บทที่ 9
แสงสว่าง

ธรรมชาติของแสง

แสงสว่างนับเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งที่มีความสำคัญ และเกี่ยวข้องกับความเป็นอยู่ในชีวิตประจำวันของมนุษย์มาก วิชาฟิสิกส์ที่เกี่ยวกับแสงสว่างได้พัฒนามาจากการสังเกต ทดลองของนักวิทยาศาสตร์หลายคนแล้วสร้างกฎเกณฑ์ขึ้นมา และได้นำกฎเกณฑ์เกี่ยวกับแสงสว่างมาประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์มากมาย เรื่องของแสงสว่างถ้ากล่าวโดยละเอียดต้องใช้เวลามาก ดังนั้นสิ่งที่จะกล่าวถึงในบทนี้เป็นเรื่องของแสงโดยสังเขปเท่านั้น

เซอร์ ไอแซค นิวตัน (Sir Isac Newton) เป็นนักฟิสิกส์คนแรกที่ได้รับเกียรติว่าเป็นผู้ตั้งทฤษฎีของแสงขึ้น นิวตันแถลงไว้ว่า "แสงสว่างเกิดจากสิ่งที่ให้กำเนิดแสงทำให้เกิดอนุภาคเล็ก ๆ ที่เรียกว่า คอร์พัสเซิล (corpuscles) แล้วส่งให้มันเคลื่อนที่ไปในอวกาศเป็นเส้นตรง ทำให้เกิดเป็นแสงสว่างขึ้น" ทฤษฎีนี้ต่อมามีชื่อว่า ทฤษฎีอนุภาคของแสง (corpuscular theory) มีนักวิทยาศาสตร์อีกกลุ่มหนึ่ง โดยการนำของ ไฮเกน (Huygen) เชื่อว่าแสงเป็นคลื่นพลังงานชนิดหนึ่ง ซึ่งสิ่งกำเนิดแสงทำให้เกิดขึ้นแล้วส่งแผ่กระจายไปทุกทิศทุกทาง โดยมีอีเทอร์ (ether) เป็นพาหนะพาไปมากกว่า ทฤษฎีนี้เรียกว่า "ทฤษฎีคลื่นแสง"

ถ้าทฤษฎีทางแสงของนิวตันเป็นจริง แสงจะเดินทางในน้ำได้เร็วกว่าแสงเดินทางในอวกาศ ถ้าทฤษฎีของไฮเกนเป็นจริง แสงจะเดินทางในอากาศได้เร็วกว่าแสงเดินทางในน้ำ อย่างไรก็ดีไม่มีใครที่ถูกต้องโดยสมบูรณ์ ของนิวตันผิดตรงที่ว่าแสงเดินทางในน้ำได้เร็วกว่าแสงเดินทางในอากาศ เพราะฟูคอลท์ (Foucault) ได้ทดลอง พิสูจน์ว่าแสงเดินทางในอากาศได้เร็วกว่าแสงเดินทางในน้ำ ทำให้ทฤษฎีของไฮเกนถูกต้องในแง่นี้ แต่ทฤษฎีของไฮเกนก็ผิดที่บอกว่าแสงเดินทางโดยมีอีเทอร์เป็นพาหนะนำไป เพราะจากการทดลองของมอร์เลย์และไมเคิลสัน (Morley - Michelson) แสดงว่าอีเทอร์ไม่มีจริง

จากทฤษฎีอนุภาคแสงของนิวตัน นำไปสู่วิชาทางแสงสมัยใหม่ ซึ่งเริ่มจากการทดลองของคอมพ์ตัน (Compton) ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์คอมพ์ตัน (Compton's Effect) หรือปรากฏการณ์ที่เรียกว่า ปรากฏการณ์โฟโตอิเลกตริก (photoelectric effect) ของไอสไตน์ การทดลองเหล่านี้แสดงว่าแสงเป็นเม็ดอนุภาค พิจารณาปรากฏการณ์ที่เรียกว่าโฟโตอิเลกตริก คำว่า "โฟโต" แปลว่าแสง หรืออะไรที่เกี่ยวกับแสง อย่างเช่น ร้านถ่ายรูปก็มีคำว่า โฟโต เพราะการ

ถ่ายรูปต้องใช้แสง หรือการสังเคราะห์แสงของใบไม้มาจากคำว่า (photosynthesis) อิเลกตริก หมายถึง ที่เกี่ยวกับอิเลกตรอน โฟโตอิเลกตริก ก็คือ แสงกับอิเลกตรอน ปรากฏการณ์นี้เกิดจากการฉายแสงไปยังแผ่นโลหะบาง ๆ ด้วยความถี่ของคลื่นที่พอเหมาะจะทำให้อิเลกตรอนหลุดออกมาจากแผ่นโลหะนั้น ซึ่งไอสไตน์สามารถวัดปริมาณของอิเลกตรอนทางด้านตรงข้ามกับที่ฉายแสงเข้าไปได้ ปรากฏการณ์คอมพ์ตันก็คล้ายการทดลองโฟโตอิเลกตริก เพียงแต่แสงที่ฉายเข้าไปมีพลังงานน้อยกว่าของโฟโตอิเลกตริก โดยการวัดแสงที่กระเจิงออกมาจากแผ่นโลหะทำให้คอมพ์ตันรู้พลังงาน และโมเมนตัมที่แสงสูญเสียให้กับอนุภาคภายในอะตอม เช่น อิเลกตรอน ซึ่งการที่แสงมีคุณสมบัติดังปรากฏการณ์คอมพ์ตัน และปรากฏการณ์โฟโตอิเลกตริกได้นั้น แสงต้องมีคุณสมบัติเป็นอนุภาคหรือก้อนพลังงานของแสง เรียกว่า โฟตอน (photon)

