การทดลอง
การวัดอย่างละเอียด

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาหลักการระบุค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัด
2. ศึกษาหลักการพื้นฐานในการสร้างสเกลเวอร์เนียร์
3. ฝึกทักษะการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์

อุปกรณ์

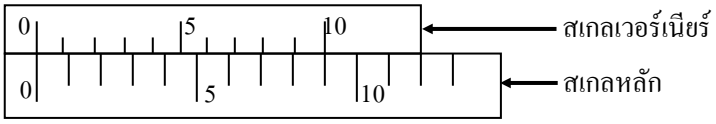
1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
2. ไมโครมิเตอร์

ทฤษฎี

การวัดค่าโดยอาศัยเครื่องวัดที่มีสเกลแบ่งเป็นช่องๆ ส่วนใหญ่จำเป็นต้องประมาณค่าส่วนที่เลยขีดแบ่งสเกลด้วยสายตา ถ้าต้องการให้การอ่านค่าละเอียดแม่นยำยิ่งขึ้นอาจใช้สเกลเวอร์เนียร์ (vernier scale) ช่วยในการอ่านเศษของสเกลหลัก (main scale) หรือใช้เกลียวไมโครมิเตอร์ (a micrometer screw) ช่วยในการสร้างเครื่องวัดขนาดอย่างละเอียด

หลักการสร้างสเกลเวอร์เนียร์

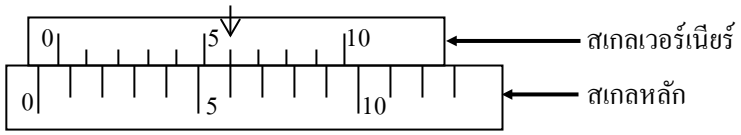
สเกลเวอร์เนียร์เป็นสเกลที่สร้างขึ้น ให้มีระยะห่างของช่องสเกลต่างจากสเกลหลัก โดยมีความสัมพันธ์ต่อกันง่ายๆ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1 สเกลเวอร์เนียร์ 10 ช่อง เท่ากับสเกลหลัก 9 ช่อง ดังนั้นแต่ละช่องของสเกลเวอร์เนียร์จะสั้นกว่าแต่ละช่องของสเกลหลักเป็นระยะ 1/10 ของ 1 ช่องของสเกลหลัก จากรูปที่ 1 ขีดศูนย์ของสเกลหลักและของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ตรงกัน ช่องแรกของสเกลเวอร์เนียร์จะสั้นกว่าช่องแรกของสเกลหลักเท่ากับ 1/10 ของ 1 ช่องของสเกลหลัก ขีดที่สองของสเกลเวอร์เนียร์จะอยู่ที่ระยะสเกลสั้นกว่าขีดที่สองของสเกลหลักเท่ากับ 2/10 ของระยะ 1 ช่องของสเกลหลักขีดที่ 10 ของสเกลเวอร์เนียร์จะอยู่ที่ระยะสเกลสั้นกว่าขีดที่ 10 ของสเกลหลักเท่ากับ 10/10 = 1 ช่องของระยะสเกลหลัก นั่นคือขีดบนสเกลเวอร์เนียร์จะตรงกับขีดบนสเกลหลัก



รูปที่ 1

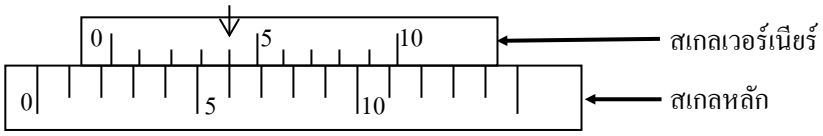
หลักการอ่านสเกลเวอร์เนียร์

ถ้าเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ไปทางขวาจนกระทั่งที่ตำแหน่งขีดที่ 6 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนสเกลหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2 สเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไป 6/10 ของระยะช่องในสเกลหลักไปทางขวาของขีดศูนย์ของสเกลหลัก สเกลเวอร์เนียร์จะบอกค่าเศษของระยะแบ่งบนสเกลหลักที่ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไปจากขีดบนสเกลหลักนั่นคือ รูปที่ 2 จะอ่านได้ 0.6 หน่วยของสเกลหลัก



