

การวัดดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการหักเหแสง

Measurement of Refractive Index of Liquid by Refracted Light Technique

ผิว่อง ทมานนท์ (Pheuphong Tamanon)\* นรินทร์ วิทิตอนันต์ (Nirun Witit-anun)\*\*

บทคัดย่อ

ดัชนีหักเห ( $n$ ) เป็นสมบัติทางแสงอย่างหนึ่งที่สำคัญของสสารซึ่งสามารถหาได้หลายวิธี งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว โดยอาศัยกฎของสเนลล์และการหักเหของแสงเลเซอร์ผ่านตัวกลางต่างชนิด ชุดทดลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ กล้องกระจกใสสำหรับใส่ของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห กระจกเงาสองแผ่นสำหรับทำให้เกิดการหักเหของแสงเลเซอร์ และฉากสำหรับหาค่าแนวการหักเหของแสงเลเซอร์ สำหรับการคำนวณหาค่าดัชนีหักเหจากชุดทดลองนี้ใช้เพียงระยะห่างของกล้องกระจกใสกับฉาก ความสูงของแสงหักเหบนฉากและมุมระหว่างกระจกกับแนวแสงเลเซอร์ จากชุดทดลองที่สร้างขึ้น พบว่าค่าดัชนีหักเหของของเหลว 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์ มีค่าประมาณ 1.30 - 1.33, 1.43 - 1.49 และ 1.26 - 1.27 ตามลำดับ

ABSTRACT

Refractive index ( $n$ ) is an optical property of the matters which can be measured by various methods. The objective of this work was to design and fabricate apparatus for refractive index measurement using the Snell's law and the laser refracted light through different media. The apparatus were composed of laser light source, transparent glass box for fill the desired liquid for refractive index measurement; reflected mirror for refracted laser beam and the screen for identified the refracted laser beam position. The refractive index determined from this apparatus was used only, distance of glass box to the screen, the height of refracted laser beam on the screen and the angle between the mirror and laser beam. The measurements the refractive index of water, glycerin and ethyl alcohol were found to be about 1.30-1.33, 1.43-1.49 and 1.26 - 1.27, respectively.

คำสำคัญ: ดัชนีหักเหแสง กฎของสเนลล์ ดัชนีหักเหของของเหลว

**Key Words:** Refractive index, Snell's law, Refractive index of liquid

\* นิสิต หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

\*\* ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

**บทนำ**

การหักเหแสงเป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่างชนิดกันแล้วแสงเปลี่ยนแนวการเคลื่อนที่ กล่าวคือถ้าแบ่งตัวกลางที่แสงเคลื่อนที่ผ่านออกเป็นชั้น ถ้าตัวกลางที่ 1 และตัวกลางที่ 2 ที่แสงเคลื่อนที่ผ่านเป็นตัวกลางชนิดเดียวกัน แสงก็จะเคลื่อนที่ด้วยแนวทางหรือทิศทางเดิม ไม่มีการเปลี่ยนแปลง แต่ถ้าเป็นตัวกลางต่างชนิดกันเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่ 1 ไปยังตัวกลางที่ 2 แสงจะมีการเปลี่ยนแนวทางหรือทิศทางเคลื่อนที่เมื่อเทียบกับทิศทางเดิมขึ้นกับสมบัติของตัวกลางทั้งสองที่แสงเคลื่อนที่ผ่าน ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่ามีปรากฏการณ์ทางแสงในธรรมชาติที่น่าสนใจหลายอย่าง เกิดจากการหักเหแสง ตัวอย่างเช่น ปรากฏการณ์มิราจ (Mirage) เกิดขึ้นเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านชั้นของอากาศที่มีค่าดัชนีหักเหเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องเหนือพื้นดินที่ร้อนเป็นเหตุให้ชั้นของอากาศเหนือพื้นดินมีความหนาแน่นต่างกัน เมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านบริเวณดังกล่าวแล้วทำให้คนที่อยู่ห่างไกลแล้วมองไปในบริเวณดังกล่าวเห็นพื้นมีลักษณะคล้ายพื้นเปียกน้ำ

ความสามารถในการหักเหแสงของตัวกลางใด ๆ นั้น บอกได้ด้วย ค่าดัชนีหักเห ( $n$ ) ซึ่งมามีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศหรืออากาศต่ออัตราเร็วของแสงในตัวกลางนั้นๆ ปกติมีค่ามากกว่าหนึ่ง ทั้งนี้ค่าดัชนีหักเหของตัวกลางใด ๆ นั้น ขึ้นกับสมบัติของตัวกลางนั้นเป็นสำคัญ และเนื่องจากค่าดัชนีหักเหเป็นสมบัติเฉพาะของตัวกลางจึงมีการนำไปประยุกต์ใช้ในงานต่างๆ เช่น การวัดความเข้มข้นของสารละลาย หรือ ความหวานของสารละลาย เป็นต้น จากความสำคัญของค่าดัชนีหักเหที่มีต่อสมบัติทางแสงของวัสดุหรือปรากฏการณ์ทางแสงในธรรมชาติและการประยุกต์ใช้เชิงอุตสาหกรรมทำให้มีการศึกษาวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการหาค่าดัชนีหักเหของสสารชนิดต่างๆ ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การหาค่าดัชนีหักเหของแผ่นวัตถุโปร่งใสโดยใช้ Michelson Interferometer (ปิยะรัตน์, 2531) การหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วย