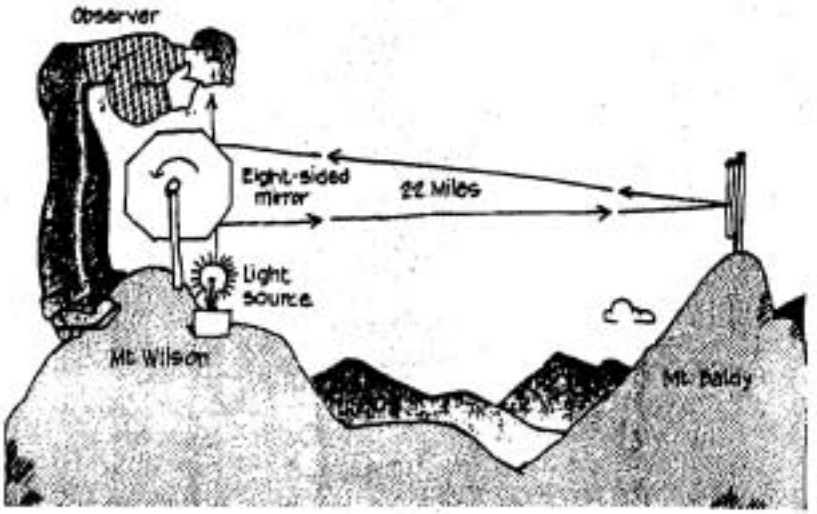
จากเหตุผลที่กล่าวมานี้เราจะเห็นแล้วว่า เราเอาความถูกต้องของนิวตันและของไฮเกนมารวมกันและสรุปว่า แสงเป็นสิ่งที่มีคุณสมบัติประจำตัวสองอย่าง (dual properties) คือ เป็นทั้งคลื่นพลังงานขณะที่มันเคลื่อนที่ไปในอวกาศ และถ้าพิจารณาที่จุดใดจุดหนึ่งในคลื่นแสง หรือเวลาที่แสงทำปฏิกิริยากับสิ่งอื่นแล้ว มันเป็นก้อนพลังงาน มีชื่อว่าโฟตอน

แสงสว่างคืออะไร

ความเร็วของแสง มนุษย์ในยุคโบราณเชื่อว่าความเร็วของแสงต้องมีค่าอนันต์ เพราะในที่ที่มีแสง เมื่อลืมตาก็เห็นแสงทันที ซึ่งความเชื่อนี้ก็ฝังอยู่ในความคิดของมนุษย์ยุคโบราณนับพัน ๆ ปี จนกระทั่งถึงสมัยของกาลิเลโอ จึงมีการพยายามจะวัดความเร็วของแสง โดยตัวกาลิเลโอและผู้ช่วยของเขา ถือตะเกียงกันคนละดวง ขึ้นไปบนยอดเขาสองลูกซึ่งรู้ระยะระหว่างเขาสองลูกนี้และอยู่ไม่ไกลกันนัก ให้สัญญาณเปิด-ปิด ดวงไฟแล้วจับเวลาและคำนวณหาความเร็วของแสง กาลิเลโอพบว่า เวลาที่แสงใช้ในการเดินทางกินเวลาน้อยมากจนบอกอะไรไม่ได้ เขาจึงสรุปว่าความเร็วของแสงต้องมีค่าอนันต์ หรือมีค่าสูงมาก ๆ จนเขาวัดไม่ได้ นักวิทยาศาสตร์คนแรกที่ประมาณค่าความเร็วของแสงได้ คือ นักดาราศาสตร์ชาวเดนมาร์ก ชื่อ โอลาฟ โรเมอร์ (Olaf Roemer) โดยการสังเกตการโคจรของดวงจันทร์ของดาวพฤหัส เมื่อตอนที่ดาวพฤหัสอยู่ใกล้โลกที่สุด กับตอนที่ดาวพฤหัสอยู่ไกลโลกที่สุดในวงโคจรรอบดวงอาทิตย์ เขาพบว่า ตอนที่ดาวพฤหัสอยู่ไกลโลกที่สุด ปรากฏการณ์ที่เขาพยากรณ์เอาไว้จะเกิดขึ้นช้ากว่าถ้าดาวพฤหัสอยู่ใกล้โลกที่สุด โรเมอร์สรุปว่า เวลาที่ช้าไป คือ เวลาที่แสงใช้ในการเดินทาง ดังนั้น โอลาฟ โรเมอร์จึงประมาณค่าความเร็วของแสงอย่างหยาบ ๆ ได้

ต่อจากนั้นได้มีนักวิทยาศาสตร์พยายามวัดความเร็วของแสงโดยวิธีต่าง ๆ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น จนมาถึงไมเคิลสันและมอร์เลย์ ทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ทฤษฎีของไฮเกนที่บอก

ว่ามีอีเทอร์เป็นตัวกลางของแสง และเป็นการหาความเร็วของแสงด้วย การทดลองของไมเคิลสัน คล้ายกับการทดลองของกาลิเลโอ คือ เขาใช้ยอดเขาสองลูกทางตอนใต้ของคาลิฟอร์เนีย ชื่อ เขาวิลสัน (Mount Wilson) กับ เขาซานแอนโทนิโอ (Mount San Antonio) ลูกหลังนี้ตอนหลังได้ชื่อใหม่ว่า เขาหัวโล้นหรือแบลดี (Mount Baldy) ระยะทางระหว่างสองยอดเขาเท่ากับ 22 ไมล์ (ประมาณ 35 กิโลเมตร) บนยอดเขาวิลสันติดตั้งเครื่องกำเนิดแสง ส่องไปกระทบกระจกเงารูปแปดเหลี่ยม ให้สะท้อนไปยังเขาแบลดี ซึ่งติดตั้งกระจกเงาราบบานใหญ่เพื่อให้แสงสะท้อนกลับมายังกระจกรูปแปดเหลี่ยมซึ่งหนุนได้อีกครั้งหนึ่ง แบบจำลองลักษณะการทดลองของไมเคิลสันได้แสดงไว้ในรูป 9.1



รูป 9.1 แบบจำลองการทดลองของไมเคิลสัน

ผลจากการทดลองไมเคิลสันสรุปว่า อีเทอร์ไม่มีจริง และเขาสามารถวัดความเร็วของแสงได้ละเอียดมาก ความเร็วของแสงในสุญญากาศและในอากาศมีค่าใกล้เคียงกัน คือ สามแสนกิโลเมตร/วินาที หรือหนึ่งแสนแปดหมื่นหกพันไมล์/วินาที การทดลองนี้ทำให้เขาได้รับรางวัลโนเบิล (Noble Prize)

เราได้รู้จักคลื่น ความถี่คลื่น และความยาวคลื่น มาแล้ว ค่าอัตราเร็วของคลื่นอาจเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$V = \lambda f$$

