

# การทดลองที่ 1

## เรื่อง การชั่งอย่างละเอียด

### จุดประสงค์การเรียนรู้

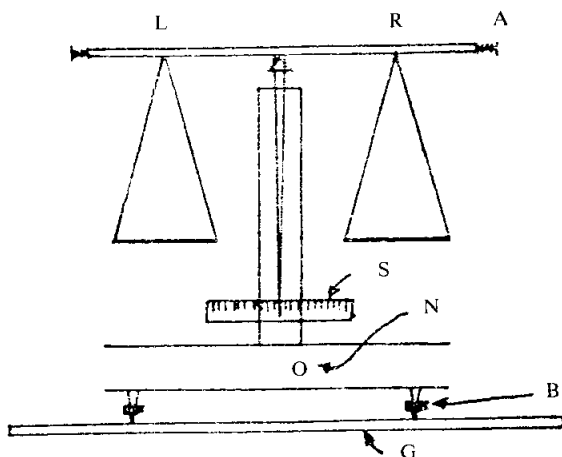
1. ใช้เครื่องชั่งอย่างละเอียดตามกรรมวิธีที่ถูกต้องได้
2. หามวลของวัตถุอย่างละเอียดได้

### เครื่องใช้ในการทดลอง

1. เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิด 2 แขน พร้อมหีบน้ำหนัก ซึ่งบรรจุตุ้มน้ำหนักมาตรฐานไว้
2. เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดอ่านค่าได้โดยตรง (เครื่องชั่งไฟฟ้า)
3. วัตถุที่จะหามวล 3 ชนิด ได้แก่ โลหะรูปสี่เหลี่ยมตัน เหรียญสลึง และลูกกลมโลหะ
4. กระจกกราบ

### ทฤษฎี

เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิด 2 แขน (analytical balance) มีลักษณะดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะของเครื่องชั่งอย่างละเอียด ชนิด 2 แขน  
G คือกระจก, B สกรูปรับระดับ,  
N ปุ่มยกคานชั่ง, S สเกล, L แขนซ้าย,  
R แขนขวา, A สกรูทองเหลืองปรับให้สมดุล

เครื่องชั่งที่ดีต้องมีความไว (sensitivity) สูง คือ เข็มชี้จะแกว่งไปมากแม้จะใส่มวลลงในจานข้างใดข้างหนึ่งเพียงเล็กน้อย และแขนซ้ายขวาต้องเท่ากัน

วิธีชั่งและคำนวณหามวลของวัตถุ

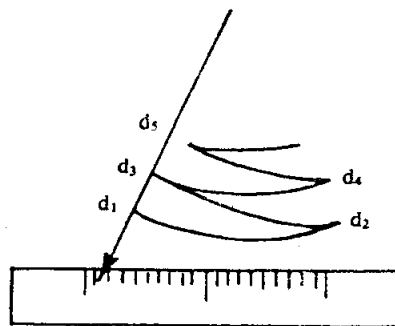
1. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อจานเปล่า โดยไม่จำเป็นต้องรอให้เข็มหยุดแกว่งอย่างแท้จริง เนื่องจากการแกว่งจะใช้เวลานานกว่าเข็มจะหยุดแกว่ง วิธีหาจึงใช้สมการ (1.1).

$$\text{จุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อจานเปล่า} = R_0 = \frac{\frac{d_1 + d_3 + d_5}{3} + \frac{d_2 + d_4}{2}}{2} \dots\dots\dots (1.1)$$

โดยที่  $d_1, d_3, d_5$  คือระยะทางเป็นลบจากขีดศูนย์ตรงกลางสเกลถึงขีดที่เข็มแกว่งไปได้ไกลที่สุดทางซ้ายมือ

$d_2, d_4$  คือระยะทางเป็นบวกของขีดศูนย์ตรงกลางสเกลถึงขีดที่เข็มแกว่งไปได้ไกลที่สุดทางขวามือ

