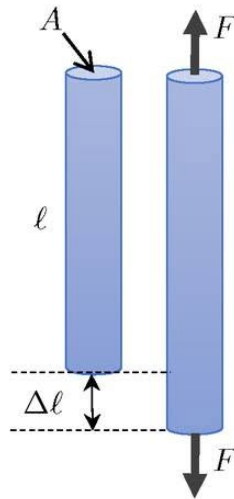


## Electrical & Mechanical Properties of Nichrome & Steel Wires [20 คะแนน]

มอดูลัสของยัง (Young's Modulus) เป็นค่าที่ใช้วัดความแข็งแรงหรือความต้านทานต่อการยืดหรือหดของวัสดุเมื่อมีแรงมากระทำ โดยเฉพาะในกรณีที่วัสดุนั้นมีลักษณะเป็นแท่งหรือเส้น สำหรับแท่งวัสดุความยาว  $\ell$  พื้นที่หน้าตัด  $A$  ถูกยืดออกเป็นระยะทาง  $\Delta\ell$  เมื่อมีแรง  $F$  กระทำ ดังรูปที่ 1. เรานิยาม

$$\text{Young's Modulus } E = \frac{\text{ความเค้น (stress)}}{\text{ความเครียด (strain)}} = \frac{F/A}{\Delta\ell/\ell} \quad (1)$$

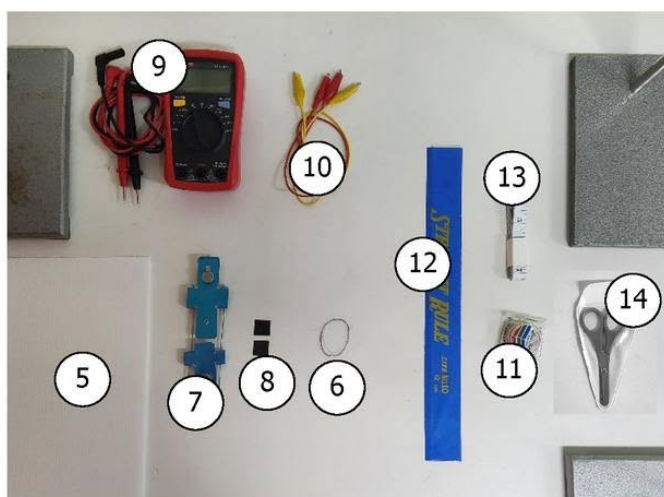
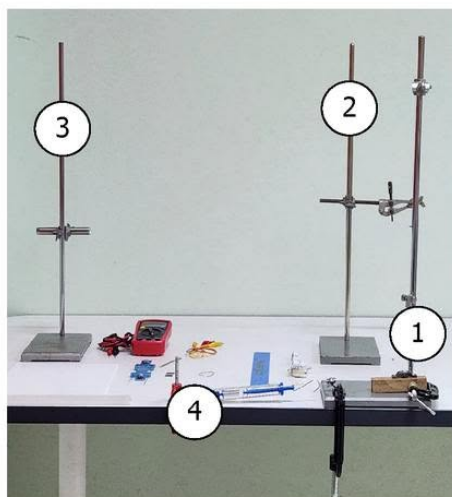


รูปที่ 1. แสดง stress และ strain ของแท่งวัสดุเมื่อมีแรงดึง

ความต้านทานไฟฟ้า  $R$  ของเส้นลวดตัวนำขึ้นอยู่กับความยาว  $\ell$  พื้นที่หน้าตัด  $A$  และสภาพต้านทานไฟฟ้า (resistivity)  $\rho$  ดังสมการที่ (2)

$$R = \frac{\rho\ell}{A} \quad (2)$$

## อุปกรณ์



รูปที่ 2. อุปกรณ์ที่ให้มาทั้งหมดสำหรับการทดลองทั้ง 4 ตอน

1. ขาดังสำหรับแขวนลวดพร้อมรอกที่ยึดไว้ที่ฐาน (ใช้กับทุกตอน) เริ่มต้นมีลวดนิโครม (สำหรับ ตอนที่ 1, 2 และ 3) ห้อยผ่านรอกไว้ให้แล้ว พร้อมติดตั้งทรงกระบอกบริเวณกลางลวด และมีห่วงสำหรับดึงด้วยตาข่ายสปริง
2. ขาดังและคานกระจก (ตอนที่ 3)
3. เลเซอร์ และขาดังสำหรับติดเลเซอร์
4. ตาข่ายสปริงและแคลมป์
5. ฉาก
6. ลวดเหล็ก (ตอนที่ 4)

