

การทดลองที่ 1

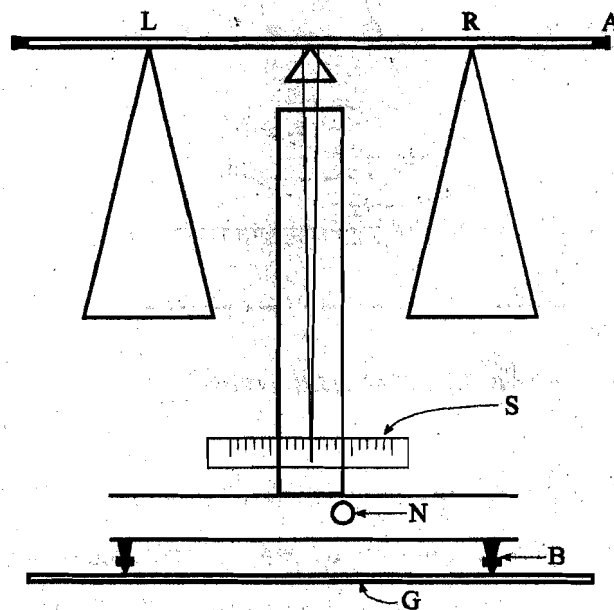
เรื่อง การชั่งอย่างละเอียด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ใช้เครื่องชั่งอย่างละเอียดตามกรรมวิธีที่ถูกต้อง
2. หามวลของวัตถุอย่างละเอียดได้

เครื่องใช้ในการทดลอง

1. เครื่องชั่งอย่างละเอียด 2 แขน พร้อมหีบน้ำหนัก ซึ่งบรรจุค้อนน้ำหนักมาตรฐานไว้
2. เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดหาค่าได้โดยตรง (เครื่องชั่งไฟฟ้า)
3. วัตถุที่จะหามวล 3 ชนิด ได้แก่ โลหะรูปสี่เหลี่ยมค้อน เหรียญสตึง และลูกกลมโลหะ
4. กระจกกราบ



รูป 1.1 แสดงลักษณะของเครื่องชั่งอย่างละเอียด ชนิด 2 แขน G คือ กระจกกราบ, B สกรูปรับระดับ, N ปุ่มยกคานชั่ง, S สเกล, L แขนซ้าย, R แขนขวา, A สกรูทองเหลืองปรับให้สมดุล

ทฤษฎี

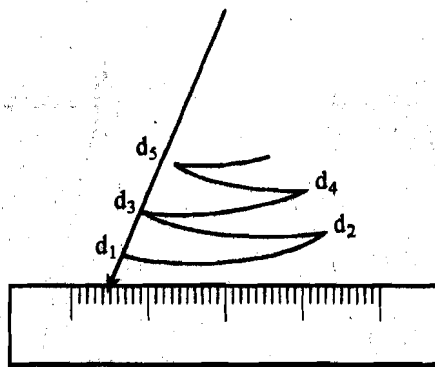
เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิด 2 แขน (Analytical Balance) มีลักษณะดังรูป 1.1 เครื่องชั่งที่ดี ต้องมีความไว (Sensibility) สูง คือเข็มชี้จะแกว่งไปมาแม้จะใส่มวลลงในจานข้างใดข้างหนึ่งเพียงเล็กน้อย และแขนซ้ายขวาต้องเท่ากัน

วิธีชั่งและคำนวณหามวลของวัตถุ

1. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อจานเปล่า โดยไม่จำเป็นต้องรอให้เข็มหยุดแกว่งอย่างแท้จริง เนื่องจากการแกว่งจะใช้เวลานาน กว่าเข็มจะหยุดแกว่ง วิธีหาจึงใช้สมการ (1.1)

$$\text{หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อจานเปล่า} = R = \frac{\frac{d_1 + d_3 + d_5}{3} + \frac{d_2 + d_4}{2}}{2} \quad (1.1)$$