รูปที่ 2

ตามรูปที่ 3 ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ทางขวาของขีดที่ 2 ของสเกลหลักและขีดที่ 4 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนสเกลหลัก จะอ่านได้ 2.0 จากสเกลหลัก (จากขีดศูนย์ของสเกลหลักถึงขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์) และ 0.4 จากสเกลเวอร์เนียร์ นั่นคือจะอ่านได้ 2.4 หน่วยของสเกลหลัก



รูปที่ 3

แม้อุปกรณ์หลายชนิดมีสเกลเวอร์เนียร์ขนาดต่างๆ กันประกอบร่วม แต่หลักการสำคัญจะเหมือนกัน กล่าวโดยสรุป หลักการทั่วไปในการสร้างสเกลเวอร์เนียร์ให้มี n ช่องบนสเกลเวอร์เนียร์เท่ากับความยาวบนสเกลหลัก n - 1 ช่อง จะได้ความสัมพันธ์

$$nV = (n - 1)\,S \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ n เป็นจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์ V เป็นระยะ 1 ช่องของเวอร์เนียร์ S เป็นระยะ 1 ช่องของสเกลหลัก หรือ

$$n(S - V) = S \qquad \text{.....(2)}$$

หรือ

$$S - V = (S / n) \qquad \text{.....(3)}$$

S/n เป็นค่าละเอียดที่สุด (least count) ที่อ่านได้โดยตรงจากเวอร์เนียร์

จากสมการ (3) ค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนียร์ S/n มีค่าเท่ากับผลต่างของขนาดความแตกต่างของระยะห่างของช่องของสเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์คือ (S – V) นี่เป็นเวอร์เนียร์แบบที่สร้างขึ้นโดยเอาสเกลหลัก (n – 1) ช่องมาแบ่งเป็นสเกลเวอร์เนียร์ n ช่อง จะเห็นว่าความละเอียดจะขึ้นกับค่า n

โดยหลักการเวอร์เนียร์ที่ละเอียดมากอาจสร้างขึ้นโดยความสัมพันธ์ของ S และ V ที่ต่างไปจากสมการ (3) เช่นในรูปที่ 4 แสดงรูปเวอร์เนียร์ที่มีขนาดของ V ยาวกว่า S ตามรูปจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์นี้ n = 20 ช่อง จะเห็นว่าสเกลเวอร์เนียร์ได้จากการเอาช่องสเกลหลัก 39 ช่อง มาแบ่งเป็นสเกลเวอร์เนียร์ 20 ช่อง ความสัมพันธ์ของ S และ V เป็น

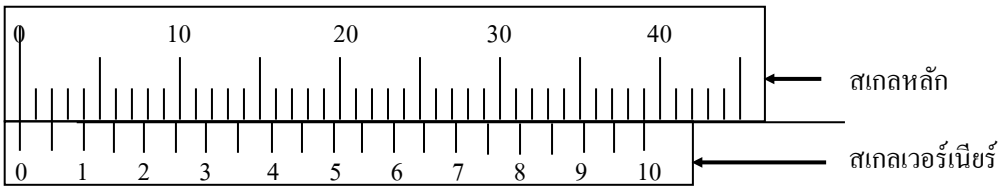
$$20\,V = 39\,S$$
$$20\,V = [2(20) - 1\,]S$$
$$20\,V = 2(20)S - S$$
$$2(20)S - 20\,V = S$$
$$2S - V = (S / 20)$$

<u>สรุป</u> โดยกรณีทั่วไป เราสามารถสร้างเวอร์เนียร์ละเอียดเท่าไรก็ได้ และความสัมพันธ์ทั่วไปของ S และ V อาจเขียนได้ดังนี้