7. แผ่นอลูมิเนียมและลวดแข็งพร้อมขนาดสำหรับประกอบเป็นโครงสร้างลิตเดี่ยว (ตอนที่ 4)
8. फिल्मสำหรับทำสลิต (ตอนที่ 4)
9. ดิจิทัลมิเตอร์ (ตอนที่ 2)
10. สายไฟ 2 เส้น
11. เทปใส
12. ไม้บรรทัดใส
13. สายวัด 1 เมตร
14. กรรไกร

\*\*\* ระวังเลเซอร์เข้าตา และไม่ควรจ้องนานๆ \*\*\*

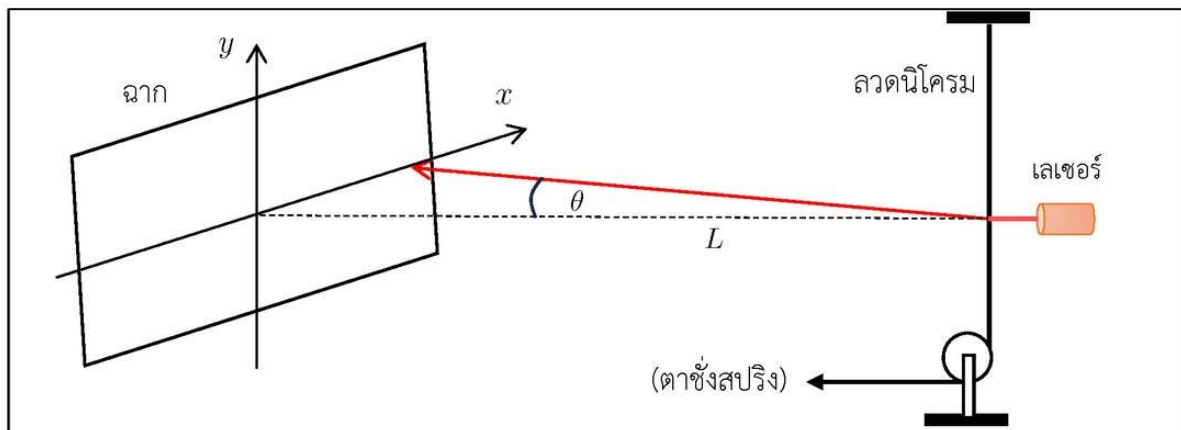
**ตอนที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดนิโครม**

[1.6 คะแนน]

เมื่อฉายแสงเลเซอร์ผ่านวัตถุทึบแสงขนาดเล็ก (เช่น เส้นลวด หรือเส้นผม) จะเกิดริ้วการเลี้ยวเบนขึ้นบนฉากเหมือนกับริ้วการเลี้ยวเบนของสลิตเดี่ยว โดยแถบกลางเป็นแถบสว่าง ข้างๆ เป็นแถบมืดสว่างสลับกันไป ซึ่งเป็นไปตามหลักการของ Babinet (หรือ Babinet's principle) ตำแหน่ง  $x$  ของแถบมืดอันดับที่  $n$  บนฉากสามารถประมาณได้จากสมการ

$$d \frac{x}{L} = n\lambda \quad (3)$$

เมื่อ  $d$  เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางของลวด,  $L \gg x$  เป็นระยะตั้งฉากจากลวดถึงฉาก,  $\lambda$  เป็นความยาวคลื่นของเลเซอร์ และ  $n = 1, 2, 3, \dots$



รูปที่ 3. แสดงการเลี้ยวเบนผ่านลวด

กำหนดให้  $\lambda = 650 \pm 10 \text{ nm}$

**คำสั่ง**

ในการทดลองนี้ ลวดนิโครมถูกติดตั้งไว้แล้ว ให้ทำการทดลองเพื่อหาค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดนี้ ให้ทำการวัดเพียง 2 ตำแหน่งบนเส้นลวด และวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อน

**คำแนะนำ**

- ให้ใช้เทปใสยึดฐานฉากกับพื้นโต๊ะ และใช้เทปใสโยงตัวฉากให้ตั้งตรง

## ตอนที่ 2 สภาพต้านทานไฟฟ้า (Resistivity) ของลวดนิโครม

[5.6 คะแนน]