โดยที่ d_1, d_3, d_5 คือระยะทางเป็นลบจากขีดศูนย์ตรงกลางสเกลถึงขีดเข็มแกว่งไปได้ไกลที่สุดทางซ้ายมือ d_2, d_4 คือระยะทางเป็นลบจากขีดศูนย์ตรงกลางสเกลถึงขีดเข็มแกว่งไปได้ไกลที่สุดทางขวามือ (ดูรูป 1.2) สำหรับระยะทางทั้งหมด ขอให้พยายามอ่านให้ได้ละเอียดถึง 0.1 ของช่อง



รูปที่ 1.2 แสดงการแกว่งของเข็มชี้

2. หาระยะที่เปลี่ยนไปจากจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อจานเปล่า เมื่อเติมน้ำหนักในจานข้างใดข้างหนึ่ง 1 มิลลิกรัม (ม.ก.) ค่าที่ได้นี้ คือ ความไวของเครื่องชั่ง (Sensibility ; S) (สำหรับแฟกเตอร์การชั่ง (Weighing factor ; W) คือส่วนกลับของ S) โดยเติมน้ำหนัก 2 ม.ก. ลงในจานข้างใดข้างหนึ่ง แล้วหาจุดหยุดตามสมการ (1.1)

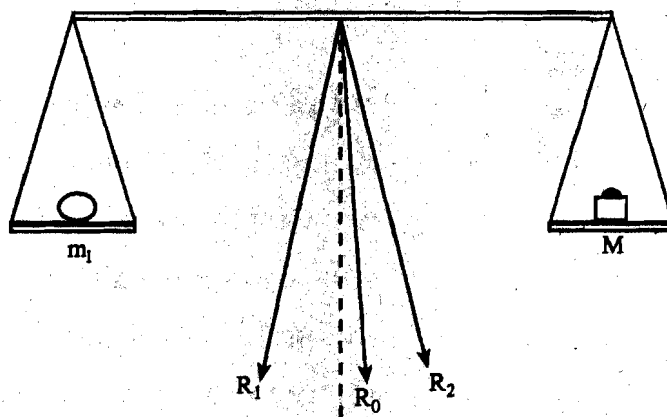
สมมติว่าให้จุดหยุดเป็น R_1 ดังนั้น

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

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

3. หาจุดหยุดจากเครื่องชั่งเมื่อใส่วัตถุที่จะหามวลลงในจานซ้าย แล้วใส่ค้อนน้ำหนักในจานขวา และสลับกัน

4. สมมติว่าเมื่อชั่งมวล m_1 กรัมทางจานซ้าย แล้วหาจุดหยุดได้เป็น R_2 โดยต้องใส่ค้อนน้ำหนักทางจานขวาเป็น M กรัม แล้วนำมาเขียนรูปได้ดังรูปที่ 1.3



รูป 1.3 ตัวอย่างแสดงจุดหยุดต่างๆ เมื่อชั่งหามวลของวัตถุ

พิจารณาจากรูปจะเห็นว่าจุดหยุด R_2 เปลี่ยนจาก R_0 ไปทางขวา ดังนั้น $m_1 > M$ แสดงว่า เราใส่ค้อนน้ำหนักน้อยไป ดังนั้น

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

5. คำนวณหาค่ามวลของวัตถุเดียวกันเมื่อชั่งในจานขวา สมมติให้มวลเป็น m_2 ดังนั้นจะหามวลแท้จริงของวัตถุ (P) ได้จากสมการ (1.4) ซึ่งมีวิธีหาดังนี้

