ปฏิบัติการที่ 2

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ และไมโครมิเตอร์ (Vernier calipers and Micrometer)

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าที่ละเอียดของวัตถุต่าง ๆ โดยการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และไมโครมิเตอร์ในการวัด

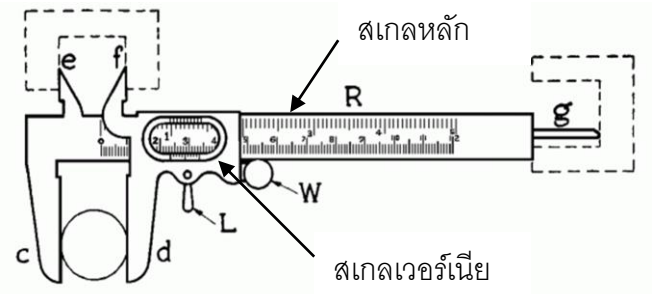
ทฤษฎี

การวัดเป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในการศึกษาทางฟิสิกส์ ปัจจุบันมีหน่วยการวัดหลายระบบแต่ระบบที่ใช้อย่างแพร่หลายได้แก่ระบบวัดระหว่างชาติ ที่เรียกว่า SI unit ในปฏิบัติการนี้จะเลือกศึกษาเฉพาะระบบ SI เท่านั้น ในการวัดสิ่งของต่างๆ ต้องใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับงานที่จะวัด เพื่อหลีกเลี่ยงความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นระหว่างการทดลองนั้น จึงควรศึกษาการใช้เครื่องมือวัดให้เข้าใจ

2.1 การใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (Vernier Calipers)

เมื่อต้องการวัดความยาว ความสูง หรือความลึกของวัตถุขนาดไม่ใหญ่มากนัก และต้องการความแม่นยำมากกว่าใช้ไม้บรรทัดหรือไม้เมตร เมื่อใช้เวอร์เนียคาลิปเปอร์ อย่างไรก็ตามผลการวัดยังคงมีความคลาดเคลื่อนอยู่ด้วยเหมือนเดิม

ลักษณะเวอร์เนียคาลิปเปอร์เป็นดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 เวอร์เนียคาลิปเปอร์

บริเวณ c d ใช้วัดระยะภายนอก บริเวณ e f ใช้วัดระยะภายใน(เช่น เส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อกลม) และบริเวณ g ใช้วัดความสูง ปกติจำนวนช่องของสเกลหลักจะน้อยกว่าจำนวนช่องบนสเกลวอร์เนียร์อยู่ 1 ช่องเสมอ ตามสมการ

