การวัดความยาวคลื่นของแสงฮีเลียม – นีออนเลเซอร์ ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบน

จุมพล ขอบขำ ศราวุธ มีเครือ ศิรินุช จินดารักษ์ และชโนภาส ชนลักษณ์ดาว*

He – Ne laser light wavelength measurement by diffraction technique

Chomphon Khomcom, Saravut Mekurl, Sirinuch Chindaruksa and Chanopat Chonlakdao*

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

*Corresponding author, E-mail address: chanopatp@nu.ac.th

บทคัดย่อ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคการเลี้ยวเบนที่มาตราส่วนบนไม้บรรทัดโลหะเหล็กในการวัดความยาวคลื่นของแสงฮีเลียม – นีออนเลเซอร์ค่าความยาวคลื่นเฉลี่ยที่ได้มีค่าเป็น 644.6 นาโนเมตร โดยเปรียบเทียบกับค่าความยาวคลื่นของแสงฮีเลียม – นีออนเลเซอร์ที่ทราบค่าแน่นอนพบว่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 %.

Abstract

The purpose of this study was to apply the diffraction technique at a steel scale for He – Ne laser light wavelength measurement. The average wavelength thus obtained comes out to be λ = 644.6 nm. This compares well with the known wavelength of He – Ne laser to within 2 %.

บทนำ

เป็นที่ทราบกันมาอย่างดีแล้วว่าเกรตติงสะท้อน จะแสดงการเลี้ยวเบนได้เป็นอย่างดีก็ต่อเมื่อลำแสงที่ตกกระทบเกือบขนานกับผิวของเกรตติง (Hecht, E. 1990) รูปแบบการเลี้ยวเบนของฮีเลียม – นีออน เลเซอร์ที่ได้จากไม้บรรทัดโลหะเหล็กจะแสดงออกมาให้เห็นอย่างชัดเจนโดยจัดให้ไม้บรรทัดโลหะเหล็กวางตัวในแนวนอนมีระนาบใกล้เคียงกับเครื่องเลเซอร์และอยู่ด้านหน้าเครื่องเลเซอร์ ดังนั้นลำแสงเลเซอร์ที่ยิงออกมาจากเครื่องเลเซอร์ก็เกือบจะขนานกับไม้บรรทัดโลหะเหล็กและลำแสงเลเซอร์พุ่งกระทบมาตราส่วนบนไม้บรรทัดโลหะเหล็กอย่างเฉียดๆ (grazing incidence) บางส่วนของลำแสงเลเซอร์ตกกระทบไม้บรรทัดโลหะเหล็กด้วยมุมน้อยๆ อันดับ การเลี้ยวเบนสามารถมองเห็นได้

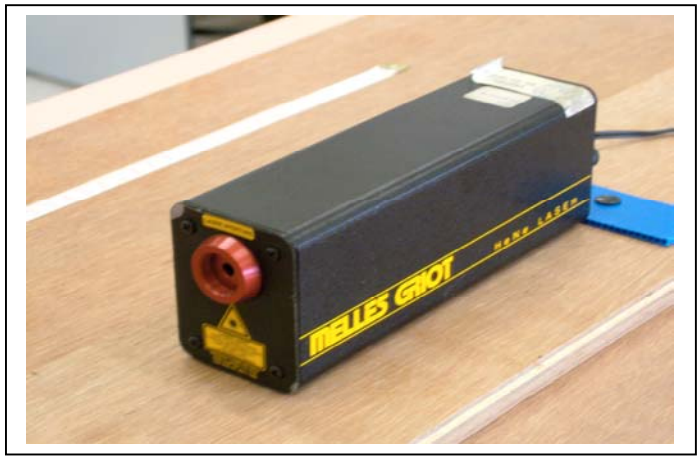
บนฉาก จุดสว่างของลำแสงตรง (direct beam) กำหนดให้เป็นอันดับที่ศูนย์ (zeroth order) มุมของจุดสว่างบนฉากที่ทำกับแนวระนาบมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งโดยเป็นข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณหาความยาวคลื่นแสงฮีเลียม – นีออน เลเซอร์ ซึ่งจะได้มาจากการวัดระยะห่างของจุดสว่างที่ติดกันซึ่งปรากฏบนฉากและระยะทางจากไม้บรรทัดโลหะเหล็กถึงฉาก (Schalow, A.L. 1965)