สำหรับการคำนวณในตอนนี้ ให้ใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดนิโครมและค่าคลาดเคลื่อนที่วัดได้จากตอนที่ 1 หากไม่ได้ทำตอนที่ 1 หรือไม่ได้ค่า ให้ใช้เส้นผ่านศูนย์กลาง  $0.25 \pm 0.01$  mm

### คำสั่ง

ออกแบบและทำการทดลองเพื่อหาสภาพต้านทานไฟฟ้า  $\rho$  ของลวดนิโครม ขณะที่มีแรงดึง 2 N พร้อมหาความต้านทานอื่นในวงจรนอกเหนือจากลวดนิโครม (เช่น ความต้านทานของสายไฟและสายวัดของมัลติมิเตอร์) โดยใช้กราฟเส้นตรง

ให้พล็อตจุดข้อมูลพร้อม error bars ทั้งสองแกน เพื่อวิเคราะห์ความคลาดเคลื่อน สำหรับค่าที่อ่านจากมัลติมิเตอร์ ให้ประมาณค่าคลาดเคลื่อนเท่ากับ  $\pm 1$  กับ digit สุดท้าย

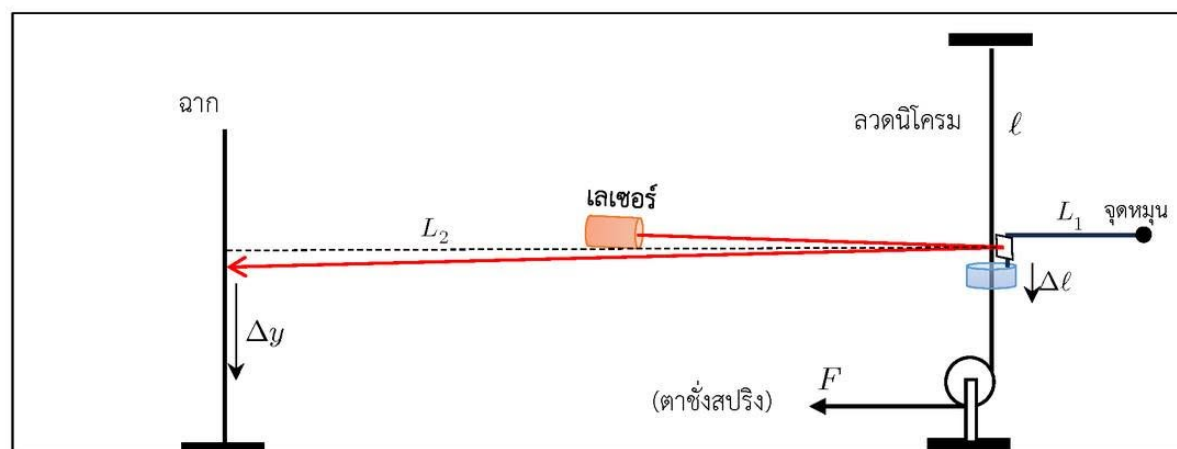
### ตอนที่ 3 Young's modulus ของลวดนิโครม

[6.9 คะแนน]

ในการทดลองนี้เราจะใช้ตาชั่งสปริงดึงลวดนิโครมให้ยืดออกเล็กน้อย เพื่อวัดค่า Young's modulus ของลวดนิโครม เราใช้ระบบเลเซอร์และกระจกเพื่อวัดระยะยืดที่มีขนาดเล็กน้อย เมื่อใช้แรงดึง ลวดจะยืดออก ทำให้ทรงกระบอกที่ยึดติดกับลวดเลื่อนลง กระจกเอียงทำมุมต่างไปจากเดิม แสงเลเซอร์ที่สะท้อนกระจกจึงเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิม ความสัมพันธ์ระหว่างระยะที่เลเซอร์เลื่อนบนฉาก  $\Delta y$  กับระยะยืดของลวด  $\Delta \ell$  คือ

$$\Delta \ell = \frac{L_1}{2L_2} \Delta y \quad (4)$$

เมื่อ  $L_1$  เป็นระยะจากจุดหมุนของคานไปยังกระจก และ  $L_2$  เป็นระยะจากกระจกไปยังฉาก



