

## การทดลอง การวัดอย่างละเอียด

### วัตถุประสงค์

1. ศึกษาหลักการระบุค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการวัด
2. ศึกษาหลักการพื้นฐานในการสร้างสเกลเวอร์เนียร์
3. ฝึกทักษะการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์

### อุปกรณ์

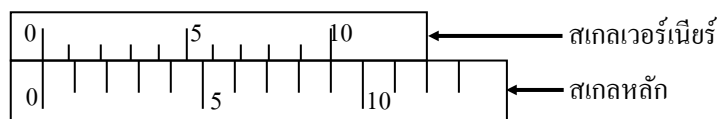
1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
2. ไมโครมิเตอร์

### ทฤษฎี

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

### หลักการสร้างสเกลเวอร์เนียร์

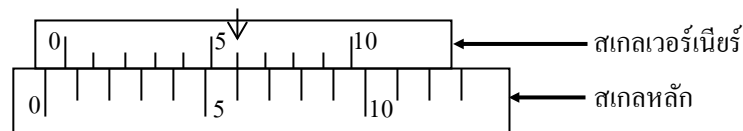
สเกลเวอร์เนียร์เป็นสเกลที่สร้างขึ้น ให้มีระยะห่างของช่องสเกลต่างจากสเกลหลัก โดยมีความสัมพันธ์ต่อกันง่ายๆ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1 สเกลเวอร์เนียร์ 10 ช่อง เท่ากับสเกลหลัก 9 ช่อง ดังนั้นแต่ละช่องของสเกลเวอร์เนียร์จะสั้นกว่าแต่ละช่องของสเกลหลักเป็นระยะ  $1/10$  ของ 1 ช่องของสเกลหลัก จากรูปที่ 1 ขีดศูนย์ของสเกลหลักและช่องสเกลเวอร์เนียร์อยู่ตรงกัน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



รูปที่ 1

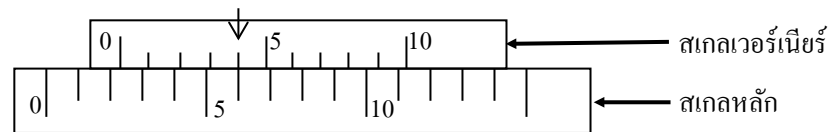
### หลักการอ่านสเกลเวอร์เนีย

ถ้าเลื่อนสเกลเวอร์เนียไปทางขวาจนกระทั่งที่ตำแหน่งขีดที่ 6 ของสเกลเวอร์เนียตรงกับขีดบนสเกลหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2 สเกลเวอร์เนียเลื่อนไป  $6/10$  ของระยะช่องในสเกลหลักไปทางขวาของขีดศูนย์ของสเกลหลัก สเกลเวอร์เนียจะบอกค่าเศษของระยะแบ่งบนสเกลหลักที่ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียเลื่อนไปจากขีดบนสเกลหลักนั่นคือ รูปที่ 2 จะอ่านได้ 0.6 หน่วยของสเกลหลัก



รูปที่ 2

ตามรูปที่ 3 ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียอยู่ทางขวาของขีดที่ 2 ของสเกลหลักและขีดที่ 4 ของสเกลเวอร์เนียตรงกับขีดบนสเกลหลัก จะอ่านได้ 2.0 จากสเกลหลัก (จากขีดศูนย์ของสเกลหลักถึงขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนีย) และ 0.4 จากสเกลเวอร์เนีย นั่นคือจะอ่านได้ 2.4 หน่วยของสเกลหลัก



