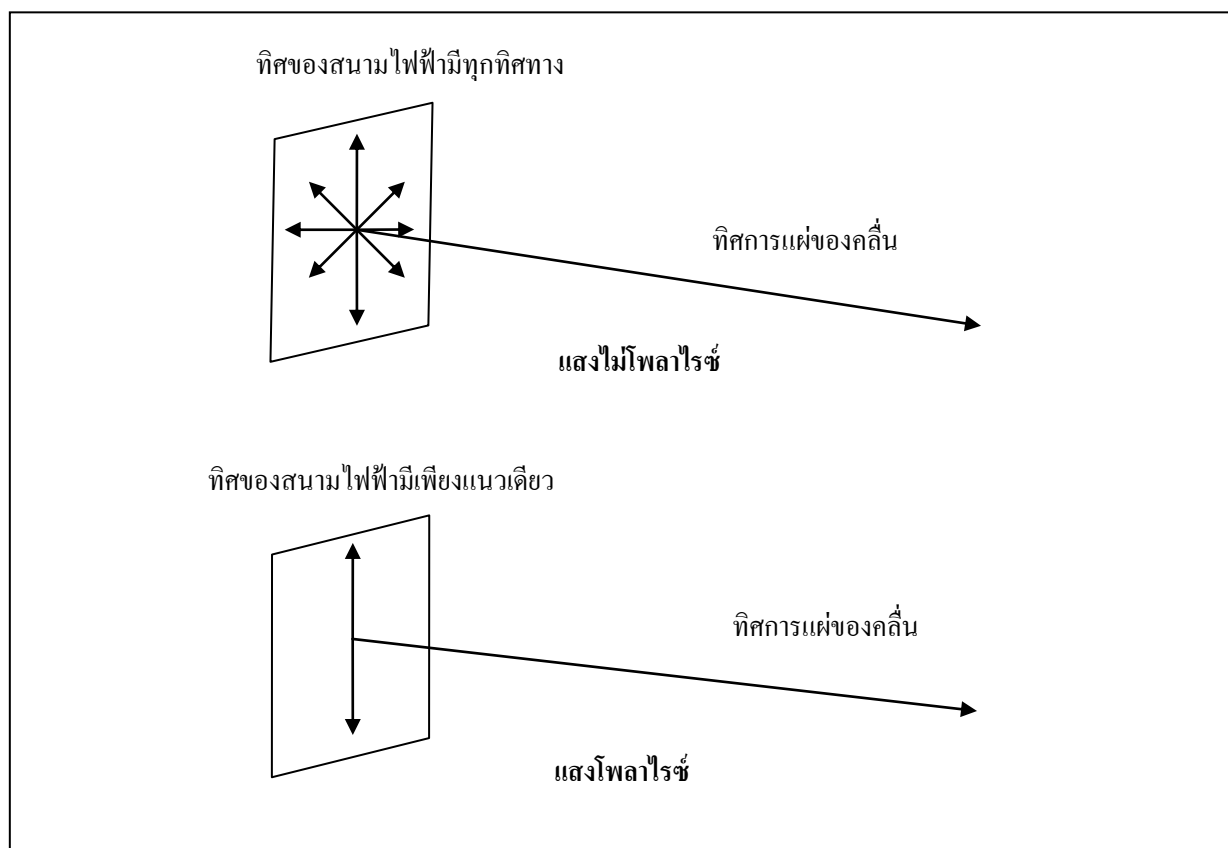


ข้อสอบภาคปฏิบัติข้อที่ 1
แสงโพลาไรซ์จากการสะท้อน

บทนำ

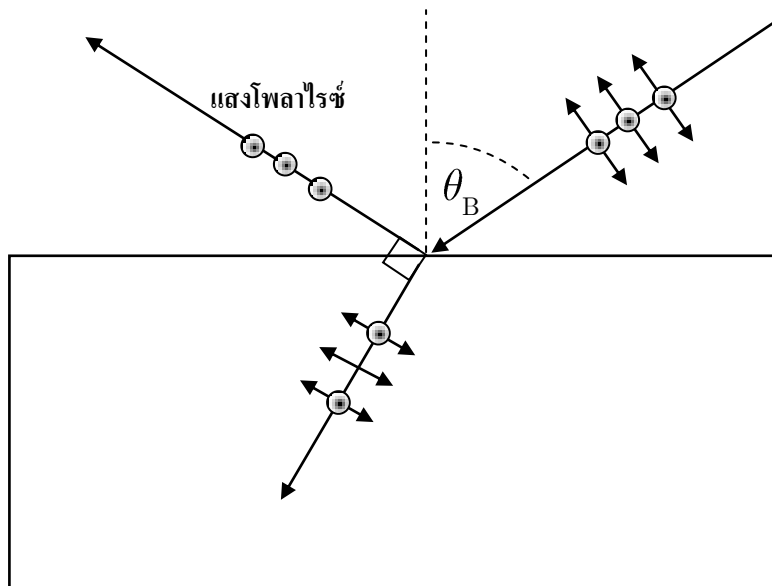
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง โดยมีสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าตั้งฉากกันและตั้งฉากกับทิศการแผ่ของคลื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั่วไปมีทิศของสนามทั้งสองได้ทุกทิศทาง เรียกคลื่นประเภทนี้ว่า คลื่นไม่โพลาไรซ์ ถ้าทิศของสนามทั้งสองมีทิศที่แน่นอนเพียงแนวเดียว เรียกคลื่นประเภทนี้ว่า คลื่นโพลาไรซ์ (Polarized Wave) และเรียกแนวนี้ว่าเป็น แนวแกนโพลาไรเซชัน (polarization axis)



รูปที่ 1

การทำให้เกิดแสงโพลาไรซ์มักจะใช้แผ่นโพลาไรซ์ แสงจากแหล่งกำเนิดบางชนิด เช่น เลเซอร์ไดโอดในปากกาเลเซอร์ จะเป็นแสงที่โพลาไรซ์บางส่วน เนื่องจากมีช่องปล่อยแสงออกมาในระนาบเดียว การสะท้อนของแสงจากผิววัสดุ เช่น ผิวน้ำหรือกระจก สามารถสร้างแสงโพลาไรซ์ได้เช่นกัน โดยจะเกิดขึ้นที่มุมตกกระทบเฉพาะที่เรียกว่ามุมบริวสเตอร์ (Brewster angle, θ_B) ดังแสดงในรูปที่ 2 ที่มุม

