

การทดลองที่ 2

เรื่อง การวัดอย่างละเอียด

จุดประสงค์การเรียนรู้

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

เครื่องใช้ในการทดลอง

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

ทฤษฎี

การวัดเป็นกระบวนการเปรียบเทียบปริมาณ ไม่ทราบค่ากับปริมาณทราบค่า (หรือ ปริมาณมาตรฐาน) การวัดทุกๆ กรณีย่อมมีความผิดพลาด(error) อันเนื่องมาจากผู้วัดและเครื่องมือวัด การวัดจึงเป็นเพียงการประมาณค่าเท่านั้น ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากผู้วัดอาจทำได้ด้วยการใช้ความระมัดระวังในการสังเกตการณ์(observation) และทางด้านเครื่องมือวัดก็สร้างให้สามารถวัดค่าได้ละเอียดมากๆ อย่างไรก็ตามเครื่องมือทุกชิ้นย่อมมีขอบเขตของความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งแสดงค่าที่ได้นั้นใกล้เคียงกับค่าที่เป็นจริงเพียงใด ความถูกต้องแม่นยำจึงเป็นตัวเลขที่แสดง โดยจำนวนเลขนัยสำคัญ(significant digit) โดยจำนวนของตัวเลขนัยสำคัญของปริมาณหนึ่งๆ จะเท่ากับจำนวนของเลขที่ได้จากเครื่องมือรวมกับตัวเลขสุดท้ายอีกหนึ่งตัว ซึ่งได้จากการคาดคะเนโดยประมาณ (estimate)

เนื่องจากขีดจำกัดของคนและเครื่องมือ การวัดจำนวนอย่างเดียวกันหลายๆ ครั้งอาจให้ค่าแตกต่างกันหลายๆ ค่า โดยเฉพาะตัวเลขสุดท้ายซึ่งเป็นตัวที่คาดคะเนโดยประมาณ

การวัดแต่ละครั้งอาจให้ค่าแตกต่างกันเล็กน้อย การกระจายของจำนวนเหล่านี้รอบค่าเฉลี่ย(average value) แสดงถึงความแม่นยำ (precision) ของการวัดนั้น

การวัดในทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย จำนวนและหน่วย (dimensional unit) ดังนั้นการบอกปริมาณใดๆ จึงต้องบอกทั้งปริมาณและหน่วยของปริมาณนั้นๆ จึงจะสื่อความหมายได้ถูกต้องเป็นที่เข้าใจกันได้

1. เวอร์เนียสเกลิเปอร์

ประกอบด้วยส่วนคงที่รูปตัว "L" และส่วนเคลื่อนที่อยู่บนส่วนแรก ส่วนคงที่จะมีสเกลเรียกว่าสเกลหลัก(main scale หรือ fixed scale) ซึ่งแบ่งเป็นหน่วย (เช่น นิ้ว หรือ ซม.) เป็นช่องๆ (อาจเป็น 16 ช่อง หรือ 10 ช่อง) ส่วนเคลื่อนที่จะมีสเกลเรียกว่า สเกลเวอร์เนียส (vernier scale) ซึ่งอยู่ทั้งสองด้านของสเกลหลัก (เช่น สเกลหลักมีทั้งระบบเมตริก และระบบอังกฤษ สเกลเวอร์เนียสก็จะมีทั้งสองระบบดังกล่าว)

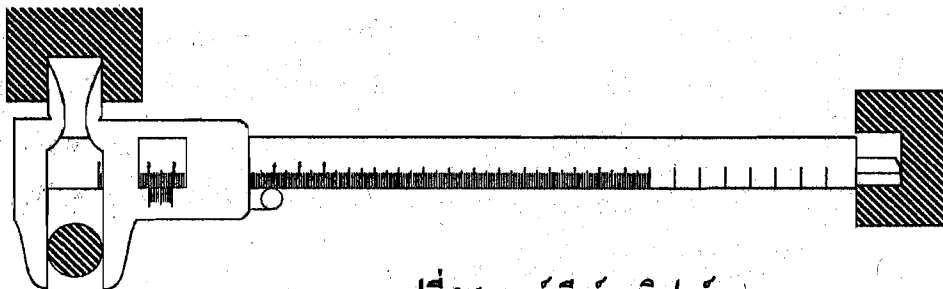
- ให้ S แทน 1 ช่องเล็กที่เล็กที่สุดบนสเกลหลัก
- V แทน 1 ช่องที่เล็กที่สุดบนสเกลเวอร์เนียส
- n แทนจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียส