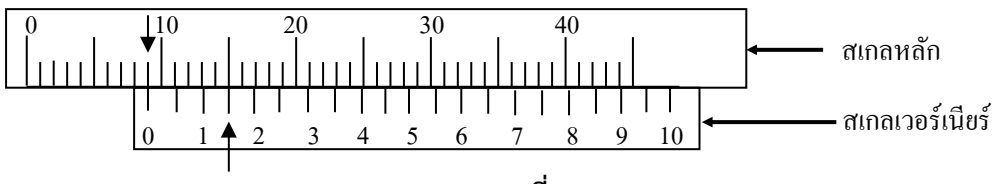
$$(mS - V) = (S / n) \qquad \text{.....(4)}$$

เมื่อ m = 1,2,3,.....เป็นเลขจำนวนเต็ม
และ n เป็นจำนวนช่องสเกลเวอร์เนียร์ ที่สร้างจากการเอาสเกลหลัก (mn – 1) ช่องมาแบ่ง

จากสมการ (3) และ (4) จะเห็นว่าสมการ (3) เป็นกรณีพิเศษของสมการ (4) นั่นคือ m = 1
ค่า S/n คือ ค่าละเอียดที่สุดของสเกลเวอร์เนียร์



รูปที่ 4



รูปที่ 5

จากรูปที่ 4 สเกลเวอร์เนียร์ n = 20

S = 1 มม.

ค่าละเอียดที่สุด S/n = 1/20 มม. = 0.05 มม.

ค่าที่อ่านได้จากการวัดตามรูป 5 = ค่าหน้าสเกลหลัก + เศษของสเกลหลัก

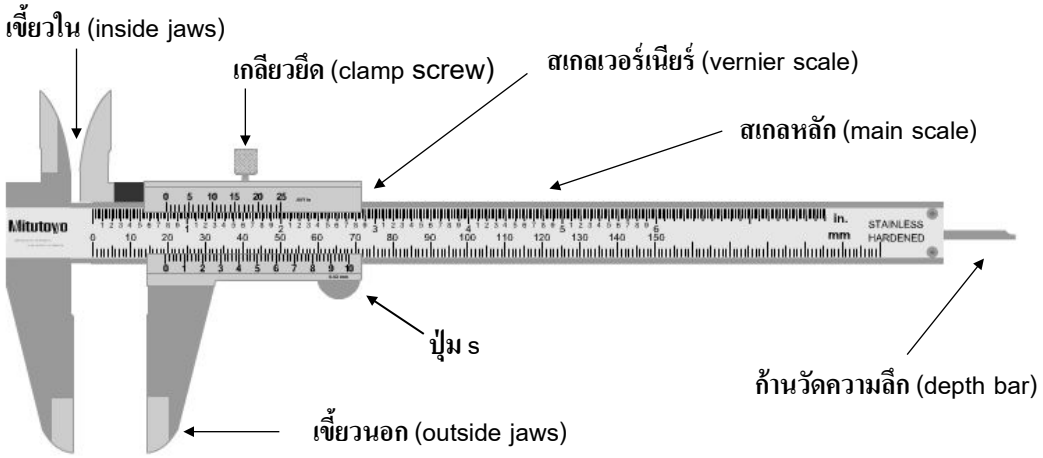
= 9.0 มม. + 3 × (0.05 มม.)

= 9.15 มม.

หมายเหตุ : เศษของสเกลหลัก = จำนวนช่องหน้าขีดของสเกลเวอร์เนียร์ที่ตรงกับขีดบนสเกลหลัก × ค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนียร์

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

เพื่อความสะดวกในการยึดวัตถุที่ต้องการวัดจึงใช้คาลิปเปอร์ (calippers) ซึ่งมีลักษณะเหมือนเขี้ยว (jaws) เป็นคู่ใช้ยึดวัตถุที่ต้องการวัดขนาดในหน่วยความยาว เราเรียกอุปกรณ์ที่มีส่วนของคาลิปเปอร์และเวอร์เนียร์ว่า **เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์** รูปที่ 6 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ซึ่งมีสเกลชุดบนหน่วยเป็นนิ้วและชุดล่างหน่วยเป็นมิลลิเมตร สามารถใช้วัดได้ทั้งขนาดวัตถุภายนอก ขนาดวัตถุภายใน ความลึก และขนาดของวัตถุที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได เมื่อเขี้ยวของคาลิปเปอร์ชิดกันขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์จะตรงกับขีดศูนย์ของสเกลหลัก ในการเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ ให้คลายเกลียวยึด (clamp screw) และเลื่อน S เพื่อให้เขี้ยวของคาลิปเปอร์แยกออกจากกันทำให้สเกลเวอร์เนียร์เลื่อนออกไปจากขีดศูนย์ของสเกลหลัก