ถ้าแขนซ้ายและแขนขวาของเครื่องชั่งยาว L และ R ตามลำดับ

ในสภาวะสมดุล (Equilibrium) จะได้

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

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

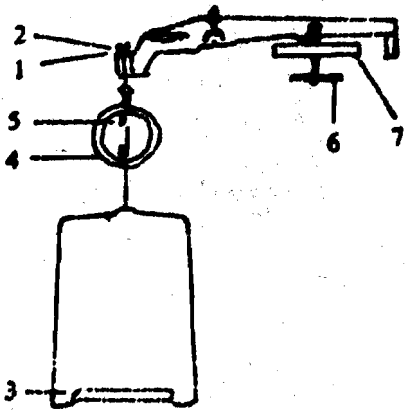
จากสมการทั้งสองนี้จะได้

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

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

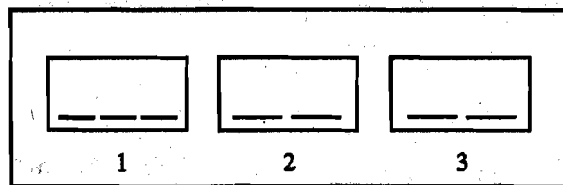
เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดอ่านค่าได้โดยตรง (Direct Reading Balance) มีลักษณะดังรูปที่

1.4



ในรูปที่ 1.4 ที่เกี่ยวน้ำหนัก (4) ซึ่งที่เกี่ยวน้ำหนักทั้งหมด (5) ใว้ นั้นต่อกับจานชั่ง (3) ในขณะที่อีกข้างหนึ่งของคันชั่ง จะมีน้ำหนักถ่วงยึดไว้ (7) เพื่อให้เครื่องชั่งสมดุล เมื่อใส่วัตถุที่จะชั่งในจานชั่ง คันชั่งจะไม่สมดุล โดยการหมุนตัวเลขที่หน้าปัดตามน้ำหนักที่พอเหมาะจะทำให้เครื่องชั่งสมดุลอีกครั้ง

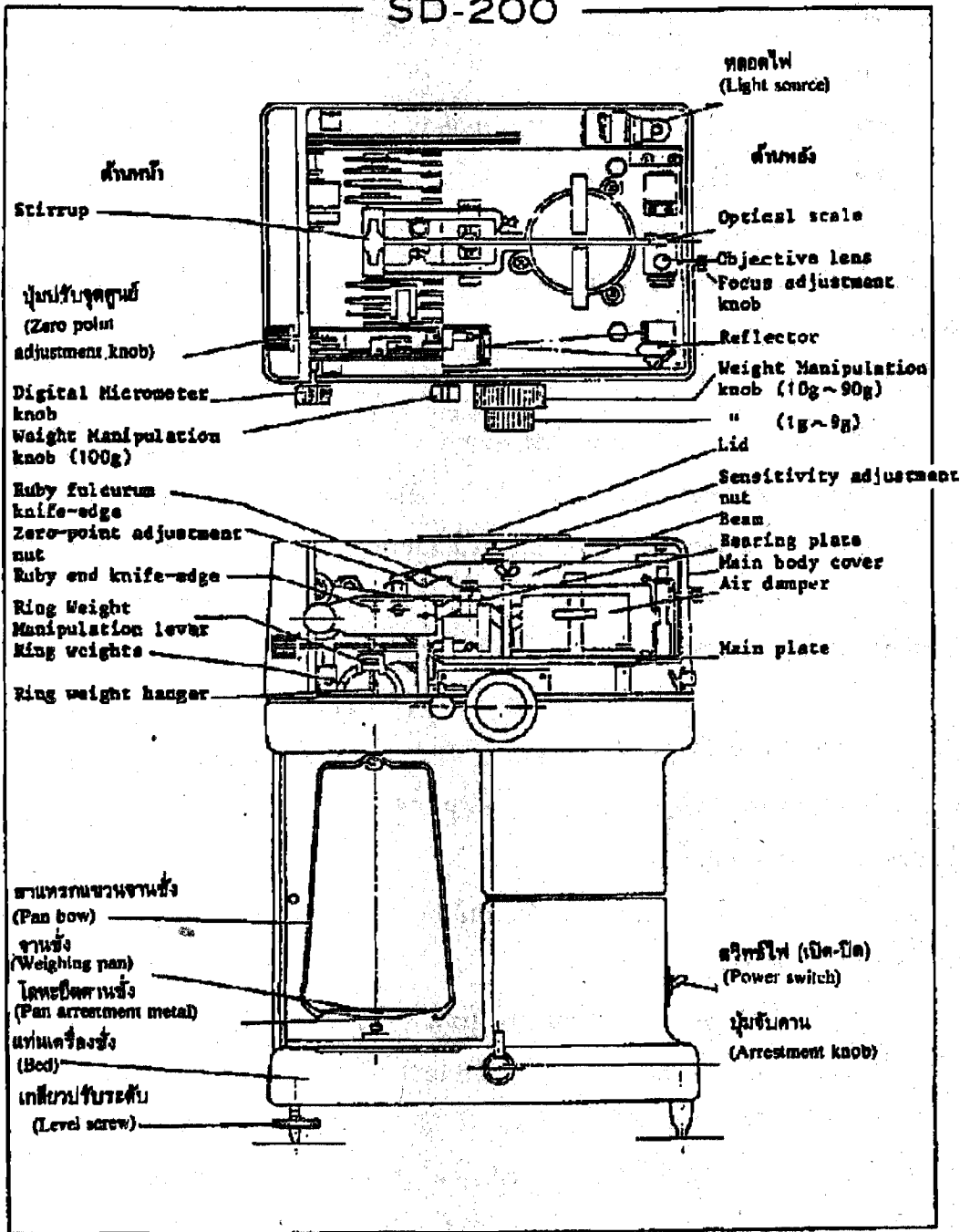
รูปที่ 1.4 เครื่องชั่งชนิดอ่านค่าได้โดยตรง (เครื่องชั่งไฟฟ้า)