เวอร์เนียสเกลิเปอร์มี 2 แบบ คือ

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

เวอร์เนียสเกลิเปอร์เป็นเครื่องมือวัดที่ให้ค่าละเอียดกว่าไม้บรรทัดธรรมดา ค่าความยาวที่ละเอียดที่สุดที่อ่านได้จากเครื่องมือ เรียกว่า lest count ซึ่งอาจหาได้จาก

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

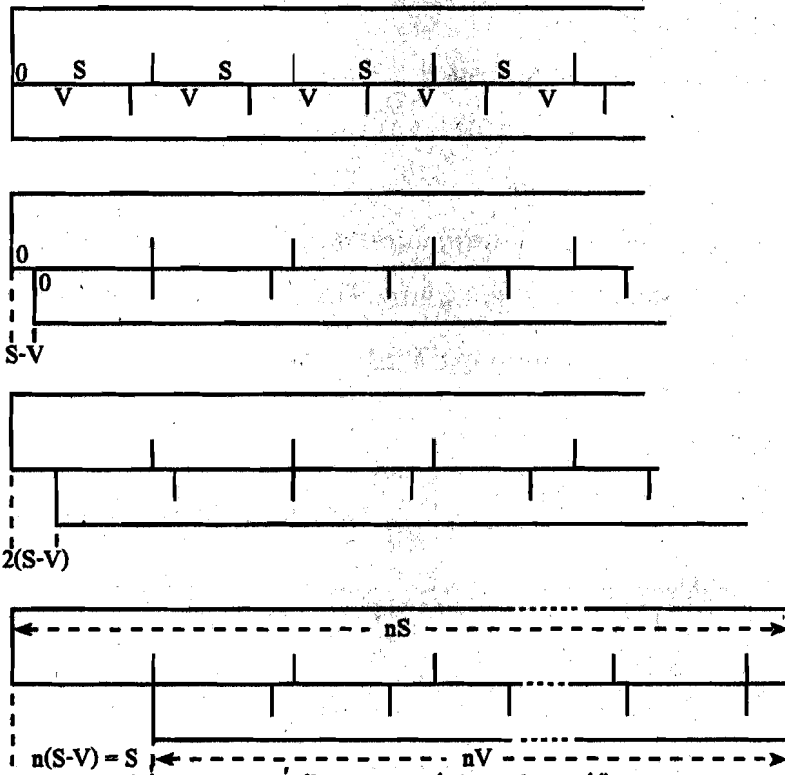


รูปที่ 2.1 เวอร์เนียสเกลิเปอร์

หลักการสร้างเวอร์เนียร์แคลิเปอร์

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

รูป 2.2 เริ่มต้นเราจัดให้ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดศูนย์สเกลหลัก 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) ห่างจากขีดศูนย์กลางของสเกลหลักเป็นระยะทาง $n(S - V)$ ซึ่งทำให้ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดที่ 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