สำหรับระยะทางทั้งหมด ขอให้พยายามอ่านให้ได้ละเอียดถึง 0.1 ของช่อง



รูปที่ 1.2 แสดงการแกว่งของเข็มชี้

2. หาระยะที่เปลี่ยนไปจากจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อจานเปล่า เมื่อเติมน้ำหนักในจานข้างใดข้างหนึ่ง 1 มิลลิกรัม (มก.) ค่าที่ได้นี้ คือ ความไวของเครื่องชั่ง (Sensitivity; S) (สำหรับแฟคเตอร์การชั่ง (Weighing factor; W) คือส่วนกลับของ S) โดยเติมน้ำหนัก 2 มก. ลงในจานข้างใดข้างหนึ่ง แล้วหาจุดหยุดตามสมการ (1.1)

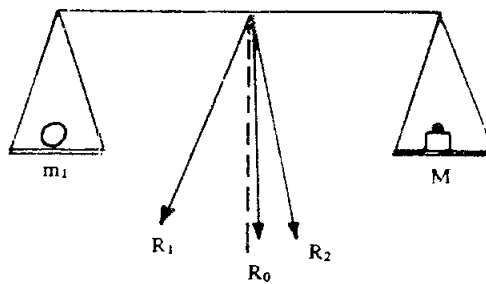
สมมติว่าได้จุดหยุดเป็น  $R_1$  ดังนั้น

$$S = \frac{\text{จำนวนช่องระหว่าง } R_0 \text{ กับ } R_1}{2 \text{ มก.}} \dots\dots (1.2)$$

$$W = \frac{2 \text{ มก.}}{\text{จำนวนช่องระหว่าง } R_0 \text{ กับ } R_1} \dots\dots (1.3)$$

3. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อใส่วัตถุที่จะหามวลลงในจานซ้าย แล้วใส่ตุ้มน้ำหนักในจานขวา และสลับกัน

4. สมมุติว่าเมื่อชั่งมวล  $m_1$  กรัมทางจานซ้าย แล้วหาจุดหยุดได้เป็น  $R_2$  โดยต้องใส่ตุ้มน้ำหนักทางจานขวาเป็น  $M$  กรัม แล้วนำมาเขียนรูปได้ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 ตัวอย่างแสดงจุดหยุดต่าง ๆ เมื่อชั่งหามวลของวัตถุ

พิจารณาจากรูปจะเห็นว่าจุดหยุด  $R_2$  เปลี่ยนจาก  $R_0$  ไปทางขวา ดังนั้น  $m_1 > M$  แสดงว่าเราใส่ตุ้มน้ำหนักน้อยไป ดังนั้น

$$\begin{aligned} m_1 &= M + \text{ค่าแก้} \\ &= M \text{ กรัม} + \left( 2 \text{ มก.} \times \frac{1}{1000} \right) \text{ กรัม} \times \frac{\text{จำนวนช่องระหว่าง } R_0 \text{ กับ } R_2}{\text{จำนวนช่องระหว่าง } R_0 \text{ กับ } R_1} \end{aligned}$$

5. คำนวณค่ามวลของวัตถุเดียวกันนี้เมื่อชั่งในจานขวา สมมุติได้มวลเป็น  $m_2$  ดังนั้นจะหามวลแท้จริงของวัตถุ ( $P$ ) ได้จากสมการ (1.4) ซึ่งมีวิธีหาดังนี้

ถ้าแขนซ้ายและขวาของเครื่องชั่งยาว  $L$  และ  $R$  ตามลำดับ

ในสภาวะสมดุล (equilibrium) จะได้

$$P \times L = m_1 \times R$$

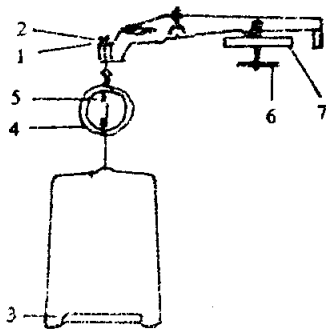
$$P \times R = m_2 \times L$$

จากสมการทั้งสองนี้จะได้

$$P = \sqrt{m_1 m_2} \quad \dots\dots (1.4)$$

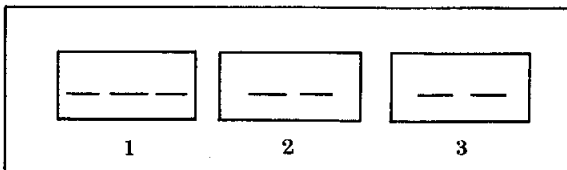
$$\frac{L}{R} = \sqrt{\frac{m_1}{m_2}} \quad \dots\dots (1.5)$$

เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดอ่านค่าได้โดยตรง (direct reading balance) มีลักษณะดังรูปที่ 1.4



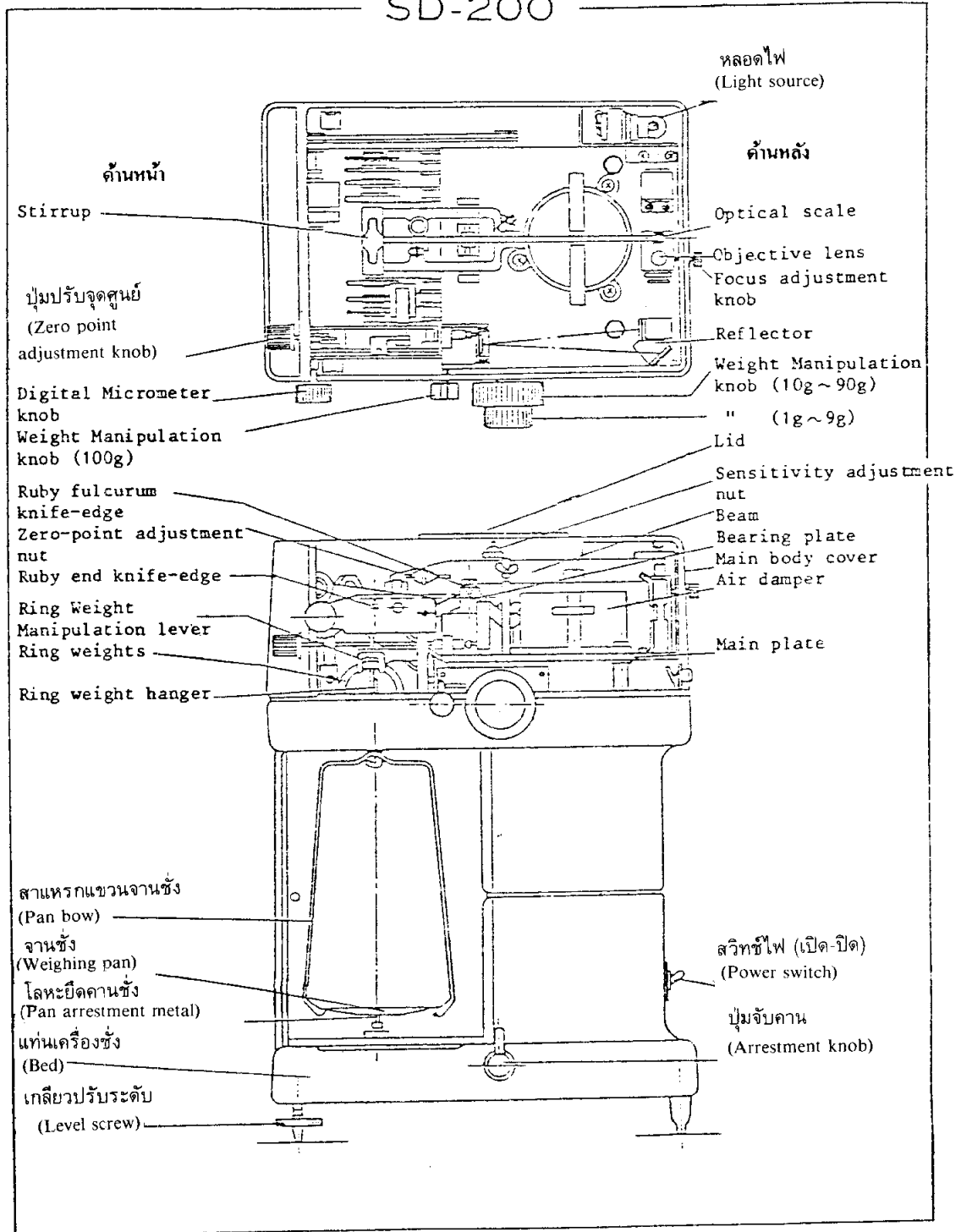
ในรูปที่ 1.4 ที่เกี่ยวน้ำหนัก (4) ซึ่งเกี่ยวน้ำหนักทั้งหมด (5) ไว้บนคานชั่ง (3) ในขณะที่อีกข้างหนึ่งของคานชั่ง จะมีน้ำหนักถ่วงยึดไว้ (7) เพื่อให้เครื่องชั่งสมดุล เมื่อใส่วัตถุที่จะชั่งในจานชั่ง คานชั่งจะไม่สมดุล โดยการหมุนตัวเลขที่หน้าปัดตามน้ำหนักที่พอเหมาะจะทำให้เครื่องชั่งสมดุลอีกครั้ง