ในสุญญากาศ ความเร็วของแสงนิยมแทนด้วย c ซึ่งมีค่าดังนี้

$c = 3.0 \times 10^8$ m/s f คือ ความถี่ λ ความยาวคลื่น ความจริงแล้วมีคลื่นอีกหลายชนิดที่มีอัตราเร็วค่าเดียวกันนี้ ซึ่งเราเรียกคลื่นที่ความเร็วค่านี้ว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) ซึ่งรวมไปถึง คลื่นวิทยุ โทรทัศน์ เอกซเรย์ อินฟาเรด อุลตราไวโอเลต เราเคยทราบว่าหูมนุษย์เรามีความสามารถจำกัด คือ รับเสียงได้ ในช่วงความถี่ 20-20,000 เฮิรตซ์เท่านั้น ตาของมนุษย์เราก็มีความสามารถจำกัดเช่นกัน คือ สามารถรับแสงได้ในช่วงความถี่ 400×10^{12} เฮิรตซ์ ถึง 750×10^{12} เฮิรตซ์ ในกรณีของแสงเรานิยมพูดในเทอมของความยาวคลื่น คือ ตาสามารถรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้ในช่วงความยาวคลื่น 4000-7500 แองสโตรม (1 แองสโตรม เท่ากับ 10^{-10} เมตร) ดังนั้นเราอาจนิยมความหมายของแสงสว่างว่า แสงสว่างเป็นพลังงานชนิดหนึ่งที่ทำให้ประสาทตาเกิดการมองเห็น หรือพูดอีกนัยหนึ่งก็คือ แสงสว่างคือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ที่มีความยาวคลื่นในช่วง 4000-7500 แองสโตรม เนื่องจากแสงสว่างเป็นพลังงานจึงมีความสามารถในการทำงาน และแสงสว่างยังสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่นได้

แหล่งกำเนิดของแสง

แหล่งกำเนิดของแสงอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. แหล่งกำเนิดแสงที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่
   - ดวงอาทิตย์ ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ใหญ่ที่สุด โลกเราได้รับพลังแสงสว่างโดยตรงจากดวงอาทิตย์ และแสงสะท้อนจากดวงจันทร์ และดาวเคราะห์อื่น ๆ ในเวลากลางคืน
   - ดาวฤกษ์ต่าง ๆ ในเอกภพ เนื่องจากดาวฤกษ์เหล่านั้น อยู่ห่างไกลโลกเกินไป โลกจึงได้รับแสงสว่างจากดาวฤกษ์เพียงส่วนน้อย
2. แหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์ทำขึ้น ได้แก่ เครื่องมือที่เปลี่ยนพลังงานรูปอื่น ๆ ให้เป็นพลังงานแสงสว่างได้ เช่น
   - เครื่องมือที่ทำให้เกิดแสงสว่างจากพลังงานความร้อน เช่น โลหะที่เผาจนร้อนจัดทำให้เกิดแสงสว่างขึ้น
   - เครื่องมือที่ทำให้เกิดแสงสว่างจากพลังงานไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้าธรรมดาและหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ
   - เครื่องมือที่ทำให้เกิดแสงสว่างจากพลังงานเคมี โดยมากมักเป็นการสันดาปของธาตุหรือสารประกอบต่าง ๆ เช่น เผาไม้ จุดเทียน เผาถ่านหิน หรือเชื้อเพลิงต่าง ๆ

โชติเทหวัตถุและอโชติเทหวัตถุ

ถ้าเราพิจารณาวัตถุตามลักษณะการมีแสงสว่างในตัวเอง เราแบ่งวัตถุออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. โชติเทหวัตถุ คือ วัตถุใด ๆ ที่สามารถส่องแสงสว่างมาเข้าตาเราได้ด้วยตัวของมันเอง เช่น ดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์ หลอดไฟ หิ่งห้อย เป็นต้น
2. อโชติเทหวัตถุ คือ วัตถุที่ไม่มีแสงสว่างในตัวของมันเอง เราเห็นวัตถุนั้นได้เพราะวัตถุนั้นสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดอื่น ตัวอย่างของวัตถุชนิดนี้มีมากมาย เช่น โลก ดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ โต๊ะ เก้าอี้ เป็นต้น

ตัวกลาง

ตัวกลาง คือ สิ่งที่แสงเคลื่อนที่ผ่านไป แบ่งตามธรรมชาติของเนื้อสารที่เป็นตัวกลางออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

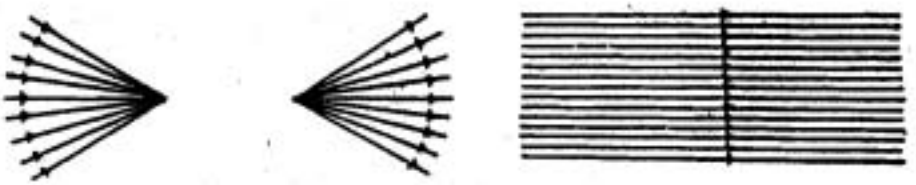
1. ตัวกลางเอกพันธุ์ (homogenous medium) คือ ตัวกลางที่มีเนื้อเดียวกันตลอด เช่น น้ำ แก้ว สุญญากาศ
2. ตัวกลางวิวิธพันธุ์ (heterogeneous medium) คือ ตัวกลางที่ไม่มีเนื้อเดียวกันตลอด อาจจะเกิดจากการเอาตัวกลางเอกพันธุ์หลายชนิดมาซ้อนกัน ตัวอย่างของตัวกลางชนิดนี้ เช่น อากาศบริเวณที่ถูกแดดเผาอยู่ตลอดเวลา ทำให้มันมีความหนาแน่นไม่เท่ากันเกิดเป็นชั้นทำให้แสงหักเหผ่านไปเป็นจำนวนไม่เท่ากัน

ลำแสงและพู่กันรังสี

เนื่องจากแสงเดินทางในตัวกลางเอกพันธุ์เป็นเส้นตรง เราจึงอาจแยกประเภทลำแสงออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. พู่กันรังสีขนาน เกิดจากรังสีหลาย ๆ รังสี ขนานกัน เช่น แสงสว่างมาจากดวงอาทิตย์
2. พู่กันรังสีตีบเข้า (convergent pencil) เกิดจากรังสีหลาย ๆ รังสีพุ่งเข้าหาจุดเดียวกัน เช่น รังสีที่เกิดจากการนำเอาเลนส์นูนไปรวมแสงอาทิตย์ รังสีเมื่อผ่านเลนส์นูนจะพุ่งไปยังจุดโฟกัส
3. พู่กันรังสีกระจายออก (divergent pencil) เกิดจากรังสีหลาย ๆ รังสีพุ่งออกจากจุดเดียวกัน เช่น รังสีเมื่อผ่านเลนส์เว้า แสงจากไฟฉาย และไฟรถยนต์