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

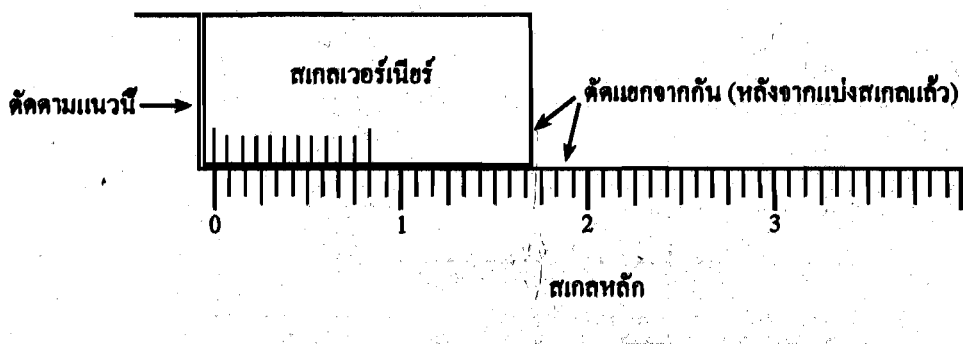
ดังนั้นเราเลือกให้ $n = 11$ ช่อง

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

$$\text{แทนค่า } 11V = (11-1)S$$

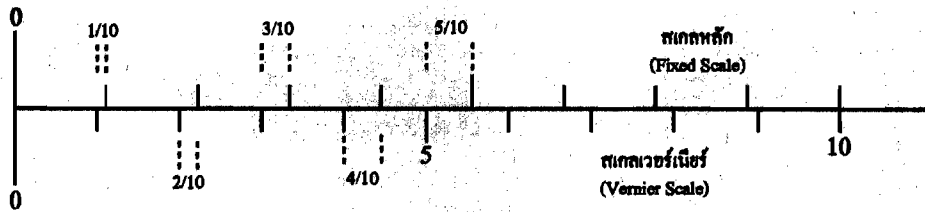
$$11V = 10S$$

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 $10 \times \frac{1}{2} = \frac{10}{12}$ นิ้วก็พอ) ดูรูปที่ 2.3 ประกอบ



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

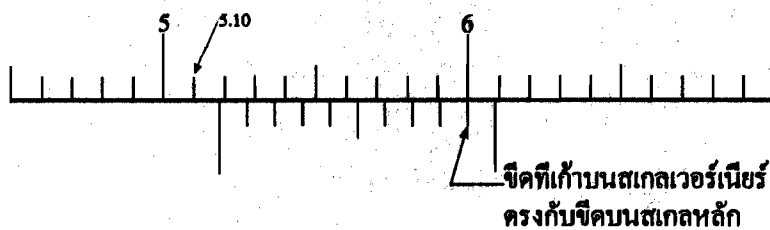
สำหรับสเกลเวอร์เนียร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ แบ่งเป็น 10 ส่วนเท่าๆ กัน ซึ่งมีระยะทั้งหมดเท่ากับ 9 ส่วนของสเกลหลัก ดังนั้นขีดของสเกลเวอร์เนียร์ที่ตรงกับขีดบนสเกลหลักจะเป็นจำนวนเศษส่วนของสิบของแต่ละช่องเล็กๆ บนสเกลหลัก ซึ่งเวอร์เนียร์เคลื่อนที่ผ่านไปจึงเป็นตัววัดค่าเศษส่วนนของแต่ละช่องเล็กๆ บนสเกลหลัก



รูปที่ 2.4 แสดงสเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์ของเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

