

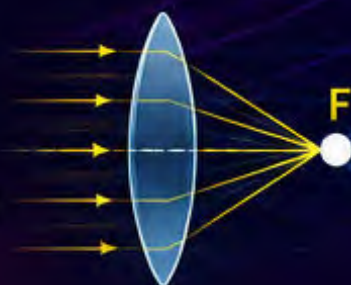
ฟิสิกส์ 2

ระดับมหาวิทยาลัย

ทัศนศาสตร์ เชิงเรขาคณิต

✓ เข้าใจง่าย ✓ ใช้ได้จริง ✓ เห็นภาพชัดเจน ✓ ครบถ้วนทุกเนื้อหา

สำหรับ
นิสิต-นักศึกษา
มหาวิทยาลัย



สรุปเนื้อหา
ครบถ้วน กระชับ
เข้าใจง่าย



ภาพประกอบ
สีสลับสวยงาม
เข้าใจไว



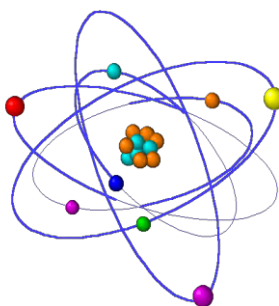
ตัวอย่างโจทย์
พร้อมเฉลย
ละเอียด



เหมาะสำหรับ
นักศึกษาระดับ
มหาวิทยาลัย

เรียบเรียงโดย
ผศ.สุชาติ สุภาพ

ราคา
99
บาท



ฟิสิกส์ ๒ ระดับมหาวิทยาลัย

ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต

ผศ.สุชาติ สุภาพ

พิมพ์และจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

133/471 หมู่ ๒ (ติดกับ สนง. ที่ดินบางบัวทอง) ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี

E-mail suchart11111@hotmail.com

พิมพ์ที่ หจก.สปส 1999 ม.เพชรอนันต์ เขตคันนายาว กรุงเทพฯ ๑ 10230

คำนำ

ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต เป็นแขนงหนึ่งของฟิสิกส์ที่ศึกษาพฤติกรรมของแสงโดยอาศัยแนวคิดว่าแสงเดินทางเป็นเส้นตรง ซึ่งช่วยให้สามารถวิเคราะห์การสะท้อน การหักเห การรวมแสง และการสร้างภาพได้อย่างแม่นยำ แนวคิดนี้เป็นรากฐานสำคัญในการออกแบบเลนส์ กระจก ระบบการมองเห็น และอุปกรณ์ทางแสงในเทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น กล้องถ่ายภาพ กล้องจุลทรรศน์ กล้องโทรทรรศน์ ไปจนถึงระบบแสงในเครื่องมือแพทย์และอุตสาหกรรม หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงเนื้อหาอย่างเป็นระบบ เริ่มจากกฎของการสะท้อนและการหักเหของแสง ความเข้าใจเกี่ยวกับเลนส์และกระจกทรงกลม การสร้างภาพโดยใช้รังสี และการวิเคราะห์ภาพด้วยวิธีเรขาคณิต รวมถึงการศึกษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อิงหลักการของทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต เช่น กล้องถ่ายภาพ พร้อมตัวอย่างและแบบฝึกหัดที่ช่วยฝึกทักษะการวิเคราะห์อย่างเป็นขั้นตอน ผู้เขียนมุ่งหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะช่วยให้นักศึกษามีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในพฤติกรรมของแสงในเชิงเรขาคณิต สามารถประยุกต์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาทางแสงและพัฒนาทักษะในการศึกษาทัศนศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น

สำหรับท่านที่อยากได้ไฟล์ PDF. ของหนังสือนี้ เพื่อจะได้สามารถปริ้นท์เอกสารได้ สามารถสั่งซื้อได้ที่ ไลน์หรือ facebook ของผม



ถ้านักเรียนสนใจหนังสือในรูปแบบ E-BOOK ก็มีจำหน่ายที่เว็บไซต์ ร้านนายอินทร์ , MEB , อุกปิ , ซีเ็ด , hyltexts , ศูนย์หนังสือจุฬา ฯ และDDebook