ตัวอย่างของพู่กันรังสีทั้ง 3 ชนิด แสดงได้ดังรูป 9.2



รูป 9.2 แสดงพู่กันรังสีกับแสง

ความเข้มของการส่องสว่าง

ความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงสว่างจะเปรียบเทียบกับความสว่างของเทียนมาตรฐาน (standard candle) ซึ่ง 1 กำลังเทียนมาตรฐาน หมายถึง ความสว่างจากเทียนไขปลาวาฬ ซึ่งเผาไหม้หมดเปลืองไปชั่วโมงละ 7.776 กรัม หรือ 120 เกรน ถ้าตัวกำเนิดแสงสว่างใดส่องสว่างเป็นห้าเท่าของเทียนมาตรฐาน ก็เรียกตัวกำเนิดแสงสว่างนั้นว่า มีกำลังห้าแรงเทียน ส่วนความเข้มของการส่องสว่างที่ระยะใด ๆ นั้น คือ กำลังส่องสว่าง หารด้วยระยะทางกำลังสอง อย่างเช่น หลอดไฟฟ้า 100 แรงเทียน จะให้ความเข้มของการส่องสว่างบนฉากซึ่งอยู่ห่าง 5 ฟุต เท่ากับ $100/(5)^2$ เท่ากับ 4 ฟุต-แคนเดิล เป็นต้น

ในการเปรียบเทียบความเข้มของการส่องสว่างนั้น ใช้เครื่องมือที่เรียกว่าโฟโตมิเตอร์ (photometer) ซึ่งมีรูปร่างดังรูป 9.3 ฉากที่อยู่กึ่งกลางจะทำด้วยกระดาษไข เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบความเข้มของแสงได้

รูป 9.3 โฟโตมิเตอร์

การสะท้อน การดูดกลืน และการเดินทางผ่านเข้าไปในตัวกลางได้ของแสง

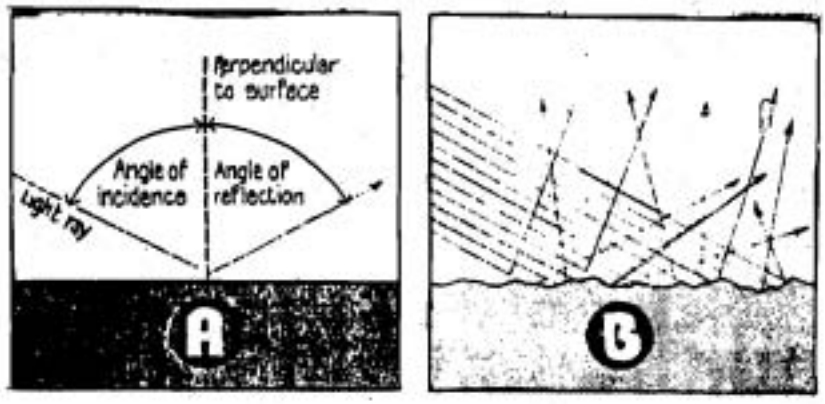
เราได้ทราบแล้วว่า ถ้าแสงเดินทางในตัวกลางเอกพันธุ์ชนิดหนึ่งแสงจะเดินทางเป็นเส้นตรง แต่ถ้าแสงเดินทางจากตัวกลางที่หนึ่งไปกระทบตัวกลางที่สอง ที่ผิวต่อระหว่างตัวกลางที่หนึ่งและที่สอง จะมีปรากฏการณ์ 3 อย่าง เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ คือ

1. การสะท้อนกลับ
2. การดูดกลืน
3. การทะลุผ่านไปแต่มีการหักเห

เพราะว่าแสงเป็นพลังงาน จึงต้องเป็นไปตามกฎอนุรักษ์พลังงาน กล่าวคือ พลังงานที่แสงสะท้อนกลับ บวก พลังงานที่ถูกดูดกลืน บวก พลังงานที่ทะลุผ่านไป ต้องเท่ากับพลังงานทั้งหมดของแสงที่ตกกระทบผิวต่อนั้น คุณสมบัติการสะท้อน การดูดกลืน และการหักเห ขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวกลางที่สอง

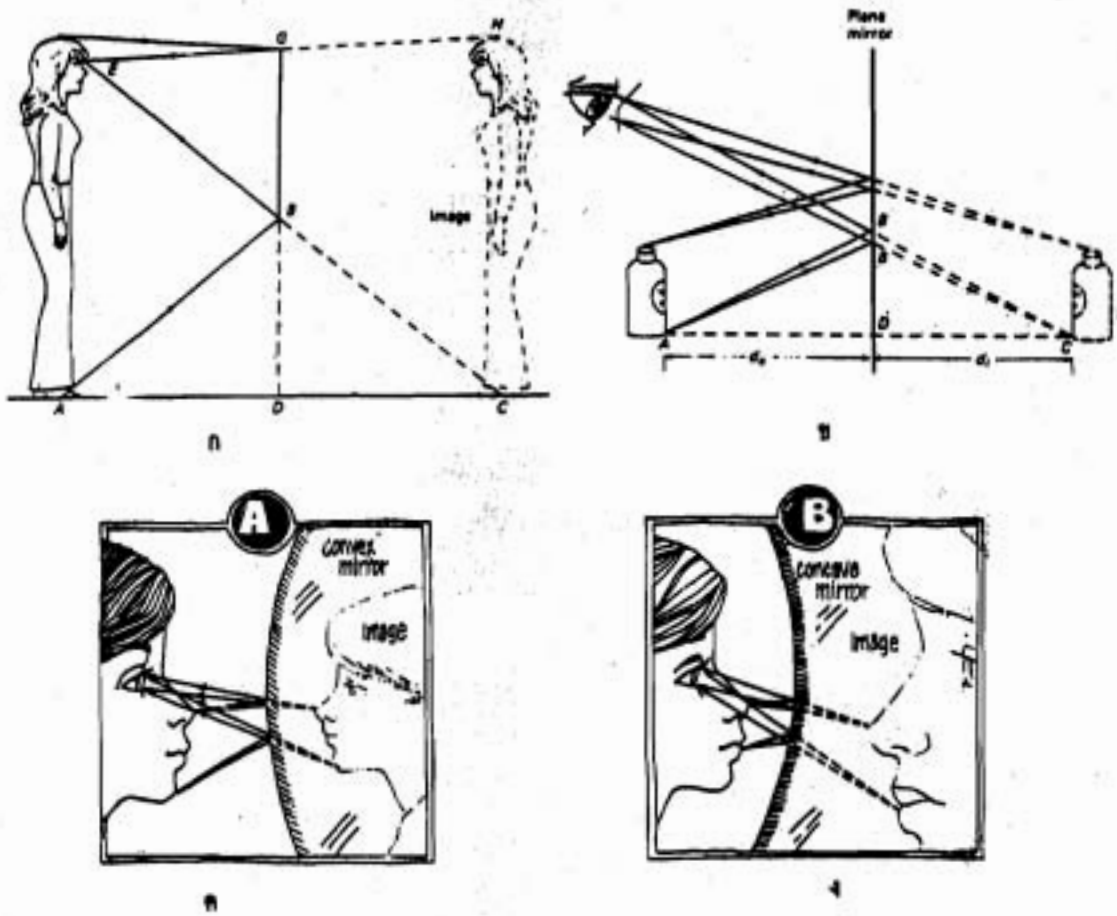
แทนที่จะศึกษากฎเกณฑ์การสะท้อนและการหักเหของแสงโดยละเอียด เราจะดูผลของมันที่เราได้พบได้เห็นในชีวิตประจำวัน