วิธีอ่านเวอร์เนียร์แคลิเปอร์

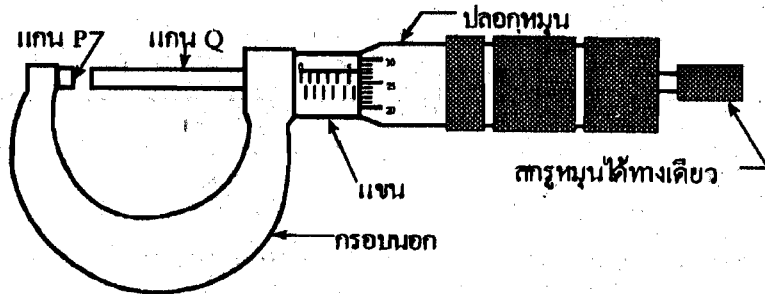
1. อ่านค่าที่สเกลหลักก่อน โดยดูที่ขีดศูนย์กลางของสเกลเวอร์เนียร์ว่าอยู่ที่ขีดใดของสเกลหลัก ดังนั้นจะได้ค่าประมาณเพราะขีดศูนย์กลางของสเกลเวอร์เนียร์อาจไม่ตรงกับขีดบนสเกลหลักเราอ่านค่าประมาณนี้จากขีดบนสเกลหลักที่อยู่ทางซ้ายของขีดศูนย์กลางของสเกลเวอร์เนียร์ เช่น ในที่นี้อ่านได้ 5.10 ซม. (ดูรูปที่ 2.5)
2. ระยะที่เหลือ ซึ่งคือระยะระหว่างขีดบนสเกลหลักที่อยู่ทางซ้ายของขีดศูนย์กลางบนสเกลเวอร์เนียร์กับขีดศูนย์กลางบนสเกลเวอร์เนียร์ อ่านได้โดยดูว่าขีดใดบนสเกลเวอร์เนียร์อยู่ตรงกับขีดบนสเกลหลักมากที่สุด เช่น ในที่นี้เป็นขีดที่ 9 ดังนั้นระยะนี้คือ .09 ซม.
3. รวม 5.10 ซม. กับ 0.09 ซม. เข้าด้วยกัน จึงได้ 5.19 ซม.



รูปที่ 2.5 แสดงการอ่านเวอร์เนียร์แคลิเปอร์

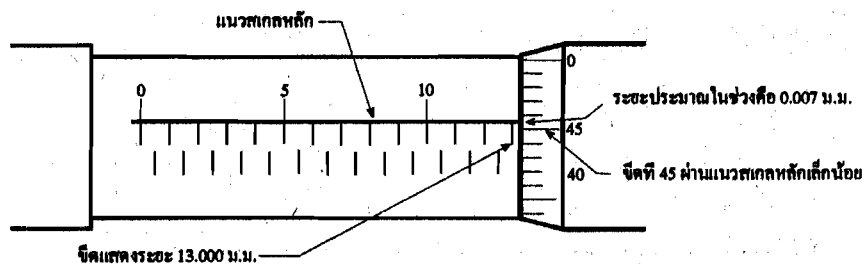
2. ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์ (micrometer callper)

ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์วัดระยะได้โดยการเปลี่ยนระยะไปเป็นรอบหมุน (revolutions) และเศษส่วนของการหมุน วิธีการอ่านให้ดูว่าไมโครมิเตอร์จะอ่านค่าได้ละเอียดที่สุดเพียงใดให้ใช้หลักการเดียวกับเวอร์เนียร์แคลิเปอร์



รูปที่ 2.6 ไมโครมิเตอร์แคลิเปอร์

ไมโครมิเตอร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีค่าพิทช์ (pitch) 0.5 ม.ม. หมายความว่า เมื่อหมุนสกรู (ปลอกหมุน) ไป 1 รอบ จะได้ระยะทางเท่ากับ 0.5 ม.ม. บนแกน (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



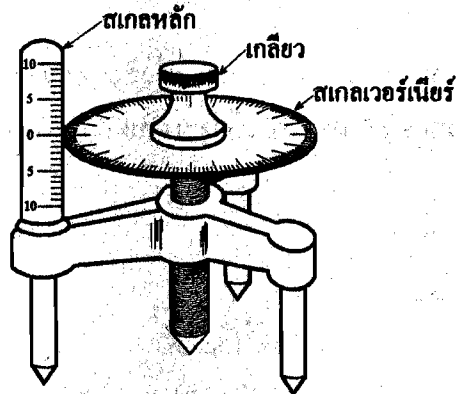
รูป 2.7 แสดงวิธีอ่านค่าจากไมโครมิเตอร์

วิธีวัด

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

3. สเฟียโรมิเตอร์ (spherometer)