รูปที่ 4. แสดงระบบเลเซอร์สำหรับการวัดระยะยืด

### คำสั่ง

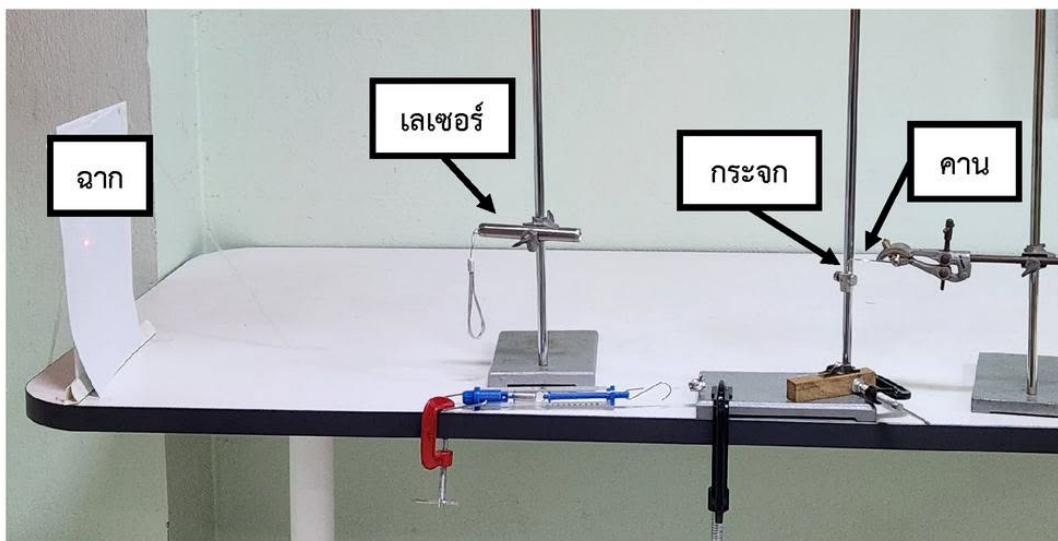
สำหรับการคำนวณในตอนนีให้ใช้เส้นผ่านศูนย์กลางของลวดนิโครมและค่าคลาดเคลื่อนที่วัดได้จากตอนที่ 1 หากไม่ได้ทำตอนที่ 1 หรือไม่ได้ค่า ให้ใช้เส้นผ่านศูนย์กลาง  $0.25 \pm 0.01$  mm

ให้ทำการทดลองเพื่อหาค่า Young's modulus ของลวดนิโครม ด้วยกราฟเส้นตรง **พร้อมวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อน** โดยให้คำนึงถึงความคลาดเคลื่อนของ  $\ell$ ,  $F$ ,  $L_1$ ,  $L_2$  และ  $\Delta y$

ให้บันทึกค่าต่างๆ จากการวัดและคำตอบจากการคำนวณในกระดาษสรุปคำตอบ

1. ให้ดูขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ในหน้าถัดไป
2. ใช้ลวดความยาว  $\ell \approx 35$  cm
3. บันทึกตำแหน่งของเลเซอร์บนฉากเมื่อใช้แรงดึงประมาณ  $F = 1$  N  
อย่าให้แสงเลเซอร์โดนเส้นลวด
4. ทำการทดลองจำนวน 6 จุดข้อมูล (ไม่ต้องทำซ้ำ) ในช่วง  $1 < F \leq 14$  N
5. ใช้กราฟเส้นตรงระหว่าง  $F$  กับ  $\Delta y$  พร้อม error bars **ทั้งสองแกน** เพื่อหาค่า  $E \pm \Delta E$

### รูปการทดลองตอนที่ 3



รูปที่ 5. รูปการทดลองตอนที่ 3

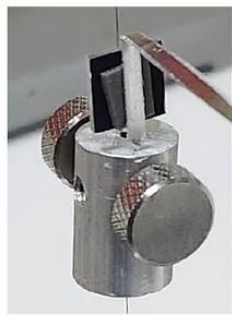
### ขั้นตอนติดตั้งอุปกรณ์การทดลองตอนที่ 3

#### ขั้นที่ 1

หากยังไม่ได้ระยะ  $l$  ที่ต้องการ ให้คลายสกรู ปรับระยะ แล้วขันสกรูทรงกระบอกให้ยึดลวดแน่น

#### ขั้นที่ 2

เลื่อนขาตั้งของคานากระจกมาใกล้เสาที่แขวนลวด เลื่อนตัวหนีบคานาขึ้นลงเพื่อปรับให้คานาอยู่ในแนวระดับ ขณะที่ปลายแหลมของคานาวางบนกระบอกพอดี ให้ตรวจสอบว่าจุดหมุนของคานากระจกหมุนได้คล่อง