การสะท้อนแสงนั้นเราพบเห็นเป็นประจำ เพราะว่าการส่องกระจกคือ การใช้กฎการสะท้อนแสง อย่าลืมว่าภาพที่เห็นในกระจกเงานั้นจะกลับซ้ายเป็นขวาที่เราเรียกว่า ปรัศภาควิโลม หมายความว่า ถ้าคนหวีผมแสกขวา ภาพตัวเองในกระจกจะหวีผมแสกซ้าย กล้องเปอริสโคป (periscope) ที่เราเรียกว่า กล้องดูแห่ หรือ กล้องตาเรือ ที่ใช้ในเรือดำน้ำสมัยแรก กระจกในห้องผ่าตัด กระจกส่องดูของทันตแพทย์ พวกนี้ล้วนใช้กฎการสะท้อนแสง การสะท้อนแสงจะได้ดีหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะผิวของรอยต่อ ถ้าผิวเป็นเงามันก็สะท้อนแสงได้มาก ผิวขรุขระจะสะท้อนแสงได้ไม่ดี นอกจากนั้น การสะท้อนแสงยังขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบ (angle of incidence) ด้วยมุมตกกระทบคือมุมที่วัดจากแนวตั้งฉากกับผิวไปยังรังสีตกกระทบ (ดูรูป 9.4) ถ้ามุมตกกระทบน้อยการสะท้อนแสงจะน้อยกว่ามุมตกกระทบใหญ่ ถ้าอยากเรียนรู้กฎการสะท้อนแสง หาไฟฉายสักกระบอกหนึ่งถือเข้าไปในห้องมืด ๆ ที่มีกระจกเงา แล้วส่องไฟไปที่กระจกเงาด้วยมุมต่าง ๆ กัน สังเกตว่ามุมสะท้อน (angle of reflection) มีความสัมพันธ์กับมุมตกกระทบอย่างไร (เท่ากัน)



รูป 9.4 การสะท้อนแสง

จากความรู้ทางฟิสิกส์เรื่องการสะท้อนแสง เราจะเห็นว่า ในการที่จะส่องกระจกเพื่อให้เห็นตัวเราทั้งตัวนั้น ไม่จำเป็นที่จะต้องใช้กระจกขนาดเท่าตัวเรา เราต้องการเพียงครึ่งหนึ่งของความสูงของตัวเราเท่านั้น แต่ต้องวางอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง (ขอบบนกระจกต่ำกว่าระดับสูงของศีรษะประมาณ 5 เซนติเมตร) ดังรูป 9.5 (ก) รูป 9.5 (ข) แสดงการเห็นภาพของวัตถุอื่นในกระจกเงา นอกจากที่กล่าวมาแล้วการสะท้อนแสงยังให้ผลทางอารมณ์ ลองไปส่องกระจกที่ใช้สำหรับมองหลังรถยนต์ที่ติดอยู่ข้างรถ เอาหน้าไปใกล้ ๆ กระจก แล้วจะพบว่าหน้าเปลี่ยนไป อารมณ์อาจเสียถ้าเห็นมันไม่สวย บางคนอาจขบขัน กระจกมองหลังรถยนต์เป็นกระจกโค้งนูนมีไว้เพื่อให้มองเห็นด้านหลังรถยนต์ได้กว้าง ๆ รูป 9.5 (ค) เป็นภาพที่เกิดจากกระจกโค้งนูน รูป 9.5 (ง) เป็นภาพที่เกิดจากกระจกโค้งเว้า



รูป 9.5 การสะท้อนของกระจกเงา

การดูดกลืน วัตถุสีดำดูดแสงได้ดีมาก คือ ได้เกือบหมด เปอร์เซ็นต์ในการดูดกลืนขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบด้วย อย่างเช่น ถ้าแสงอาทิตย์ตกตั้งฉากกับผิวหรือมุมตกกระทบเท่ากับศูนย์ สมมติว่าผิวที่กล่าวถึง คือ ผิวน้ำ แสงเกือบทั้งหมดจะหักเหเข้าไปในน้ำ และบางส่วนจะถูกดูดกลืนเอาไว้ แต่ถ้าแสงตกกระทบเป็นมุมเอียง แสงส่วนมากจะสะท้อนกลับ ดังนั้นด้วยเหตุผลนี้เองที่เราสามารถมองภาพดวงอาทิตย์ในน้ำด้วยตาเปล่าในเวลาก่อนเที่ยง เที่ยง หรือบ่ายเล็กน้อย แต่ถ้าเป็น 9.00, 10.00, 14.00, 16.00 น. เมื่อมองดูภาพดวงอาทิตย์ในน้ำจะทำให้ตาพร่าได้ ยิ่งเป็นเวลาที่ดวงอาทิตย์อยู่ใกล้ขอบฟ้าด้วยแล้วเราแทบมองไม่ได้เลย

