

## โพลาริเซชันและการกระจายแสง

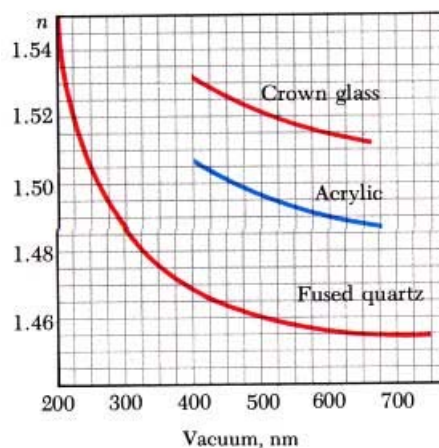
แหล่งกำเนิดแสงทั่วไปให้แสงหลายความยาวคลื่น แสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันนี้จะมีสีต่างกัน ซึ่งสามารถมองเห็นได้เมื่อผ่านกระบวนการกระจายแสง ในบทนี้จะได้กล่าวถึงโพลาริเซชันของแสง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสั่นของสนามไฟฟ้าที่เป็นองค์ประกอบของแสง

### 17.1 การกระจายแสง (Light Dispersion)

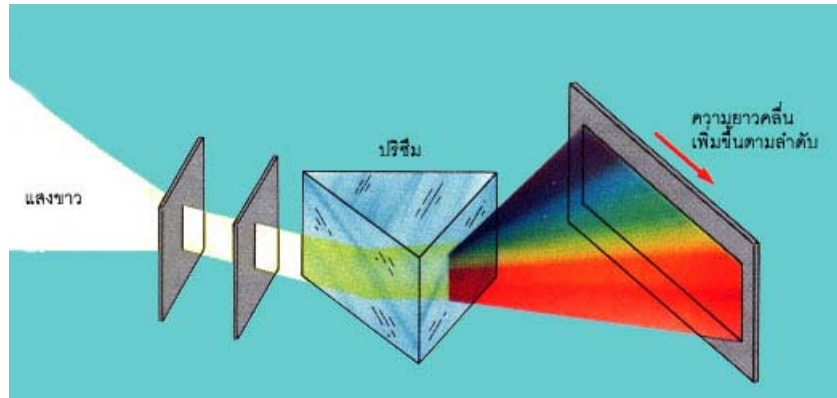
แสงแดดประกอบด้วยคลื่นหลายความยาวคลื่น (นั่นคือประกอบด้วยหลายสี) ที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากันรวมกันเป็นแสงขาว เมื่อแสงตกกระทบวัตถุแต่ละชิ้นจะมีการสะท้อนและดูดกลืนต่างกันออกไป วัตถุที่สะท้อนแสงสีแดงได้ดี แต่ดูดกลืนสีอื่น ๆ จะถูกมองเห็นเป็นสีแดง วัตถุสีดำจะดูดกลืนแสงได้ดีและไม่สะท้อน ส่วนวัตถุที่สะท้อนแสงได้ดีทุกสีจะมีสีขาว นอกจากนี้ปรากฏการณ์ธรรมชาติ เช่นการเกิดรุ้งกินน้ำ แสดงให้เห็นว่าแสงขาวประกอบด้วยแสงหลายสี ซึ่งกระบวนการเช่นนี้เรียกว่า การกระจายแสง วิธีการกระจายแสงที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการคือ การใช้ปริซึม หรือการใช้เกรตติ้ง