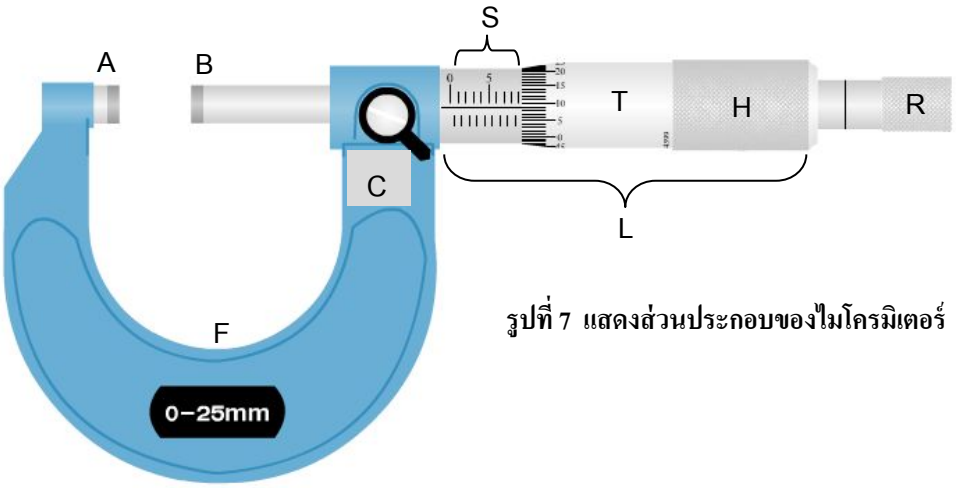
รูปที่ 6 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

วิธีใช้

1. หาค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนียร์
2. วางวัตถุที่ต้องการวัดให้เหมาะสม เช่น
   - ใช้เขี้ยวใน (inside jaws) วัดระหว่างผิวในทั้งสองของวัตถุที่ต้องการวัดขนาดภายใน
   - วางวัตถุที่ต้องการวัดขนาดภายนอกระหว่างเขี้ยวนอก (outside jaws)
3. อ่านค่าจากสเกลหลักที่อยู่หน้าขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์
4. ดูว่าขีดใดของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดใดบนสเกลหลัก
5. เอาจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์ที่อยู่หน้าขีดนั้นคูณกับค่าละเอียดที่สุดในข้อ 1. แล้วเอาค่าที่ได้ (ซึ่งคือเศษของสเกลหลัก) บวกกับค่าที่ได้ในข้อ 3.

ไมโครมิเตอร์

ไมโครมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดละเอียดสำหรับวัตถุที่มีขนาดเล็ก เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวด หรือ ความหนาของแผ่นวัตถุบาง เครื่องมือนี้มีหลักการในการบอกค่าความยาวที่ห่างออกไปจากจุดเริ่มต้นโดยอาศัยผลจากการหมุนของเกลียวละเอียด (screw threads)