การสร้างชุดการทดลองเรื่องการหาความยาวคลื่นแสงฮีเลียม – นีออนเลเซอร์ด้วยไม้บรรทัดโลหะเหล็ก เป็นการพัฒนาสื่อเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนอย่างหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างเหมาะสมในการจัดการเรียน การสอนฟิสิกส์ ซึ่งเป็นการเสนอรูปแบบของการทดลองที่น่าสนใจอีกแนวหนึ่ง นอกเหนือจากการทดลองเดิมๆ ที่ใช้ลำแสงส่องผ่านแผ่นเกรตติง

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

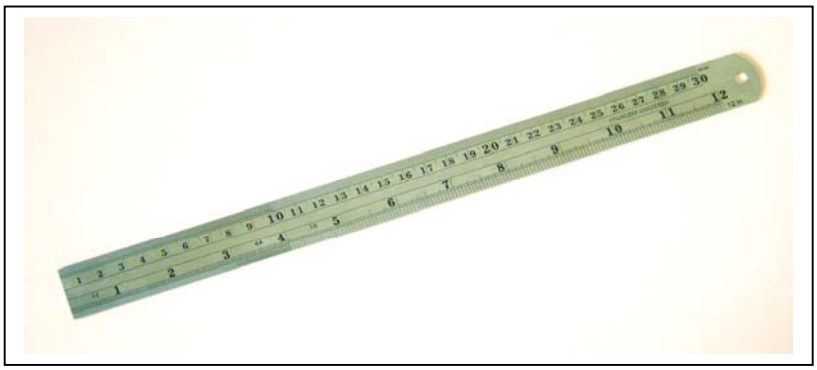
อุปกรณ์

1. ใช้เครื่องฮีเลียม – นีออนเลเซอร์ มาเป็นตัวกำเนิดแสง (ยี่ห้อ Melles Griot รุ่น 05 – SRR – 812 ความเข้ม 5 mW ความยาวคลื่น 632.8 nm.)