#### 17.1.1 การกระจายแสงโดยการหักเหผ่านปริซึม

ปริซึมสามารถกระจายแสงเป็นสีต่าง ๆ ได้ เพราะดัชนีหักเหของแก้วหรืออะคลิลิกที่ใช้ทำปริซึมมีค่าขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นแสง เนื่องจากค่าดัชนีหักเห  $n = \lambda_0 / \lambda_n$  (เมื่อ  $\lambda_0$  = ความยาวคลื่นของแสงในสุญญากาศ และ  $\lambda_n$  = ความยาวคลื่นของแสงในตัวกลาง) ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีหักเห ( $n$ ) กับความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) ของวัสดุสามชนิด ดังแสดงในภาพที่ 17-1 จากกราฟดัชนีหักเหของตัวกลางมีแนวโน้มลดลงเมื่อความยาวคลื่นเพิ่มขึ้น จากกฎของสเนลล์ เมื่อแสงแต่ละสีที่มีความยาวคลื่นต่างกันตกกระทบตัวกลางจะหักเหเป็นมุมที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 17-1 ดัชนีหักเหของวัสดุตัวอย่างสามชนิดที่เปลี่ยนแปลงตามความยาวคลื่นแสง

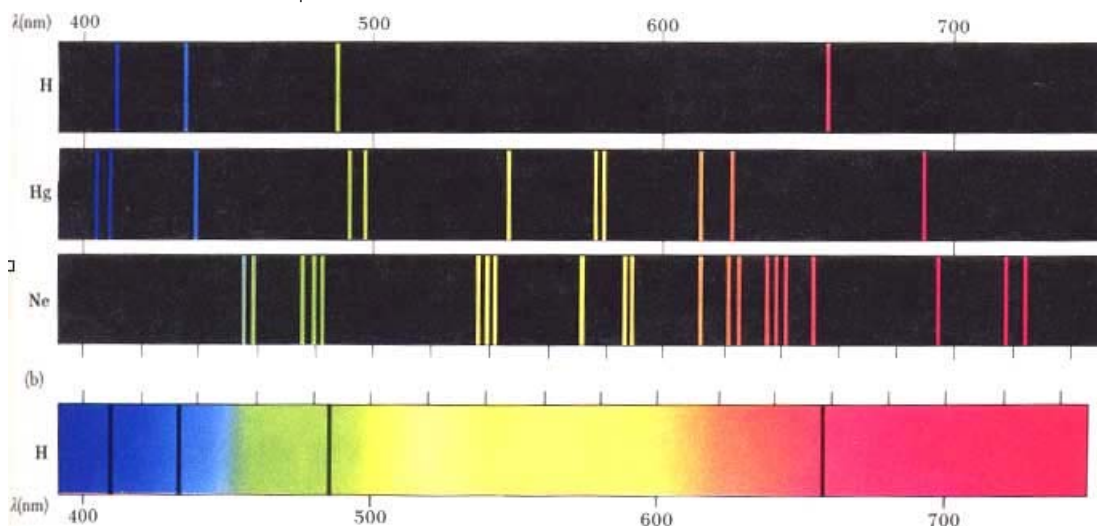


ภาพที่ 17-2 การกระจายแสงผ่านปริซึม

เมื่อให้แสงขาวหักเหผ่านปริซึม แสงสีขาวจะกระจายเป็นสีต่าง ๆ เรียกว่าสเปกตรัมสี ประกอบด้วยสีแดง ส้ม เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม และม่วง โดยสีม่วงจะหักเหเป็นมุมปายเบนมากที่สุด มุมปายเบนเป็นค่ามุมที่วัดระหว่างแนวรังสีของแสงที่หักเหออกจากปริซึมเทียบกับแนวรังสีของแสงที่เข้าสู่ปริซึม

### 17.1.2 การกระจายโดยการเลี้ยวเบนผ่านเกรตติง

ถ้าให้แสงขาว เช่น แสงแดดส่องผ่านเกรตติง เนื่องจากความยาวคลื่นที่แตกต่างกันแสงแต่ละสีจะเลี้ยวเบนได้แตกต่างกัน ทำให้มองเห็นแสงที่เลี้ยวเบนเป็นชุด ๆ ที่มีเลขลำดับแตกต่างกัน ในแต่ละชุดจะประกอบด้วยสี 7 สี แต่ถ้าใช้แสงจากหลอดสเปกตรัม (Spectrum Tube) เช่น หลอดโซเดียมหรือหลอดไฮโดรเจนผ่านเกรตติง จะได้สเปกตรัมที่เป็นสมบัติเฉพาะของธาตุที่เป็นก๊าซในหลอด มีสีไม่ครบทุกสีและไม่ต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพที่ 17-3

