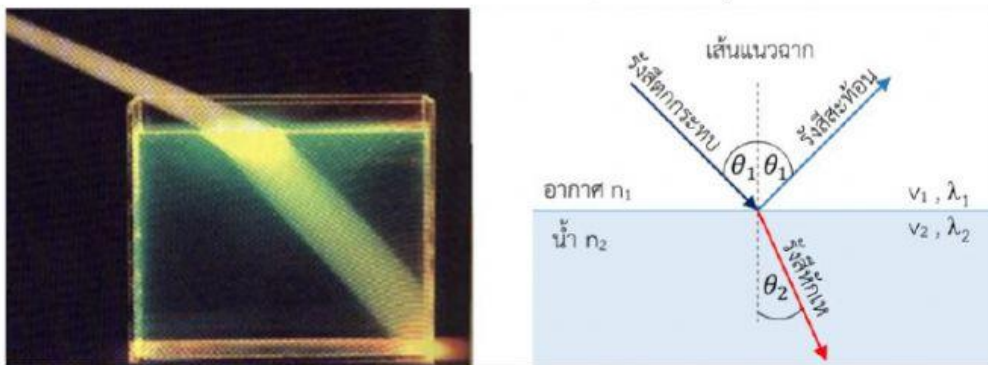


ใบความรู้ 11.2 เรื่อง การหักเหของแสง

การหักเหของแสง

การหักเห (Refraction) เป็นสมบัติหนึ่งของคลื่น ซึ่งแสงจัดเป็นคลื่น แสงจัดเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง ดังนั้น แสงจึงสามารถเกิดการหักเหได้

การหักเหของแสง จะเกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่น **แตกต่างกัน** เป็นผลทำให้ อัตราเร็วคลื่น (v) ความยาวคลื่น (λ) และทิศทางการเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงไป แต่ความถี่ของแสงยังคงเดิม ซึ่งในขณะที่แสงเกิดการหักเหก็จะเกิดการสะท้อนของแสงขึ้นพร้อม ๆ กันด้วย ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รังสีตกกระทบ รังสีหักเหและรังสีสะท้อนของแสง
เมื่อแสงเดินทางจากอากาศไปยังน้ำ

กฎการหักเหของแสง มี 2 ข้อ ดังนี้

1. รังสีตกกระทบ รังสีหักเหและเส้นแนวฉาก อยู่ในระนาบเดียวกัน
2. สำหรับตัวกลางคู่หนึ่ง ๆ อัตราส่วนระหว่างค่าไซน์ของมุมตกกระทบ (θ_1) ในตัวกลางหนึ่งกับค่าไซน์ของมุมหักเห (θ_2) ในตัวกลางที่สอง มีค่าคงที่เสมอ ซึ่งค่าคงที่นี้ คือ ค่าดัชนีหักเห (n)



รูปที่ 2 วิลเลอบรอร์ด สเนลล์ (Willebrord Snell)

กฎข้อที่ 2 ของการหักเหเป็นผลที่ได้มาจากการทดลองของวิลเลอบรอร์ด สเนลล์ จึงเรียกว่า กฎของสเนลล์ (Snell's Law) ตัวอย่างเช่น เมื่อทดลองให้แสงเคลื่อนที่จากอากาศไปสู่ น้ำ พบว่า อัตราส่วนของค่าไซน์ของมุมตกกระทบในอากาศกับค่าไซน์ของมุมหักเหในน้ำ มีค่าเท่ากับ 1.33 เสมอ ไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนมุมตกกระทบในอากาศเป็นกึ่งศอกก็ตาม และเรียกค่า 1.33 นี้ว่า ค่าดัชนีหักเหของน้ำ เป็นต้น

กฎของสเนลล์ สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$${}_1 n_2 = \frac{\sin \theta_1}{\sin \theta_2}$$

โดยที่ ${}_1 n_2 = \frac{n_2}{n_1}$ อ่านว่า ดรรชนีหักเหของตัวกลางที่ 2 เทียบกับตัวกลางที่ 1 หรืออาจเขียนสมการได้

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

ดรรชนีหักเหและการสะท้อนกลับหมด

ค่าดรรชนีหักเห (n) ของตัวกลางใด ๆ อาจหาได้จากอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ (c) ต่อดอัตราเร็วของแสงในตัวกลางนั้น ๆ (v) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$n = \frac{c}{v}$$

ถ้าเปรียบเทียบค่าดัชนีหักเหของตัวกลางสองชนิด ดังนี้

ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 1 มีค่า $n_1 = \frac{c}{v_1}$

ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 2 มีค่า $n_2 = \frac{c}{v_2}$

นำสมการ n_2/n_1 จะได้ $\frac{n_2}{n_1} = \frac{v_1}{v_2}$

เนื่องจาก อัตราเร็วของแสงในตัวกลางที่ 1 มีค่า $v_1 = \lambda_1 f$

และ อัตราเร็วของแสงในตัวกลางที่ 2 มีค่า $v_2 = \lambda_2 f$

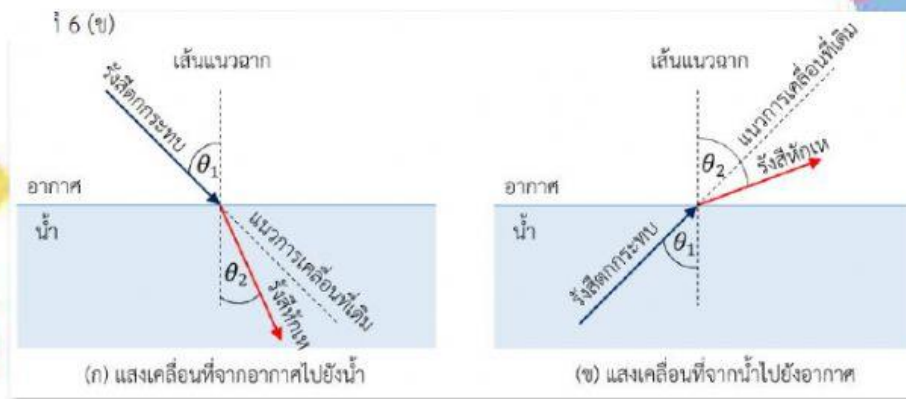
ดังนั้น จะได้ $\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$