$$(N-1)S = NV$$

หรือ

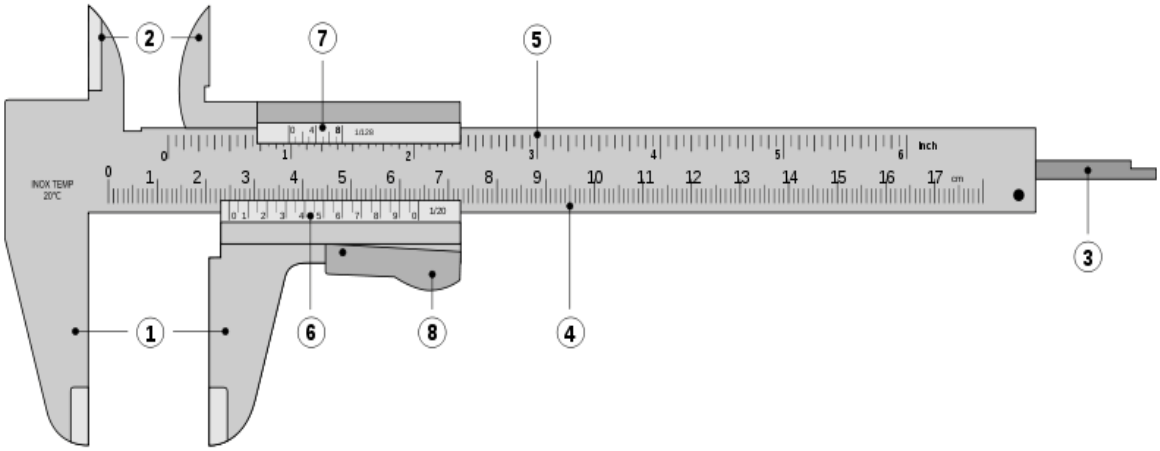
$$S - V = \frac{S}{N} \qquad (1)$$

เมื่อ S คือ ระยะห่างหรือความยาว 1 ช่อง บนสเกลหลัก

V คือ ระยะห่างหรือความยาว 1 ช่อง บนสเกลเวอร์เนียร์

N คือ จำนวนช่องทั้งหมดบนสเกลเวอร์เนียร์

สมการที่ 1 เป็นสมการบอกความละเอียดของเวอร์เนียร์ สมการนี้ยิ่งน้อยแสดงว่าเวอร์เนียร์มีความละเอียดมาก เช่น ถ้า $S-V$ หรือ $\left(\frac{S}{N}\right)$ เท่ากับ 0.01 มิลลิเมตร แสดงว่าเวอร์เนียร์วัดได้ถึงทศนิยม 2 ตำแหน่งในหน่วยมิลลิเมตร



รูปที่ 2 ส่วนประกอบเวอร์เนียคาลิปเปอร์

ส่วนประกอบของเวอร์เนียร์คาลิเปอร์

ตำแหน่ง ① เรียกว่า **ปากวัด** ใช้หนีบวัตถุที่ต้องการวัดขนาด

ตำแหน่ง ② เรียกว่า **ปากวัด** ใช้วัดขนาดภายในของวัตถุ

ตำแหน่ง ③ เรียกว่า **แกน G** ใช้วัดความลึก

ตำแหน่ง ④,⑤เรียกว่า **สเกลหลัก** เป็นสเกลไม้บรรทัดธรรมดา ซึ่งเป็นเซนติเมตร(mm) และนิ้ว (inch)

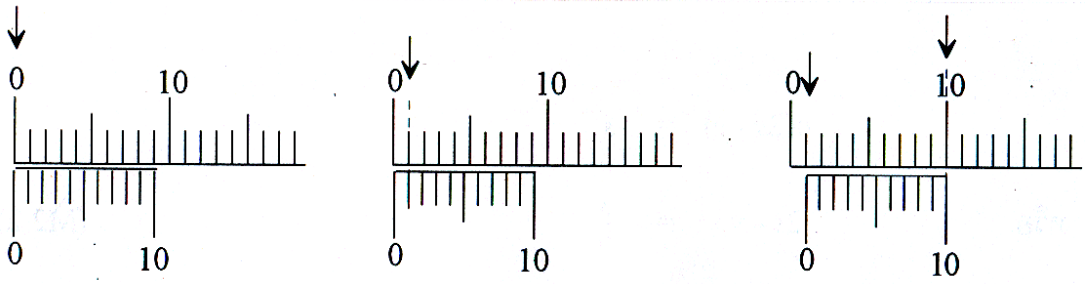
ตำแหน่ง ⑥ เรียกว่า **สเกลเวอร์เนียร์** ซึ่งจะเลื่อนไปมาได้บนสเกลหลัก

ตำแหน่ง ⑦ เรียกว่า **สกรู** ใช้ยึดสเกลเวอร์เนียร์ร์ให้ติดกับสเกลหลัก

ตำแหน่ง ⑧ เรียกว่า **ปุ่ม** ใช้กดเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ไปบนสเกลหลัก

ค่าความละเอียดของเวอร์เนียร์

ความละเอียดของสเกลเวอร์เนียร์แต่ละชนิด ขึ้นกับจำนวนช่องที่แบ่งบนสเกลเวอร์เนียร์ เช่น ถ้าแบ่ง 10 ช่อง ค่าละเอียดจะเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร ถ้าแบ่ง 20 ช่อง ค่าละเอียดจะเท่ากับ 0.05 มิลลิเมตร และถ้าแบ่ง 50 ช่อง ค่าละเอียดก็จะเท่ากับ 0.02 มิลลิเมตร เป็นต้น โดยทั่วไปหลักการแบ่งช่องสเกลเวอร์เนียร์จะคล้ายกัน ก็จะสามารถอ่านสเกลของเวอร์เนียร์ชนิดอื่นๆ ได้