วิธีต่างๆ เช่น วิธีตรีงมุมตกกระทบ (ปิยะรัตน์, 2530) หรือวิธีปริซึมรูปสี่เหลี่ยมคางหมู (ปิยะรัตน์, 2531) หรือวิธีมุมเบี่ยงเบนน้อยที่สุด (ปฐมพงษ์, 2549) หรืออาจวัดค่าทางอ้อมโดยใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนแสงในการวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลว (กัลยาณัฐ และคณะ, 2553) ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน

สำหรับกรณีของเหลวนั้นการหาค่าดัชนีหักเห นอกจากวิธีดังกล่าวข้างต้นแล้ว ยังมีวิธีอื่นที่สามารถหาค่าได้อย่างง่ายดาย โดยใช้กฎของสเนลล์ (Snell's Law) ที่กล่าวว่าเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่ 1 (สมมติให้เป็นอากาศ ซึ่งมีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ  $n_1$ ) ไปยังตัวกลางที่ 2 (สมมติให้เป็นของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห เช่น น้ำ มีค่าดัชนีหักเหเท่ากับ  $n_2$ ) พบว่าแนวทางการเดินทางรังสีหักเหของแสงจากตัวกลางที่ 1 ผ่านไปยังตัวกลางที่ 2 มีการเปลี่ยนไปจากแนวของรังสีตกกระทบเดิม ซึ่งเรียกว่า “แสงหักเห” หรือ “การหักเหของแสง” ถ้าให้  $\theta_1$  คือมุมที่รังสีตกกระทบทำกับเส้นปกติ และ  $\theta_2$  คือมุมที่รังสีหักเหทำกับเส้นปกติ จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างมุมตกกระทบ ( $\theta_1$ ) กับมุมหักเห ( $\theta_2$ ) และค่าดัชนีหักเหในตัวกลางทั้งสอง  $n_1$  และ  $n_2$  ตามกฎของ สเนลล์ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้คือ  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$

บทความนี้เป็นรายงานผลการออกแบบและสร้างชุดทดลองอย่างง่าย สำหรับหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการหักเหแสงตามกฎของสเนลล์ และผลการทดสอบชุดทดลองที่ได้จากการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิจัยต่อไป

**วัตถุประสงค์การทดลอง**

1. เพื่อออกแบบและสร้างชุดทดลองการหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยการหักเหแสง
2. เพื่อทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวจากชุดทดลองที่สร้างขึ้น

**วิธีทดลอง**

ชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการหักเหแสงในงานวิจัยนี้ อาศัยหลักการหักเหแสงตาม กฎของสเนลล์ (Snell's law) ที่กล่าวว่าเมื่อแสงเคลื่อนที่จากตัวกลางที่ 1 ( $n_1$ ) ตกกระทบรอยต่อของตัวกลางทำมุมตกกระทบ ( $\theta_1$ ) กับเส้นปกติแล้วผ่านไปในตัวกลางที่ 2 ( $n_2$ ) แสงมีการเปลี่ยนแนวทางการเดินทางในตัวกลางที่ 2 ทำมุมหักเห ( $\theta_2$ ) กับเส้นปกติ แล้วความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบ ( $\theta_1$ ) กับมุมหักเห ( $\theta_2$ ) และค่าดัชนีหักเหในตัวกลางทั้งสอง ( $n_1$  และ  $n_2$ ) เป็นไปตามสมการ  $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$  ซึ่งนำมาเป็นพื้นฐานในการจัดชุดทดลอง

สำหรับแนวคิดในการใช้กฎของสเนลล์ในการจัดชุดทดลองแสดงดังรูปที่ 1 บรรจุของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเหความสูง  $t$  ในกล่องกระจกใส ซึ่งมีกระจกเงาสะท้อนแสงวางทำมุม  $A$  กับแนวทางการเดินทางเลเซอร์ ถ้าให้แสงเดินทางเข้ามาในของเหลวทางด้าน AC (ของเหลวเป็นตัวกลางที่ 1) ตกกระทบกระจกเงาที่วางทำมุม  $A$  แล้วสะท้อนขึ้นไปด้าน AB ของของเหลวทำมุมตกกระทบ  $\theta_1$  แล้วหักเหทำมุม  $\theta_2$  ออกสู่อากาศ (อากาศคือตัวกลางที่ 2) ไปตกบนฉากที่ตำแหน่งสูง  $H$  เป็นจุดสว่างสีแดง ซึ่งวางห่างจากจุดหักเหที่ผิวของของเหลวออกไปเป็นระยะ  $L$  จากกฎของ สเนลล์ สามารถคำนวณหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว ( $n_1$ ) ได้จากสมการ