รูปที่ 7 แสดงส่วนประกอบของไมโครมิเตอร์

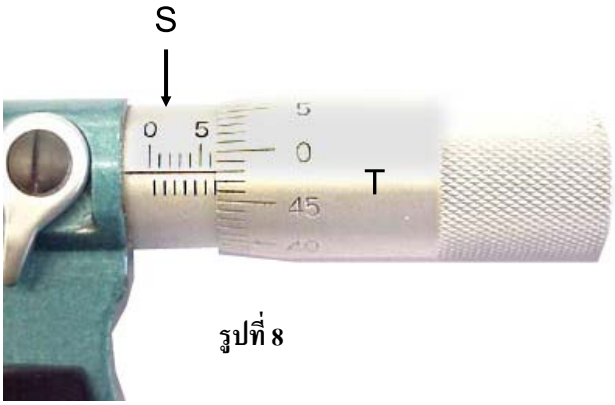
จากรูปที่ 7 เป็นกรอบโลหะ ปลายด้านหนึ่งของ F มีแป้นโลหะทรงกระบอก A ปลายอีกด้านหนึ่งของ F มีแกนโลหะทรงกระบอก B โลหะทรงกระบอก B สวมอยู่ภายในทรงกระบอกกลวง L ซึ่งภายในมีเกลียวละเอียดรับกับเกลียวละเอียดบนทรงกระบอก B ปลายด้านขวาของทรงกระบอก L สวมอยู่ภายในทรงกระบอก T ที่สวมรับกันด้วยเกลียวละเอียดระหว่างผิวของทรงกระบอกทั้งสอง ถ้าคลายแกนยึดที่ตำแหน่ง C จะสามารถหมุนกระบอก T ได้ โดยหมุนทรงกระบอก T ณ ตำแหน่ง H จะทำให้แกน B เคลื่อนที่ไปด้วยกัน

ในการวัดขนาดวัตถุ จะวางวัตถุระหว่างแกน A และ B โดยการหมุนกระบอก T ด้วยที่จับบริเวณ H จนกระทั่งผิวปลาย B ใกล้จะสัมผัสวัตถุ ให้หมุนโดยใช้ส่วนปลาย R แทน กระบอก T จะ

เคลื่อนที่ต่อไป ด้วยการหมุนที่ R ประมาณ 1- 2 รอบ จนปลาย B สัมผัสวัตถุ จะได้ยินเสียง “กริ๊ก” เบาๆ จากบริเวณ R หยุดหมุนแล้วอ่านค่า

ในการอ่านระยะจากปลาย A ถึง B ซึ่งเป็นขนาดของวัตถุที่วัด จะบอกได้ด้วยขีดของสเกลหลัก S บนกระบอก L และเศษของสเกลหลักจะอ่านได้จากขีดแบ่งบนแนวเส้นรอบวงของกระบอก T

ไมโครมิเตอร์มาตรฐานทั่วไป จะใช้สกรูที่มีระยะห่างเกลียว 0.5 มม. และสเกลบนกระบอก T จะแบ่งเป็น 50 ช่องโดยรอบ ระยะกระจัดต่อการหมุน 1 รอบ จะทำให้แกน B เคลื่อนที่ 0.5 มม. ดังนั้น กรณีถ้าระยะสเกล S อ่านได้ 0.5 มม. ต่อรอบ ค่าละเอียดที่สุดของไมโครมิเตอร์จะเป็น 0.5/50 = 0.01 มม. ต่อช่องของสเกลบน T



รูปที่ 8

รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างสเกลบนไมโครมิเตอร์ ระยะสเกลหลัก S ด้านบนเป็น 1 มม./ช่อง สเกลด้านล่างเป็น 0.5 มม./ช่อง กระบอก T มีสเกลโดยรอบ 50 ช่อง เมื่อหมุนกระบอก T 1 รอบ ระยะบนแกนสเกล S จะเคลื่อนที่ 0.5 มม. ดังนั้นการเคลื่อนที่ของสเกล T ตามแนวเส้นรอบวง 1 ช่อง จะได้การกระจัดบนแกนสเกล S = (0.5/50) = 0.01 มม.

ค่าที่อ่านได้ดังรูป = ค่าจากสเกลหลัก + เศษของสเกลหลัก

= 6.0 มม. + (48.0 × 0.01 มม.)

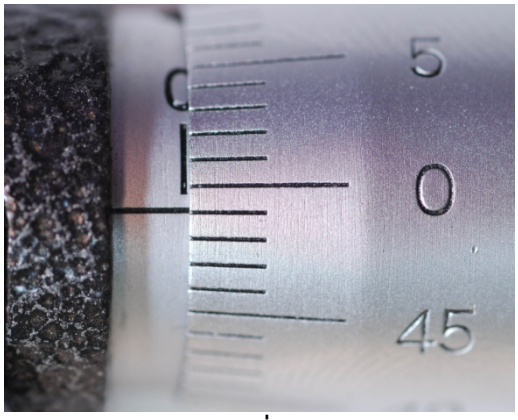
= 6.480 มม.