ก. เมื่อขีดศูนย์ตรงกัน ข. เมื่อขีดที่ 1 ตรงกัน ค. เมื่อขีดที่ n ตรงกัน

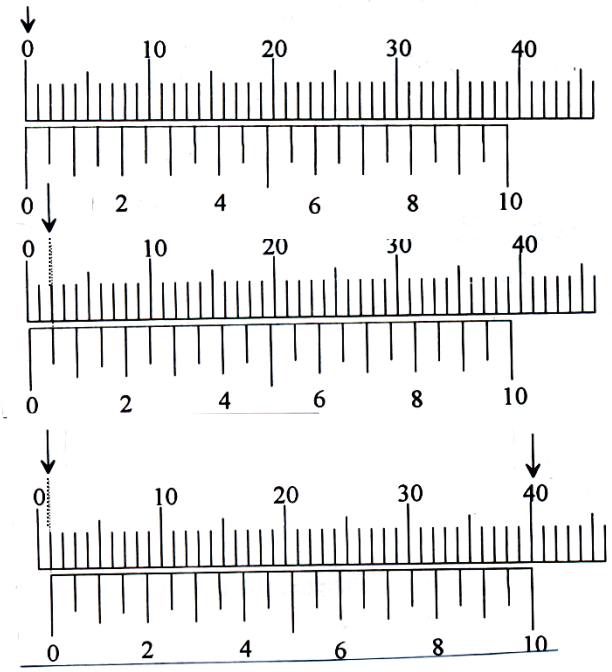
รูปที่ 3 สเกลของเวอร์เนียร์ที่มี 10 ช่อง และมีระยะ 1 ช่อง เท่ากับ 0.9 มิลลิเมตร

ถ้าให้ s เป็นความยาว 1 ช่องของสเกลหลัก v เป็นความยาว 1 ช่องของสเกลเวอร์เนียร์ และ n เป็นจำนวนช่องบรสเกลเวอร์เนียร์ ถ้าเริ่มให้ขีดศูนย์ของสเกลทั้งสองตรงกัน ตามรูป 3 ก. ขีดที่ n (10) ของสเกลเวอร์เนียร์จะตรงกับขีดที่ (n-1) ของสเกลหลัก ส่วนขีดอื่นๆ ระหว่างขีดทั้งสองจะไม่ตรงกัน ถ้าเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ (คือเลื่อนปากวัด D) ไปทางขวา โดยให้ขีดที่ 1 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดที่ 1 ของสเกลหลัก สเกลเวอร์เนียร์จะเลื่อนไปเป็นระยะ (S-V) เวอร์เนียร์ตามตัวอย่างรูป 3 มีค่า S = 1.0 มิลลิเมตร V = = 0.9 มิลลิเมตร นั่นคือ (S-V) = 1.0 –0.9 = 0.1 มิลลิเมตร ถ้าเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ให้ขีดอื่นของสเกลทั้งสองตรงกัน เช่น ขีดที่ 6 ตรงกัน แสดงว่าสเกลเวอร์เลื่อนไปเป็นระยะ 6(S-V) = 6(0.1) = 0.6 มิลลิเมตร ถ้าเลื่อนจนกระทั่งขีดที่ n ของสเกลทั้งสองตรงกัน จะเห็นว่า ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์จะตรงกับขีดที่ 1 ของสเกลหลักพอดี นั่นคือ สเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไปเป็นระยะทางเท่ากับ s ดังนั้น

$$n(S-V) = s$$

$$S-V = \frac{s}{n} \qquad (2)$$

ระยะ (S-V) คือระยะสั้นที่สุดที่อ่านได้จากเครื่องวัด เป็นระยะที่เวอร์เนียร์เลื่อนไปจนขีดที่ 1 ของเวอร์เนียร์ตรงกับขีดของสเกลหลัก ค่านี้ คือ ค่าน้อยที่สุดที่อ่านจากเครื่องวัด (Least count) หรือเป็นความละเอียดของเครื่องวัด ซึ่งมีค่าเท่ากับ และเป็นค่าคงตัว สำหรับเวอร์เนียร์ตามตัวอย่างข้างต้น จะมีความละเอียด = 0.1 มิลลิเมตร



