

## การทดลองที่ 2

### เรื่อง การวัดอย่างละเอียด

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. สร้างเวอร์เนียแคลิเปอร์ให้อ่านค่าละเอียดที่สุดตามที่กำหนด
2. วัดความหนา ความยาว ความกว้าง ความลึก เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกและภายในของวัตถุต่างๆ ได้ โดยใช้เครื่องมือที่มีในห้องปฏิบัติการ

#### เครื่องมือในการทดลอง

1. เวอร์เนียแคลิเปอร์ (vernier caliper)
2. ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์ (micrometer caliper)
3. สเฟียโรมิเตอร์ (spherometer)
4. อุปกรณ์สำหรับสร้างเวอร์เนียแคลิเปอร์ และวัตถุที่ต้องการวัดค่าอย่างละเอียด

#### ทฤษฎี

การวัดเป็นกระบวนการเปรียบเทียบปริมาณไม่ทราบค่ากับปริมาณทราบค่า (หรือ ปริมาณมาตรฐาน) การวัดทุกอย่าง ธรรมชาติย่อมมีความผิดพลาด(error) อันเนื่องจากผู้วัดและเครื่องมือวัด การวัดจึงเป็นเพียงการประมาณค่าเท่านั้น ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากผู้วัดอาจทำให้ลดน้อยลงได้ด้วยการใช้ความระมัดระวังในการสังเกตการณ์(observation) และทางด้านเครื่องมือวัดก็สร้างให้สามารถวัดค่าได้ละเอียดมากๆ อย่างไรก็ตาม เครื่องมือทุกชิ้นย่อมมีขอบเขตของความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งแสดงค่าที่ได้ก็นั้นใกล้เคียงกับค่าที่เป็นจริงเพียงใด ความถูกต้องแม่นยำจึงเป็นตัวเลขที่แสดงโดยจำนวนเลขนัยสำคัญ(significant digit) โดยจำนวนของตัวเลขนัยสำคัญของปริมาณหนึ่งๆ จะเท่ากับจำนวนของเลขที่ได้จากเครื่องมือรวมกับตัวเลขสุดท้ายอีกหนึ่งตัว ซึ่งได้จากการคาดคะเนโดยประมาณ (estimate)

เนื่องจากขีดจำกัดของคนและเครื่องมือ การวัดจำนวนอย่างเดียวกันหลายๆ ครั้งอาจให้ค่าแตกต่างกันหลายๆ ค่า โดยเฉพาะตัวเลขสุดท้ายซึ่งเป็นตัวที่คาดคะเนโดยประมาณ

PH 113 (L)

31

PH 113 (L)

31

การวัดแต่ละครั้งอาจให้ค่าแตกต่างกันเล็กน้อย การกระจายของจำนวนเหล่านี้รอบค่าเฉลี่ย(average value) แสดงถึงความแม่นยำ (precision) ของการวัดนั้น

การวัดในทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย จำนวนและหน่วย (dimensional unit) ดังนั้นการบอกปริมาณใดๆ จึงต้องบอกทั้งปริมาณและหน่วยของปริมาณนั้นๆ จึงจะสื่อความหมายได้ถูกต้องเป็นที่เข้าใจกันได้

### 1. เวอร์เนียร์แคลิเปอร์

ประกอบด้วยส่วนคงที่รูปตัว “L” และส่วนเคลื่อนที่อยู่บนส่วนแรก ส่วนคงที่มีสเกลเรียกว่าสเกลหลัก(main scale หรือ fixed scale) ซึ่งแบ่งเป็นหน่วย (เช่น นิ้ว หรือ ซม.) เป็นช่องๆ (อาจเป็น 16 ช่อง หรือ 10 ช่อง) ส่วนเคลื่อนที่มีสเกลเรียกว่า สเกลเวอร์เนียร์ (vernier scale) ซึ่งอยู่ทั้งสองด้านของสเกลหลัก (เช่น สเกลหลักมีทั้งระบบเมตริก และระบบอังกฤษ สเกลเวอร์เนียร์ก็จะมีทั้งสองระบบดังกล่าว)

- ให้ S แทน 1 ช่องเล็กที่เล็กที่สุดบนสเกลหลัก
- V แทน 1 ช่องที่เล็กที่สุดบนสเกลเวอร์เนียร์
- n แทนจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์

เวอร์เนียร์แคลิเปอร์มี 2 แบบ คือ

1. แบบอ่านไปข้างหน้า (forward reading) เป็นแบบที่มีค่า S มากกว่าค่า V
  2. แบบอ่านถอยหลัง (backward reading) เป็นแบบที่มีค่า S เล็กกว่าค่า V
- ในกรณีนี้จะกล่าวถึงเฉพาะแบบอ่านไปข้างหน้า ซึ่งเป็นแบบที่นิยมใช้กัน