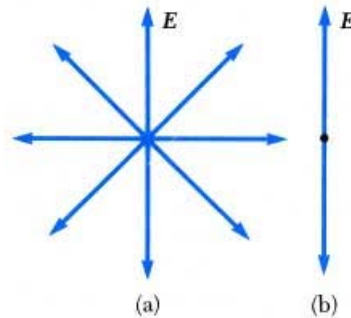


ภาพที่ 17-3 สเปกตรัมของธาตุและแสงแดด

### 17.2 โฟลาไรเซชัน (Polarization)

การที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีเวกเตอร์สนามไฟฟ้า ( $E$ ) สั่นอยู่ในทิศทางเดียว ทิศของสนามไฟฟ้านี้เรียกว่าเป็น ทิศโพลาไรเซชันของคลื่น กรณีที่คลื่นมีสนามไฟฟ้าสั่นอยู่ในหลายทิศทางจะเป็นคลื่นแบบไม่โพลาไรส์ (Unpolarized Wave) ดังแสดงในภาพที่ 17-4(a)

โพลาริเซชันของแสงมีหลายชนิด แสงจะมีโพลาริเซชันเชิงเส้น (Linear Polarization) หรือโพลาริเซชันเชิงระนาบ (Plane Polarization) ถ้าสนามไฟฟ้าสั้นในทิศทางเดียวตลอดเวลา ดังแสดงในภาพที่ 4(b) โพลาริเซชันแบบอื่น ๆ ได้แก่ Circularly Polarization และ Elliptically Polarization ซึ่งจะไม่กล่าวถึงรายละเอียดในที่นี้



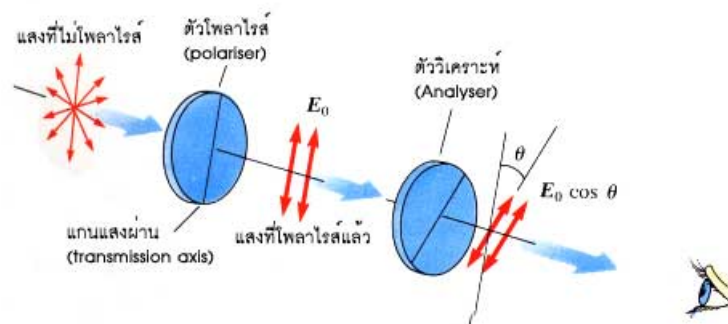
ภาพที่ 17-4 การสั้นของเวกเตอร์สนามไฟฟ้า (a) หลายทิศทาง (b) ทิศทางเดียวหรือเชิงระนาบ

คลื่นแสงที่ไม่โพลาริเซชัน สามารถทำให้โพลาริเซชันได้ด้วยกระบวนการ

- การเลือกดูดกลืนคลื่น (Selective Absorption)
- การสะท้อน (Reflection)
- การหักเหซ้อน (Double Refraction)
- การกระเจิง (Scattering)

### 17.2.1 โพลาริเซชันโดยการเลือกดูดกลืน

วัสดุที่มีสมบัติไดโครอิก (Dichroic) ยอมให้แสงที่มีทิศโพลาริเซชันเดียวผ่านและดูดกลืนแสง ในที่มีระนาบโพลาริเซชันอื่น ๆ เมื่อนำมาสังเคราะห์เป็นแผ่นโพลาริเซชัน (Polariser) จะทำให้แสงที่ส่องผ่านมีเวกเตอร์สนามไฟฟ้าสั้นในทิศทางเดียว