รูป 4 สเกลเวอร์เนียร์ที่มี n = 20 และมีระยะ 1 ช่องเท่ากับ 1.95 มิลลิเมตร

เวอร์เนียร์ชนิดที่มี 20 ช่อง และมีความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร เป็นแบบที่อ่านสเกลได้ง่ายและชัดเจนกว่าแบบแรก เพรามีความกว้างของระยะ 1 ช่องบนสเกลเวอร์เนียร์มากกว่าแบบแรก โดยมีความยาวทั้งหมดของสเกลเวอร์เนียร์ 39 มิลลิเมตร และเอาระยะ 39 มิลลิเมตร มาแบ่งเป็น 20 ช่อง กว้างเท่าๆ กันดังรูป 4 ก. ระยะ 1 ช่องของสเกลเวอร์เนียร์จะเท่ากับ = 1.95 มิลลิเมตร ซึ่งกว้ากว่าระยะ 1 ช่องบนสเกลหลัก ในกรณีนี้ ค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนียร์จะอ่านได้เมื่อขีดที่ 1 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดที่ 2 ของสเกลหลัก ซึ่งก็คือระยะ 2S-V นั่นเอง ดังรูป 4 ข. และเมื่อขีดที่ 20 (หรือขีดที่ n) ของสเกลเวอร์เนียร์ ตรงกับขีดที่ 40 ของสเกล ดังรูป 4 ค. ระยะที่สเกลเวอร์เนียร์ เลื่อนไปบนสเกลหลักจะเท่ากับ 1 มิลลิเมตร หรือ 1s ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวซึ่งจะเห็นว่า ค่าละเอียดจะหาได้จากอัตราส่วน เช่นเดียวกับแบบแรก

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

หรือ

$$2S\text{-}V = \frac{s}{n} \qquad (3)$$

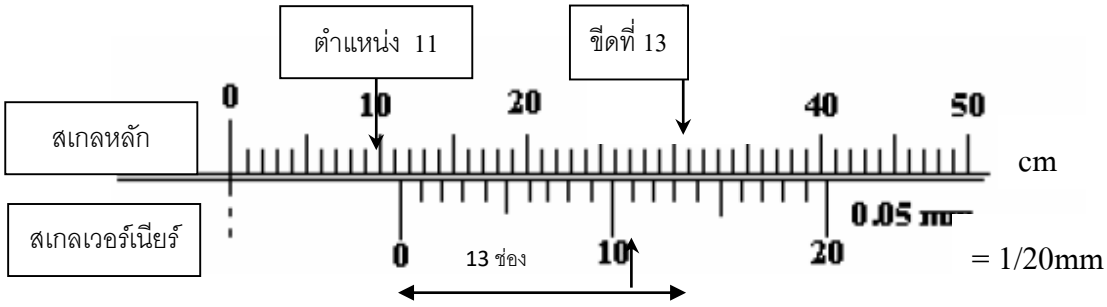
ลำดับการอ่านค่าจากการวัด

1. ก่อนใช้เวอร์เนียร์ต้องตรวจสอบดูว่ามีค่าความละเอียดของเวอร์เนียร์ (least count) มีค่าเท่าใด โดยดูจากตัวเลขที่เขียนไว้บนสเกลเวอร์เนียร์ หรืออาจจะคำนวณจากสูตร least count = $\frac{1}{n}$
2. ดูว่าขีดที่ศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ที่ตำแหน่งใดศูนย์บนสเกลหลัก แล้วอ่านค่าบนสเกลหลักในหน่วยเซนติเมตรหรือนิ้ว ตามหน่วยที่เราต้องการ
3. ใช้นิ้วหัวแม่มือดันสเกลเวอร์เนียร์ที่ตำแหน่งที่ ⑧ (ดังรูป 4) กางออก ให้พอที่ปากของเวอร์เนียร์หนีบวัตถุที่ต้องการวัดให้พอดี แล้วบันทึกค่า ที่ตำแหน่งศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับสเกลหลัก

4. จากนั้นหาตำแหน่งที่สเกลเวอร์เนียร์กับสเกลหลักตรงกัน แล้วบันทึกค่าสเกลเวอร์เนียร์นั้น (หรือนับจำนวนช่องของสเกลเวอร์เนียร์จนถึงขีดที่ตรงกัน)
5. สเกลเวอร์เนียร์สเกลแรกที่ตรงกับสเกลหลักคือสเกลใด
6. คำนวณหาขนาดของวัตถุที่วัดจากสูตร

ผลการวัด = ค่าสเกลหลัก + (ค่าสเกลเวอร์เนียร์ × ค่าความละเอียดของเวอร์เนียร์) (ข้อ 3) (ข้อ 4) (ข้อ 1)

ตัวอย่างการอ่านสเกลเวอร์เนียร์ ผลการวัดของวัตถุอันหนึ่งแสดงค่าที่อ่านดังรูป



รูปที่ 5 การอ่านเวอร์เนียคาลิปเปอร์

1. หาค่าของสเกลหลัก จากรูปด้านบนขีดที่ศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับเสเกลหลักตำแหน่งที่ 1.1 เซนติเมตร (เลยออกมาเล็กน้อยบนสเกลหลัก)
2. หาค่าของเสกเวอร์เนียร์ ได้จากการนับจำนวนช่องขีดของสเกลเวอร์เนียร์ที่ตรงกับขีดบนสเกลหลักอยู่ที่ขีดที่เท่าใด (13 ช่อง = ขีดที่ 13)
3. ผลการวัด = ค่าสเกลหลัก + {ค่าสเกลเวอร์เนียร์ × ค่าความละเอียดของเวอร์เนียร์ }

<u>แทนค่า</u> ค่าสเกลหลัก = 1.1 เซนติเมตร ค่าสเกลเวอร์เนียร์ = 13 Least count = 0.05 มิลลิเมตร

ฉะนั้น ผลการวัด = 1.1 เซนติเมตร + (13x0.05) มิลลิเมตร

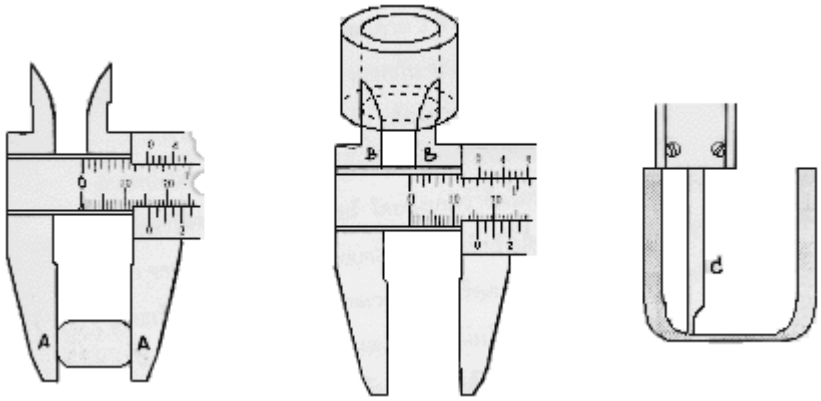
= $1.1x10^{-2}x10^{3}$ มิลลิเมตร + 0.65 มิลลิเมตร

= 11.65 มิลลิเมตร

การใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดขนาดของวัตถุ

เวอร์เนียร์เป็นเครื่องมือวัดใช้วัดขนาดของวัตถุ ในการวัด จะต้องให้ผิวด้านหนึ่งของวัตถุแตะพอดีกับปากวัดที่ติดกับสเกลหลัก (ปากวัด C หรือ E) แล้วเลื่อนปากวัดอีกหนึ่งซึ่งเป็นปากวัดที่ติดกับสเกลเวรอ์เนียร์ (ปากวัด D หรือ F) ให้มาชิดกับผิวอีกด้านหนึ่งของวัตถุ แล้วหมุนสกรู I ยึดสเกลเวรอ์เนียร์ให้ติดกับสเกลหลัก จากนั้นจึงอ่านค่าที่วัดได้

ในการวัดขนาดวัตถุที่มีลักษณะต่างกัน จะต้องเลือกใช้ปากวัด หรือปลายแหลม G ให้เหมาะสม เช่น ถ้าจะวัดความยาวของแท่งวัตถุ จะต้องใช้ปากวัด C-D ดังรูป 2.2 ก. ถ้าจะวัดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของทรงกระบอกกลวง ก็จะต้องใช้ปากวัด E-F ดังรูป 2.2. ข. และถ้าจะวัดความลึกของวัตถุก็ต้องใช้ปลายแหลม G ดังรูป

