าโคฮีเรนซ์ (Coherence) สูง สำหรับแสงเลเซอร์ฮีเลียม-นีออน ให้แสงสีแดงหรือความยาวคลื่น 632.8 นาโนเมตร และโพลาไรซ์ทุกทิศทาง โดยจะต้องใช้เวลาอุ่นเครื่อง 15 นาที จึงให้กำลังเต็มที่ 0.5 มิลลิวัตต์ และให้ความเข้มสม่ำเสมอสูงโดยมีการแกว่งเพียงแค่ $\pm$2.5 %

<u>การเลี้ยวเบนของแสงผ่านช่องเดี่ยวแบ่งได้เป็น 2 รูปแบบคือ</u>

ก) การเลี้ยวเบนแบบเฟรสเนล (Fresnel)

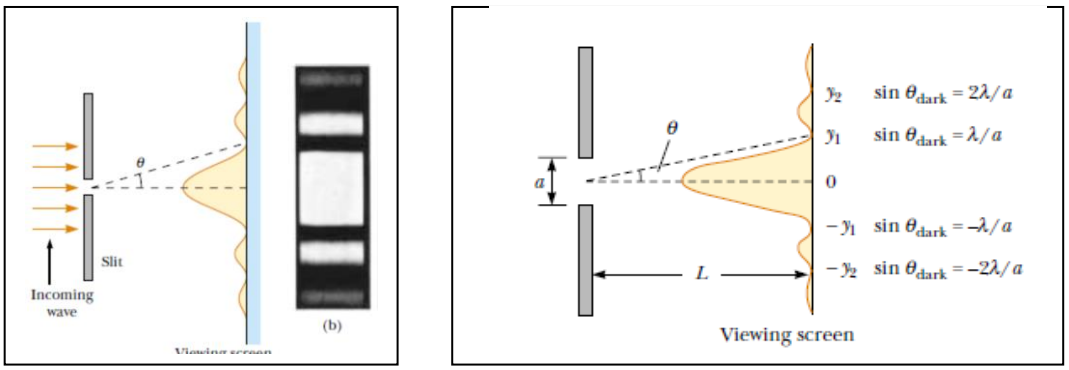
เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดแสงหรือฉากหรือทั้งคู่ อยู่ที่ระยะใกล้กับวัตถุขวางกั้น (Obstacle Object) ดังนั้นลำแสงที่พิจารณาไม่เป็นลำแสงขนาน ผลที่เกิดขึ้นคือ แสงที่ตกกระทบบนฉากจะมีความเข้มไม่สม่ำเสมอและไม่มีแถบมืด ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การเลี้ยวเบนแบบเฟรส์เนล

ข) การเลี้ยวเบนแบบฟราวน์โฮเฟอร์ (Fraunhofer)

เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดแสงและฉากอยู่ที่ระยะอนันต์จากวัตถุขวางกั้นหรืออีกนัยหนึ่งคือลำแสงที่พิจารณานั้นเป็นลำแสงขนาน เช่นแสงเลเซอร์ เพื่อการสังเกตได้ง่ายในทางปฏิบัติจะวางฉากรับภาพที่ระยะโฟกัสของเลนส์นูนซึ่งวางหลังวัตถุขวางกั้นในการสังเกตภาพเลี้ยวเบน การเลี้ยวเบนแบบฟราวน์โฮเฟอร์ผ่านสลิตเดี่ยวจะมีการกระจายและการแจกแจงความเข้มแสงความเข้มไม่สม่ำเสมอเช่นเดียวกับการเลี้ยวเบนแบบเฟรส์เนล แต่จะเกิดแถบมืดและแถบสว่างบนฉากรับภาพ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การกระจายความเข้มแสงที่เกิดจากการเลี้ยวเบนแบบฟราวน์โฮเฟอร์ผ่านสลิตเดี่ยว

จากรูปที่ 4.2 สำหรับการแจกแจงความเข้มแสง I จะเป็นไปตามสมการที่ 4.1

$$I = I_0\left[\frac{\sin(\pi a \sin\theta/\lambda)}{\pi a \sin\theta/\lambda}\right]^2 \qquad (4.1)$$