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1} = \frac{\sin \left( \tan^{-1} \frac{L}{H-t} \right)}{\sin (90 - 2A)} \quad (1)$$

เมื่อ  $n_1$  คือค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 1 (ของเหลว)

$n_2$  คือค่าดัชนีหักเหของตัวกลางที่ 2 (อากาศ)

$A$  คือมุมระหว่างกระจกกับแสงเลเซอร์

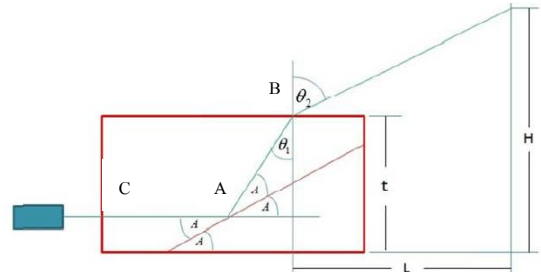
$t$  คือความสูงของของเหลว

$H$  คือระยะความสูงจากพื้นถึงตำแหน่งที่

แสงเลเซอร์ตกกระทบฉาก

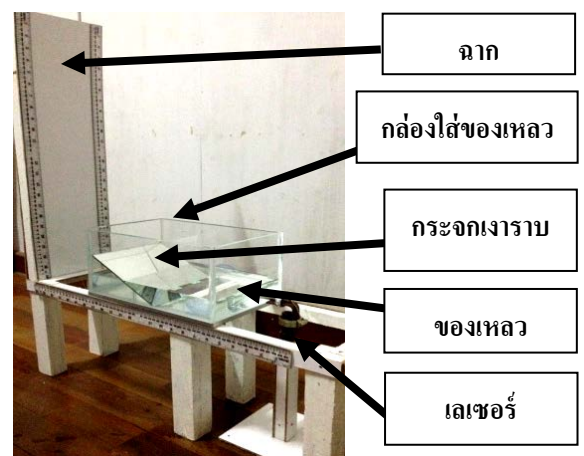
$L$  คือระยะจากจุดหักเหที่ผิวของเหลวถึงฉาก

สำหรับการทดสอบชุดทดลองอย่างง่ายที่สร้างขึ้นโดยนำไปทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลว 3 ชนิด ได้แก่ น้ำ กลิเซอริน และ เอทิลแอลกอฮอล์ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน



**รูปที่ 1** ทิศทางของแสงเลเซอร์ที่ผ่านของเหลว

ชุดทดลองวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการหักเหแสงที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย (1) แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ ( $\lambda = 650 \pm 10$  nm) พร้อมชุดจับและขาตั้งตัวชี้เลเซอร์ (laser pointer) สำหรับใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงของชุดทดลอง (2) กล่องกระจกใสสำหรับบรรจุของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเหพร้อมแท่นวางและไม้บรรทัด (3) กระจกเงาสะท้อนแสงสำหรับทำให้เกิดแสงหักเห (4) ฉากพร้อมไม้บรรทัดสำหรับระบุตำแหน่งแสงหักเหหลังการสะท้อนจากกระจกเงาในกล่องกระจกใส ดังแสดงในรูปที่ 2



**รูปที่ 2** ชุดการทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว

**ผลการทดลอง**

เมื่อนำชุดทดลองที่สร้างขึ้นไปทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลว 3 ชนิด ที่อุณหภูมิห้อง ได้แก่ น้ำ กลีเซอริน และเอทิลแอลกอฮอล์ ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า น้ำมีค่าดัชนีหักเหประมาณ 1.30 - 1.33 ความคลาดเคลื่อนสูงสุด 2.26% กลีเซอรินมีค่าดัชนีหักเห ประมาณ 1.43 - 1.49 ความคลาดเคลื่อนสูงสุด 2.72% และเอทิลแอลกอฮอล์มีค่าดัชนีหักเหประมาณ 1.26 - 1.27 ความคลาดเคลื่อนสูงสุด 7.35%