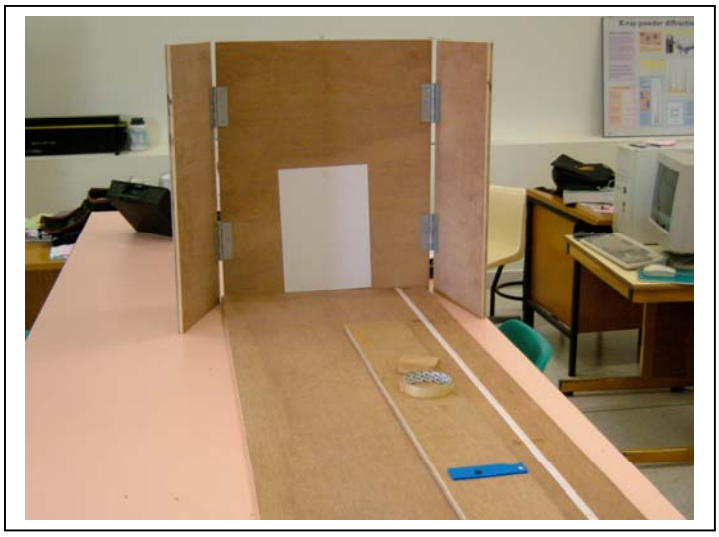
รูปที่ 1 เครื่องฮีเลียม – นีออนเลเซอร์

2. ใช้ไม้บรรทัดโลหะเหล็ก จำนวน 1 อัน เพื่อเป็นเกรตติงสะท้อนแสงเลเซอร์



รูปที่ 2 ไม้บรรทัดโลหะเหล็ก

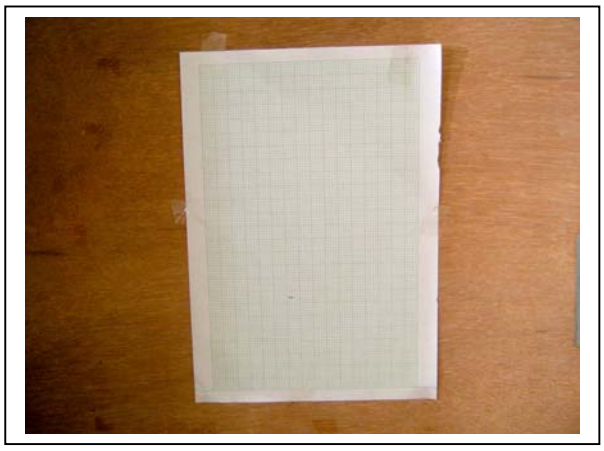
3. ใช้รางไม้ ฉากรับภาพและกราฟ หมอนรองไม้บรรทัดโลหะเหล็ก จำนวน 1 ชุด เพื่อใช้ในการแสดงรูปแบบของการเลี้ยวเบนที่ปรากฏบนกระดาษกราฟที่ติดบนฉาก และเพื่อความสะดวกในการวัดระยะต่าง ๆ



รูปที่ 3 รางไม้ ฉาก กระดาษกราฟ และหมอนรอง

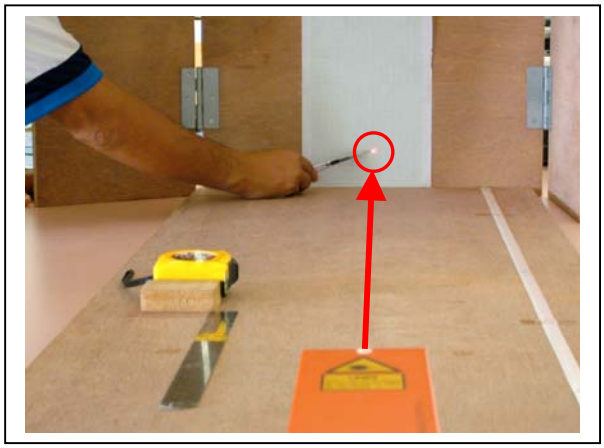
วิธีการ

1. ติดกระดาษกราฟบนฉาก



รูปที่ 4 แสดงการติดกระดาษกราฟบนฉากไม้

2. ยิงแสงเลเซอร์ให้ปรากฏจุดสว่างบนฉาก (ยังไม่มีไม้บรรทัดโลหะเหล็กมาขวางทางเดินของแสง) ทำจุดสังเกตไว้บนกระดาษกราฟเป็นจุด O



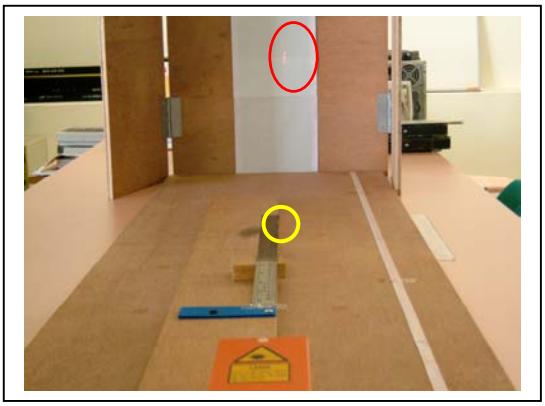
รูปที่ 5 แสดงการยิงแสงเลเซอร์ไปตรง ๆ และทำเครื่องหมายบนกระดาษกราฟ

3. นำไม้บรรทัดโลหะเหล็กมาวางเอียงขวางทางเดินของแสงเลเซอร์แล้วยิงแสงเลเซอร์ให้กระทบไม้บรรทัดโลหะเหล็ก จะปรากฏจุดสว่างบนฉากแล้วทำเครื่องหมายบนกระดาษกราฟ ดังนี้

3.1 จุดที่สว่างที่สุด กำหนดให้เป็นตำแหน่ง S_0

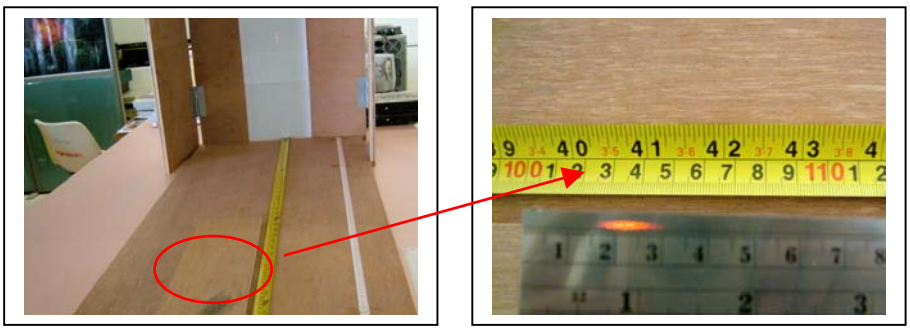
3.2 จุดสว่างบน S_0 ขึ้นไป กำหนดให้เป็นตำแหน่ง $S_1, S_2, S_3 \ldots S_n$ ตามลำดับ