บรีวสเตอร์ นี่แสงสะท้อนกับแสงที่หักเหผ่านตัวกลางไปจะทำมุมกันเป็นมุมฉากพอดี และแกนโพลาไรเซชันของแสงสะท้อนจะมีทิศทางเดียว ตั้งฉากกับระนาบการตกกระทบของแสง



แสงไม่โพลาไรซ์

(สนามมีทุกทิศทาง แต่นิยมเขียนเพียงแค่ 2 ทิศที่ตั้งฉากกัน วงกลมหมายถึงทิศสนามตั้งฉากกับกระดาษ ลูกศรหมายถึงทิศสนามขนานกับแผ่นกระดาษ หากขนาดของสนาม 2 ทิศนี้มีขนาดไม่เท่ากันเรียกว่าแสงโพลาไรซ์บางส่วน)

รูปที่ 2

อุปกรณ์ที่จัดให้

1. น้ำและน้ำเชื่อมความเข้มข้นต่างๆ ใช้สำหรับการหาค่ามุมบรีวสเตอร์ ได้แก่ น้ำ
น้ำเชื่อมความเข้มข้น 800 mg/ml
2. งานแก้วฟอสสำหรับใส่ของเหลวที่ต้องการทดสอบ
3. เลเซอร์ไดโอด พร้อมปลอกหุ้ม สำหรับกดสวิตช์ปิดเปิดให้ค้างไว้ได้
4. ตัวต้านทานไวแสงบนแผ่นไม้พร้อมแถบกระดาษสำหรับหาจุดสะท้อนของเลเซอร์ (ให้ประมาณได้ว่าความเข้มแสงจะแปรผกผันกับความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง)
5. มัลติมิเตอร์
6. ไมโครเมตร