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อตามร้านหนังสือทั่วไปไม่ได้ สามารถซื้อออนไลน์ที่แอปต่าง ๆ โดยสแกน QR โค้ดข้างล่างนี้ (ที่ช้อปปีมีหนังสือมากที่สุด)



SHOPEE



Lazada



TikTok

สุชาติ สุภาพ มือถือ 083-920-3825

บทที่ 13

ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต

ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต เป็นแขนงหนึ่งของฟิสิกส์ที่ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแสงโดยอาศัยแนวคิดของ “ลำแสง” หรือ “รังสีของแสง” เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหักเห การสะท้อน และการเกิดภาพจากกระจกหรือเลนส์ โดยไม่พิจารณาถึงลักษณะคลื่นของแสง ในชีวิตประจำวัน เราพบเห็นการทำงานของทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตอยู่รอบตัว เช่น การมองเห็นภาพในกระจกเงา การใช้แว่นสายตาหรือกล้องถ่ายรูป การออกแบบไฟหน้ารถยนต์ ไปจนถึงระบบเลนส์ในกล้องจุลทรรศน์และกล้องโทรทรรศน์ การศึกษาทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตช่วยให้เราเข้าใจว่าแสงเดินทางอย่างไรเมื่อผ่านวัตถุต่าง ๆ และช่วยในการคำนวณตำแหน่ง ขนาด และลักษณะของภาพที่เกิดขึ้นจากกระจกหรือเลนส์ประเภทต่าง ๆ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาเทคโนโลยีด้านแสงและการมองเห็น ในบทเรียนนี้ทุกท่านจะได้เรียนรู้หลักการสะท้อนและการหักเหของแสง กฎของกระจกเงาระนาบและกระจกโค้ง เลนส์นูน เลนส์เว้า และการสร้างภาพจากเลนส์ ซึ่งล้วนเป็นหัวใจสำคัญของทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต และเป็นรากฐานสู่การเข้าใจทัศนศาสตร์เชิงกายภาพที่ซับซ้อนยิ่งขึ้นในระดับสูง.

ทัศนศาสตร์หมายถึงวิชาฟิสิกส์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับเรื่องของแสง ทัศนศาสตร์แบ่งเป็นทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต และทัศนศาสตร์เชิงกายภาพ โดยทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต จะศึกษาปรากฏการณ์ของแสงในระดับมหภาค เช่น การสะท้อนแสง และการหักเหของแสง ใช้เส้นตรงที่ตั้งฉากกับหน้าคลื่นของแสง เพื่อแทนเส้นทางการเคลื่อนที่ของแสง เส้นตรงนี้เรียกว่ารังสีของแสง ทิศทางของเส้นรังสีจะเปลี่ยนไป เมื่อแสงมีการเปลี่ยนตัวกลาง

ส่วนทัศนศาสตร์เชิงกายภาพเป็นการศึกษาปรากฏการณ์ของแสงในระดับจุลภาคหรือระดับที่ใกล้เคียงความยาวคลื่นแสง เช่น การแทรกสอด การเลี้ยวเบน โพลาไรเซชัน และการกระเจิงของแสง เป็นต้น