3.3 จุดสว่างล่าง S_0 ลงมา กำหนดให้เป็นตำแหน่ง $S_{-1}, S_{-2}, S_{-3} \ldots S_{-n}$ ตามลำดับ

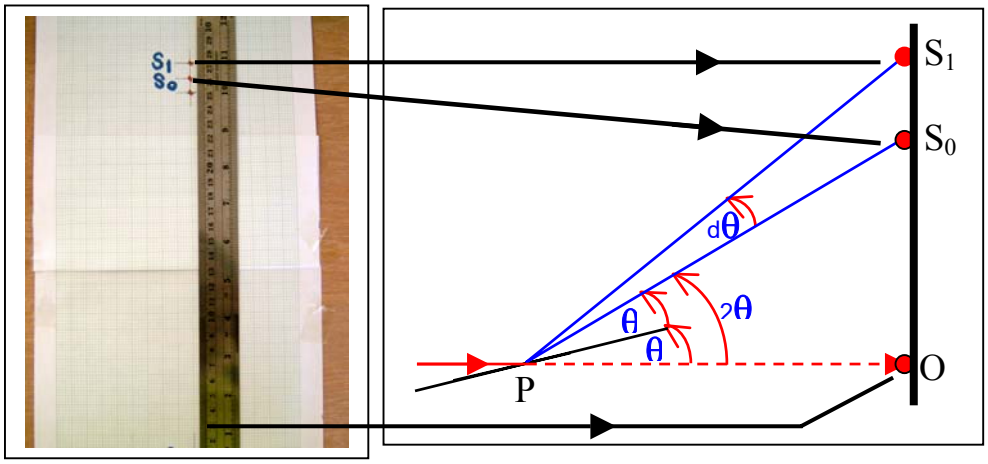


รูปที่ 6 แสดงการยิงแสงเลเซอร์ให้ตกกระทบแล้วเลี้ยวเบนออกจากไม้บรรทัดโลหะเหล็กเกิดรูปแบบ การ เลี้ยวเบนบนฉาก

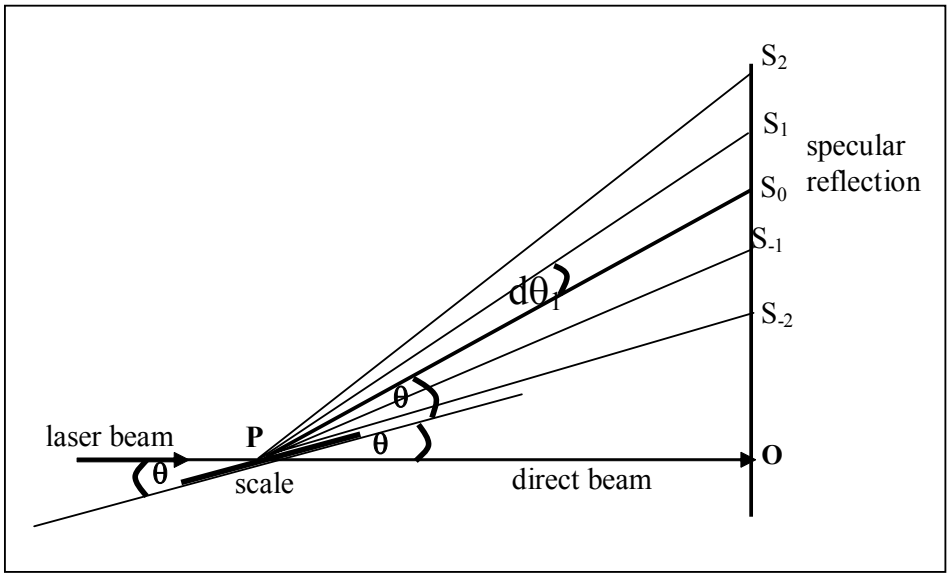
4. วัดระยะของ PO, OS_0, OS_1 แล้วบันทึกผล