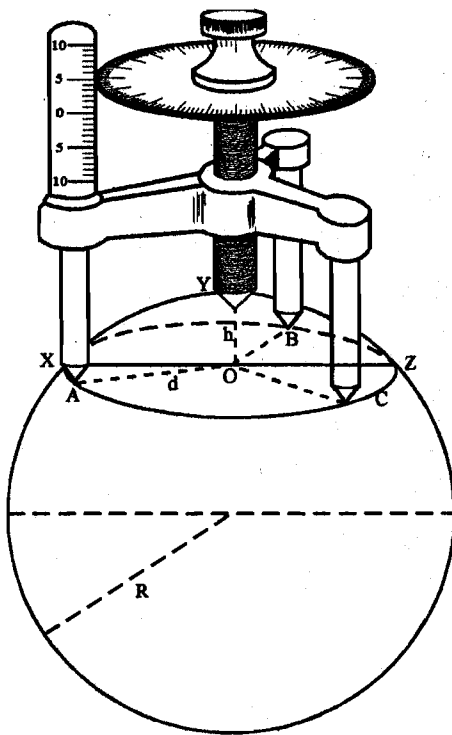
เป็นเครื่องมือสำหรับวัดหารัศมีความโค้งของทรงกลม เช่น วัดหารัศมีความโค้งของเลนส์นูน เลนส์เว้า กระจกนูน กระจกเว้า



รูปที่ 2.8 สเฟียโรมิเตอร์

หลักการหารัศมีความโค้งของทรงกลม

ตัวอย่าง ต้องการหารัศมีความโค้งของเลนส์นูน ซึ่งเป็นส่วนของวงกลม XYZ



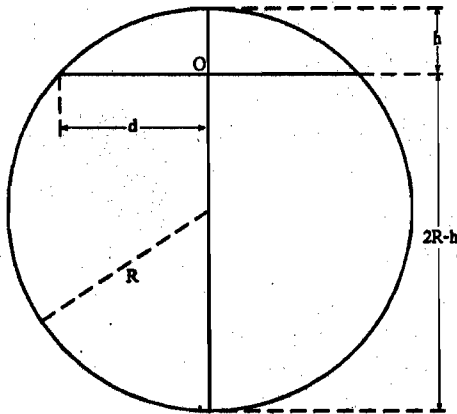
รูปที่ 2.9 แสดงการวัดหารัศมีความโค้งของทรงกลม

เมื่อจัดให้ขาทั้งสาม และจากกลางซึ่งเป็นเกลียวของสเฟียโรมิเตอร์สัมผัสผิวของเลนส์นูน (ส่วนของทรงกลม)พอดี จะได้

$$AO = BO = CO \text{ ให้ } = d$$

$$\text{และให้ } YO = h$$

จากรูปที่ 2.140 โดยทฤษฎีเรขาคณิตที่กล่าวไว้ว่า เมื่อคอร์คของวงกลม 2 เส้นตัดกันภายในวงกลม ผลคูณของส่วนตัดสองส่วนของคอร์คเส้นหนึ่งย่อมมีค่าเท่ากับผลคูณของส่วนตัดสองส่วนของคอร์คอีกเส้นหนึ่ง



ดังนั้นจะได้

$$h(2R - h)$$

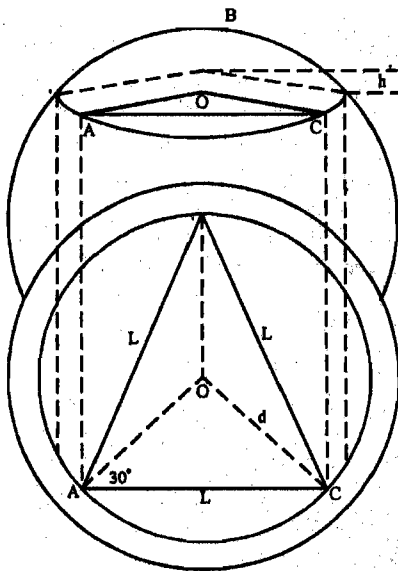
$$= d^2$$

$$2hR - h^2$$

$$= d^2$$

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

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

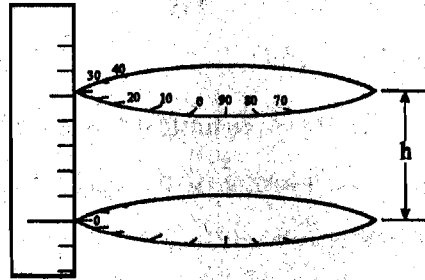
$$R = \frac{L^2}{6h} + \frac{h}{2} \quad (2.3)$$