รูปที่ 1.5 หน้าปัดมีแสดงตัวเลข ประกอบด้วยสามส่วน คือ

1. ส่วนที่แสดงจำนวนน้ำหนักเป็นกรัมในหลักร้อย-สิบ-หน่วย
2. ส่วนแสดงทศนิยมตำแหน่งที่ 1-2 ของกรัม
3. ส่วนแสดงทศนิยมตำแหน่งที่ 3-4 ของกรัม

SD-200



รูปที่ 1.6 แสดงส่วนประกอบภายในของเครื่องชั่งชนิดอ่านค่าได้โดยตรง

วิธีใช้เครื่องชั่งไฟฟ้า (คู่มืออธิบายประกอบการสาธิต โดยละเอียดในวิดีโอทัศน์)

1. ปรับจุดศูนย์ (ดูรูปที่ 1.6)

โดยหมุนปุ่มปรับน้ำหนักหลักหรือ, ติบ, หน่วย ให้ตัวเลขบนหน้าปัทม์เป็น 000 และหมุนปุ่มปรับค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 3-4 ให้ตัวเลขบนหน้าปัทม์เป็น 00 จากนั้นจึงหมุนปุ่มปรับคาน (arrestment knob) ไปข้างหลัง (FULL) ถ้าตัวเลขบนช่องสเกลสำหรับอ่านค่าทศนิยมตำแหน่งที่ 1-2 ไม่อยู่ตรงกับขีดหลักของช่องแสดงตัวเลขนี้ ก็ให้หมุนปุ่มปรับจุดศูนย์ ซึ่งอยู่ทางตอนบนขวา ด้านหน้าเครื่องชั่ง จนกว่าจะตรงกัน