**ตารางที่ 1** ค่าดัชนีหักเหของของเหลว 3 ชนิด  
ที่ได้จากการทดลอง

| ชนิดของ<br>ของเหลว | t (cm) | n <sub>exp</sub> | n <sub>std</sub> | %Error |
|--------------------|--------|------------------|------------------|--------|
| น้ำ                | 6.0    | 1.33             |                  | 0.00   |
|                    | 8.0    | 1.30             | 1.33             | 2.26   |
|                    | 10.0   | 1.30             |                  | 2.26   |
| กลีเซอริน          | 6.0    | 1.49             |                  | 1.36   |
|                    | 8.0    | 1.43             | 1.47             | 2.72   |
|                    | 10.0   | 1.44             |                  | 2.04   |
| เอทิลแอลกอฮอล์     | 6.0    | 1.27             |                  | 6.62   |
|                    | 8.0    | 1.26             | 1.36             | 7.35   |
|                    | 10.0   | 1.26             |                  | 7.35   |

**อภิปรายและสรุปผล**

ชุดทดลองหาค่าดัชนีหักเหของของเหลวด้วยเทคนิคการหักเหแสงที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ กล้องกระจกใสสำหรับใส่ของเหลวที่ต้องการหาค่าดัชนีหักเห กระจกเงาสะท้อนแสงสำหรับทำให้เกิดการหักเหของแสงเลเซอร์ และฉากสำหรับหาตำแหน่งการหักเหของแสงเลเซอร์ โดยใช้กฎของสเนลล์และการหักเหของแสงเลเซอร์ผ่านตัวกลางต่างชนิด ค่าดัชนีหักเหของของเหลว 3 ชนิด จากชุดทดลองนี้ พบว่าน้ำมีค่าดัชนีหักเห (n) ประมาณ

1.30 - 1.33 กลีเซอรินมีค่าประมาณ 1.43 - 1.49 และเอทิลแอลกอฮอล์มีค่าประมาณ 1.26 - 1.27

เมื่อนำค่าดัชนีหักเหของของเหลวไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน พบว่าน้ำมีค่าดัชนีหักเหใกล้เคียงค่ามาตรฐานมากที่สุด (ความคลาดเคลื่อนสูงสุด 2.26%) รองลงมาได้แก่กลีเซอริน (ความคลาดเคลื่อนสูงสุด 2.72%) ส่วนค่าดัชนีหักเหของเอทิลแอลกอฮอล์จากชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีค่าแตกต่างจากค่ามาตรฐานค่อนข้างมาก (ความคลาดเคลื่อนสูงสุด 7.35%) เนื่องจากเอทิลแอลกอฮอล์ระเหยค่อนข้างง่าย ทำให้ระดับความสูงของของเหลว ซึ่งเป็นพารามิเตอร์หนึ่งที่ต้องใช้ในการคำนวณมีค่าคลาดเคลื่อนค่อนข้างง่าย ทำให้ค่าดัชนีหักเหที่ได้มีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง อย่างไรก็ตามชุดทดลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้มีข้อดีคือใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ทั่วไป ชุดทดลองนี้ยังมีขนาดกะทัดรัดเหมาะสำหรับใช้สาธิตหรือประกอบการเรียนการสอนในห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ นอกจากนี้ยังสามารถดัดแปลงหรือประยุกต์ชุดทดลองที่สร้างขึ้นวัดค่าดัชนีหักเหของของเหลวที่อุณหภูมิต่างๆ โดยเพิ่มชุดให้ความร้อนและชุดตรวจวัดอุณหภูมิ

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบคุณโรงเรียนบูรรัมย์พิทยาคม มหาวิทยาลัยบูรพาที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ทำการทดลอง และขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย

**เอกสารอ้างอิง**

กัลยาณัฐ แสงสุริยา, นิรันดร์ วิทิตอนันต์ และสำเภา จงจิตต์. 2553. การวัดดัชนีหักเหของสารละลายด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนแสง. การประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 8 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.

ปฐมพงษ์ ชุ่มมงคล. 2549. การสร้างมาตรฐานนี้หักเห  
สำหรับการสอนฟิสิกส์. ปรินูญานินพนธ์  
ปรินูญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปิยะรัตน์ พราหมณี. 2530. การวัดค่าดัชนีหักเหของ  
ของเหลว ด้วยวิธีตริงมุมตกกระทบ. วารสาร  
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สจข.  
ปีที่ 6 (ฉบับที่ 1) : 45-50.

ปิยะรัตน์ พราหมณี. 2531. การวัดค่าดัชนีหักเหของ  
ของเหลวโดยใช้ปริซึมรูปสี่เหลี่ยมคางหมู.  
วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. ปีที่ 4 (ฉบับที่ 1):  
3-9.

ปิยะรัตน์ พราหมณี. 2531. การวัดค่าดัชนีหักเหของ  
แผ่นวัตถุโปร่งใสโดยใช้ Michelson  
Interferometer. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว.  
ปีที่ 4 (ฉบับที่ 2): 78-85.