

การทดลองทางมาตรวิทยา - I

Mass Calibration

1. วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ทราบถึงค่าที่ถูกต้องหรือน้ำหนักจริงของตุ้มน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบ

2. อุปกรณ์การทดลอง

1. เครื่องชั่ง
2. ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน Class F1
3. Forceps หรืออุปกรณ์จับ
4. ถุงมือ
5. กระดาษเช็ดเลนส์หรือหนังสือขาวหรือผ้าสะอาดชนิดใยไม่หลุด

3. หลักการ

นำตุ้มน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบมาทำการชั่งน้ำหนักเปรียบเทียบกับตุ้มน้ำหนักมาตรฐานอ้างอิง แล้วนำมาคำนวณหาน้ำหนักหรือค่ามวลของตุ้มน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบจากสมการ

$$M = E - Z$$

เมื่อ

M = น้ำหนักจริงของตุ้มน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบ

E = น้ำหนักของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานอ้างอิง

Z = ค่าเฉลี่ยของมวลตุ้มน้ำหนักมาตรฐานอ้างอิง-ค่าเฉลี่ยของมวลของมวลของตุ้มน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบ

ข้อกำหนดวิธีการสอบเทียบ

1. กำหนดขอบเขตของความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของตุ้มน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบเป็น 5%
2. ความไม่แน่นอนของการสอบเทียบตุ้มน้ำหนักปกติมาจากสาเหตุหลัก 3 อย่างคือ ความไม่แน่นอนของตุ้มน้ำหนักมาตรฐานอ้างอิง ความแม่นยำของเครื่องชั่ง และความผันแปรของความหนาแน่นของอากาศ ดังนั้นจึงควรมีการประเมินค่าความไม่แน่นอนของสาเหตุเหล่านี้ไว้ก่อน

ข้อจำกัดของการสอบเทียบ

1. สภาพแวดล้อมของการสอบเทียบ การสอบเทียบคัมน้ำหนักต้องจัดสภาพแวดล้อมของห้องสอบเทียบให้เหมาะสมโดยในขณะสอบเทียบต้องมีการวัดและบันทึกค่าอุณหภูมิ ความชื้นและความดันของอากาศภายในห้องสอบเทียบ ซึ่งสภาพแวดล้อมภายในห้องสอบเทียบคัมน้ำหนักมาตรฐานของ NAMAS จะเป็นอุณหภูมิ $20 \pm 1^\circ\text{C}$ ความชื้นสัมพัทธ์ $55 \pm 5\%$ และความดันอากาศภายในห้องเป็น $761 \pm 1\text{mmHg}$
2. คัมน้ำหนักมาตรฐาน ต้องมีใบรับรองการสอบเทียบอายุไม่เกิน 1 ปี สำหรับคัมน้ำหนักมาตรฐาน Class F1 หรือต่ำกว่า ต้องทำความสะอาดคัมน้ำหนักด้วยวิธีการที่เหมาะสมก่อนการสอบเทียบโดยใช้อุปกรณ์ช่วยจับหรือสวมถุงมือเพื่อจับคัมน้ำหนักไปวางบนพื้นที่ปูด้วยกระดาษ แล้ววางใกล้เครื่องชั่งที่ใช้ในการสอบเทียบ
3. เครื่องชั่ง เครื่องชั่งที่ใช้ในการสอบเทียบต้องมีการกำหนดค่าความไม่แน่นอน หรือความคลาดเคลื่อนของเครื่องมาให้ และต้องทำความสะอาดรวมถึงศึกษาวิธีใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง และต้องเช็กให้แน่ใจว่าลูกน้ำหนักของเครื่องชั่งอยู่ตรงระดับกลางพอดี ต้องทำความสะอาดจานเครื่องชั่ง รวมถึงการอุ่นเครื่องชั่งก่อนการใช้งานประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วต้องทำการปรับตั้งเครื่องชั่งก่อนการใช้งาน