สรุปสูตรคำนวณเกี่ยวกับดัชนีหักเห ได้ดังนี้

$${}_1n_2 = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

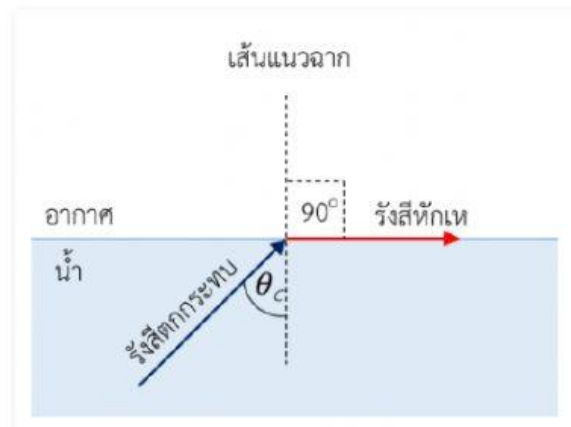
มุมวิกฤติและการสะท้อนกลับหมด

หากพิจารณาถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของแสงที่รอยต่อของตัวกลางคู่หนึ่ง ๆ พบว่า เมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่มีความหนาแน่นหรือค่าดัชนีหักเหน้อยกว่าไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นหรือค่าดัชนีหักเหมากกว่า แสงจะหักเหเข้าหาเส้นแนวฉาก ตัวอย่างเช่น เมื่อแสงเดินทางผ่านรอยต่อจากอากาศไปยังน้ำ รังสีหักเหของแสงจะเบนเข้าหาเส้นแนวฉาก เนื่องจากอากาศมีความหนาแน่นและค่าดัชนีหักเหต่ำกว่าน้ำ ดังรูปที่ 3 (ก) แต่ในทางตรงกันข้าม หากแสงเคลื่อนที่จากน้ำไปสู่อากาศ ซึ่งเป็นการเดินทางผ่านรอยต่อของตัวกลางที่มีความหนาแน่นหรือค่าดัชนีหักเหมากกว่าไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นหรือค่าดัชนีหักเหน้อยกว่า รังสีหักเหของแสงจะเบนออกจากเส้นแนวฉาก ดังรูปที่ 3 (ข)



รูปที่ 3 การเคลื่อนที่ของแสงผ่านรอยต่อของตัวกลางคู่หนึ่ง ๆ

ในกรณีที่แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีความหนาแน่นหรือค่าดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีความหนาแน่นหรือค่าดัชนีหักเหน้อย เช่น กรณีแสงเคลื่อนที่จากน้ำไปยังอากาศ หรือจากแก้วไปยังอากาศ เป็นต้น **มุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหมีค่าเท่ากับ 90° องศา** และรังสีหักเหของแสงเคลื่อนที่ไปตามแนวรอยต่อของตัวกลาง ดังภาพที่ 4 จะเรียกมุมตกกระทบนี้ว่า **มุมวิกฤต (θ_c)**



รูปที่ 4 มุมวิกฤตเมื่อแสงเคลื่อนที่จากน้ำไปยังอากาศ

การคำนวณหาค่ามุมวิกฤต สามารถทำได้โดยพิจารณาจากสมการกฎของสเนลล์

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

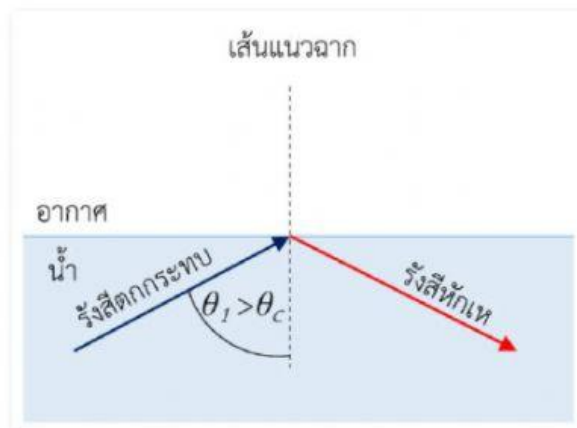
ถ้า $\theta_1 = \theta_c$ (มุมวิกฤต) ดังนั้น $\theta_2 = 90^\circ$ จะได้

$$n_1 \sin \theta_c = n_2 \sin 90^\circ$$

$$\sin \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \left(\frac{n_2}{n_1} \right)$$

และหากมุมตกกระทบมีค่ามากกว่ามุมวิกฤต จะเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การสะท้อนกลับหมด นั่นคือ เมื่อแสงที่ไปตกกระทบบนรอยต่อของตัวกลางจะสะท้อนกลับสู่ตัวกลางที่ 1 ทั้งหมด ทำให้ไม่มีแสงหักเหเข้าสู่ตัวกลางที่ 2 เลย ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การสะท้อนกลับหมด