เมื่อ I_o คือความเข้มแสงที่ θ = 0 มีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเมตร

θ คือมุมที่แถบแสงกระทำกับแนวกึ่งกลาง

เมื่อกำหนดให้ θ เป็นมุมที่แถบมืดแถบแรกกระทำกับแนวกึ่งกลาง สังเกตได้จากรูปที่ 4.2 ดังนั้นความกว้างของแถบสว่างตรงกลางจึงมีค่าเท่ากับ 2λ/a สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

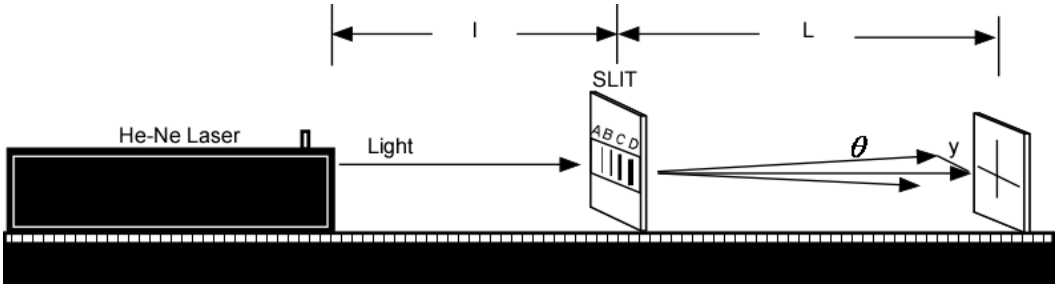
$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a} \qquad (4.2)$$

จากรูปที่ 4.2 ค่า $\sin\theta$ สามารถหาค่าได้จากกฎของสามเหลี่ยมมุมฉากคืออัตราส่วนระหว่างด้านตรงข้ามมุมต่อด้านตรงข้ามมุมฉากดังจากสมการที่ 4.3

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{y_1}{\sqrt{y_1 + L}} \qquad (4.3)$$

ในกรณีที่เป็นการเลี้ยวเบนจากช่องกลม $\sin q = 1.22l / D$เมื่อ D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางของช่องกลม

4. วิธีการทดลอง



รูปที่ 4.3 การจัดอุปกรณ์เพื่อทดลองการเลี้ยวเบนแบบเฟรสเนลและแบบฟราวน์โฮเฟอร์ผ่านสลิตเดี่ยว

1) เปลี่ยนแหล่งกำเนิดแสงเป็นแสงเลเซอร์เลเซอร์ชนิดฮีเลียม-นีออน ให้แสงสีแดงหรือความยาวคลื่นประมาณ 632.8 นาโนเมตร โดยจัดวางให้ลำแสงอยู่ในแนวแกนทัศน์ (Optical Axis) ของรางแสง
2) วางแผ่นสลิตเดี่ยวขนาดเล็ก 4 ขนาด (A, B, C, D) บนตัวยึดชิ้นส่วน ที่ตำแหน่งกึ่งกลางรางแสง
3) วางฉากรับภาพแบบมีสเกลวัดระยะทางไว้ด้านหลังสุดเพื่อรับแสงที่ผ่านสลิต
4) ปรับตำแหน่งของสลิตให้แสงเลเซอร์ตกกระทบร่อง C ซึ่งมีขนาดความโตของช่อง (ตัวแปร a ตามรูปที่ 4.2) เท่ากับ 0.08 มิลลิเมตร
5) ปรับระยะ *l* หรือ *L* จนสังเกตเห็นปรากฏการณ์การเลี้ยวเบนเป็นแบบแบบฟราวน์โฮเฟอร์ได้อย่างชัดเจน และวัดระยะจาก จุดกึ่งกลางของแถบสว่างแถบกลาง ถึง จุดกึ่งกลางของแถบมืดแถบแรก หรือระยะ y_1 ของรูปที่ 4.2 แล้วบันทึกลงในตารางบันทึกผลการทดลอง (สามารถปรับตำแหน่ง l หรือ L ได้เพื่อให้การวัดถูกต้องยิ่งขึ้น) และบันทึกค่า l และ L ลงในตารางบันทึกผลการทดลอง
6) เลื่อนแผ่นสลิตเพื่อให้แสงเลเซอร์ส่องผ่านช่องสลิตช่องอื่นเพื่อเปลี่ยนขนาดของสลิตหรือตัวแปร a ตามรูปที่ 4.2 จนครบทั้งสี่ขนาด (นักศึกษาต้องสังเกตเห็นได้ว่าขนาดของ a ทั้งสี่ หรือ A B C D มีค่าเท่าใด)
7) เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\sin\theta$ กับ 1/a (สมการที่ 4.1) กำหนดให้ 1/a เป็นแกนนอน แล้วคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์จากความชันของกราฟ
8) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองโดยเปรียบเทียบค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์ที่ได้จากข้อ 7 กับทฤษฎี