2. วิธีชั่ง

สมมติจะชั่งวัตถุซึ่งมีมวล 24.8461 กรัม

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

2.2 หมุนปุ่มควบคุมน้ำหนักวงแหวนในช่วง 10-90 กรัม จนกระทั่งเลข 20 ปรากฏบนหน้าปัทม์ ส่วนที่ 1 (ดูรูป 1.5) เนื่องจากน้ำหนักวงแหวนในเครื่องชั่ง (ดูรูปที่ 1.6) ซึ่งถ่วงน้ำหนักมากกว่าน้ำหนักวัตถุที่ชั่ง สเกลแสดงทศนิยมตำแหน่งที่ 1-2 ยังคงเคลื่อนไปทางบวกต่อไป แต่ถ้าเราหมุนปุ่มควบคุมช่วง 10-90 กรัมนี้ ไปอีก 1 จังหวะ จะปรากฏเลข 30 และสเกลจะเคลื่อนไปทางลบ เป็นการแสดงว่าน้ำหนักวัตถุอยู่ระหว่าง 20 และ 30 กรัม ดังนั้นให้หมุนปุ่มช่วง 10-90 กรัม กลับไปที่เดิมให้ตัวเลขปรากฏเป็น 20 กรัม

2.3 ทำวิธีเดียวกับข้อ 2.2 จะได้น้ำหนักในหลักหน่วยเป็น 4 กรัม แล้วหมุนปุ่มจับคานไปที่ตำแหน่งหยุด (กึ่งกลาง)

2.4 ขณะนี้ตัวเลข 24 จะแสดงอยู่บนหน้าปัทม์ ค่อยไปหาทศนิยมตำแหน่งที่ 1 - 2 โดยหมุนปุ่มจับคานไปด้านหลัง (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 จึงเอาวัตถุออกจากนั้น หมุนปุ่มปรับน้ำหนักทั้งหมดให้ตัวเลขบนหน้าปัทม์เป็น 0

ข้อควรระวังในการใช้เครื่องชั่ง

1. ตรวจสอบความเรียบร้อยและความสะอาดของเครื่องชั่ง ระวังอย่าให้เครื่องชั่งถูกความชื้น ควรใช้ผ้าสะอาดเช็ดงานชั่งก่อนลงมือชั่ง
2. ใช้เครื่องชั่งอย่างระมัดระวัง อย่ากระตุกหรือกระชาก หรือขีดรอยใดๆ
3. ให้ใช้คีบคีบค้ำน้ำหนัก ห้ามใช้มือจับค้ำน้ำหนัก
4. สำหรับเครื่องชั่งชนิด 2 แขน ก่อนเติมหรือหยิบน้ำหนักออกจากงานต้องหมุนปุ่มยกค้ำชั่งให้ค้ำชั่งถูกยึดไว้ทั้งสองข้างแขน
5. ใส่น้ำหนัก (หรือวัตถุที่ชั่ง) ไว้ตรงกลางงานชั่ง

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 โดยใช้เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิด 2 แขน

1. จัดเครื่องมือ โดยวางกระจกราบบนโต๊ะที่เรียบและอยู่ในแนวระดับ วางเครื่องชั่งบนกระจก ปรับขาเครื่องชั่ง ให้เครื่องชั่งอยู่ในแนวระดับ โดยสังเกตจากลูกค้ำที่ฐานของเครื่องชั่ง
2. หมุนปุ่มยกค้ำชั่ง (N) ให้เข็มแกว่ง ดูว่าเข็มแกว่งไปทางซ้ายและขวาเท่าๆ กันหรือไม่ ถ้าไม่เท่าให้ปรับที่สกรูทองเหลือง (A)
3. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่องานเปล่า = R_0
4. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อเติม 2 ม.ก. ลงในงานขวา = R_1
5. หาจุดหยุดของเครื่องชั่ง เมื่อใส่วัตถุที่จะชั่งลงในในงานซ้าย แล้วเติมค้ำน้ำหนักในงานขวา = R_2 บันทึกค่าของค้ำน้ำหนักที่ใส่ในงานขวาทั้งหมดไว้ และคำนวณหา m_1
6. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อเติม 2 ม.ก. ลงในงานซ้าย = R'_1
7. หาจุดหยุดของเครื่องชั่งเมื่อชั่งวัตถุ (ชนิดเดียวกับที่ชั่งในงานซ้าย) ในงานขวา แล้วเติมค้ำน้ำหนักในงานซ้าย = R'_2 บันทึกค่าของค้ำน้ำหนักที่ใส่ในงานซ้ายทั้งหมดไว้ และคำนวณหา
8. หามวลที่แท้จริงของวัตถุโดยการคำนวณจากสมการ (1.4)
9. ทำการทดลองตั้งแต่ข้อ 5. ถึงข้อ 8. โดยเปลี่ยนวัตถุที่ชั่งเป็นชนิดอื่นอีก 2 ชนิด .