7. ไม้มรรตยาว
8. ขาตั้งเหล็กพร้อมแขนจับเลเซอร์ ที่ใช้ปรับหมุนเปลี่ยนมุมตกกระทบ
9. กระดาษทึบ
10. เทปกา
11. ถ่านกระดุมสำรองสำหรับเลเซอร์ไดโอด

การทดลอง

1. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของเลเซอร์ไดโอด [0.6 คะแนน]

ปัญหาหนึ่งของเลเซอร์ไดโอดซึ่งอาศัยแบตเตอรี่คือความเข้มแสงจะไม่คงที่ จึงทำการทดลองเพื่อวัดลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของเลเซอร์ไดโอด ในตอนเริ่มต้น และสังเกตว่าความเข้มจะเริ่มคงตัวเมื่อผ่านไประยะหนึ่ง

ให้บันทึกค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสงในตอนต้น (ประมาณ 10 วินาทีแรก) และบันทึกอีกครั้งเมื่อค่าค่อนข้างคงตัว

คำแนะนำ ต้องเริ่มทำการวัดความเข้มทันทีเมื่อเปิดเลเซอร์ (แต่หากเปิดแล้วไม่ได้วัดทันที ควรปิดเลเซอร์ทิ้งไว้อย่างน้อย 5 นาทีก่อนทำการทดลอง)

2. การหามุมบรีวสเตอร์ของน้ำ [3.4 คะแนน]

2.1 กำหนดให้ค่าดัชนีหักเห (n) ของน้ำเท่ากับ 1.3325 และดัชนีหักเหของอากาศเท่ากับ 1.00 จงพิสูจน์ว่า $\tan(\theta_B) = n$ และจงคำนวณหาค่ามุม บรีวสเตอร์ ของการสะท้อนจากน้ำนี้

2.2 จงใช้อุปกรณ์ที่ให้จัดทำทดลองการสะท้อนของเลเซอร์ที่มุมบรีวสเตอร์ของน้ำ ซึ่งคำนวณได้จากข้อ 2.1 ให้วาดรูปแสดงการจัดอุปกรณ์ทดลองและการวัดค่าปริมาณที่ใช้สำหรับหามุมบรีวสเตอร์ของการสะท้อนจากผิวน้ำ

และวัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานไวแสง เมื่อแนวแกนโพลาไรซ์หลักของเลเซอร์ขนาน ($R_{\parallel}$) และตั้งฉาก ($R_{\perp}$) กับระนาบตกกระทบที่มุมนี้ (เมื่อตั้งฉาก ความเข้มของแสงสะท้อนมีค่ามาก เมื่อขนาน ความเข้มของแสงสะท้อนมีค่าน้อย)

จงคำนวณหาค่าอัตราส่วนของความเข้มแสงสะท้อนเมื่อแกนโพลาไรซ์หลักของเลเซอร์ขนานกับระนาบตกกระทบ ($I_{\parallel}$) ต่อ ความเข้มแสงการสะท้อนเมื่อแกนโพลาไรซ์หลักของเลเซอร์ตั้งฉากกับระนาบตกกระทบ ($I_{\perp}$)
ต่อ พร้อมค่าความคลาดเคลื่อน

คำแนะนำ 1) แนวแกนโพลาไรซ์หลักของเลเซอร์ โดยประมาณจะอยู่ให้แนวขนานหรือตั้งฉากกับปุ่มกดเปิดปิดบนตัวเลเซอร์เท่านั้น

2) ในการวัดความเข้มแสงด้วยตัวต้านทานไวแสง ควรจะให้แสงตกกระทบบนตรงกลางตัวต้านทานพอดี ซึ่งทำได้โดยการปรับหาตำแหน่งที่ได้รับแสงมากที่สุด คือให้ค่าความต้านทานมีค่าน้อยที่สุด

3. ดัชนีหักเหแสงของน้ำเชื่อม [6.0 คะแนน]