5. คำแนะนำเกี่ยวกับการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การประยุกต์

การทดลองที่ 5: หาขนาดของเส้นผม

---

1. วัตถุประสงค์ เพื่อหาขนาดของเส้นผมจากการเลี้ยวเบนของแสง

2. อุปกรณ์ ชุดทดลอง LightWU01 ประกอบด้วย

1) แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ชนิดก๊าซฮีเลียม – นีออน (He–Ne gas laser) ขนาดกำลัง 0.5 มิลลิวัตต์

2) แผ่นสลิตขนาดเล็ก 4 ขนาด (A, B, C, D)

3) ฉากรับภาพแบบมีสเกลวัดระยะ

4) ไม้บรรทัด

5) เส้นผม

3. บันทึกวิธีการทดลองและคำแนะนำเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

การทดลองที่ 6 การประยุกต์: หาขนาดของร่องแผ่นซีดีและแผ่นดีวีดี

---

1. วัตถุประสงค์ เพื่อหาขนาดของร่องแผ่นซีดีและดีวีดี

2. อุปกรณ์ ชุดทดลอง LightWU01 ประกอบด้วย

1) แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ชนิดก๊าซฮีเลียม – นีออน (He–Ne gas laser) ขนาดกำลัง 0.5 มิลลิวัตต์

2) แผ่นสลิตขนาดเล็ก 4 ขนาด (A, B, C, D)

3) ฉากรับภาพแบบมีสเกลวัดระยะ

4) ไม้บรรทัด

5) แผ่นซีดีและแผ่นดีวีดี

3. บันทึกวิธีการทดลองและคำแนะนำเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก

แนวการเขียนรายงานปฏิบัติการทดลอง เรื่อง แสง

ผู้ทำการทดลอง

1).....

2).....

3).....

วันที่ทดลอง วัน.....ที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บทปฏิบัติการที่ 1 การสะท้อนของแสง

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 1

มุมตกกระทบ	มุมสะท้อน

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองตอนที่ 1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการที่ 2 การหักเหของแสง

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 2 : ดัชนีหักเหแสงของตัวกลางที่ 1 (อากาศ) = 1

มุมตกกระทบ θ_1 (องศา)	$sin\theta_1$	มุมหักเห θ_2 (องศา)	$sin\theta_2$

วิเคราะห์และสรุปการทดลองตอนที่ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการที่ 3 การโพลาไรเซชันของแสง

บันทึกผลการทดลองตอนที่ 3

θ (องศา)	I (lux)	I/I_m	$\cos\theta$	$\cos^2\theta$
0	$I_m = I =$ _____	1	1	1

วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองตอนที่ 3

.....

.....

.....

.....

.....

บทปฏิบัติการที่ 4 การเลี้ยวเบนของแสง

ตารางบันทึกผลการทดลองตอนที่ 4

หมายเหตุ: การบันทึกผลการทดลองควรคำนึงถึงเลขนัยสำคัญด้วย

ขนาดช่องสลิต (a)	$\frac{1}{a}$ (m^{-1})	L (m)	y_1 (m)	$Z = \sqrt{L^2 + y_1^2}$	$sin\theta = \frac{y_1}{Z}$
A = ____x10^{-6} m					
B = ____x10^{-6} m					
C = ____x10^{-6} m					
D = ____x10^{-6} m					

วิเคราะห์และสรุปการทดลองตอนที่ 4

.....

.....

.....

.....

.....