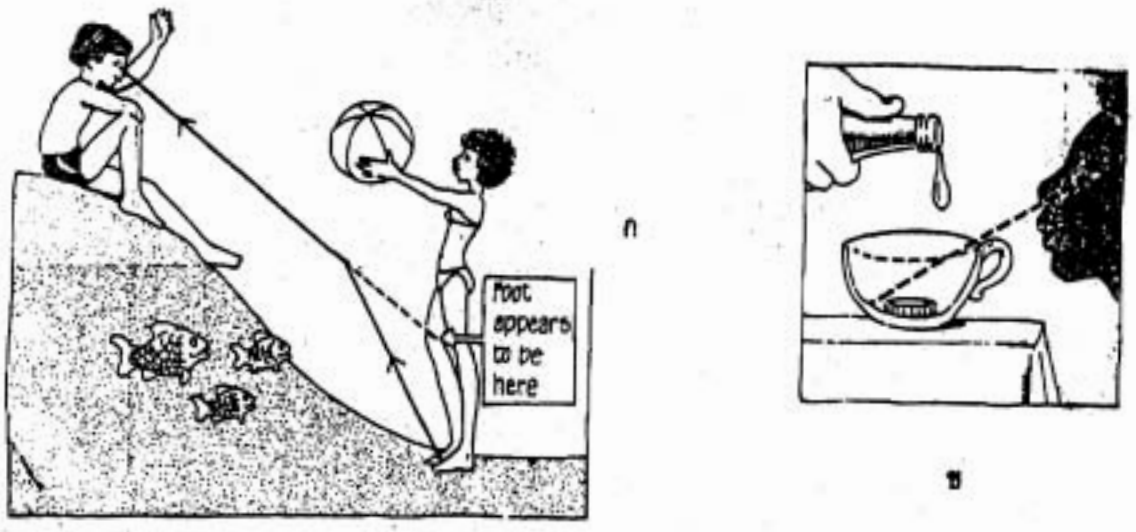
การเดินทางผ่านเข้าไปในตัวกลางของแสง ส่วนสุดท้ายของแสงเมื่อแสงตกกระทบบนรอยต่อของตัวกลางคือ ทะลุผ่านไป แต่จะมีการหักเห เราจะแบ่งตัวกลางตามลักษณะการยอมให้แสงผ่านออกเป็น 3 ชนิดคือ

1. ตัวกลางทึบแสง (opaque) พวกนี้ยอมให้แสงผ่านน้อยมากหรือไม่ยอมให้ผ่านเลย แสงส่วนใหญ่เมื่อตกกระทบอาจจะถูกสะท้อนกลับเกือบหมด เช่นกระจกเงา หรืออาจจะถูกดูดกลืนเกือบหมด เช่น วัตถุสีดำทึบ หรือ ผ้าดำหนา ๆ โลกเราก็เป็นวัตถุทึบแสง

2. ตัวกลางโปร่งแสง (translucent) พวกนี้ยอมให้แสงผ่านได้บ้างแต่ไม่ทั้งหมด แสงที่ผ่านเข้าไปในตัวกลางชนิดนี้จะเบี่ยงเบนไปในตัวกลางนั้นทำให้ทิศทางของแสงเปลี่ยนไปจากเดิมมากจนทำให้เราไม่สามารถมองเห็นวัตถุในตัวกลางนั้นได้ชัดเจนนัก เห็นแต่เงาพร่า ๆ เท่านั้น ตัวกลางชนิดนี้ได้แก่ พวกกระจกฝ้าที่เราใช้ทำกระจกห้องน้ำ หรือกระจกประตูห้องทำงาน

3. ตัวกลางโปร่งใสหรือตัวกลางโปร่งตา (transparent) พวกนี้ยอมให้แสงผ่านได้เกือบหมด ตาเราสามารถมองเห็นวัตถุในตัวกลางชนิดนี้ได้ชัดเจน เช่น กระจกใส น้ำใส อากาศ

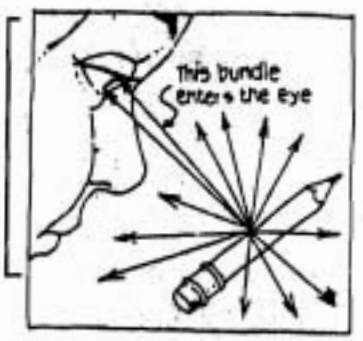
การหักเหของแสง (refraction) เนื่องจากแสงเดินทางในตัวกลางต่างชนิดกันด้วยความเร็วไม่เท่ากัน และแสงยังเปลี่ยนทิศทางด้วย เราเรียกว่าแสงเกิดการหักเหภาพดู ปลา หอยที่เราเห็นที่พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ หรือตู้เลี้ยงปลาของเราเองก็ดี คุณจะเห็นมันอยู่ใกล้กว่าความเป็นจริง ดินสอ หรือไม้บรรทัดที่แช่อยู่ในแก้วน้ำ เราจะเห็นเสมือนมีรอยหักที่ผิวน้ำ ลองสังเกตคนที่ยืนในสระว่ายน้ำ หรือในน้ำทะเล จะเห็นเสมือนว่าช่วงที่แช่อยู่ในน้ำตื้นเขินขึ้นมา ดังรูป 9.6 (ก) เราอาจจะทดลองเรื่องการหักเหของแสงโดยถ้วยกาแฟหรือชามก๋วยเตี๋ยว หรือชามแกงมาใบหนึ่งเอาเหรียญบาทวางไว้ที่ก้นถ้วย มองในทิศทางเอียง ๆ เล็งที่ขอบถ้วยหรือขอบชาม จัดศีรษะให้พอมองเห็นเหรียญได้พอดี แล้วเทน้ำใส่ถ้วยหรือชามลงไปเบา ๆ เพื่อไม่ให้เหรียญเคลื่อนที่ เราจะสังเกตเห็นเหรียญค่อย ๆ เลื่อนขึ้น ทั้ง ๆ ที่เหรียญจริงยังอยู่ที่เดิม ดังรูป 9.6 (ข) คนที่ใช้ฉมวกแทงปลาหรือพวกที่ใช้ปืนยิงปลา รู้พิสิกส์ข้อนี้ดี คือเขาจะเล็งฉมวกหรือปืนให้ต่ำกว่าที่เขาเห็นเล็กน้อยเพื่อให้ถูกปลาตัวจริง



รูป 9.6 การหักเหของแสง

แสงกับการมองเห็น

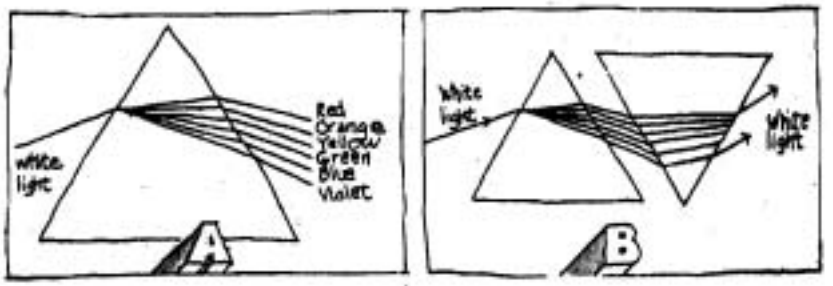
มนุษย์ตีกตำบรรพ์หรือแม้แต่เด็ก ๆ บางคนในสมัยนี้ อาจจะคิดว่าการที่เรามองเห็นวัตถุได้ เพราะมีแสงพุ่งออกจากตาไปถูกวัตถุนั้น คล้าย ๆ กับแสงที่พุ่งออกจากตาฝี หรือตาสัตว์ประหลาดที่ดูในภาพยนตร์หรือโทรทัศน์ แม้แต่เพลโตก็ยังเคยเชื่อว่า การมองเห็นนั้นเกิดจากดวงตาส่งกระแสอะไรอย่างหนึ่งไปสัมผัสวัตถุนั้น เหล่านักปรัชญากรีกโบราณเชื่อว่า ดวงตาก็เหมือนธนู คือเป็นตัวรับคลื่น ไม่ใช่ตัวส่งคลื่น การที่จะเห็นวัตถุใดก็เพราะมีแสงจากวัตถุนั้นมาเข้าตาเรา ซึ่งแสงจากวัตถุอาจจะเป็นแสงของวัตถุเอง เช่น ดวงอาทิตย์ หรือแสงสะท้อนจากวัตถุนั้น เช่น ดวงจันทร์ก็ได้ ดูตัวอย่างในรูป 9.7