เวอร์เนียร์แคลิเปอร์เป็นเครื่องมือวัดที่ให้ค่าละเอียดกว่าไม้บรรทัดธรรมดา ค่าความยาวที่ละเอียดที่สุดที่อ่านได้จากเครื่องมือ เรียกว่า lest count ซึ่งอาจหาได้จาก

$$\text{lestcount} = S - V = \frac{S}{n}$$

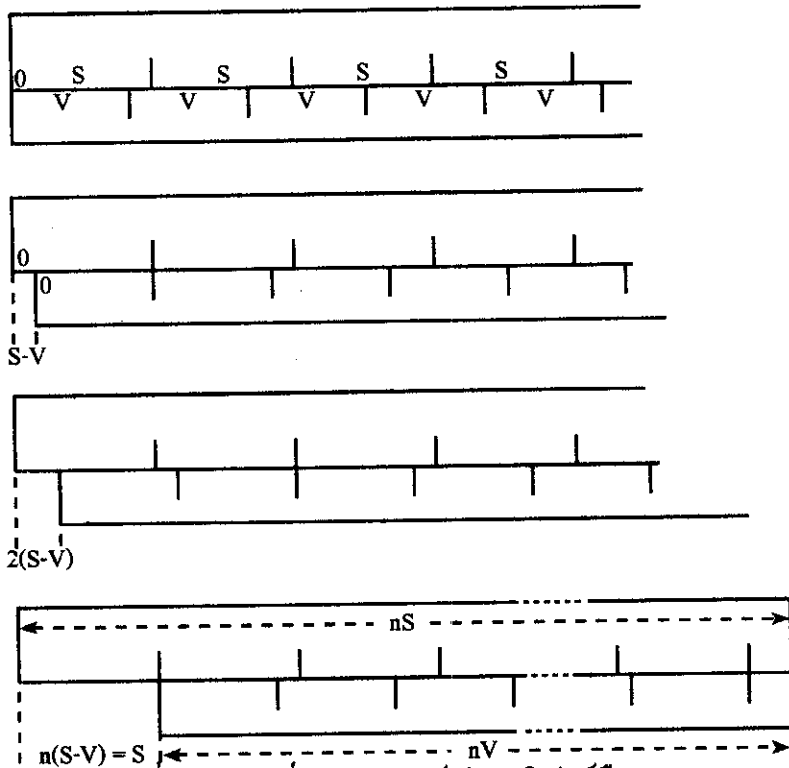


รูปที่ 2.1 เวอร์เนียร์แคลิเปอร์

### หลักการสร้างเวอร์เนียร์แคลิเปอร์

ถ้าต้องการเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ที่สามารถอ่านค่าได้ละเอียดที่สุดเป็น  $1/n$  ของความยาว 1 ช่องเล็กที่สุดบนสเกลหลัก (คืออ่านได้ละเอียด  $S/n$ ) ต้องสร้างเวอร์เนียร์แคลิเปอร์นั้นให้มีจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์  $n$  ช่อง

ดูรูป 2.2 เริ่มต้นเราจัดให้จุดศูนย์กลางของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับจุดศูนย์กลางสเกลหลัก ถ้าเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์จนขีดที่ 1 ของมันตรงกับขีดที่ 1 ของสเกลหลัก เวอร์เนียร์จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางเป็น  $(S - V)$  ถ้าขีดที่ 2 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดที่ 2 ของสเกลหลัก เวอร์เนียร์จะเคลื่อนที่ไปได้ระยะทางเป็น  $2(S - V)$  ในทำนองเดียวกันเช่นนี้ ถ้าขีดที่  $n$  ของสเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไปตรงกับขีดที่  $n$  ของสเกลหลัก เวอร์เนียร์ก็จะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (ทางขวา) ห่างจากจุดศูนย์กลางของสเกลหลักเป็นระยะทาง  $n(S - V)$  ซึ่งทำให้จุดศูนย์กลางของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดที่ 1 ของสเกลหลักพอดี หมายความว่าเวอร์เนียร์เคลื่อนที่ไปได้ 1 ช่องของสเกลหลักพอดี คือ ระยะทาง  $S$



รูปที่ 2.2 หลักทั่วไปของเวอร์เนียร์แคลิเปอร์คือ  $n(S - V) = S$

นั่นคือ  $n(S - V) = S$

$$\begin{aligned} \therefore S - V &= \frac{S}{n} = \text{Lest Count} \\ \text{หรือ } nV &= (n-1)S \\ V &= S - \frac{S}{n} = \left(\frac{n-1}{n}\right)S \end{aligned} \quad (2.1)$$

จากสมการ 2.1 จะได้ว่าในการสร้างเวอร์เนียร์แคลิเปอร์นั้น ให้ใช้ช่วงระยะบนสเกลหลัก  $(n-1)$  ช่อง ไปแบ่งเป็นช่องเท่าๆ กัน  $n$  ช่อง บนสเกลเวอร์เนียร์

**ตัวอย่าง** ต้องการสร้างเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ให้อ่านค่าได้ละเอียดที่สุด (lest count) เป็น  $\frac{1}{132}$  นิ้ว