จงออกแบบและทดลองเพื่อหาค่าดัชนีหักเหของน้ำเชื่อมให้แม่นยำที่สุด โดยวัดหาค่าอัตราส่วนระหว่างความเข้มของแสงสะท้อนเมื่อแกนโพลาไรซ์หลักของเลเซอร์ขนานกับระนาบตกกระทบ ($I_{\parallel}$) และเมื่อแกนโพลาไรซ์หลักของเลเซอร์ตั้งฉากกับระนาบตกกระทบ ($I_{\perp}$) ที่มุมตกกระทบที่ผิวน้ำต่างๆของแสงเลเซอร์ ในการวิเคราะห์ผลการทดลองให้ใช้การเขียนกราฟ พร้อมประมาณค่าความคลาดเคลื่อน

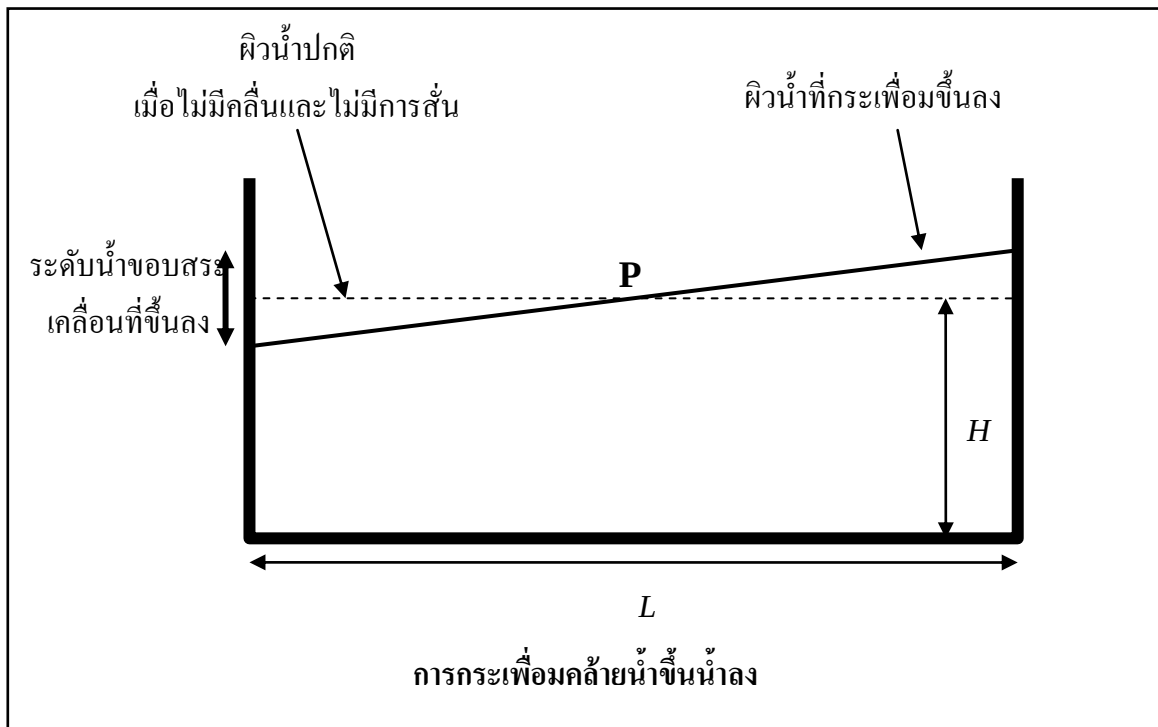
คำแนะนำ การหาอัตราส่วนนี้จะช่วยเช็คความเข้มของแสงที่เปลี่ยนไปตามเวลาจึงควรต้องทำการวัดค่าอัตราของค่าความเข้ม (ความต้านทานของตัวไวแสง) ทั้งสองนี้ในช่วงเวลาต่อเนื่องกัน