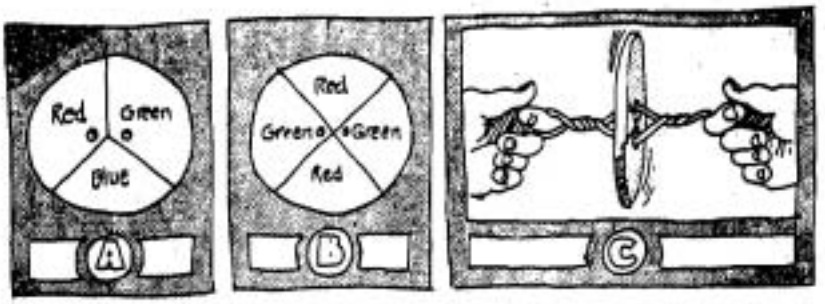
รูป 9.7 การมองเห็นเกิดจากการสะท้อนจากวัตถุเข้าตา

ในสมัยก่อนนิวตันมีความเชื่อว่า แสงสีขาวที่เรามองเห็นเป็นแสงบริสุทธิ์ คือ แยกไม่ได้ นิวตันได้พิสูจน์ให้เห็นว่า แสงสีขาวที่เรามองเห็นประกอบด้วยแสงเจ็ดสี โดยใช้แท่งแก้วสามเหลี่ยมที่เรียกว่า ปริซึม แยกแสงสีขาวออกเป็นสเปกตรัม (spectrum) ของสี ภาษาอังกฤษใช้ชื่อย่อ ๆ ว่า VIBGYOR V (Violet) สีม่วง I (indigo) สีคราม B (blue) สีน้ำเงิน G (green) สีเขียว Y (yellow) สีเหลือง O (orange) สีส้มหรือแสด และ R (red) สีแดง นิวตันยังได้แสดงให้เห็นอีกว่าแสงเจ็ดสีถ้ารวมกันอีกจะเป็นสีขาว โดยใช้ปริซึมอันที่สองกลับข้างตรงข้ามกับปริซึมอันแรก จะได้แสงรวมกันเป็นสีขาว ดังรูป 9.8 (ก) เราอาจจะใช้การเล่นของเด็กมาทดลองความจริงข้อนี้ได้ โดยทาสีบนฝาเบียร์หรือหัวลูกข่างแล้วทำให้มันหมุน สังเกตดูสีเวลาฝาเบียร์หรือลูกข่างหมุนเร็ว ๆ ดูรูป 9.8 (ข)

ก



ข



รูป 9.8 แสดงการทดลองเพื่อแยกและผสมสีขาว

ในบทที่ 8 เราได้กล่าวว่า หูของเรารับเสียงความถี่สูง แปลความหมายว่าเป็นเสียงสูง หรือเสียงแหลม คลื่นเสียงความถี่ต่ำ หูแปลความหมายว่าเป็น เสียงต่ำ หรือเสียงทุ้ม ตาของมนุษย์เราก็คล้าย ๆ กัน คือ ในช่วงความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตามองเห็น ถ้าตารับคลื่นความถี่สูง (ความยาวคลื่นสั้น) ตาจะรับรู้ว่าเป็นสีม่วง สีน้ำเงิน ถ้าเป็นพวกความถี่ต่ำ (ความยาวคลื่นยาว) ตาแปลความหมายว่าเป็นสีเหลือง สีแดง

การมองเห็นสีของวัตถุ

วัตถุทึบแสง ถ้าวัตถุทึบแสงสะท้อนแสงสีใด เราจะมองเห็นวัตถุมีสีนั้น อย่างเช่น เพื่อนที่ใส่เสื้อสีแดง ก็หมายถึงว่า วัสดุที่ใช้ทำเสื้อของเพื่อนสะท้อนแสงสีแดงได้ดีที่สุด ส่วนอีกหกสีจะถูกดูดกลืนเสียเป็นส่วนใหญ่

วัตถุโปร่งแสง ถ้าวัตถุยอมให้แสงสีใดผ่าน เราจะเห็นวัตถุเป็นสีนั้น อย่างเช่นแก้วสีแดง คือ แก้วที่ยอมให้แสงสีแดงผ่านทะลุไป แต่ดูดกลืนแสงสีอื่น ๆ ถ้าแก้วที่ยอมให้แสงผ่านทุกสี เราก็พูดว่าแก้วนั้นสีขาว หรือแก้วใส ซึ่งเป็นกรณีของวัตถุโปร่งตา

ทั้งกรณีเสื้อแดงและแก้วแดง ถ้าเราสามารถหาแสงที่ไม่มีสีแดงรวมอยู่ในนั้นส่องไปยังเสื้อและแก้วที่เราเคยเห็นเป็นสีแดงในแสงสีขาว เราจะเห็นว่าทั้งแก้วและเสื้อเป็นสีดำหรือค่อนไปทางดำ การที่บอกว่าค่อนข้างดำ ก็เพราะว่าคำว่าแดงของเสื้อหรือแดงของแก้ว อาจจะไม่ใช่สีแดงของสีรุ้งจริง ๆ ก็ได้ อาจมีสีอื่นเจือปนอยู่บ้าง