**วิธีคิด** พิจารณาสมการ lest count  $= S - V = \frac{S}{n} = \frac{1}{132}$  นิ้ว

$$\text{แยกตัวประกอบ } \frac{1}{132} = \frac{1}{12 \times 11}$$

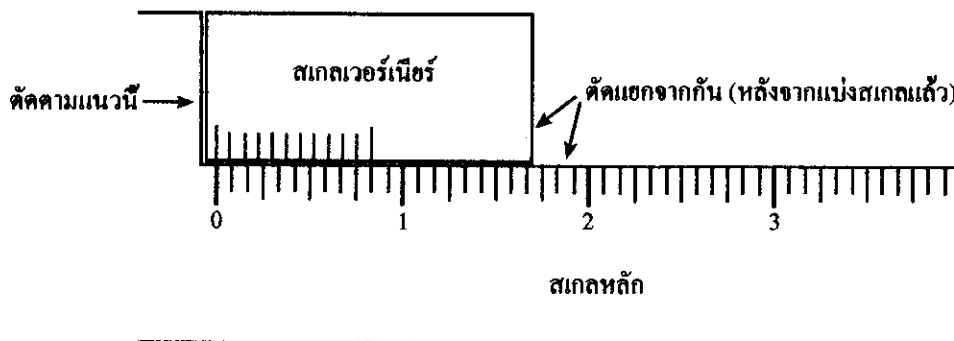
ดังนั้นเราเลือกให้  $n = 11$  ช่อง

$$\text{ต่อไปพิจารณาสมการ } nV = (n-1)S$$

$$\text{แทนค่า } 11V = (11-1)S$$

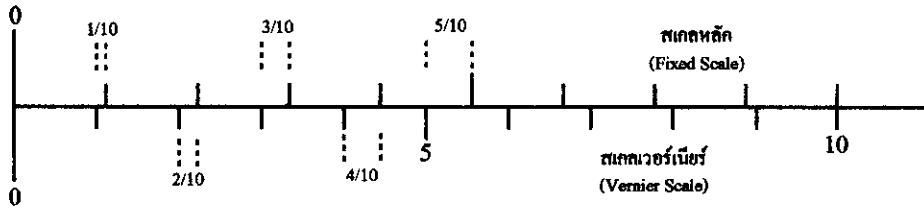
$$11V = 10S$$

**วิธีสร้าง** สเกลหลัก แบ่ง 1 นิ้วให้เป็น 12 ช่องเท่าๆ กัน ทำเช่นนี้ประมาณ 2-3 นิ้ว สเกลเวอร์เนียร์ เอาระยะจากสเกลหลักมา 10 ช่อง มาแบ่งให้ได้ 11 ช่อง เท่าๆ กัน ทำเพียง 1 ช่วง (เพียง  $10 \times \frac{1}{2} = \frac{10}{2}$  นิ้วก็พอ) ดูรูปที่ 2.3 ประกอบ



รูปที่ 2.3 เวอร์เนียร์แคลิเปอร์ lest count  $\frac{1}{132}$  นิ้ว

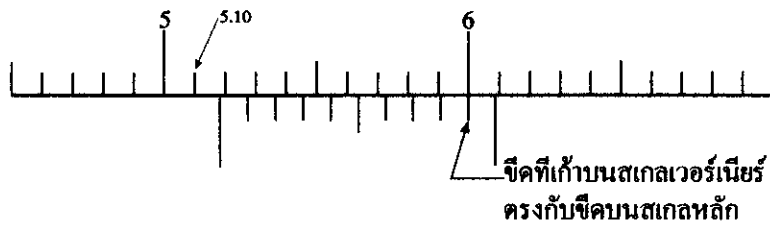
สำหรับสเกลเวอร์เนียร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ แบ่งเป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน ซึ่งมีระยะทั้งหมดเท่ากับ 9 ส่วนของสเกลหลัก ดังนั้นขีดของสเกลเวอร์เนียร์ที่ตรงกับขีดบนสเกลหลักจะเป็นจำนวนเศษส่วนของสิบของแต่ละช่องเล็กๆ บนสเกลหลัก ซึ่งเวอร์เนียร์เคลื่อนที่ผ่านไปจึงเป็นตัววัดค่าเศษส่วนของแต่ละช่องเล็กๆ บนสเกลหลัก



รูปที่ 2.4 แสดงสเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์ของเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