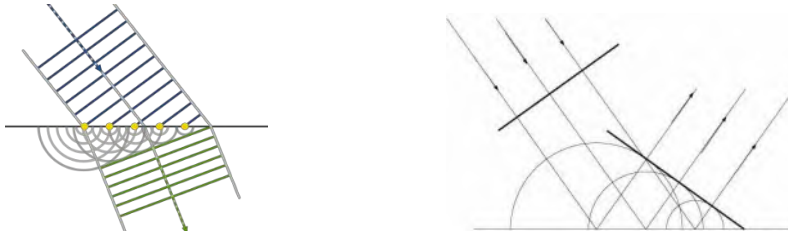
13.1ธรรมชาติของแสง

แสงเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตบนโลก ไม่เพียงแต่ทำให้เรามองเห็นสิ่งต่าง ๆ ได้เท่านั้น แต่ยังมีส่วนในการเจริญเติบโตของพืช การสร้างพลังงาน และการสื่อสารสมัยใหม่ แสงจึงเป็นสิ่งสำคัญที่เราควรทำความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ธรรมชาติของแสงเป็นสิ่งที่นักวิทยาศาสตร์พยายามศึกษาและอธิบายมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน โดยในอดีตเชื่อว่าแสงเป็นอนุภาค ต่อมาได้มีการค้นพบพฤติกรรมที่แสดงลักษณะของคลื่น เช่น การเลี้ยวเบน การแทรกสอด และการสะท้อน ซึ่งนำไปสู่ทฤษฎีคลื่นของแสง แต่เมื่อมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและควอนตัม กลับพบว่าแสงมีพฤติกรรมคล้ายอนุภาคอีกครั้ง ปัจจุบันนักฟิสิกส์ยอมรับว่า แสงมีธรรมชาติสองสถานะ คือเป็นทั้ง คลื่น และเป็นทั้ง อนุภาค ขึ้นอยู่กับสถานการณ์และวิธีการสังเกต ซึ่งเรียกว่า ทวิภาคของแสง

ในศตวรรษที่ 17 คนทั่วไปเชื่อว่า แสงเป็นลำอนุภาคเล็กๆ ที่แหล่งกำเนิดแสงปล่อยออกมา โดยอนุภาคเหล่านั้นเคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดแสงในแนวเส้นตรง และจะผ่านวัตถุไปรงได้ แต่ถ้าอนุภาคเหล่านั้นตกกระทบวัตถุทึบ แสงจะสะท้อนกลับออกมา นักวิทยาศาสตร์ที่แสดงด้วยชัดเจนว่าสสารมีคุณสมบัติเป็นอนุภาคคือ เซอร์ไอแซค นิวตัน เขาได้อธิบายว่าแสงเป็นสสารของอนุภาค วัตถุที่เรามองเห็นจะปล่อยอนุภาคออกมา อนุภาคดังกล่าวเมื่อเข้ามาใน

ดวงตาจะกระตุ้นความรู้สึกในการมองเห็น ปรากฏการณ์ต่างๆ ของแสงด้วย ทฤษฎีอนุภาค นักวิทยาศาสตร์ในยุคนั้นส่วนใหญ่ยอมรับทฤษฎีที่ว่าแสงเป็นอนุภาค

ต่อมาเริ่มมีนักวิทยาศาสตร์บางส่วนคิดมีความคิดว่าแสงไม่น่าจะเป็นอนุภาคแต่ควรจะเป็นคลื่น พร้อมกับสามารถอธิบายการสะท้อน และการหักเหของแสงโดยใช้ทฤษฎีคลื่นได้นักวิทยาศาสตร์ผู้นั้นก็คือนักวิทยาศาสตร์ชาวอิตาลีชื่อว่า ฮอยเกนส์ แต่ในตอนนั้นก็ยังมีข้อโต้แย้งอยู่หลายข้อ เช่น คลื่นที่รู้จักกันสมัยนั้น เช่น คลื่นในเส้นเชือก คลื่นเสียง คลื่นน้ำ ต้องอาศัยตัวกลางแต่ แสงเดินทางไปในที่ต่างๆ ได้โดยไม่จำเป็นต้องมีตัวกลาง นอกจากนั้นแล้วคลื่นสามารถเลี้ยวเบนได้ แต่แสงเลี้ยวเบนไม่ได้ (ความรู้สึกในสมัยนั้น)



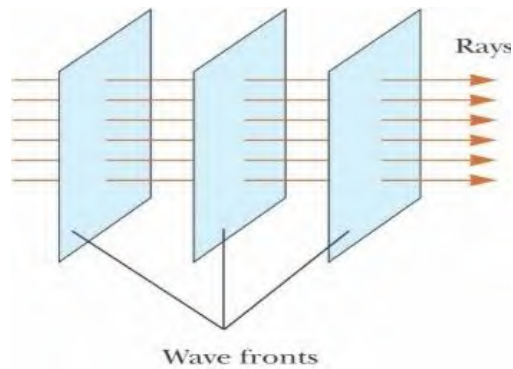
รูป 13.1 ฮอยเกนส์ สามารถอธิบายการหักเหและการสะท้อนของแสงด้วยทฤษฎีคลื่น