รูปที่ 2.11 แสดงจุดที่ขาทั้งสี่ของสเฟียโรมิเตอร์สัมผัสทรงกลม

วิธีใช้สเฟียโรมิเตอร์

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

2. นำสเฟียโรมิเตอร์นั้นไปวางบนเลนส์ที่จะวัดหาครัศมีความโค้ง หมุนเกลียวเพื่อให้ขา กลางของสเฟียโรมิเตอร์เลื่อนขึ้นหรือเลื่อนลง (ตามแต่ชนิดของเลนส์ที่จะวัด) โดยให้ขาทั้งสี่ของ สเฟียโรมิเตอร์สัมผัสผิวเลนส์พอดี และให้ขากลางของสเฟียโรมิเตอร์อยู่ตรงตำแหน่งสูงสุดหรือต่ำสุดของเลนส์นั้น



รูปที่ 2.12 ก. เมื่อวางสเฟียโรมิเตอร์บนกระจกราบ
ข. เมื่อวางบนเลนส์ที่จะวัด

จากรูปที่ 2.12 จะเห็นว่าเมื่อวัดเลนส์สเกลเวอร์เนียร์ของสเฟียโรมิเตอร์จะเลื่อนขึ้นไป h

3. อ่านความสูง h ได้ดังนี้ เนื่องจากขากลางเลื่อนขึ้นไปทำให้จุดศูนย์กลางของสเกลเวอร์เนียร์เลื่อนขึ้นไปจากจุดศูนย์กลางของสเกลหลัก 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. หาครัศมีความโค้งของเลนส์โดยใช้สมการ $R = \frac{L^2}{6h} + \frac{h}{2}$

สรุปการใช้เครื่องมือวัดอย่างละเอียด

1. หาค่าที่วัดได้ละเอียดที่สุด (Least Count) ของเครื่องมือแต่ละชิ้นที่จะใช้วัดก่อนจะทำการวัด
2. ดูว่าเครื่องมือต่างๆ ต้องแก้มัดศูนย์หรือไม่ การแก้มัดศูนย์ให้ใช้วิธีการตามเป็นกรณีๆ ไป
3. การบอกปริมาณใดๆ ต้องกำกับหน่วยไว้ด้วยทุกครั้ง เพื่อสื่อความหมายได้ถูกต้อง

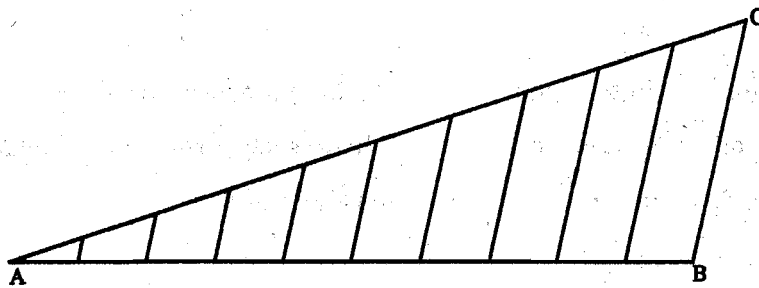
วิธีการทดลอง ทดลองและบันทึกผลในตารางขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

ตอนที่ 1 สร้างเวอร์เนียสเกลเปอร์ให้อ่านค่าได้ละเอียดที่สุด ตามที่อาจารย์ผู้ควบคุมกำหนด แล้ววัดวัตถุต่างๆ ที่กำหนดเปรียบเทียบกับเวอร์เนียสเกลเปอร์มาตรฐาน