ตอนที่ 2 โดยใช้เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดหาค่าได้โดยตรง

1. ชั่งน้ำหนักของวัตถุทั้ง 3 ชนิด โดยใช้เครื่องชั่งอย่างละเอียด
2. เปรียบเทียบมวลที่ได้กับการชั่งตอนที่ 1. และหาความเคลื่อนคลาดเป็นร้อยละ

สรุปประเด็นสำคัญ

เครื่องซั่งอย่างละเอียดชนิดสองแกนมีความไวสูง โดยการหาจุดหุคของเครื่องซั่งเมื่องานเปล่า เมื่อเติมน้ำหนัก 2 มก. และวางวัตถุลงในงานซั่งใดซั่งหนึ่ง จะหามวลของวัตถุได้จากค่าแก้

กิจกรรมการเรียนรู้

1. เตรียมอุปกรณ์ทดลองตามคำแนะนำในแต่ละขั้นตอน
2. บันทึกผลการทดลองทุกขั้นตอนในตารางให้ชัดเจนและถูกต้อง

แบบทดสอบการทดลองที่ 1

1. เครื่องชั่งอย่างละเอียดที่ใช้ในการทดลองนี้มีลักษณะอย่างไร
 1. มีสองแขน
 2. อ่านค่าได้โดยตรง
 3. เป็นเครื่องชั่งไฟฟ้า
 4. ถูกทุกข้อ
2. เข็มชี้จะแกว่งมากในกรณีที่ชั่งมวลเพียงเล็กน้อย แสดงถึงลักษณะใดของเครื่องชั่ง
 1. ความไวสูง
 2. ความไวต่ำ
 3. แขนซ้ายขวาไม่เท่ากัน
 4. ไม่มีค้ำขอบที่ถูกต้อง
3. การหาจุดหยุดของเครื่องชั่งควรใช้วิธีใด
 1. อ่านสเกลเมื่อเข็มชี้หยุดนิ่ง
 2. เฉลี่ยค่าเข็มชี้ซ้ายสุดและขวาสุด
 3. เฉลี่ยค่าเข็มชี้ซ้ายสุดและขวาสุดรวมห้าครั้ง
 4. อ่านเฉพาะเมื่อเป็นงานเปล่า
4. มวลของวัตถุที่หาได้จากเครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดสองแขนอาศัยหลักการใด
 1. ชั่งวัตถุในงานซ้ายเท่ากัน
 2. ชั่งวัตถุในงานขวาเท่ากัน
 3. เฉลี่ยการชั่งในงานซ้ายและงานขวา
 3. หาค่าแก้จากจุดหยุดเทียบกับ 2 มิลลิกรัม
5. เมื่อเครื่องชั่งอยู่ในสภาวะสมดุลจะทำให้ค่าต่างๆ เป็นไปตามความสัมพันธ์ใด
 1. $P \times L = m_1 \times R$
 2. $P \times R = m_2 \times L$
 3. $P = (m_1 m_2)^{1/2}$ และ $L/R = (m_1 m_2)^{1/2}$
 4. ถูกทุกข้อ
6. มวลแท้จริงของวัตถุเท่ากับเท่าใด
 1. $P = (m_1 m_2)^{1/2}$
 2. $(m_1 m_2)^{1/2}$
 3. m_1
 4. m_2
7. เครื่องชั่งอย่างละเอียดชนิดอ่านค่าได้โดยตรงมีลักษณะอย่างไร
 1. มีสองแขน
 2. เป็นเครื่องชั่งไฟฟ้า
 3. แสดงน้ำหนักเป็นตัวเลข
 4. ข้อ 2 และ 3 ถูก
8. กรณีใดที่แสดงว่าเครื่องชั่งไฟฟ้าอยู่ในสภาวะสมดุล
 1. ตัวเลขหน้าปัทม์หยุดนิ่งอยู่ตรงกลาง
 2. เมื่อปุ่มจับคานอยู่ที่ตำแหน่งหยุด (กึ่งกลาง)
 3. เมื่อปุ่มจับคานบิดไปด้านหลัง (FULL)
 4. เมื่อปุ่มจับคานบิดไปด้านหน้า
9. ก่อนที่จะวางวัตถุบนงานชั่งหรือนำวัตถุออกจากงานชั่งจะต้องหมุนปุ่มจับคานให้อยู่ที่ตำแหน่งใด
 1. บิดไปข้างหน้า
 2. ตำแหน่งหยุด (กึ่งกลาง)
 3. บิดไปข้างหลัง
 4. ตำแหน่งใดก็ได้
10. การชั่งวัตถุทุกครั้งควรวางงานชั่งในลักษณะใด
 1. ห่างจากขอบงานชั่ง
 2. กลางงานชั่งพอดี
 3. ชิดขอบงานชั่ง
 4. ตำแหน่งใดก็ได้