### วิธีอ่านเวอร์เนียร์แคลิเปอร์

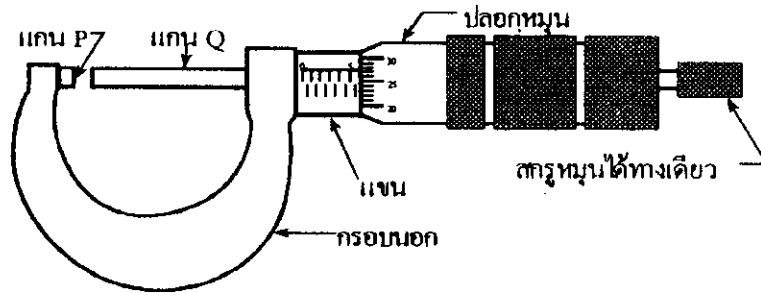
1. อ่านค่าที่สเกลหลักก่อน โดยดูที่ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ว่าอยู่ที่ขีดใดของสเกลหลัก ดังนั้นจะได้ค่าประมาณเพราะขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์อาจไม่ตรงกับขีดบนสเกลหลักเราอ่านค่าประมาณนี้จากขีดบนสเกลหลักที่อยู่ทางซ้ายของขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ เช่น ในที่นี้ค่านี้คือ 5.10 ซม. (ดูรูปที่ 2.5)
2. ระยะที่เหลือ ซึ่งคือระยะระหว่างขีดบนสเกลหลักที่อยู่ทางซ้ายของขีดศูนย์บนสเกลเวอร์เนียร์กับขีดศูนย์บนสเกลเวอร์เนียร์ อ่านได้โดยดูว่าขีดบนสเกลเวอร์เนียร์อยู่ตรงกับขีดบนสเกลหลักมากที่สุด เช่น ในที่นี้เป็นขีดที่ 9 ดังนั้นระยะนี้คือ .09 ซม.
3. รวม 5.10 ซม. กับ 0.09 ซม. เข้าด้วยกัน จึงได้ 5.19 ซม.



รูปที่ 2.5 แสดงการอ่านเวอร์เนียร์แคลิเปอร์

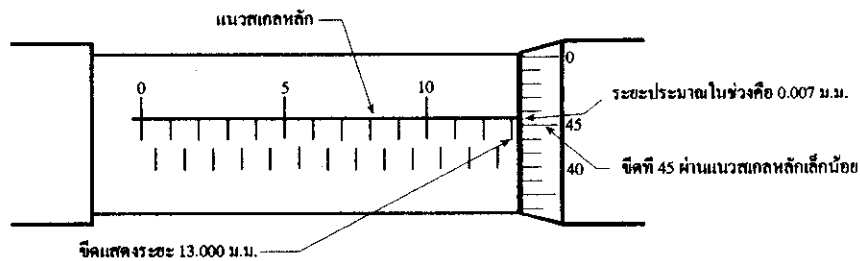
## 2. ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์ (micrometer caliper)

ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์วัดระยะได้โดยการเปลี่ยนระยะ ไปเป็นรอบหมุน (revolutions) และเศษส่วนของการหมุน วิศวกรอ่านให้ดูว่าไมโครมิเตอร์จะอ่านค่าได้ละเอียดที่สุดเพียงใดให้ใช้หลักการเดียวกับเวอร์เนียร์แคลิเปอร์



รูปที่ 2.6 ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์

ไมโครมิเตอร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีค่าพิทช์ (pitch) 0.5 ม.ม. หมายความว่า เมื่อหมุนสกรู (ปลอกหมุน) ไป 1 รอบ จะได้ระยะทางเท่ากับ 0.5 ม.ม. บนแขน (sleeve) ของไมโครมิเตอร์ เศษส่วนของการหมุนก็หาโดยพิจารณาจากขีดเล็ก ๆ บนสเกลปลอกหมุนซึ่งแบ่งเป็น 50 ขีด ดังนั้นถ้าหมุนปลอกหมุนไป 1 ขีด จะได้ระยะเท่ากับ  $\frac{1}{50}$  ของ 0.5 ม.ม. หรือ 0.01 ม.ม. นั่นเอง



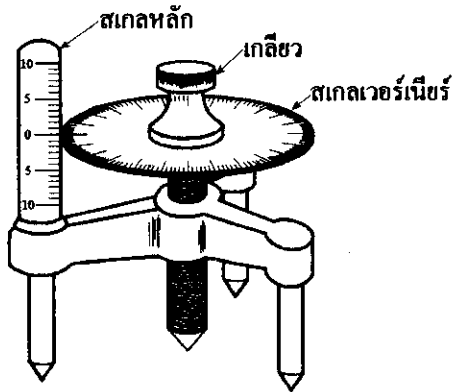
รูป 2.7 แสดงวิธีอ่านค่าจากไมโครมิเตอร์

### วิธีวัด

หมุนปลอกหมุนเพื่อให้แกน P และ Q อยู่ห่างกัน (ดูรูปที่ 2.6) พอดีกับวัตถุที่จะวัดให้อยู่ระหว่างแกนทั้งสองนี้ อ่านค่าจากสเกลปลอกหมุน ซึ่งในที่นี้ได้ค่าประมาณเท่ากับ 1.450 ม.ม. และค่าที่เหลือเราจะต้องคาดคะเนด้วยสายตา เช่นตัวอย่างนี้เราประมาณได้เท่ากับ 0.007 ม.ม.