ข้อควรพิจารณาในการสอบเทียบคัมน้ำหนัก

1. คัมน้ำหนักมาตรฐานอ้างอิงที่ใช้อยู่ใน Class F1 ซึ่งมีค่า tolerance $\pm 5\text{ ppm}$ ที่ระดับน้ำหนักหนึ่งกิโลกรัมและ Class F2 ซึ่งมีค่า tolerance $\pm 15\text{ ppm}$ ที่ระดับน้ำหนักหนึ่งกิโลกรัม
2. คัมน้ำหนักมาตรฐาน Class F1 หรือต่ำกว่าจะถูกสอบเทียบด้วยค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ $1/5$ ของค่า specified tolerance และควรที่จะนำมาสอบเทียบใหม่ทุก 12 เดือน ในขณะที่คัมน้ำหนักมาตรฐาน Class E2 หรือสูงกว่าจะถูกสอบเทียบด้วยค่าความไม่แน่นอนเท่ากับ $1/3$ ของค่า specified tolerance และควรนำมาสอบเทียบใหม่ทุก 2 ปี
3. คัมน้ำหนักมาตรฐานจะต้องทำความสะอาดและถูกนำมาใช้/เก็บไว้ในสถานที่ที่เหมาะสมและถูกต้อง
4. ผู้ปฏิบัติการสอบเทียบต้องศึกษาวิธีการและเข้าใจถึงวิธีการใช้เครื่องชั่งอย่างถูกต้อง พร้อมทั้งวิธีการบำรุงรักษาเครื่องชั่งที่ใช้ในการสอบเทียบมาอย่างดี
5. ผู้ปฏิบัติการสอบเทียบต้องมีความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับคัมน้ำหนักมาตรฐาน รวมถึงวิธีการใช้และวิธีการบำรุงรักษาเป็นอย่างดี

4. วิธีทดลอง

ขั้นตอนการดำเนินการสอบเทียบ

1. การเตรียมก่อนดำเนินการสอบเทียบ เตรียมเครื่องชั่ง เตรียมค้อนน้ำหนักมาตรฐาน และสภาพแวดล้อมของห้องสอบเทียบให้เป็นไปตามมาตรฐาน
2. ก่อนเริ่มชั่งค้อนน้ำหนัก ให้วางค้อนน้ำหนักที่จะชั่งบนจานชั่งเป็นเวลาประมาณ 1 นาที แล้วยกออกโดยทำแบบนี้ 4 ครั้ง และกำหนดให้ค่า $E =$ น้ำหนักของค้อนน้ำหนักมาตรฐาน $M =$ น้ำหนักจริงของค้อนน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบ
3. ชั่งค้อนน้ำหนักมาตรฐานอ้างอิง บนจานชั่งและอ่านค่าเป็น a_1
4. ชั่งค้อนน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบ บนจานชั่งและอ่านค่าเป็น b_1
5. ชั่งค้อนน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบ บนจานชั่งและอ่านค่าเป็น c_1
6. ชั่งค้อนน้ำหนักมาตรฐานอ้างอิง บนจานชั่งและอ่านค่าเป็น d_1
7. นำค่า a_1, b_1, c_1, d_1 ไปคำนวณหาค่ามวลที่แตกต่างกันระหว่าง E กับ M

โดยใช้ $a =$ ค่าเฉลี่ยของมวลรวมค้อนน้ำหนักมาตรฐานอ้างอิง

$$\frac{a_1 + d_1}{2}$$

$b =$ ค่าเฉลี่ยของมวลของค้อนน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบ

$$\frac{b_1 + c_1}{2}$$

และกำหนดให้

$$Z1 = E1 - M1$$

$$Z1 = a - b$$

คำนวณหา $Z1$

8. ทำการสอบเทียบซ้ำจากข้อ 3-7 หกครั้ง ทำให้ได้ค่า $Z1, Z2, Z3, Z4, Z5, Z6$
9. นำค่า $Z1$ ถึง $Z6$ มาหาค่าเฉลี่ยได้ค่า Z
10. คำนวณหาค่าน้ำหนักหรือมวลที่แท้จริงของค้อนน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบจาก $M = E - Z$
11. ประเมินหาค่าความไม่แน่นอนของการสอบเทียบค้อนน้ำหนัก

5. ผลการทดลอง (ผลการสอบเทียบ)

DATA SHEET MASS CALIBRATION

Balance Detail**ID:** LA2309**Capacity:** 230 g**Readability:** 0.1 mg**Weight Standard:** 50 mg**Correction Standard:** -0.02 mg**Uncertainty Standard:** ± 0.12 mg**Balance Repeatability:** ± 0.1 mg*a:* Standard *E* is placed on the pan of the balance*b:* Sample *M* to be calibrated is placed on the pan*c:* Sample *M* to be calibrated is placed on the pan*d:* Standard *E* is placed on the pan of the balance