รูปที่ 3

เมื่ออุปกรณ์หลายชนิดมีสเกลเวอร์เนียขนาดต่างๆ กันประกอบรวม แต่หลักการสำคัญจะเหมือนกัน กล่าวโดยสรุป หลักการทั่วไปในการสร้างสเกลเวอร์เนียให้มี  $n$  ช่องบนสเกลเวอร์เนีย เท่ากับความยาวบนสเกลหลัก  $n - 1$  ช่อง จะได้ความสัมพันธ์

$$nV = (n - 1) S \quad \dots\dots\dots(1)$$

เมื่อ  $n$  เป็นจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนีย  $V$  เป็นระยะ 1 ช่องของเวอร์เนีย  $S$  เป็นระยะ 1 ช่องของสเกลหลัก หรือ

$$n(S - V) = S \quad \dots\dots\dots(2)$$

หรือ

$$S - V = (S / n) \quad \dots\dots\dots(3)$$

$S/n$  เป็นค่าละเอียดที่สุด (least count) ที่อ่านได้โดยตรงจากเวอร์เนีย

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

$$20 V = 39 S$$

$$20 V = [2(20) - 1] S$$

$$20 V = 2(20)S - S$$

$$2(20)S - 20 V = S$$

$$2S - V = (S / 20)$$

**สรุป** โดยกรณีทั่วไป เราสามารถสร้างเวอร์เนียร์ละเอียดเท่าไรก็ได้ และความสัมพันธ์ทั่วไปของ  $S$  และ  $V$  อาจเขียนได้ดังนี้

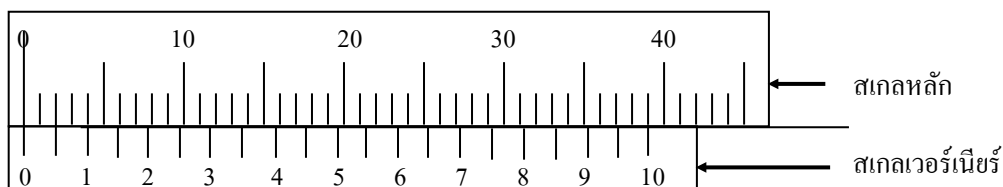
$$(mS - V) = (S / n) \quad \dots\dots\dots(4)$$

เมื่อ  $m = 1, 2, 3, \dots\dots\dots$  เป็นเลขจำนวนเต็ม

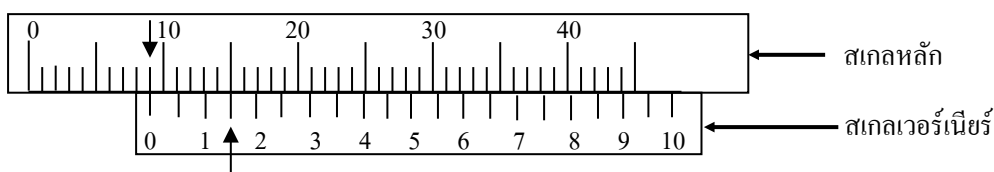
และ  $n$  เป็นจำนวนช่องสเกลเวอร์เนียร์ ที่สร้างจากการเอาสเกลหลัก  $(mn - 1)$  ช่องมาแบ่ง

จากสมการ (3) และ (4) จะเห็นว่าสมการ (3) เป็นกรณีพิเศษของสมการ (4) นั่นคือ  $m = 1$