### 3. สเฟียโรมิเตอร์ (spherometer)

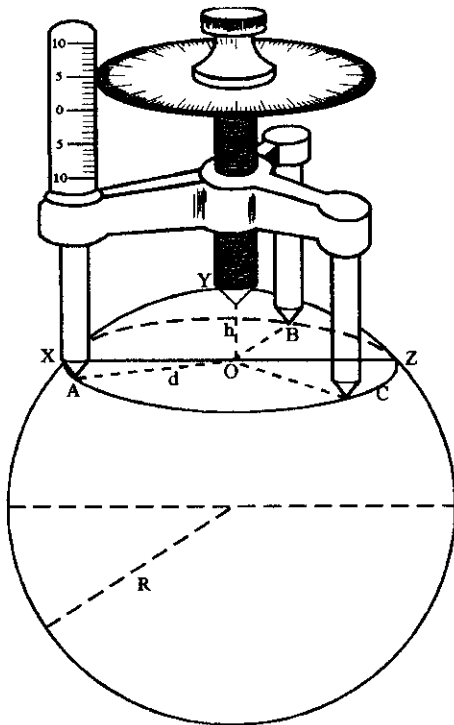
เป็นเครื่องมือสำหรับวัดหารัศมีความโค้งของทรงกลม เช่น วัดหารัศมีความโค้งของเลนส์นูน เลนส์เว้า กระจกนูน กระจกเว้า



รูปที่ 2.8 สเฟียโรมิเตอร์

หลักการหารัศมีความโค้งของทรงกลม

ตัวอย่าง ต้องการหารัศมีความโค้งของเลนส์นูน ซึ่งเป็นส่วนของวงกลม XYZ



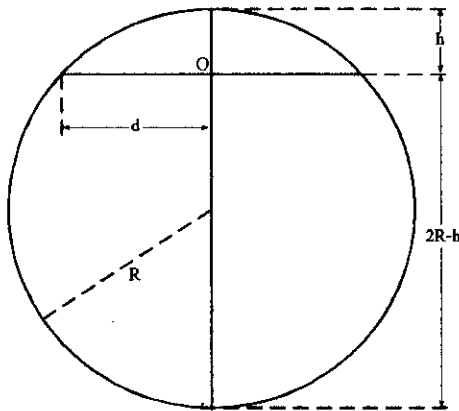
รูปที่ 2.9 แสดงการวัดหารัศมีความโค้งของทรงกลม

เมื่อจัดให้ขาทั้งสาม และขากลางซึ่งเป็นเกลียวของสเฟียโรมิเตอร์สัมผัสผิวของเลนส์นูน (ส่วนของทรงกลม)พอดี จะได้

$$AO = BO = CO \text{ ให้ } = d$$

$$\text{และให้ } YO = h$$

จากรูปที่ 2.140 โดยทฤษฎีเรขาคณิตที่กล่าวว่า เมื่อคอร์คของวงกลม 2 เส้นตัดกันภายในวงกลม ผลคูณของส่วนตัดสองส่วนของคอร์คเส้นหนึ่งย่อมมีค่าเท่ากับผลคูณของส่วนตัดสองส่วนของคอร์คอีกเส้นหนึ่ง



ดังนั้นจะได้

$$h(2R - h)$$

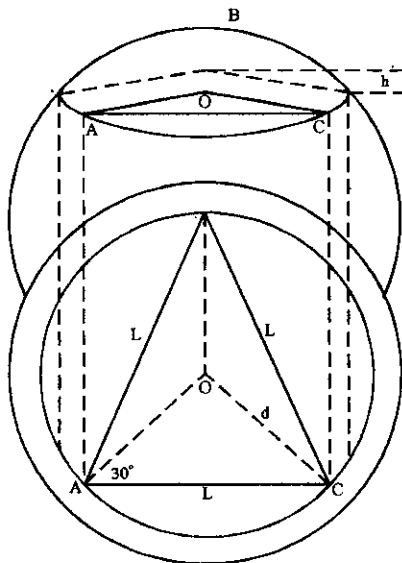
$$= d^2$$

$$2hR - h^2$$

$$= d^2$$

$$R = \frac{d^2}{2h} + \frac{h}{2} \quad (2.2)$$

รูปที่ 2.10 แสดงคอร์คของวงกลม 2 เส้นตัดกันที่จุด O



เราจะแทนค่า d ด้วย L ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างแต่ละคู่ของขาทั้งสาม พิจารณารูปที่ 2.11

$$\frac{L}{2} = d \cos 30^\circ$$

$$= \frac{L}{\sqrt{3}}$$

$$d^2 = \frac{L^2}{3}$$

แทนค่า  $d^2$  ในสมการ (2.2) จะได้

$$R = \frac{L^2}{6h} + \frac{h}{2} \quad (2.3)$$

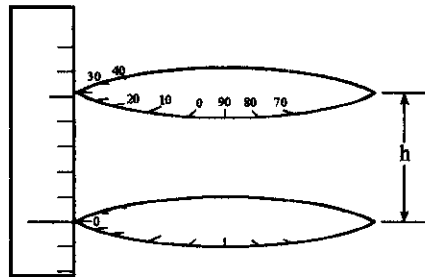
รูปที่ 2.11 แสดงจุดที่ขาทั้งสี่ของสเฟียโรมิเตอร์สัมผัสทรงกลม



## วิธีใช้สเฟียโรมิเตอร์

1. วางสเฟียโรมิเตอร์บนกระจกราบแล้วหมุนเกลียวของสเฟียโรมิเตอร์ ซึ่งจะทำให้ขา กลางเลื่อนขึ้นหรือเลื่อนลง และจะทำให้สเกลเวอร์เนียร์หมุนตามไปด้วย จัดให้ขาทั้งสี่ของสเฟียโรมิเตอร์สัมผัสกระจกราบ สมมติว่าเมื่อขาทั้งสี่สัมผัสกระจกราบแล้วจุดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ชี้ตรงกับจุดศูนย์ของสเกลหลัก (ดูรูปที่ 2.12 ก.)