รูปที่ 1.4 เครื่องชั่งชนิดอ่านค่าได้โดยตรง (เครื่องชั่งไฟฟ้า)

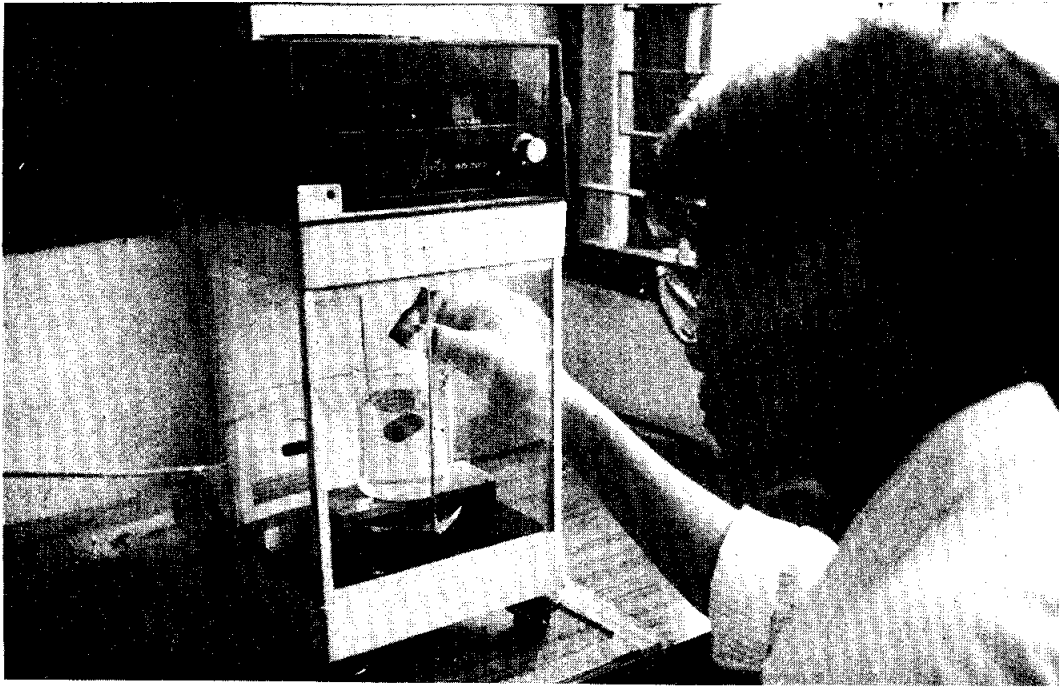


รูปที่ 1.5 หน้าปัดแสดงตัวเลข ประกอบด้วยสามส่วน คือ 1. ส่วนที่แสดงจำนวนน้ำหนักเป็นกรัมในหลักร้อย-สิบ-หน่วย  
2. ส่วนแสดงทศนิยมตำแหน่งที่ 1-2 ของกรัม  
3. ส่วนแสดงทศนิยมตำแหน่งที่ 3-4 ของกรัม