ข้อสอบภาคปฏิบัติข้อที่ 2
การกระเพื่อมของน้ำในสระ

บทนำ

ขณะที่นักเรียน 3 คน เดินผ่านสระว่ายน้ำ พวกเขาสังเกตเห็นน้ำในสระมีการเคลื่อนที่สองแบบ

- แบบที่หนึ่งคือการเคลื่อนที่แบบคลื่นผิวน้ำ
- แบบที่สองคือการเคลื่อนที่แบบกระเพื่อมคล้ายน้ำขึ้นน้ำลง ระดับน้ำที่ขอบสระด้านหนึ่งลดลงในขณะที่ระดับน้ำที่ขอบสระฝั่งตรงกันข้ามสูงขึ้นดังรูปที่ 1



รูปที่ 1

นักเรียนทั้งสามคนสนใจการกระเพื่อมของน้ำในแบบที่สอง และเห็นตรงกันว่าการกระเพื่อมขึ้นลงนั้นคล้ายการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย พวกเขาจึงช่วยกันคิดค้นแบบจำลองที่จะช่วยอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างคาบการสั่น T ความลึกของน้ำ H ความยาวของสระ L และค่าความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วง g

นักเรียน 1 เสนอแบบจำลองว่า

การเคลื่อนที่เปรียบเหมือนเข็มเปิดแพนดูลัม โดยตำแหน่งของลูกตุ้มอยู่ที่จุดศูนย์กลางมวลของสระน้ำ ความยาวเชือกจึงมีค่าเท่ากับ $H/2$ หลังจากการคำนวณ เขาพบว่า

$$\text{คาบการกระเพื่อม } T = 2\pi \sqrt{\frac{H}{2g}}$$

นักเรียน 2 เสนอแบบจำลองว่า

การเคลื่อนที่คล้ายกับการแกว่งกวัดของไม้กระดานกว้าง H ยาว L โดยมีจุดหมุนอยู่ที่จุด P หลังจากคำนวณโดยใช้โมเมนต์ความเฉื่อยและทอร์กของจุด CM รอบจุด P นักเรียนคนนี้ได้ผลสรุปว่า

$$\text{คาบการกระเพื่อม } T = 2\pi \sqrt{\frac{2 \left(\frac{1}{3} H^2 + \frac{1}{12} L^2 \right)}{gH}}$$

นักเรียน 3 เสนอแบบจำลองว่า

แรงดันที่ผนังด้านซ้ายและขวาไม่เท่ากัน เพราะระดับน้ำสูงไม่เท่ากัน ความต่างของแรงดันทำให้จุดศูนย์กลางมวลเคลื่อนที่ซ้ายขวาสลับกันไป จากการคำนวณ เขาพบว่า

$$\text{คาบการกระเพื่อม } T = 2\pi \sqrt{\frac{L^2}{12gH}}$$

การทดลอง

- ให้ออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาว่า แบบจำลองของนักเรียนคนใดใกล้เคียงการกระเพื่อมจริงมากที่สุด (ไม่ต้องพิสูจน์ที่มาของคาบในแต่ละแบบจำลอง)
- ในการวิเคราะห์ผลการทดลองให้ใช้ความโน้มถ่วง $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- ให้ใช้กราฟเส้นตรงช่วยในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

อุปกรณ์ที่จัดให้

1. อ่างน้ำสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่หน้าตัดกว้างประมาณ 17.0 cm ยาวประมาณ 51.0 cm สำหรับสังเกตการกระเพื่อม
2. ถังและขันสำหรับตวงน้ำ
3. นาฬิกาจับเวลา
4. ไม้บรรทัด

คำแนะนำ

- นักเรียนสามารถทำให้น้ำกระเพื่อมขึ้นลงโดยการเอียงอ่างน้ำเล็กน้อยแล้วหย่อนลงเบาๆหรือโยกเบาๆ
- นักเรียนควรรอให้คลื่นผิวน้ำหายไปก่อนจะวัดคาบการกระเพื่อม
- ให้ใช้ความลึกของน้ำน้อยกว่า 11 cm
- ไม่ควรใช้กราฟ log-log ในการพล็อตกราฟ