2. นำสเฟียโรมิเตอร์นั้นไปวางบนเลนส์ที่จะวัดหารัศมีความโค้ง หมุนเกลียวเพื่อให้ขา กลางของสเฟียโรมิเตอร์เลื่อนขึ้นหรือเลื่อนลง (ตามแต่ชนิดของเลนส์ที่จะวัด) โดยให้ขาทั้งสี่ของ สเฟียโรมิเตอร์สัมผัสผิวเลนส์พอดี และให้ขากลางของสเฟียโรมิเตอร์อยู่ตรงตำแหน่งสูงสุดหรือต่ำสุดของเลนส์นั้น



รูปที่ 2.12 ก. เมื่อวางสเฟียโรมิเตอร์บนกระจกราบ  
ข. เมื่อวางบนเลนส์ที่จะวัด

จากรูปที่ 2.12 จะเห็นว่าเมื่อวัดเลนส์สเกลเวอร์เนียร์ของสเฟียโรมิเตอร์จะเลื่อนขึ้นไป  $h$

3. อ่านความสูง  $h$  ได้ดังนี้ เนื่องจากขากลางเลื่อนขึ้นไปทำให้จุดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์เลื่อนขึ้นไปจากจุดศูนย์ของสเกลหลัก 5 ช่อง และตรงกับขีด 22 บนสเกลเวอร์เนียร์ ดังนั้น

$$h = 5S + 22 \frac{S}{n}$$

เมื่อ  $S$  คือ ช่องที่เล็กที่สุดบนสเกลหลัก

และ  $\frac{S}{n}$  คือค่าที่วัดได้ละเอียดที่สุดของสเฟียโรมิเตอร์

4. วัดระยะระหว่างขาแต่ละคู่ (ไม่ใช่ขากลาง) ของสเฟียโรมิเตอร์เป็นค่า  $L$  โดยกดลงบนแผ่นกระดาษหนาให้เป็นรอยซึ่งเกิดจากปลายแหลมของขาทั้งหมด แล้วจึงวัดระยะจากรอยจุดของปลายขานั้น

5. หารัศมีความโค้งของเลนส์โดยใช้สมการ  $R = \frac{L^2}{6h} + \frac{h}{2}$

## สรุปการใช้เครื่องมือวัดอย่างละเอียด

1. หาค่าที่วัดได้ละเอียดที่สุด (Least Count) ของเครื่องมือแต่ละชิ้นที่จะใช้วัดก่อนจะทำการวัด
2. ดูว่าเครื่องมือต่างๆ ต้องแก้ไขศูนย์หรือไม่ การแก้ไขศูนย์ให้ใช้วิธีการตามเป็นกรณีๆ ไป
3. การบอกริมาณใดๆ ต้องกำกับหน่วยไว้ด้วยทุกครั้ง เพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้อง

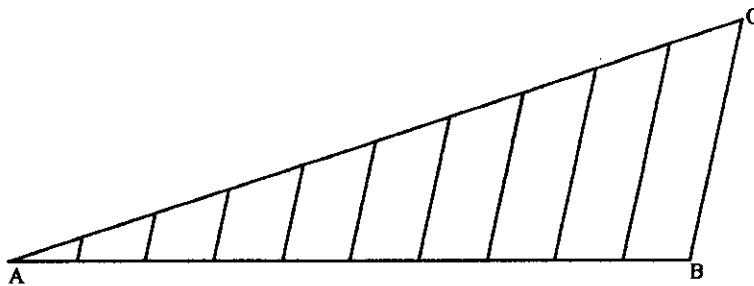
## วิธีการทดลอง ทดลองและบันทึกผลในตารางขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

**ตอนที่ 1** สร้างเวอร์เนียแคลิเปอร์ให้อ่านค่าได้ละเอียดที่สุด ตามที่อาจารย์ผู้ควบคุมกำหนด แล้ววัดวัตถุต่างๆ ที่กำหนดเปรียบเทียบกับเวอร์เนียแคลิเปอร์มาตรฐาน

**ตอนที่ 2** ใช้ไมโครมิเตอร์วัดวัตถุที่กำหนดให้

**ตอนที่ 3** ใช้สเตียโรมิเตอร์วัดหารศมีความโค้งของเลนส์นูน หรือเลนส์เว้า

**หมายเหตุ** วิธีแบ่งเส้นตรงออกเป็นหลายส่วนที่เท่ากันทุกส่วน อาจใช้วิธีการแบ่งด้วยเส้นขนาน ดังนี้ โดยการลากเส้นทำมุมแหลมที่ต้องการจะแบ่งอย่างน้อย 1 เส้น (ดูรูปที่ 2.13) และใช้มาตราส่วนตามสเกลที่เหมาะสม แบ่งเส้นตรงที่สร้างขึ้นใหม่นี้ออกเป็นจำนวนส่วนที่เท่ากันตามต้องการ ต่อจากนั้น จึงลากเส้นขนานขึ้นจุดหนึ่งดังรูป