ประสบการณ์ที่เราอาจเคยเห็นคือ ตามทางรถไฟตัดกับถนนใหญ่ หรือไฮเวย์บางสายจะมีโคมไฟสีเหลืองติดไว้ ลองสังเกตดูสีเสื้อที่สวม หรือสีธนบัตร ใต้โคมไฟนี้สังเกตว่ามันเป็นสีเดียวกับที่คิดหรือไม่ ผู้โดยสารรถแท็กซี่ อาจจ่ายค่าโดยสารแพงถ้าไปจ่ายใต้โคมไฟสีเหลืองโดยลืมอ่านตัวเลขจากธนบัตร เพราะเขาอาจคิดว่าธนบัตรใบละยี่สิบมันมีสีเหมือนกับธนบัตรใบละสิบก็ได้ หนุ่มสาวดิสโก้ อาจเรียนฟิสิกส์ได้ในฟอร์ โดยการสังเกตสีเสื้อคู่เต้น เมื่อถูกแสงจากสปอร์ตไลท์สีต่าง ๆ

นักศิลปะพบมานานแล้วว่า สีต่าง ๆ เกิดจากการผสมของแม่สี ที่เราเรียกว่า primary colors ซึ่งบางทีก็แปลว่า สีปฐมภูมิ ซึ่งมีสีแดง เหลือง น้ำเงิน เม็ดสีของ primary colors เรียกว่า primary pigments ซึ่งบางคนแปลว่า รงควัตถุปฐมภูมิ

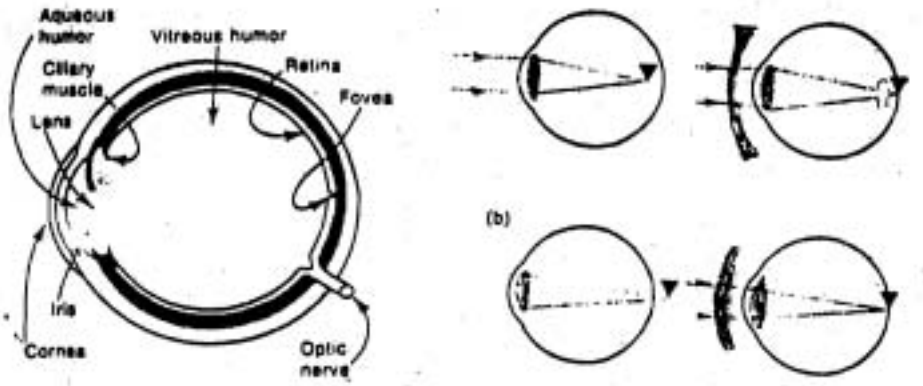
ดวงตา (Eyes)

อวัยวะที่ช่วยในการมองเห็น คือ ตา ตามีลักษณะคล้ายกล้องถ่ายรูป ถ้ามีความผิดปกติทางตา อาศัยความรู้ทางฟิสิกส์ช่วยได้อย่างไร

สายตาสั้น (myopia) เกิดจากภาพที่เลนส์แก้วตา ตกไม่ถึงเรตินา เราต้องใช้เลนส์เว้าช่วยถ่างแสง เพื่อให้แสงที่ผ่านเลนส์เว้าและเลนส์แก้วตาแล้วไปเกิดภาพที่เรตินาพอดี

สายตายาว (hyperopia) เกิดจากภาพที่เกิดจากเลนส์แก้วตาไปตกเลยเรตินา เราต้องใช้เลนส์นูนช่วยรวมแสง เพื่อให้แสงที่ผ่านเลนส์นูนและเลนส์แก้วตาแล้วเกิดภาพไปตกที่เรตินาพอดี

รูป 9.9 เป็นรูปส่วนประกอบของดวงตา และแสดงสายตาสั้น สายตายาว พร้อมทั้งแว่นที่ใช้ให้เหมาะกับแต่ละกรณี



รูป 9.9 ดวงตาและการแก้ไขตาที่ผิดปกติ

สายตาเอียง (astigmatic eye) แก้โดยใช้เลนส์รูปพิเศษ ที่เรียกว่า cylindrical surface lens นอกจากฟิสิกส์จะมีส่วนช่วยในการแก้ไขปัญหาสายตาดังกล่าวข้างบนนั้น อาศัยเทคนิคทางฟิสิกส์ด้านอื่นก็เป็นทางช่วยได้อีก อย่างเช่นการผ่าตัดตาด้วยแสงเลเซอร์ (laser) ซึ่งเป็นเทคนิคที่กำลังกล่าวขวัญถึงในประเทศของเรา นอกจากแว่นสายตา อาศัยความรู้ทางฟิสิกส์เรายังมีแว่นกันแดด แว่นขยาย เป็นต้น

แบบฝึกหัด

9.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงของนิวตัน (Sir Isaac Newton) กับของฮอยเกนส์ (Huygens) มีสาระสำคัญและแตกต่างกันอย่างไร

9.2 ไมเคิลสัน และมอร์เลย์ (Michelson & Morley) ขัดแย้งทฤษฎีเกี่ยวกับแสงของฮอยเกนส์อย่างไร และเขาได้รับรางวัลโนเบล จากการทดลองเรื่องอะไร

9.3 แสงสว่างคืออะไร และมีคุณสมบัติประจำตัวอย่างไร

9.4 แหล่งกำเนิดของแสงสว่างได้มาจากที่ใด การเผาถ่านหินเป็นแหล่งกำเนิดประเภทใด เกิดเป็นแสงสว่างได้อย่างไร

9.5 โธติเทหวัตถุ และอโธติเทหวัตถุ หมายถึงอะไร

9.6 ตัวกลางของแสงหมายถึงอะไร สามารถแบ่งได้เป็นกี่ประเภทอะไรบ้าง

9.7 ลำแสงคืออะไร แบ่งออกได้เป็นกี่แบบอะไรบ้าง

9.8 ความเข้มของการส่องสว่าง คืออะไร 1 กำลังเทียนหรือ 1 แรงเทียน หมายถึงอะไร และคำว่าหลอดไฟฟ้า 100 แรงเทียน หมายความว่าอย่างไร

9.9 ถ้าแสงเดินทางในตัวกลางเอกพันธุ์จะเป็นอย่างไร และถ้าแสงเดินทางจากตัวกลางชนิดหนึ่งไปยังตัวกลางอีกชนิดหนึ่ง จะเกิดปรากฏการณ์ตามธรรมชาติอย่างไร

9.10 การดูดกลืนของแสงเป็นอย่างไร ขึ้นอยู่กับอะไร

9.11 เรามองเห็นสีของวัตถุได้อย่างไร อธิบายให้เข้าใจ

9.12 สายตาสั้น และสายตายาว เกิดขึ้นได้อย่างไร ความรู้ทางฟิสิกส์ช่วยแก้ไขปัญหาได้อย่างไร

9.13 ความรู้เรื่องแสงที่เรียนมานี้ ท่านสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไรบ้าง