SD-200



รูปที่ 1.6 แสดงส่วนประกอบภายในของเครื่องชั่งชนิดอ่านค่าได้โดยตรง



ภาพสไลด์แสดงการใช้เครื่องมือทดลองในการทดลองที่ 1

## วิธีใช้เครื่องชั่งไฟฟ้า (ดูคำอธิบายประกอบการสาธิตโดยละเอียดในวีดิทัศน์)

### 1. ปรับจุดศูนย์ (ดูรูปที่ 1.6)

โดยหมุนปุ่มปรับน้ำหนักหลักร้อย, สิบบ, หน่วย ให้ตัวเลขบนหน้าปัดเป็น 000 และหมุนปุ่มปรับค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 3-4 ให้ตัวเลขบนหน้าปัดเป็น 00 จากนั้นจึงหมุนปุ่มจับคาน (arrestment knob) ไปข้างหลัง (FULL) ถ้าตัวเลขบนช่องสเกลสำหรับอ่านค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 1-2 ไม่อยู่ตรงกับขีดหลักของช่องแสดงตัวเลขนี้ ก็ให้หมุนปุ่มปรับจุดศูนย์ ซึ่งอยู่ทางตอนบนขวาด้านหน้าเครื่องชั่ง จนกว่าจะตรงกัน

### 2. วิธีชั่ง

สมมุติจะชั่งวัตถุซึ่งมีมวล 24.8461 กรัม

2.1 เปิดประตูเครื่องชั่ง วางวัตถุไว้กลางจานชั่ง ปิดประตูหมุนปุ่มจับคานไปข้างหลัง (PARTIAL) คันชั่งจะถูกปล่อยออกช้า ๆ สเกลแสดงทศนิยมตำแหน่งที่ 1-2 จะเคลื่อนไปทางบวก

2.2 หมุนปุ่มควบคุมน้ำหนักวงแหวนในช่วง 10-90 กรัม จนกระทั่งเลข 20 ปรากฏบนหน้าปัทม์ ส่วนที่ 1 (ดูรูปที่ 1.5) เนื่องจากน้ำหนักวงแหวนภายในเครื่องชั่ง (ดูรูปที่ 1.6) ซึ่งถ่วงนั้นเบากว่าน้ำหนักวัตถุที่ชั่ง สเกลแสดงทศนิยมตำแหน่งที่ 1-2 ยังคงเคลื่อนไปทางบวก

ต่อไป แต่ถ้าเราหมุนปุ่มควบคุมช่วง 10-90 กรัมขึ้นไปอีก 1 จังหวะ จะปรากฏเลข 30 และสเกลจะเลื่อนไปทางลบ เป็นการแสดงว่าน้ำหนักวัตถุอยู่ระหว่าง 20 และ 30 กรัม ดังนั้นให้หมุนปุ่มควบคุมช่วง 10-90 กรัม กลับไปที่เดิมให้ตัวเลขปรากฏเป็น 20 กรัม

2.3 ทำวิธีเดียวกับข้อ 2.2 จะได้น้ำหนักในหลักหน่วยเป็น 4 กรัม แล้วหมุนปุ่มจับคานไปที่ตำแหน่งหยุด (กึ่งกลาง)

2.4 ขณะนี้ตัวเลข 24 จะแสดงอยู่บนหน้าปัด ต่อไปหาทศนิยมตำแหน่งที่ 1-2 โดยหมุนปุ่มจับคานไปข้างหลัง (FULL) สเกลจะเลื่อนไปหยุดอยู่ที่ค่าระหว่าง 84 และ 85

2.5 หมุนปุ่มปรับค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 3-4 (digital micrometer knob) จะได้ตัวเลข 48 ตรงกับเส้นหลัก เมื่อปรากฏค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 3-4 เป็น 61 ดังนั้นเราจึงอ่านผลลัพธ์ทั้งหมดได้เป็น 24.8461 กรัม