ภาพที่ 17-5 โพลาริเซชันโดยการเลือกดูดกลืน ด้วยแผ่นโพลาริเซชันสองแผ่น

การใช้แผ่นโพลาริเซชันสองแผ่น เรียกว่า Polariser และ Analyser ตามลำดับการวาง ดังแสดงในภาพที่ 17-5 จึงสามารถลดความเข้มของแสงเป็นค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

เมื่อแสงผ่าน Polariser (แผ่นแรก) คลื่นแสงจะมีเวกเตอร์สนามไฟฟ้า  $E_1$  สั้นในทิศทางเดียว เมื่อแสงผ่านแผ่นที่สอง Analyser ที่มีสมบัติเหมือนกัน แต่บิดแนวแกนเป็นมุม  $\theta$  เทียบกับตัวแรก คลื่นแสงผ่านตัวที่สองจะมีค่าสนามไฟฟ้าลดลงเป็น  $E_2$  ที่มีค่า

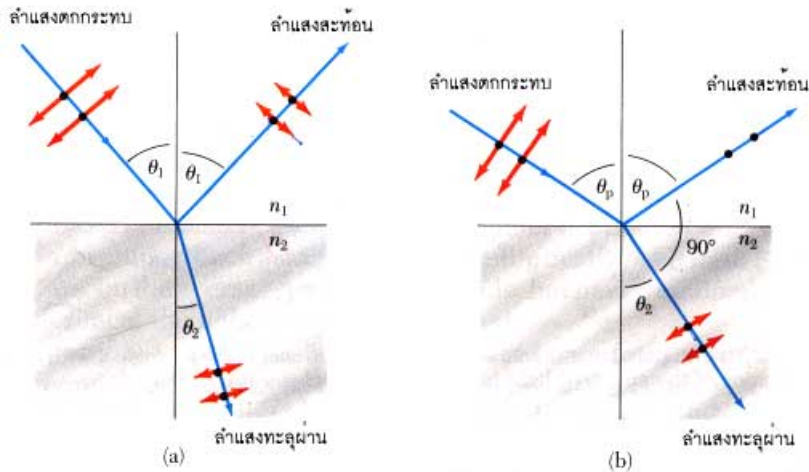
$$E_2 = E_1 \cos \theta \quad (17-1)$$

จากทฤษฎีแม่เหล็กไฟฟ้า ค่าความเข้มแสง ( $I$ ) แปรผันตามค่าสนามไฟฟ้ายกกำลังสอง ดังนั้น

$$I_2 = I_1 \cos^2 \theta \quad (17-2)$$

เรียกว่า Malus's law ใช้กับแสงที่โพลาริส์เชิงเส้น (หรือเชิงระนาบ) เท่านั้น

### 17.2.2 โพลาริส์โดยการสะท้อน



ภาพที่ 17-6 การสะท้อน (a) กรณีทั่วไป (b) กรณีที่สะท้อนเป็นแสงโพลาริส์

เมื่อแสงที่ไม่โพลาริส์ตกกระทบผิวรอยต่อระหว่างตัวกลาง  $n_1$  และ  $n_2$  (ดังภาพที่ 17-6) แสงที่สะท้อนจะเป็นแสงโพลาริส์ได้ เมื่อมุมระหว่างรังสีสะท้อนกับรังสีหักเหเป็นมุมฉาก

จากภาพที่ 17-6

$$\theta_p + 90^\circ + \theta_2 = 180^\circ \quad (17-3)$$

$$\theta_2 = 90^\circ - \theta_p \quad (17-4)$$

โดยที่  $\theta_p$  คือมุมโพลาริส์ (Polarizing Angle) เป็นมุมตก (ซึ่งเท่ากับมุมสะท้อน) ที่ทำให้เกิดการสะท้อนเป็นแสงโพลาริส์ทั้งหมด และ  $\theta_2$  คือมุมหักเห