ตอนที่ 2 ใช้ไมโครมิเตอร์วัดวัตถุที่กำหนดให้

ตอนที่ 3 ใช้สเตียโรมิเตอร์วัดหารศมีความโค้งของเลนส์นูน หรือเลนส์เว้า

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



รูปที่ 2.13 การแบ่งเส้นตรงออกเป็นหลายส่วนเท่า ๆ กันโดยวิธีลากเส้นขนาน

ตามรูปที่ 2.13 ต้องการแบ่งเส้นตรง AB ออกเป็น 9 ส่วนเท่า ๆ 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 ส่วนเท่า ๆ กันตามที่ต้องการ

สรุปประเด็นสำคัญ

เครื่องมือสำหรับวัดขนาดความยาว ความกว้าง ความลึก และเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกและภายในของวัตถุต่าง ๆ อย่างละเอียดมีอยู่หลายชนิด ซึ่งสามารถวัดค่าต่าง ๆ ได้ละเอียดมากน้อยต่างกัน จึงต้องศึกษาวิธีใช้ให้ถูกต้อง

กิจกรรม

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

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 ของสเกลเวอร์เนียตรงกับขีดที่ตามของสเกลหลัก จะทำให้ศูนย์ของสเกลทั้งสองอยู่ห่างกันเท่าใด
 1. $3n$
 2. $3V$
 3. $3(S - V)$
 4. $3(V - S)$
5. ในการสร้างสเกลเวอร์เนียแคลิเปอร์จะต้องใช้ระยะบนสเกลหลักเท่ากับ $(n - 1)$ ช่องไปเป็นแบ่ง n ช่องเท่า ๆ กันบนสเกลเวอร์เนีย ซึ่งเขียนความสัมพันธ์ได้ดังกรณีใด
 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 บนแกนของไมโครมิเตอร์จะเรียกว่าอะไร
 1. ค่าละเอียดสุด
 2. ค่าพิทช์
 3. สเกลหลัก
 4. สเกลเวอร์เนีย
8. ถ้าโดยรอบขอบของปลอกหมุนแบ่งออกเป็น 50 ช่อง เมื่อหมุนปลอกหมุนไป 1 ช่อง จะได้ระยะทางเป็นเท่าใดบนแกนของไมโครมิเตอร์ในข้อ 8. เรียกว่าอะไร
 1. 0.01
 2. 0.001
 3. 0.05
 4. 0.5
9. ระยะทางที่ก้าวถึงในข้อ 8. เรียกว่าอะไร
 1. ค่าละเอียดสุด
 2. ค่าพิทช์
 3. สเกลหลัก
 4. สเกลเวอร์เนีย
10. ในการหาค่าความโค้งของทรงกลมโดยใช้สเตียโรมิเตอร์จะต้องหาค่าใดของทรงกลมก่อน