2.6 หลังจากเสร็จสิ้นการชั่งแล้ว ต้องให้ปุ่มจับคาน อยู่ที่ตำแหน่งหยุด (กึ่งกลาง) ทุกครั้ง จึงเอาวัตถุออก จากนั้นหมุนปุ่มปรับน้ำหนักทั้งหมดให้ตัวเลขบนหน้าปัดเป็น 0

### ข้อควรระวังในการใช้เครื่องชั่ง

1. ตรวจสอบความเรียบร้อยและความสะอาดของเครื่องชั่ง ระวังอย่าให้เครื่องชั่งถูกความชื้น ควรใช้ผ้าสะอาดเช็ดจานชั่งก่อนลงมือชั่ง
2. ใช้เครื่องชั่งอย่างระมัดระวัง อย่ากระตุกหรือกระชาก หรือขีดรอยใด ๆ
3. ให้ใช้คีบคีบตมน้ำหนัก ห้ามใช้มือจับตมน้ำหนัก
4. สำหรับเครื่องชั่งชนิด 2 แขน ก่อนเติมหรือหยิบน้ำหนักออกจากจานต้องหมุนปุ่มยกคานชั่งให้คานชั่งถูกยึดไว้ทั้งสองข้างแขน
5. ใส่น้ำหนัก (หรือวัตถุที่ชั่ง) ไว้ตรงกลางจานชั่ง

### วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 โดยใช้เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิด 2 แขน

1. จัดเครื่องมือโดยวางกระจกราบบนโต๊ะที่เรียบและอยู่ในแนวระดับ วางเครื่องชั่งบนกระจก ปรับขาเครื่องชั่งให้เครื่องชั่งอยู่ในแนวระดับโดยสังเกตจากลูกน้ำที่ฐานเครื่องชั่ง
2. หมุนปุ่มยกคานชั่ง (N) ให้เข็มแกว่ง ดูว่าเข็มแกว่งไปทางซ้ายและขวาเท่า ๆ กันหรือไม่ ถ้าไม่เท่าให้ปรับที่สกรูทองเหลือง (A)
3. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อจานเปล่า =  $R_0$

4. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อเติม 2 มก. ลงในจานขวา =  $R_1$
5. หาจุดหยุดของเครื่องชั่ง เมื่อใส่วัตถุที่จะชั่งในจานซ้าย แล้วเติมตุ้มน้ำหนักในจานขวา =  $R_2$  บันทึกค่าของตุ้มน้ำหนักที่ใส่ในจานขวาทั้งหมดไว้ และคำนวณหา  $m_1$
6. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อเติม 2 มก. ลงในจานซ้าย =  $R_1'$
7. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อชั่งวัตถุ (ชนิดเดียวกับที่ชั่งในจานซ้าย) ในจานขวา แล้วเติมตุ้มน้ำหนักในจานซ้าย =  $R_2'$  บันทึกค่าของตุ้มน้ำหนักที่ใส่ในจานซ้ายทั้งหมดไว้ และคำนวณหา  $m_2$
8. หามวลที่แท้จริงของวัตถุโดยการคำนวณจากสมการ (1.4)
9. ชั่งวัตถุทั้งสามชนิดคือโลหะรูปสี่เหลี่ยมตัน เหรียญสลึง และลูกกลมโลหะ

**ตอนที่ 2** โดยใช้เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดอ่านค่าได้โดยตรง

1. ชั่งน้ำหนักของโลหะรูปสี่เหลี่ยมตัน
2. ชั่งน้ำหนักของเหรียญสลึง
3. ชั่งน้ำหนักของลูกกลมโลหะ (วัตถุชนิดเดียวกันกับที่ชั่งโดยตอนที่ 1) เพื่อเปรียบเทียบกับการชั่งในตอนที่ 1 และหาความคลื่อนคลาดเป็นร้อยละ
4. นำผลจากข้อ 1, 2 และ 3 เปรียบเทียบกับผลจากการทดลองในตอนที่ 1 จากนั้นเสนอผลความคลาดเคลื่อนเป็นร้อยละ โดยใช้ค่าจากตอนที่ 2 เป็นค่ามาตรฐาน