ต่อมาในปี ค.ศ. 1801 โทมัสยัง พบว่าแสงสามารถแทรกสอดซึ่งกันและกันได้เหมือนกับคลื่นน้ำและคลื่นเสียง บริเวณไหนมีการแทรกสอดแบบเสริมกัน บริเวณนั้นก็จะสว่าง บริเวณไหนมีการแทรกสอดแบบหักล้างกัน บริเวณนั้นก็จะมืด ซึ่งอนุภาคจะไม่มีสมบัติแบบนี้ หลายปีต่อมาเฟรเดอริกได้ทำการทดลองเรื่องการแทรกสอดและเลี้ยวเบนของแสง ในปี 1850 Jean Foucault พบว่าอัตราเร็วแสงในแก้วและของเหลวสูงกว่าในอากาศ ซึ่งตามแบบการจำลองอนุภาค อัตราเร็วของแสงในแก้วและของเหลวสูงกว่าในอากาศ ก็ทำให้แนวความคิดว่าแสงเป็นอนุภาคเริ่มสั่นคลอนลงไป ต่อมาแมกซ์เวลล์ ก็พบว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง

ต่อมาในศตวรรษที่ 19 สถานการณ์พลิกผันอีก เมื่อพบปรากฏการณ์ของแสงบางอย่างที่ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีของคลื่น เช่น ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ปรากฏการณ์คอมตัน แนวความคิดเดิมที่เชื่อว่าแสงเป็นอนุภาคก็กลับมาอีกครั้งหนึ่ง ปัจจุบันยอมรับว่าแสงมีสมบัติคู่คือ เป็นได้ทั้งคลื่นและทั้งอนุภาค แนวความคิดดังกล่าวนี้เกิดขึ้นมาในศตวรรษที่ 20 เกิดขึ้นหลังจากที่มีการพัฒนาวิชากลศาสตร์ควอนตัม

13.2 การประมาณรังสีด้านแสงเชิงเรขาคณิต

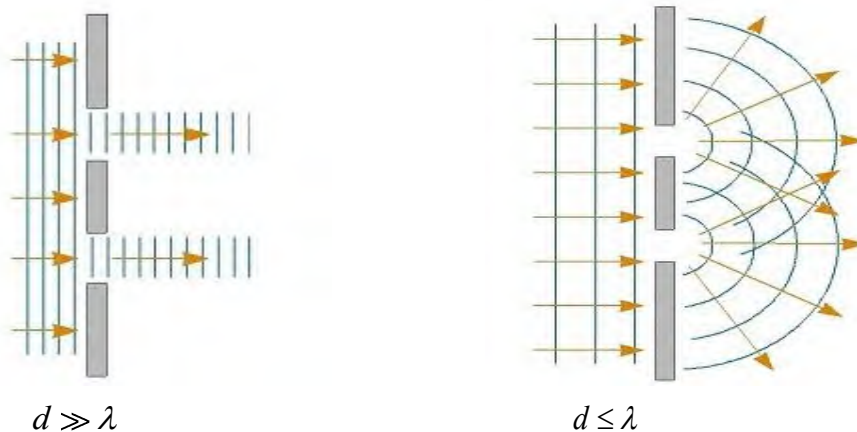
ในการศึกษาเกี่ยวกับแสงเชิงเรขาคณิต จะถือว่าแสงมีความยาวคลื่นน้อยมากเมื่อเทียบกับวัตถุหรือสิ่งของต่าง ๆ ที่แสงเกี่ยวข้องกับ และแสงก็จะเคลื่อนที่เป็นเส้นตรงในตัวกลางที่มีเนื้อเดียวกัน การศึกษาปรากฏการณ์ของแสงที่มีพื้นฐานว่า แสงเดินทางเป็นเส้นตรงในตัวกลางเนื้อเดียวกัน เรียกว่า “ทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต” ดังนั้นทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิตจึงใช้ได้ขอบเขตจำกัด ดังที่กล่าวแล้ว แต่ก็ถือได้ว่าใช้ได้ดี และสะดวกกว่าการอธิบายโดยคิดว่าแสงเป็นคลื่น