1. ความสูง

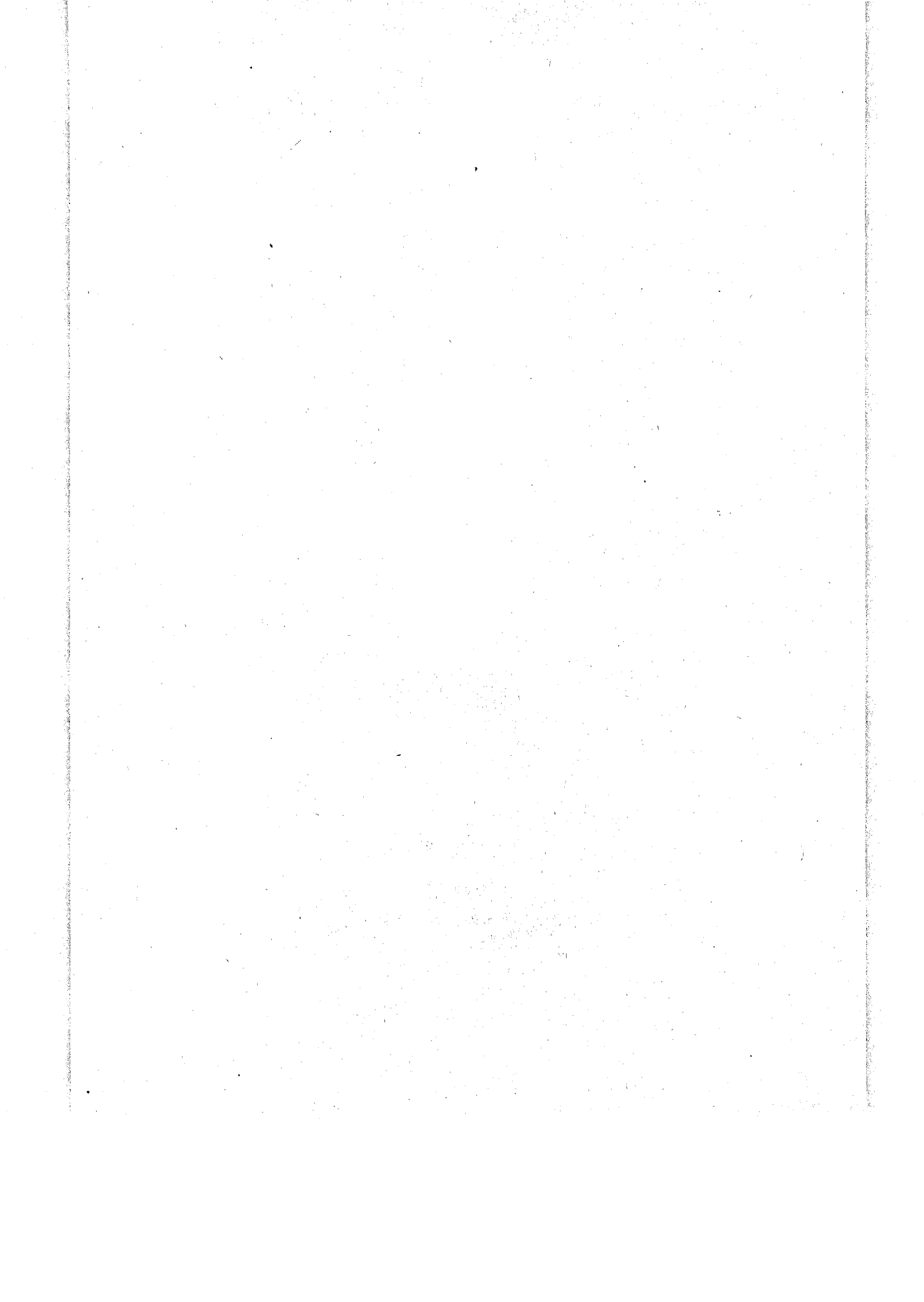
2. ความเร็ว

3. คอร์ด

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

ชนิดวัตถุ	วัดหา	ครั้งที่	โดยเวอร์เนียร์แคลิเปอร์มาตรฐาน (ซ.ม.) (นิ้ว)	โดยเวอร์เนียร์แคลิเปอร์ที่สร้าง(นิ้ว)	ความคลาดเคลื่อน (%)
ทรงกลม ตัน	เส้นผ่าศูนย์กลาง	1
		2	
		3 เฉลี่ย	
ทรงกระบอก กลวง	เส้นผ่าศูนย์กลางนอก	1	X	X
		2	.....	
		3 เฉลี่ย	.....	
	เส้นผ่าศูนย์กลางใน	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.)	ความคลื่อนคลาด 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	.....

ตัวอย่างวิธีคำนวณหาความคลื่อนคลาด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3

ใช้สเปกโตรมิเตอร์อ่านค่าได้ละเอียด = ซม. วัดหารศมีความโค้งของเลนซ์
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

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