### สรุปประเด็นสำคัญ

เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดสองแขนมีความไวสูง โดยการหาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อจานเปล่า เมื่อเติมน้ำหนัก 2 มก. และวัตถุลงในจานข้างใดข้างหนึ่ง จะหามวลของวัตถุได้จากค่าแก้

#### กิจกรรมการเรียนรู้

1. เตรียมอุปกรณ์ทดลองตามคำแนะนำในแต่ละขั้นตอน
2. บันทึกผลการทดลองทุกขั้นตอนลงในตารางให้ชัดเจนและถูกต้อง



## แบบทดสอบการทดลองที่ 1

- เครื่องชั่งอย่างละเอียดที่ใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะอย่างไร
  - มีสองแขน
  - อ่านค่าได้โดยตรง
  - เป็นเครื่องชั่งไฟฟ้า
  - ถูกทุกข้อ
- เข็มชี้จะแกว่งมากในกรณีที่ชั่งมวลเพียงเล็กน้อย แสดงถึงลักษณะใดของเครื่องชั่ง
  - ความไวสูง
  - ความไวต่ำ
  - แขนซ้ายขวาไม่เท่ากัน
  - ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง
- การหาจุดหยุดของเครื่องชั่งควรวีวิธีใด
  - อ่านสเกลเมื่อเข็มชี้หยุดนิ่ง
  - เฉลี่ยค่าเข็มชี้ซ้ายสุดและขวาสุด
  - เฉลี่ยค่าเข็มชี้ซ้ายสุดและขวาสุดรวมห้าครั้ง
  - อ่านเฉพาะเมื่อเป็นงานเปล่า
- มวลของวัตถุที่หาได้จากเครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดสองแขนอาศัยหลักการใด
  - ชั่งวัตถุในงานซ้ายเท่านั้น
  - ชั่งวัตถุในงานขวาเท่านั้น
  - เฉลี่ยการชั่งในงานซ้ายและงานขวา
  - หาค่าแก้จากจุดหยุดเทียบกับ 2 มิลลิกรัม
- เมื่อเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลจะทำให้ค่าต่าง ๆ เป็นไปตามความสัมพันธ์ใด
  - $P \cdot L = m_1 \cdot R$
  - $P \cdot R = m_2 \cdot L$
  - $P = (m_1 m_2)^{1/2}$  และ  $L/R = (m_1/m_2)^{1/2}$
  - ถูกทุกข้อ
- มวลแท้จริงของวัตถุเท่ากับเท่าใด
  - $P = (m_1 m_2)^{1/2}$
  - $(m_1/m_2)^{1/2}$
  - $m_1$
  - $m_2$
- เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดอ่านค่าได้โดยตรงมีลักษณะอย่างไร
  - มีสองแขน
  - เป็นเครื่องชั่งไฟฟ้า
  - แสดงน้ำหนักเป็นตัวเลข
  - ข้อ 2 และ 3 ถูก
- กรณีใดที่แสดงว่าเครื่องชั่งไฟฟ้าอยู่ในสภาวะสมดุล
  - ตัวเลขบนหน้าปัดหยุดนิ่งอยู่ตรงกลาง
  - เมื่อปุ่มจับคานอยู่ที่ตำแหน่งหยุด(กึ่งกลาง)
  - เมื่อปุ่มจับคานบิดไปข้างหลัง(FULL)
  - เมื่อปุ่มจับคานบิดไปข้างหน้า(PARTIAL)
- ก่อนที่จะวางวัตถุบนงานชั่งหรือนำออกจากงานชั่งจะต้องหมุนปุ่มจับคานให้อยู่ที่ตำแหน่งใด
  - บิดไปข้างหน้า
  - ตำแหน่งหยุด(กึ่งกลาง)
  - บิดไปข้างหลัง
  - ตำแหน่งใดก็ได้
- การชั่งวัตถุทุกครั้งควรวางบนงานชั่งในลักษณะใด
  - ห่างจากขอบงานชั่ง
  - กลางงานชั่งพอดี
  - ชิดขอบงานชั่ง
  - ตำแหน่งใดก็ได้

### แนวตอบ

- 4
- 1
- 3
- 4
- 4
- 1
- 2
- 1
- 2
- 2

บันทึกผลการทดลอง  
เรื่อง การชั่งอย่างละเอียด

ผู้รายงาน ชื่อ.....เลขรหัส.....