**รูปที่ 2.13** การแบ่งเส้นตรงออกเป็นหลายส่วนเท่าๆ กันโดยวิธีลากเส้นขนาน

ตามรูปที่ 2.13 ต้องการแบ่งเส้นตรง AB ออกเป็น 9 ส่วนเท่าๆ กัน จึงลากเส้น AC ทำมุมแหลม (ให้ยาวพอเหมาะกับสเกลที่ใช้) กับเส้น AB และแบ่งเส้น AC ออกเป็น 9 ส่วนตามสเกลที่เหมาะสม โดยในที่นี้ใช้สเกล 0.5 นิ้ว สำหรับแต่ละส่วน ต่อจากนั้น จึงลากเส้น CB และลากเส้นจากจุดแบ่งอื่นๆ ให้ขนานกับเส้น CB ไปตัดกับเส้น AB เส้นขนานทั้งหมดนี้จะแบ่งเส้น ABA ออกเป็น 9 ส่วนเท่าๆ กันตามที่ต้องการ

## สรุปประเด็นสำคัญ

เครื่องมือสำหรับวัดขนาดความยาว ความกว้าง ความลึก และเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกและภายในของวัตถุต่าง ๆ อย่างละเอียดมีอยู่หลายชนิด ซึ่งสามารถวัดค่าต่าง ๆ ได้ละเอียดมากน้อยต่างกัน จึงต้องศึกษาวิธีใช้ให้ถูกต้อง

### กิจกรรม

1. ตรวจสอบเครื่องมือสำหรับวัดแต่ละชนิดตามคำแนะนำและทดสอบการวัดให้ถูกต้อง
2. เปรียบเทียบขีดจำกัดของเครื่องมือสำหรับวัดที่มีอยู่และที่สร้างขึ้น
3. บันทึกผลการทดลองโดยแสดงวิธีสร้าง (แบ่งสเกล) และการคำนวณทุกขั้นตอนให้ชัดเจน

## แบบทดสอบการทดลองที่ 2

1. ความถูกต้องในการวัดต้องอาศัยปัจจัยใด
  1. การสังเกตอย่างรอบคอบ
  2. เครื่องมือวัดได้ค่าละเอียดมาก ๆ
  3. การวัดซ้ำหลายๆ ครั้ง
  4. ถูกทุกข้อ
2. เครื่องมือวัดระยะได้ค่าละเอียดมากกว่าไม้บรรทัดทั่วไปคืออะไร
  1. เวอร์เนียแคลิเปอร์
  2. ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์
  3. สเตียโรมิเตอร์
  4. บรรทัดมาตรฐาน
3. ถ้าต้องการให้เวอร์เนียแคลิเปอร์สามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึง 1 ใน  $n$  ส่วน ของช่องเล็กที่สุดบนสเกลหลัก (S) จะต้องให้จำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียเป็นเท่าใด
  1.  $n$  ช่อง
  2.  $n+1$  ช่อง
  3.  $n-1$  ช่อง
  4.  $S/n$  ช่อง
4. ตามหลักการสร้างเวอร์เนียแคลิเปอร์แบบอ่านไปข้างหน้า เมื่อขีดที่ 3 ของสเกลเวอร์เนียตรงกับขีดที่สามของสเกลหลัก จะทำให้ศูนย์ของสเกลทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าใด
  1.  $3n$
  2.  $3V$
  3.  $3(S - V)$
  4.  $3(V - S)$
5. ในการสร้างสเกลเวอร์เนียแคลิเปอร์จะต้องใช้ระยะบนสเกลหลักเท่ากับ  $(n - 1)$  ช่องไปเป็นแบ่ง  $n$  ช่องเท่า ๆ กันบนสเกลเวอร์เนีย ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ดังนี้ใด
  1.  $n(S - V) = S$
  2.  $S - V = S/n$
  3.  $nV = (n - 1)S$
  4. ถูกทุกข้อ
6. เครื่องมือวัดระยะได้โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนระยะให้เป็นรอบหมุน และเศษส่วนของรอบหมุน คืออะไร
  1. เวอร์เนียแคลิเปอร์
  2. ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์
  3. สเตียโรมิเตอร์
  4. ข้อ 2 และ 3 ถูก
7. เมื่อหมุนปลอกหมุนไป 1 รอบ จะได้ระยะทาง 0.5 มิลลิเมตร บนแกนของไมโครมิเตอร์จะเรียกระยะทางนี้ว่า
  1. ค่าละเอียดสุด
  2. ค่าพิทช์
  3. สเกลหลัก
  4. สเกลเวอร์เนีย
8. ถ้าโดยรอบขอบของปลอกหมุนแบ่งออกเป็น 50 ช่อง เมื่อหมุนปลอกหมุนไป 1 ช่อง จะได้ระยะทางเป็นเท่าใดบนแกนของไมโครมิเตอร์ในข้อ ในหน่วยมิลลิเมตร
  1. 0.01
  2. 0.001
  3. 0.05
  4. 0.5
9. ระยะทางที่กล่าวถึงในข้อ 8. เรียกว่าอะไร
  1. ค่าละเอียดสุด
  2. ค่าพิทช์
  3. สเกลหลัก
  4. สเกลเวอร์เนีย
10. ในการหาปริมาตรความโค้งของทรงกลมโดยใช้สเตียโรมิเตอร์จะต้องหาค่าใดของทรงกลมก่อน