รูปที่ 7 แสดงการวัดระยะแสงตกกระทบไม้บรรทัดโลหะเหล็กกับฉาก (PO)



รูปที่ 8 แสดงการวัดความห่างระหว่างจุดสว่างที่อยู่ติดกันบนฉาก (OS_0, OS_1)



รูปที่ 9 แสดงการเลี้ยวเบนที่ไม้บรรทัดโลหะเหล็ก และระยะต่าง ๆ ที่ต้องวัดอย่างละเอียด

5. บันทึกระยะห่างระหว่างช่องสเกลที่ติดกันบนไม้บรรทัดโลหะเหล็กเป็น d (1 มม. หรือ 0.5 มม.)
6. คำนวณหาค่า θ จากความสัมพันธ์ $2\theta = \tan^{-1}\frac{OS_0}{PO}$
7. หาค่า $d\theta_n$ จากความสัมพันธ์ $2\theta + d\theta_n = \tan^{-1}\frac{OS_n}{PO}$

8. คำนวณหาค่า λ จากความสัมพันธ์ $\lambda = d\theta_n d \sin\theta$

9. ทำซ้ำอีกหลาย ๆ ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือได้

10. คำนวณเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ได้จากความสัมพันธ์

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \frac{\text{ค่าที่ได้จากการทดลอง} - \text{ค่าจริง}}{\text{ค่าจริง}} \times 100\ \%$$

ในที่นี้ค่าจริงของค่าความยาวคลื่นแสงฮีเลียม – นีออนเลเซอร์ที่ใช้ในการทดลองมีค่า λ = 632.8 nm. (ดูจากบริษัทที่ผลิตซึ่งบอกค่าไว้ที่ตัวเครื่อง)

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดลองการหาค่าความยาวคลื่นแสงฮีเลียม – นีออนเลเซอร์

ครั้งที่	ค่าที่วัดได้จากการทดลอง				ค่าที่ได้จากการคำนวณ				ค่าความคลาดเคลื่อน %
	d (mm)	OP (cm)	OS_0 (cm)	OS_1 (cm)	2θ (degree)	$2\theta + d\theta$ (degree)	$d\theta$ (rad)	λ (nm)	
1	1	115.00	27.70	28.40	13.54	13.87	0.0057	671.9	6.17
2	1	102.00	27.10	27.68	14.88	15.18	0.0052	673.3	5.05
3	1	108.00	27.30	27.90	14.18	14.48	0.0052	641.8	1.42
4	1	110.00	27.50	28.20	14.04	14.38	0.0059	721.1	13.6
5	1	112.00	27.40	28.00	13.75	14.04	0.0051	610.5	-5.49
6	0.5	108.50	22.30	23.70	11.61	12.32	0.0124	627.1	-1.20
7	0.5	111.50	21.10	22.60	10.72	11.46	0.0129	602.5	-4.34
8	0.5	110.00	21.00	22.60	10.81	11.61	0.0140	659.4	4.09
9	0.5	114.00	20.20	21.85	10.05	10.85	0.0140	613.1	-0.36
10	0.5	116.50	22.20	23.80	10.79	11.55	0.0133	625.2	-3.52

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาจุดสว่างบนฉากซึ่งเป็นผลจากการเลี้ยวเบนของแสงฮีเลียม – นีออนเลเซอร์ที่มาตราส่วนบนไม้บรรทัดโลหะเหล็ก พบว่าขณะที่มุม θ มีค่าเพิ่มขึ้นจุดสว่างของการเลี้ยวเบนมีแนวโน้มที่จะแยกกันไม่ชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามถ้าระยะทางจากบริเวณที่ลำแสงเลเซอร์ตกกระทบมาตราส่วนบนไม้บรรทัดโลหะเหล็กถึงฉากมีค่ามากขึ้นจุดสว่างการเลี้ยวเบนจะแยกกันชัดเจนยิ่งขึ้นและค่าความยาวคลื่นเฉลี่ยที่คำนวณได้มีค่าเท่ากับ 644.6 นาโนเมตร โดยมีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน 1.86 %

เอกสารอ้างอิง

Hecht, E. 1990. *OPTICS.* Addison – Wesley, Publishing Company., USA.

Schawlow, A.L. 1965. Measuring the Wavelength of He – Ne laser with a ruler. *Amer. J. Physics.* 33: 922.