#### ขั้นที่ 3

ดึงลวดให้ตึงด้วยแรงประมาณ 1 – 2 นิวตัน วางฉากเพื่อรับเลเซอร์ที่สะท้อนจากกระจก พยายามปรับให้แสงเลเซอร์ขนานกับพื้นระดับ ลองดึงสปริงประมาณ 10 นิวตัน แล้วผ่อนแรง สองสามรอบ เพื่อปรับให้ทุกอย่างเข้าที่

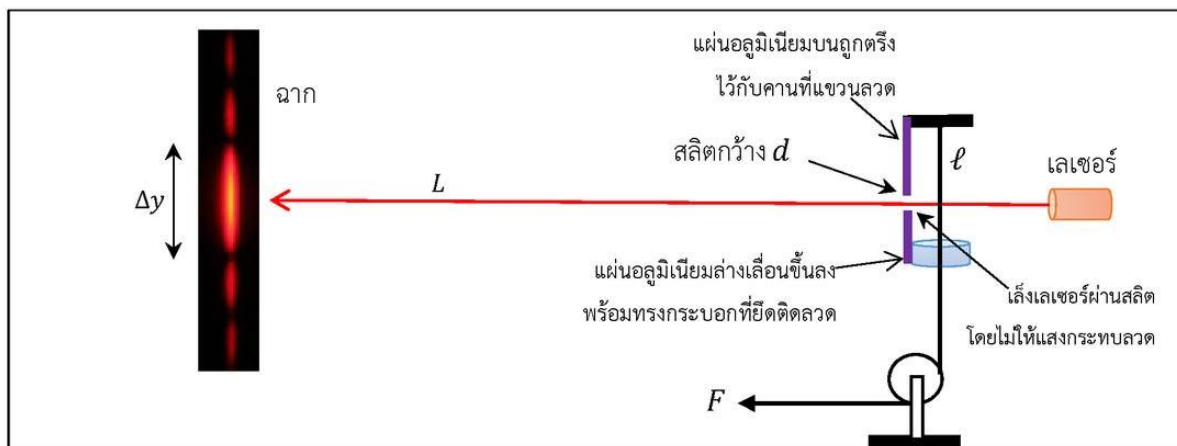
#### ตอนที่ 4 Young's modulus ของลวดเหล็ก

[5.9 คะแนน]

ในการทดลองนี้เราจะสมมุติว่าลวดเหล็กที่ต้องการหาค่า Young's modulus นั้นค่อนข้างสั้น ระยะยืดจึงมีค่าน้อย จึงต้องออกแบบวิธีการวัดพิเศษโดยใช้การเลี้ยวเบนจากสลิตเดี่ยวมาช่วยวัดระยะยืด ขอบบนของสลิตถูกตรึงไว้กับปลายด้านบนของลวด ขอบล่างของสลิตตรึงไว้ที่ระยะ  $\ell$  ของลวดวัดจากด้านบน เมื่อใช้แรงดึงลวดจะยืดออก ทำให้ระยะ  $d$  ของสลิตเดี่ยวเปลี่ยนไป เราสามารถคำนวณหาระยะ  $d$  ได้จากรูปร่างการเลี้ยวเบนบนฉาก

$$d = \frac{2L}{\Delta y} \lambda \quad (5)$$

เมื่อ  $\Delta y$  เป็นระยะระหว่างแถบมืดบนและแถบมืดล่างของแถบสว่างกลาง  $L$  เป็นระยะจากสลิตไปยังฉาก และ  $\lambda$  เป็นความยาวคลื่นของเลเซอร์



รูปที่ 6. แสดงระบบเลเซอร์และสลิตเดี่ยวสำหรับการวัดระยะยืด

#### คำสั่ง

กำหนดให้ลวดเหล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง  $0.20 \text{ mm}$  และ  $\lambda = 650 \text{ nm}$