ใช้กฎของสเนลล์

$$n_1 \sin \theta_p = n_2 \sin \theta_2 \quad (17-5)$$

แทนค่า  $n_1 = 1$  (อากาศ),  $n_2 = n$  (วัสดุใด ๆ)

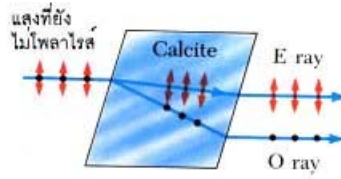
$$\sin \theta_p = n \sin (90^\circ - \theta_p) = n \cos \theta_p \quad (17-6)$$

$$n = \tan \theta_p \quad (17-7)$$

เรียกว่า Brewster's law สามารถใช้หาค่าดัชนีหักเหของวัสดุ โดยการวัดค่ามุมโพลาริส์ค่าเดียวเท่านั้น

### 17.2.3 โพลาริส์โดยการหักเหซ้อน

วัสดุบางชนิดเช่นแคลไซต์หรือควอตซ์ มีคุณสมบัติที่เรียกว่า Birefringent คือมีค่าดัชนีหักเห 2 ค่า เนื่องจากแสงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่เท่ากันในแต่ละทิศทางของผลึก เมื่อฉายแสงที่ไม่โพลาริส์เข้าสู่ผลึกของวัสดุเหล่านี้ แสงที่หักเหออกมาจึงเป็นลำแสงโพลาริส์

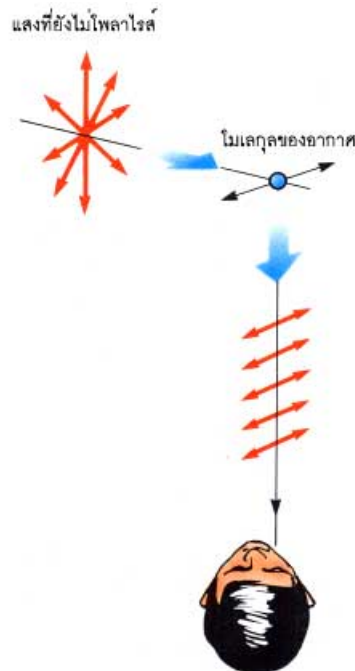


ภาพที่ 17-7 โพลาริเซชันโดยการหักเหซ้อนในผลึกแคลไซต์ทำให้ได้ลำแสง E Ray และ O Ray ที่โพลาริเซชัน

#### 17.2.4 โพลาริเซชันโดยการกระเจิง

เมื่อแสงที่ไม่โพลาริเซชันเคลื่อนที่ผ่านกลุ่มอนุภาค เช่น ควันที่แสงแดดผ่านอากาศ จะเกิดปรากฏการณ์การกระเจิง (Scattering) แสงที่กระเจิงจะโพลาริเซชันบางส่วน

พิจารณา คลื่นแสงความยาวคลื่น  $\lambda$  ตกกระทบโมเลกุลก๊าซในอากาศ ขนาด  $d$  โดย  $d \ll \lambda$  (โมเลกุลออกซิเจนและไนโตรเจนในบรรยากาศมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับ 0.2 นาโนเมตร) เนื่องจากความเข้มแสงที่กระเจิงมีค่าแปรผกผันตาม  $\lambda^4$  ดังนั้น แสงที่มีความยาวคลื่นสั้น (แสงสีน้ำเงิน) สามารถกระเจิงได้มากกว่าแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่า (เช่นสีแดง) ดังนั้นท้องฟ้าจึงปรากฏให้เห็นเป็นสีน้ำเงิน



ภาพที่ 17-8 การกระเจิงของแสงโดยโมเลกุลในอากาศ

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คดีปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1</b> <span style="float: right;"></span>	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2</b> <span style="float: right;"></span>	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป</b> <span style="float: right;"></span>	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