ผู้ร่วมงาน 1. ชื่อ.....เลขรหัส.....

2. ....

3. ....

4. ....

ทำการทดลองวันที่.....เดือน.....พ.ศ.....Section.....กลุ่ม.....

---

## ตารางผลการทดลอง

### ตอนที่ 1

#### 1. โลหะรูปเหลี่ยมตัน

รายการ	ครั้งที่	จุดแกว่ง					จุดหยุด	จุดหยุดเฉลี่ย
		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>		
จานเปล่า	1							R <sub>0</sub> =
	2							
เติม 2 มก. ในจานขวา	1							R <sub>1</sub> =
	2							
ชั่งวัตถุโลหะรูปเหลี่ยมตัน ในจานซ้าย ตุ่มน้ำหนัก ในจานขวา = ..... กรัม	1							R <sub>2</sub> =
	2							
เติม 2 มก. ในจานซ้าย	1							R <sub>1</sub> ' =
	2							
ชั่งวัตถุโลหะรูปเหลี่ยมตัน ในจานขวา ตุ่มน้ำหนักใส่ จานซ้าย = ..... กรัม	1							R <sub>2</sub> ' =
	2							

#### 2. เหรียญสลึง

รายการ	ครั้งที่	จุดแกว่ง					จุดหยุด	จุดหยุดเฉลี่ย
		d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	d <sub>4</sub>	d <sub>5</sub>		
จานเปล่า	1							R <sub>0</sub> =
	2							
เติม 2 มก. ในจานขวา	1							R <sub>1</sub> =
	2							
ชั่งวัตถุเหรียญสลึงในจาน ซ้าย ตุ่มน้ำหนักในจาน ขวา = ..... กรัม	1							R <sub>2</sub> =
	2							
เติม 2 มก. ในจานซ้าย	1							R <sub>1</sub> ' =
	2							
ชั่งวัตถุเหรียญสลึงในจาน ขวา ตุ่มน้ำหนักใส่จาน ซ้าย = ..... กรัม	1							R <sub>2</sub> ' =
	2							

### 3. ลูกกลมโลหะ

รายการ	ครั้งที่	จุดแกว่ง					จุดหยุด	จุดหยุดเฉลี่ย
		$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$		
จานเปล่า	1 2							$R_0 =$
เติม 2 มก. ในจานขวา	1 2							$R_1 =$
ชั่งวัตถุลูกกลมโลหะใน จานซ้าย ต่อม้าหนักใน จานขวา = ..... กรัม	1 2							$R_2 =$
เติม 2 มก. ในจานซ้าย	1 2							$R_1' =$
ชั่งวัตถุลูกกลมโลหะใน จานขวา ต่อม้าหนักใส่ จานซ้าย = ..... กรัม	1 2							$R_2' =$

การคำนวณหา  $m_1$  และ  $m_2$  และ  $P$

---



---



---



---



---

รูปแสดงจุดหยุด  $R_0$ ,  $R_1$  และ  $R_2$  จากการทดลอง (ดูรูปที่ 1.3 เป็นตัวอย่าง)

---



---



---



---

คำนวณค่า L/R

---

---

---

---

---

คำนวณค่า S และ W

---

---

---

---

---

ตอนที่ 2

รายการ	ซังได้ (กรัม)		เฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
โลหะรูปเหลี่ยมตัน			
เหรียญสลึง			
ลูกกลมโลหะ			

วัตถุ	น้ำหนัก (กรัม) เครื่องซังสองแขน	น้ำหนัก (กรัม) เครื่องซังไฟฟ้า	% ต่างต่าง
โลหะรูปเหลี่ยมตัน เหรียญสลึง ลูกกลมโลหะ			

## สรุปและวิจารณ์