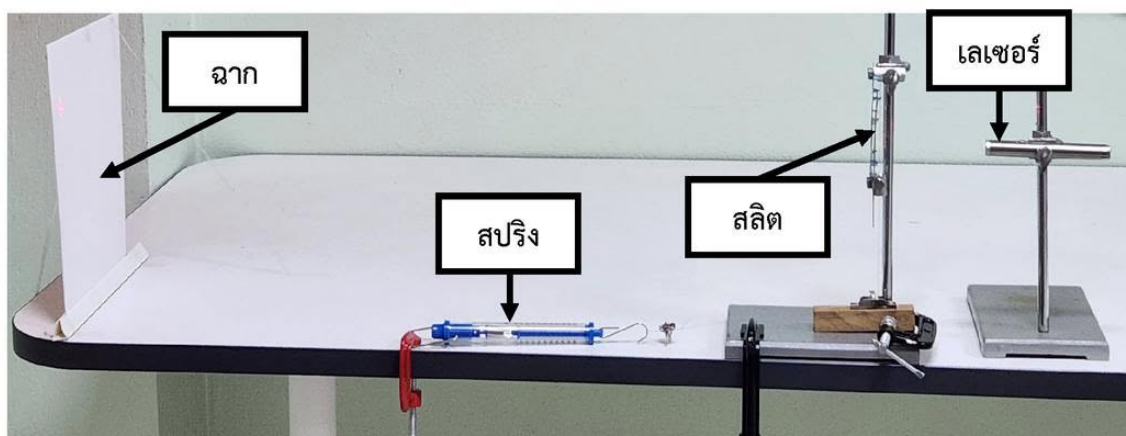
ให้ทำการทดลองเพื่อหาค่า Young's modulus ของลวดเหล็ก ด้วยกราฟเส้นตรง โดยไม่ต้องวิเคราะห์ค่า

#### คลาดเคลื่อน

ให้บันทึกค่าต่างๆ จากการวัดและคำตอบจากการคำนวณในกระดาดสรุปคำตอบ

1. ให้ดูขั้นตอนการติดตั้งอุปกรณ์ในหน้าถัดไป
2. ใช้ลวดความยาว  $\ell \approx 10 \text{ cm}$  จากจุดแขวนมายังสกรูของทรงกระบอกล่าง
3. บันทึกระยะระหว่างแถบมืด  $\Delta y$  บนฉากเมื่อใช้แรงดึงประมาณ  $F = 2 - 3 \text{ N}$
4. ทำการทดลองจำนวนอย่างน้อย 5 จุดข้อมูล (ไม่ต้องทำซ้ำ) ในช่วง  $3 < F \leq 14 \text{ N}$
5. ใช้กราฟเส้นตรง เพื่อหาค่า  $E$