หมายเหตุ : เศษของสเกลหลัก = จำนวนช่องที่เคลื่อนที่ไป × ค่าละเอียดที่สุดของไมโครมิเตอร์ กรณีนี้ต้องประมาณค่าที่เลยขีดของสเกลบน T ด้วยสายตา แต่ในเครื่องมือที่ละเอียดมากขึ้นจะมีสเกลเวอร์เนียร์ตามแนวเส้นรอบวงของกระบอก L ใช้สำหรับอ่านเศษของสเกลบน T

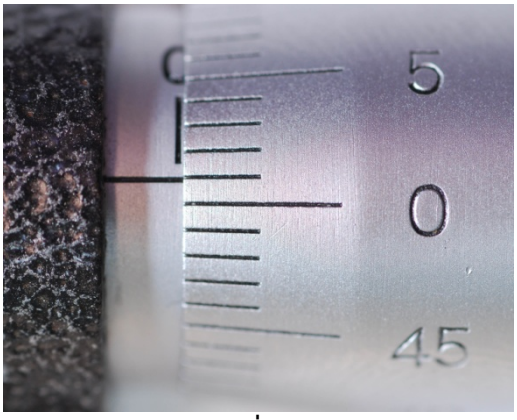
วิธีใช้

1. หาค่าละเอียดที่สุดของไมโครมิเตอร์
2. ตรวจดูความคลาดเคลื่อนขีดศูนย์ของสเกลบน T โดยหมุนปุ่ม R จนกระทั่งแกน B สัมผัสแป้น A ซึ่งเมื่อสัมผัสจะมีเสียงดังกริ๊กที่ R จึงหยุดหมุนปุ่ม R
   - ถ้าขีดศูนย์ของสเกลบน T ทับเส้นแกนนอนของสเกล S พอดี แสดงว่าขีดศูนย์ของสเกลบน T ถูกต้อง ไม่ต้องแก้ค่าความคลาดเคลื่อนขีดศูนย์ หรือค่า d เป็นศูนย์
   - ถ้าขีดศูนย์ของสเกลบน T อยู่เหนือเส้นแกนนอนของสเกล S (ดังรูปที่ 9) ค่า d มีค่าติดลบ

- ถ้าขีดศูนย์ของสเกลบน T อยู่ใต้เส้นแกนนอนของสเกล S (ดังรูปที่ 10) ค่า d มีค่าเป็นบวก



รูปที่ 9



รูปที่ 10

3. ก่อนวัดความยาวของวัตถุ หมุนหัว H ให้แกน B ถอยห่างจากแป้น A พอสมควร แล้ววางวัตถุที่ต้องการวัดให้ด้านหนึ่งแตะแป้น A แล้วหมุนหัว H จนแกน B ใกล้วัตถุจึงหมุนปุ่ม R เพื่อให้แกน B เคลื่อนที่แตะกับวัตถุพร้อมกับมีเสียงดังกริ๊กที่ R หนึ่งครั้ง อ่านค่าที่วัดได้ ทำการวัดหลายๆ ครั้ง หาค่าเฉลี่ย แล้วจึงแก้ความคลาดเคลื่อนขีดศูนย์ที่หาได้ในข้อ 2. โดยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ย $\Delta\bar{x}$ จะไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนขีดศูนย์

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของวงแหวนโลหะ และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของวงแหวนโลหะ โดยให้วัด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

ตอนที่ 2 ใช้ไมโครมิเตอร์วัดความหนาของวงแหวนโลหะ โดยให้วัด 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

คำแนะนำ

1. การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนโลหะ และความหนาของแหวนโลหะแต่ละครั้ง ต้องหมุนวงแหวนโลหะเพื่อเปลี่ยนตำแหน่ง ทุกครั้ง
2. ให้ศึกษาคำแนะนำความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการวัดและความคลาดเคลื่อน เพื่อนำไปใช้ในการรายงานผลการทดลองนี้