รูป 13.2 รังสีของแสงตั้งฉากกับหน้าคลื่น

แสงเชิงเรขาคณิต ศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของแสง โดยให้รังสีของแสงเป็นตัวแทนของลำแสงรังสีหนึ่ง ก่อนอื่นนักศึกษาควรั้งจักสมบัติของแสง บางประการ ดังนี้

- 1) ถ้าช่อง x ช่องที่แสงผ่านใหญ่กว่าความยาวคลื่นของแสงมากๆ แสงจะไม่มี การเลี้ยวเบนและไม่แทรกสอด เช่น เมื่อฉายไฟฉายไปที่หน้าต่างหรือประตู แสงจะไม่มี การเลี้ยวเบนและแทรกสอด
- 2) ถ้าช่อง x ช่อง ที่แสงผ่านมีขนาดเท่ากับหรือเล็กกว่าความยาวคลื่นของแสง จะมีการเลี้ยวเบนและแทรกสอดของแสง ถ้าเอาฉากมาบังก็ จะเห็นแถบมืดและแถบสว่าง



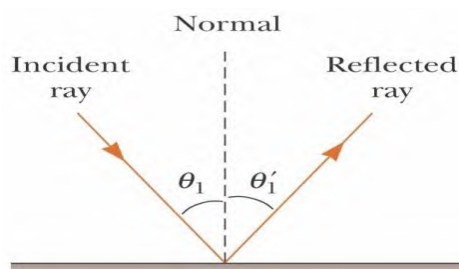
รูป 13.3 สมบัติของแสง ที่ควรรู้

เพิ่มเติม ในยุคแรกๆ นักวิทยาศาสตร์ไม่เคยคิดว่าแสงเป็นคลื่น เนื่องจากไม่สามารถทดลองให้ เห็นการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสงได้

13.3 การสะท้อนและการหักเห

กฎการสะท้อน

$$\text{มุมตกกระทบ} = \text{มุมสะท้อน}$$

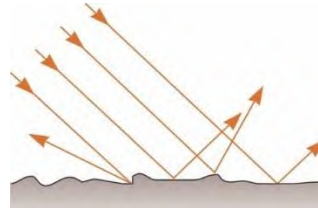


รูป 13.4 มุมตกกระทบ = มุมสะท้อน

แสงที่สะท้อนที่วัตถุผิวเรียบจะขนานกันแสงที่สะท้อนที่วัตถุผิวขรุขระจะไม่ขนานกัน การสะท้อนแบบนี้เรียกว่าการสะท้อนแบบกระจาย ดังรูป 13.5



(a)

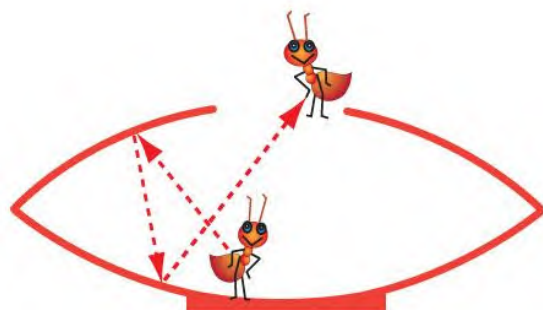


(b)