แนวตอบ

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| 1. 4 | 2. 1 | 3. 3 | 4. 4 | 5. 4 |
| 6. 1 | 7. 2 | 8. 1 | 9. 2 | 10. 2 |

บันทึกผลการทดลอง
เรื่อง การชั่งอย่างละเอียด

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

รายการ	ครั้งที่	จุดแกว่ง					จุดหยุด	จุดหยุดเฉลี่ย
		d ₁	d ₂	d ₃	d ₄	d ₅		
งานเปล่า	1							R ₀ =
	2							
เดิม 2 มก. ในงานขวา	1							R ₁ =
	2							
เดิม 2 มก. ในงานซ้าย	1							R' ₁ =
	2							
ชั่งโลหะที่เหลี่ยมในงานซ้าย ตุ้มน้ำหนักใส่งานขวามวล กรัม	1							R ₂ =
	2							
ชั่งโลหะที่เหลี่ยมในงานขวา ตุ้มน้ำหนักใส่งานซ้ายมวล กรัม	1							R' ₂ =
	2							

รายการ	ครั้งที่	จุดแกว่ง					จุดหยุด	จุดหยุดเฉลี่ย
		d_1	d_2	d_3	d_4	d_5		
ชั่งเหรียญในงานซ้าย ค้อนน้ำหนักใส่งานขวามวล _____ กรัม	1							$R_2 =$
	2							
ชั่งเหรียญในงานขวา ค้อนน้ำหนักใส่งานซ้ายมวล _____ กรัม	1							$R'_2 =$
	2							
ชั่งลูกกลมโลหะในงานขวา ค้อนน้ำหนักใส่งานซ้ายมวล _____ กรัม	1							$R_2 =$
	2							
ชั่งลูกกลมโลหะในงานซ้าย ค้อนน้ำหนักใส่งานขวามวล _____ กรัม	1							$R'_2 =$
	2							

การคำนวณหา m_1 (หรือ m_2) และ P

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

คำนวณหา m_1 (หรือ m_2)

.....

.....

.....

.....

คำนวณหา P

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

คำนวณหา L/R, S และ W

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

ตอนที่ 2

รายการวัตถุ	เครื่องชั่งไฟฟ้า ชั่งได้ (กรัม)		ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	
โลหะรูปสี่เหลี่ยมตัน			
เหรียญสตึง			
ลูกกลมโลหะ			

รายการวัตถุ	น้ำหนัก(กรัม) เครื่องชั่งสองแขน	น้ำหนัก(กรัม) เครื่องชั่งไฟฟ้า	% ต่างต่าง
โลหะรูปสี่เหลี่ยมตัน			
เหรียญสตึง			
ลูกกลมโลหะ			

.....
อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ