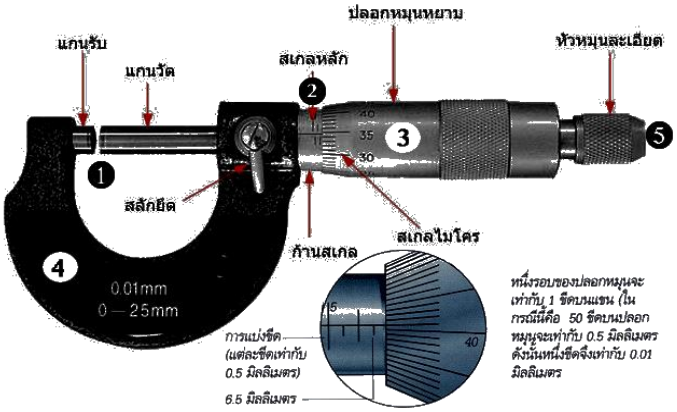


ก. วัดความยาวของแท่งวัตถุ ข. วัดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน ของทรงกระบอกกลวง ค. วัดความลึกของวัตถุ

รูปที่ 6 การใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดขนาดของวัตถุ

2.2 ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)

เมื่อต้องการวัดความหนาของวัตถุซึ่งมีค่าน้อยมาก ๆ เช่นความหนาของเส้นผม ความหนาของกระดาษ ความหนาของเส้นลวด เราจะใช้ไมโครมิเตอร์ดังรูป เพราะให้ค่าที่ละเอียดถูกต้อง



รูปที่ 5 ไมโครมิเตอร์

วิธีอ่านไมโครมิเตอร์

1.หาความละเอียดของไมโครมิเตอร์ โดยสำรวจว่าสเกลไมโครบนทรงกระบอก T มีทั้งหมดกี่ช่อง และต้องหมุนทรงกระบอก T กี่รอบ ทรงกระบอก T จึงจะเลื่อนออก (หรือเข้า) 1ช่องบนสเกลหลัก ผลหารจะเป็นความละเอียดของไมโครมิเตอร์อันนั้น

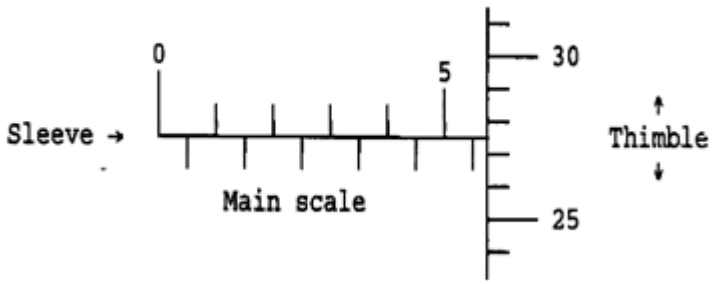
ตัวอย่าง ถ้าพบว่าสเกลไมโครมีทั้งหมด 50 ช่อง และต้องหมุนทรงกระบอก T จำนวน 2 รอบ จึงจะทำให้เลื่อนออกหรือเข้า 1 ช่องมิลลิเมตรบนสเกลหลัก ความละเอียดของไมโครมิเตอร์อันนี้จะเท่ากับ

$\frac{1}{2\times 50} = 0.01\,mm$ หรือ 0.001 cm

2.ตรวจดูความคลาดเคลื่อนของขีดศูนย์บนสเกลไมโครมิเตอร์ โดยหมุนทรงกระบอก T จนแกน B ชนกับแกน A ซึ่งจะมีเสียงดัง “คลิ๊ก” แล้วสังเกตขีดศูนย์บนสเกลไมโครว่าตรงกับขีดศูนย์ของสเกลหลักหรือไม่ ถ้าตรงกันพอดีแสดงว่าไม่มีความคลาดเคลื่อน และไม่ต้องแก้ไขใด ๆ แต่ถ้าไม่ตรงแสดงว่ามีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นแล้ว ต้องแก้ไขโดยปรับไมโครมิเตอร์จนขีดศูนย์ตรงกัน การปรับจะใช้ไขควงหมุนที่ปุ่มปรับศูนย์บริเวณปลายแกน D ซึ่งผู้ที่จะปรับได้ถูกต้องนั้นต้องมีประสบการณ์มาบ้างพอสมควร