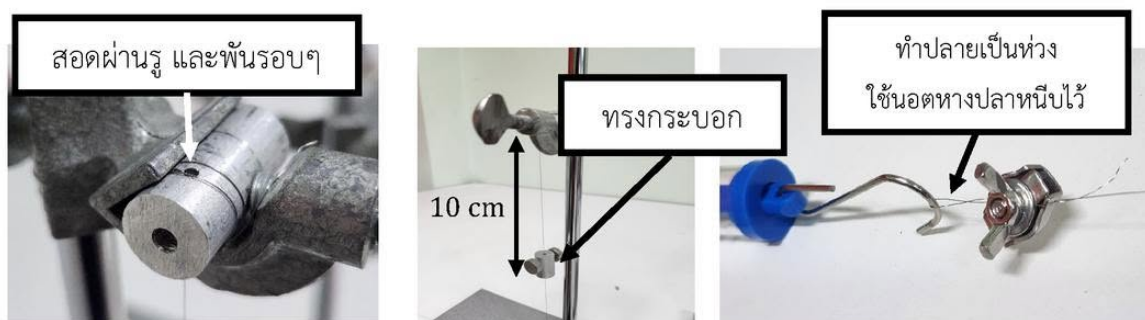
## รูปการทดลองตอนที่ 4



รูปที่ 7. รูปการทดลองตอนที่ 4

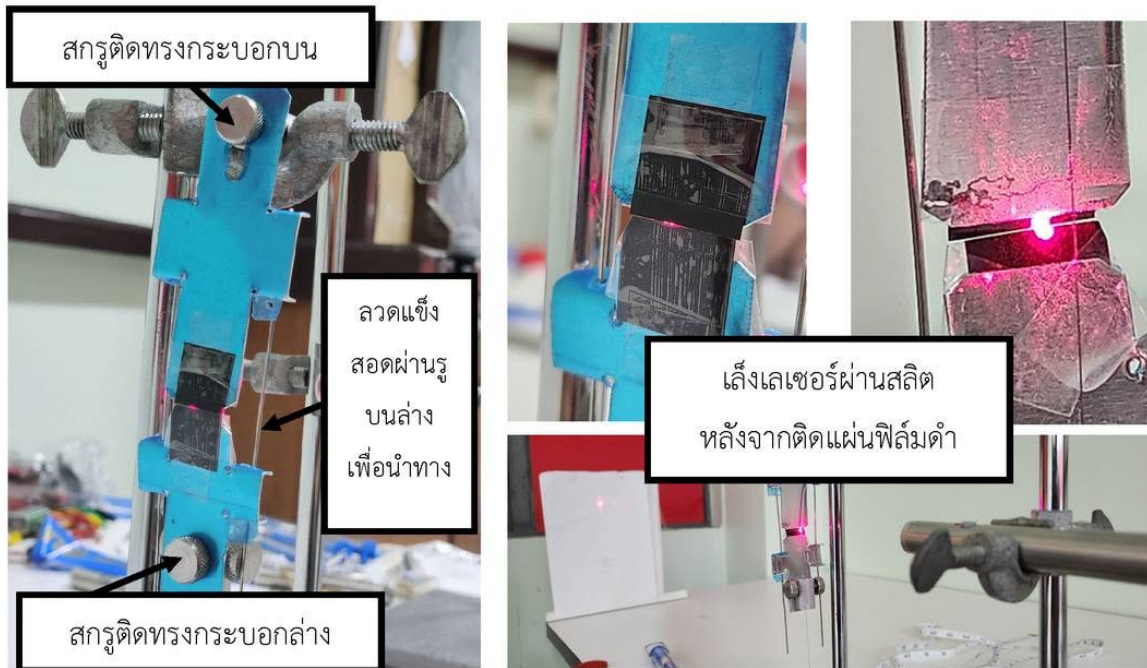
## ขั้นที่ 1

นำลวดจากการทดลองก่อนหน้าออก แล้วใช้ลวดเหล็ก (เบอร์ 6 ในรูปที่ 2) ด้านบนสอดผ่านรูทรงกระบอกแล้วเอาส่วนปลายพันรอบทรงกระบอก แล้วยึดติดกับ M-clamp ที่เสาให้แน่น ไม่ให้ลวดขยับได้ (เลียนแบบตอนที่ 1) ปลายด้านล่างสอดทรงกระบอกล่างไว้และขันสกรูให้ยึดลวดแน่น ให้ได้ช่วงความยาวเส้นลวดสำหรับทดลอง  $l \approx 10 \text{ cm}$  แล้วสอดปลายด้านล่างของลวดผ่านรอก และทำเป็นห่วงที่ปลายสุดสำหรับดึงด้วยสปริง ใช้ลวดทางปลาหนีบห่วงไว้ไม่ให้คลายตอนดึงด้วยสปริง



## ขั้นที่ 2

ติดตั้งโครงอลูมิเนียมแผ่นบนและแผ่นล่าง แผ่นบนให้สกรูเข้ากับทรงกระบอกบน แผ่นล่างให้สกรูเข้ากับทรงกระบอกล่าง ใช้ลวดแข็งร้อยผ่านรูนำทางทั้งแผ่นล่างและแผ่นบน ป้องกันการหมุนของสลิตขณะทดลอง แล้วติดฟิล์มดำบริเวณขอบของแผ่นบนและแผ่นล่าง พยายามเล็งให้ฟิล์มขนานกัน ใช้เลเซอร์เล็งผ่านสลิต ให้เลเซอร์ปรากฏบนฉาก ขยับเลเซอร์หาตำแหน่งที่ร้าวการเลี้ยวเบนที่ต้องการ



## ขั้นที่ 3

คลายสกรูยึดแผ่นอลูมิเนียมตัวบนที่ติดกับทรงกระบอกบน เพื่อขยับแผ่นบนเล็กน้อย เพื่อปรับความกว้างของสลิตได้ร้าวการเลี้ยวเบนที่ต้องการ ลองดึงด้วยแรง 10 N ให้สังเกตว่าแผ่นล่างขยับขึ้นลงเท่านั้น ไม่ขยับซ้ายขวา ไม่หมุน อาจดัดลวดแข็ง หรือดัดแผ่นอลูมิเนียมเล็กน้อยเพื่อให้ได้ร้าวการเลี้ยวเบนที่สวยงาม