1. ความนูน

2. ความเว้า

3. ตอรัศ

4. ข้อ 1 หรือ 2 ถูก

*แนวตอบ*

1. 4

2. 1

3. 1

4. 3

5. 4

6. 4

7. 2

8. 1

9. 1

10. 4



**บันทึกผลการทดลอง**  
**เรื่อง การวัดอย่างละเอียด**

ผู้รายงาน ชื่อ..... เลขรหัส.....  
ผู้ร่วมรายงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....  
2. ชื่อ..... เลขรหัส.....  
3. ชื่อ..... เลขรหัส.....  
4. ชื่อ..... เลขรหัส.....  
ทำการทดลองวันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. .... Section ..... กลุ่ม.....

---

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ.....

**ตอนที่ 1**

1. สร้างเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ให้อ่านค่าได้ละเอียด = .....(หน่วย)  
โดยมี  $S = \dots\dots\dots$ (หน่วย)  $V = \dots\dots\dots$ (หน่วย)  $n = \dots\dots\dots$ (หน่วย)

สำหรับปิดผนึกเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ที่สร้างขึ้นจากกระดาษแข็ง  
(โดยอาจารย์ผู้ควบคุมตรวจสอบความถูกต้องก่อนตัดและปิดผนึก)

คำนวณหา S, V และ n

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ใช้เวอร์เนียร์แคลิเปอร์มาตรฐานอ่านค่าได้ละเอียดที่สุด = .....นิ้ว หรือ = .....ซ.ม.  
 วัดวัตถุที่กำหนด (วัดระยะละ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ย)

2. ใช้เวอร์เนียร์แคลิเปอร์ที่สร้างขึ้นวัดวัตถุที่กำหนด

### ตารางบันทึกผลการทดลอง ตอนที่ 1

ชนิด วัตถุ	วัดหา	ครั้งที่	โดยเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ มาตรฐาน (ซ.ม.) (นิ้ว)	โดยเวอร์เนียร์ แคลิเปอร์ ที่สร้าง(นิ้ว)	ความคลาด เคลื่อน (%)
ทรงกลม ตัน	เส้นผ่าศูนย์กลาง กลาง	1	.....	.....	.....
		2	.....	.....	
		3 เฉลี่ย	.....	.....	
ทรงกระ บอก กลวง	เส้นผ่าศูนย์กลาง นอก	1	.....	X	.....
		2	.....		
		3 เฉลี่ย	.....		
	เส้นผ่าศูนย์กลาง ภายใน	1	.....		
		2	.....		
		3 เฉลี่ย	.....		
ความลึก	1	.....			
	2	.....			
	3 เฉลี่ย	.....			
แท่ง เหลี่ยม	ความหนา	1	.....	.....	.....
		2	.....	.....	
		3	.....	.....	
		เฉลี่ย	.....	.....	



**ตอนที่ 2**

ใช้ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์อ่านค่าละเอียด = ..... ซม. วัดวัตถุที่กำหนด

ชนิดวัตถุ	วัดหา	ครั้งที่	วัดได้ (ซ.ม.)	ความคลื่อนกลาด เปรียบเทียบกับตอนที่ 1 ข้อ 2 (%)
เส้นผม 1 เส้น	ความหนา	1	.....	X
		2	.....	
		3	.....	
		เฉลี่ย	.....	
ทรงกลมตัน	เส้นผ่าศูนย์กลาง	1	.....	
		2	.....	
		3	.....	
		เฉลี่ย	.....	
แท่ง สี่เหลี่ยม	ความหนา	1	.....	
		2	.....	
		3	.....	
		เฉลี่ย	.....	

**ตัวอย่างวิธีคำนวณหาความคลื่อนกลาด**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### ตอนที่ 3

ใช้สเฟียโรมิเตอร์อ่านค่าได้ละเอียด = ..... ซม. วัดหารัศมีความโค้งของเลนซ์  
นูนหรือเว้า

ครั้งที่	h (ซ.ม.)	L (ซ.ม.)	$R \text{ (ซ.ม.)} = \frac{L^2}{6h} + \frac{h}{2}$
1	.....	.....	
2	.....	.....	
3	.....	.....	
เฉลี่ย	.....	.....	

.....

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ

#### วิธีคำนวณหา R

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

#### สรุปและวิจารณ์

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....