ค่า  $S/n$  คือ ค่าละเอียดที่สุดของสเกลเวอร์เนียร์



รูปที่ 4



รูปที่ 5

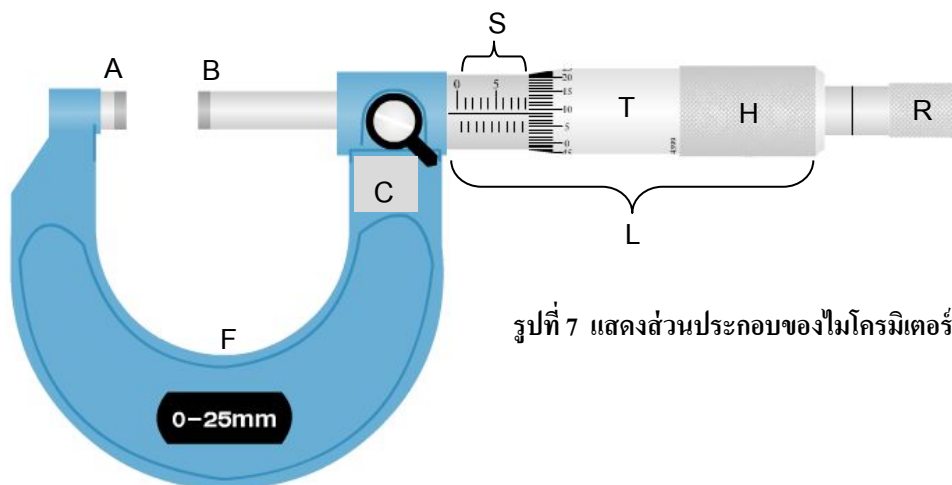


## วิธีใช้

1. หาค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนีย
2. วางวัตถุที่ต้องการวัดให้เหมาะสม เช่น
  - ใช้เขี้ยวใน (inside jaws) วัดระหว่างผิวในทั้งสองของวัตถุที่ต้องการวัดขนาดภายใน
  - วางวัตถุที่ต้องการวัดขนาดภายนอกระหว่างเขี้ยวออก (outside jaws)
3. อ่านค่าจากสเกลหลักที่อยู่หน้าขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนีย
4. ดูว่าขีดใดของสเกลเวอร์เนียตรงกับขีดใดบนสเกลหลัก
5. เอาจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียที่อยู่หน้าขีดนั้นคูณกับค่าละเอียดที่สุดในข้อ 1. แล้วเอาค่าที่ได้ (ซึ่งคือเศษของสเกลหลัก) บวกกับค่าที่ได้ในข้อ 3.

## ไมโครมิเตอร์

ไมโครมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดละเอียดสำหรับวัตถุที่มีขนาดเล็ก เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวด หรือ ความหนาของแผ่นวัตถุบาง เครื่องมือนี้มีหลักการในการบอกค่าความยาวที่ห่างออกไปจากจุดเริ่มต้นโดยอาศัยผลจากการหมุนของเกลียวละเอียด (screw threads)



รูปที่ 7 แสดงส่วนประกอบของไมโครมิเตอร์

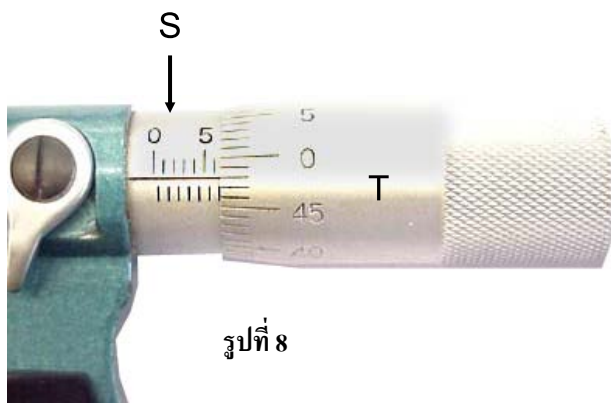
จากรูปที่ 7 เป็นกรอบโลหะ ปลายด้านหนึ่งของ F มีแป้นโลหะทรงกระบอก A ปลายอีกด้านหนึ่งของ F มีแกนโลหะทรงกระบอก B โลหะทรงกระบอก B สวมอยู่ภายในทรงกระบอกกลวง L ซึ่งภายในมีเกลียวละเอียดรับกับเกลียวละเอียดบนทรงกระบอก B ปลายด้านขวาของทรงกระบอก L สวมอยู่ภายในทรงกระบอก T ที่สวมรับกันด้วยเกลียวละเอียดระหว่างผิวของทรงกระบอกทั้งสอง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

ในการวัดขนาดวัตถุ จะวางวัตถุระหว่างแกน A และ B โดยการหมุนกระบอก T ด้วยที่จับบริเวณ H จนกระทั่งผิวปลาย B โกล้จะสัมผัสวัตถุ 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. ดังนั้นกรณีถ้าระยะสเกล S อ่านได้ 0.5 มม. ต่อรอบ ค่าละเอียดที่สุดของไมโครมิเตอร์จะเป็น  $0.5/50 = 0.01$  มม. ต่อช่องของสเกลบน T



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.