รูป 13.5 (a) แสงที่สะท้อนที่วัตถุผิวเรียบ

(b) แสงที่สะท้อนที่วัตถุผิวขรุขระ

การสะท้อนของแสงทำให้เกิดภาพลวงตาได้หลายอย่าง

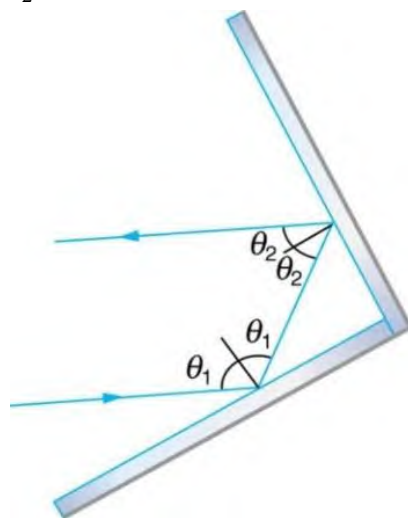




รูป 13.6 ภาพลวงตาที่เกิดจากการสะท้อนของแสง

แบบทดสอบ

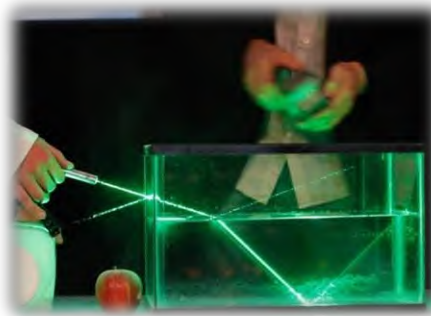
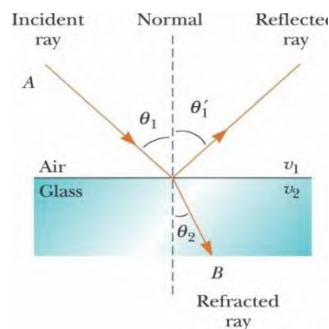
1) ถ้ามุม θ_1 เท่ากับ 60 องศาแล้วมุม θ_2 เท่ากับกี่องศา



การหักเหของแสง

เมื่อแสงเดินทางจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง เช่น จากอากาศเข้าสู่ น้ำ หรือจากกระจกเข้าสู่ อากาศ เราจะเห็นว่าแนวทางการเดินทางของแสงเปลี่ยนไป ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า “การหักเหของแสง” ซึ่งเป็นหนึ่งในพฤติกรรมสำคัญของแสง ที่สามารถอธิบายได้ด้วยหลักการของทัศนศาสตร์เชิงเรขาคณิต การหักเหของแสงเกิดขึ้นเนื่องจากความเร็วของแสงในตัวกลางต่างชนิดกันมีค่าไม่เท่ากัน เมื่อแสงผ่านจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นทางแสงน้อย ไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นทางแสงมาก หรือในทางกลับกัน ทิศทางของลำแสงจะเบนเข้าหาหรือออกจากแนวตั้งฉาก ณ รอยต่อของสองตัวกลางนั้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วย กฎของสเนลล์ ปรากฏการณ์การหักเหของแสงสามารถพบเห็นได้ทั่วไปในชีวิตประจำวัน ในหัวข้อนี้ เราจะศึกษากฎพื้นฐานของการหักเหของแสง มุมตกกระทบ มุมหักเห ดัชนีหักเหของตัวกลาง

เมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งเข้าไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง หรือตัวกลางเดียวกันแต่ความหนาแน่นต่างกัน จะมีการทะลุผ่านและการสะท้อนกลับพร้อมๆ กัน และถ้ามุมตกกระทบไม่เท่ากับศูนย์แสงจะเปลี่ยนทิศทางหรือที่เรียกว่าการหักเห ดังรูป 13.8



รูป 13.8 การทะลุผ่านและการสะท้อนกลับของแสง

การหักเหของแสงเกิดขึ้นเนื่องจาก เมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งเข้าไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง หรือตัวกลางเดียวกันแต่ความหนาแน่นแตกต่างกัน ความเร็วจะเปลี่ยน ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ มุมหักเห และความเร็วในตัวกลางทั้งสองเป็นดังนี้

$$\frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{v_2}{v_1} \quad (13-1)$$

สมการ (13 - 1) คือกฎของสเนลล์

การหักเหของแสงทำให้เกิดภาพลวงตาได้ ดังรูป



รูป 13.9 ภาพลวงตาที่เกิดจากการหักเหของแสง