3.นำวัตถุที่ต้องการวัดมาวางแตะปลายแกน A แล้วหมุนทรงกระบอก T จนปลายแกน B เลื่อนมาแตะขอบวัตถุอีกด้านหนึ่งและได้ยินเสียง “คลิก” ให้ความยาวค่าแรกจากสเกลหลัก จากนั้นหาเศษความยาวโดยสังเกตว่าขีดบนสเกลไมโครมิเตอร์ขีดใดตรงกับขีดบนสเกลหลัก และขณะนั้นทรงกระบอก T หมุนไปแล้วกี่รอบ คิดเป็นจำนวนช่องที่หมุนไปแล้วกี่ช่อง นำจำนวนช่องคูณกับความละเอียดของไมโครมิเตอร์ ค่าความยาวของวัตถุจะเท่ากับผลบวกของค่าที่สอง

ตัวอย่าง เมื่อนำไมโครมิเตอร์ไปวัดความยาวหรือความหนาของวัตถุชิ้นหนึ่ง สเกลหลักและสเกลไมโครมีลักษณะดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การใช้ไมโครมิเตอร์วัดความหนาวัตถุ

ถ้าไมโครมิเตอร์อันนี้มีสเกลไมโครทั้งหมด 50 ช่อง และต้องหมุนทรงกระบอก T จำนวน 2 รอบ จึงจะเลื่อนออกเท่ากับ 1 ช่องมิลลิเมตรของสเกลหลัก ดังนั้นความละเอียดของไมโครมิเตอร์อันนี้เท่ากับ

$\frac{1}{2\times 50} = 0.01\,mm$

จากรูปสังเกตว่าขอบทรงกระบอก T เลื่อนเลยขีดศูนย์ของสเกลหลักไปอยู่ระหว่าง 5.5 ถึง 6 มิลลิเมตร ค่าแรกที่อ่านได้ คือ 5.5 มิลลิเมตร ต่อไปหาเศษความยาว โดยสังเกตว่าขีดที่ 27.5 (เลข 5 ได้จากการประมาณ) บทสเกลไมโคร ตรงกับแกนกลางของสเกลหลัก ดังนั้นเศษความยาวจึงเท่ากับ

$27.5\times 0.01 = 0.275\,mm$ ดังนั้น วัตถุชิ้นนี้ยาว $5.5 + 0.275 = 5.775\,mm$ **ตอบ**

อุปกรณ์การทดลอง

1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ จำนวน 1 อัน
2. ไมโครมิเตอร์ จำนวน 1 อัน
3. สเพียโรมิเตอร์ จำนวน 1 อัน
4. วัตถุรูปทรงต่างๆ ที่กำหนดให้ ได้แก่ทรงกลมตัน (ลูกปืนเล็ก) ทรงกระบอกกลวง ปลายเล็กและใหญ่ เส้นลวด เลนส์นูน

วิธีการทดลอง ทดลองและบันทึกผลในตาราง แบ่งการทดลองนี้เป็น 4 ตอน

<u>ตอนที่ 1</u> เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

1. ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (d_1) เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (d_2) ของทรงกระบอกกลวง บันทึกผลการทดลอง และให้ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ย

2. ใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์วัดความสูง (h) ของทรงกระบอกกลวง บันทึกผลการทดลอง และให้ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ย

<u>ตอนที่ 2</u> ไมโครมิเตอร์

2.1 ใช้ไมโครมิเตอร์วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดและคำนวณหาปริมาตรของเส้นลวด โดยกำหนดความยาว 5 เซนติเมตร ให้ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ย

2.2 ใช้ไมโครมิเตอร์วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของทรงกลมตันบันทึกผลการทดลอง ให้ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ย

2.3 คำนวณหาปริมาตร (V) ของทรงกลมตันจากสูตรต่อไปนี้

ปริมาตรของทรงกลม

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \quad ; \quad r = \text{รัศมีของทรงกลม}$$