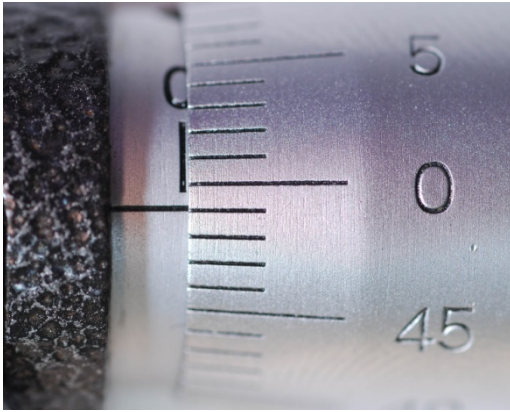
$$\begin{aligned} \text{ค่าที่อ่านได้ดังรูป} &= \text{ค่าจากสเกลหลัก} + \text{เศษของสเกลหลัก} \\ &= 6.0 \text{ มม.} + (48.0 \times 0.01 \text{ มม.}) \\ &= 6.480 \text{ มม.} \end{aligned}$$

**หมายเหตุ :** เศษของสเกลหลัก = จำนวนช่องที่เคลื่อนที่ไป  $\times$  ค่าละเอียดที่สุดของไมโครมิเตอร์  
กรณีนี้ต้องประมาณค่าที่เลยขีดของสเกลบน T ด้วยสายตา แต่ในเครื่องมือที่ละเอียดมากขึ้นจะมีสเกลเวอร์เนียร์ตามแนวเส้นรอบวงของกระบอก L ใช้สำหรับอ่านเศษของสเกลบน T

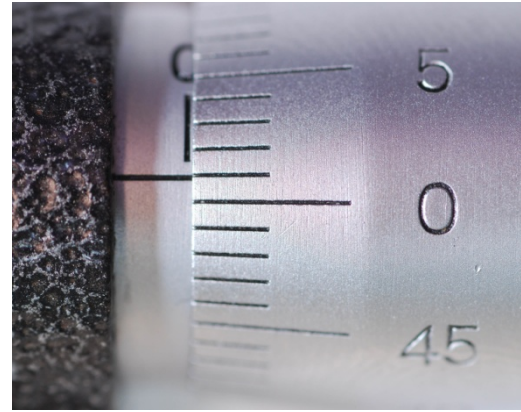
### วิธีใช้

1. หาค่าละเอียดที่สุดของไมโครมิเตอร์
2. ตรวจสอบความคลาดเคลื่อนขีดศูนย์ของสเกลบน T โดยหมุนปุ่ม R จนกระทั่งแกน B สัมผัสกับ 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 อยู่ใต้เส้นแนวนอนของสเกล 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 โกล้วัดถึงหมุนปุ่ม R เพื่อให้แกน B เคลื่อนที่แตะกับวัตถุพร้อมกับมีเสียงดังกรีกที่ R หนึ่งครั้ง อ่านค่าที่วัดได้ ทำการวัดหลายๆ ครั้ง หาค่าเฉลี่ย แล้วจึงแก้ความคลาดเคลื่อนขีดศูนย์ที่หาได้ในข้อ 2. โดยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของค่าเฉลี่ย  $\Delta\bar{x}$  จะไม่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากค่าความคลาดเคลื่อนขีดศูนย์

### วิธีการทดลอง

**ตอนที่ 1** ใช้เวอร์เนียคาลิเปอร์ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของวงแหวนโลหะ และวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของวงแหวนโลหะ โดยให้วัด 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย

**ตอนที่ 2** ใช้ไมโครมิเตอร์วัดความหนาของวงแหวนโลหะ โดยให้วัด 3 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย

### คำแนะนำ

1. การวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวนโลหะ และความหนาของวงแหวนโลหะแต่ละครั้ง ต้องหมุนวงแหวนโลหะเพื่อเปลี่ยนตำแหน่ง ทุกครั้ง
2. ให้ศึกษาคำแนะนำความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการวัดและความคลาดเคลื่อน เพื่อนำไปใช้ในการรายงานผลการทดลองนี้