$$Z = \left[\frac{a + d}{2} \right] - \left[\frac{b + c}{2} \right]$$

No/ABBA	$a(E)^A$	$b(M)^B$	$c(M)^B$	$d(E)^A$	Z	$M_i = E - Z_i$
1	50.0001	50.0023	50.0020	49.9999	-0.00215	50.00215
2	49.9999	50.0020	50.0021	50.0000	-0.00210	50.00210
3	49.9998	50.0020	50.0021	49.9998	-0.00225	50.00225
4	49.9998	50.0020	50.0020	50.0000	-0.00210	50.00210
5	49.9999	50.0022	50.0021	49.9999	-0.00225	50.00225
6	49.9999	50.0021	50.0022	50.0000	-0.00220	50.00220
Average					-0.002175	50.002175
SD						0.0000689
Type-A						0.0000281

$$M = E - Z$$

$$M = 50.002175 \text{ g}$$

6. วิเคราะห์ผลการทดลอง (ผลการสอบเทียบ)

DATA SHEET

แสดงการคำนวณค่าความไม่แน่นอน

การสอบเทียบน้ำหนักมาตรฐาน

ผลการชั่ง

$$M_1 = 50.00215 \text{ g}$$

$$M_2 = 50.00210 \text{ g}$$

$$M_3 = 50.00225 \text{ g}$$

$$M_4 = 50.00210 \text{ g}$$

$$M_5 = 50.00225 \text{ g}$$

$$M_6 = 50.00220 \text{ g}$$

$$\bar{M} = \frac{M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6}{6} = 50.002175 \text{ g}$$

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum (M_i - \bar{M})^2}{n-1}} = 0.0000689 \text{ g}$$

ความไม่แน่นอนแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

ความไม่แน่นอนชนิด A (Type A Uncertainty) เกิดจากการชั่งซ้ำ แล้วนำผลการชั่งมาวิเคราะห์ทางสถิติ

ให้ U_A = ความไม่แน่นอนมาตรฐานชนิด A

$$U_A = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}} = 0.0000281 \text{ g}$$

ความไม่แน่นอนชนิด B (เกิดจากหลายสาเหตุ)

1. เกิดจากการใช้มวลมาตรฐาน

ให้ U_{B1} = ความไม่แน่นอนมาตรฐานของค่ามวลมาตรฐาน (จาก Certificate ที่ความเชื่อมั่น 95% coverage factor $k = 2$)

$$U_{B1} = \frac{0.12}{2} = 0.06 \text{ mg}$$

2. เกิดจากความละเอียดของเครื่องชั่ง (Resolution)

ให้ U_{B2} = ความไม่แน่นอนมาตรฐานที่เกิดจากความละเอียดของเครื่องชั่ง

$$U_{B2} = \frac{\text{resolution}}{\sqrt{3}} = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.0577350 \text{ mg}$$

3. เกิดจากความแปรปรวนของความหนาแน่นของอากาศ

ให้ U_{B3} = ความไม่แน่นอนมาตรฐานที่เกิดจากความแปรปรวนของความหนาแน่นของอากาศ-น้อยมากถือว่ามีค่าเป็น 0

ผลรวมของความไม่แน่นอน (Combined Uncertainty)

ให้ U_C = ผลรวมของความไม่แน่นอนมาตรฐาน

$$U_C = \sqrt{U_A^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2 + U_{B3}^2}$$

$$U_C = \sqrt{0.028^2 + 0.06^2 + 0.0577350^2 + 0}$$

$$U_C = 0.0878483365 \text{ mg}$$

ความไม่แน่นอนรวมทั้งหมด (Expanded Uncertainty) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

$$U_{95\%} = 2U_C$$

$$U_{95\%} = 2 \times 0.0878483365 = 0.18 \text{ mg}$$

ผลการสอบเทียบ

$$M = 50.002175 \text{ g} \pm 0.18 \text{ mg}$$

7.สรุปผลการทดลอง (ผลการสอบเทียบ)

MASS CALIBRATION

Balance Detail

ID: LA2309

Capacity: 230 g

Readability: 0.1 mg

Weight Standard: 50 mg

Correction Standard: -0.02 mg

Uncertainty Standard: ± 0.12 mgBalance Repeatability: ± 0.1 mg

Uncertainty Budget Table

Source of Uncertainty	Type	U_i	Uncertainty Value (mg)	Coverage factor	Standard Uncertainty
Repeatability	A	U_A	0.0281	1	0.02810
Uncertainty of standard mass	B	U_{B1}	0.12	2	0.06000
Resolution of balance	B	U_{B2}	0.1	$\sqrt{3}$	0.05774
Environment of room	B	U_{B3}	0	-	0.00000
	Combined	U_C			0.0878803
	Expanded	U		2	0.18

 $M = 50.002175$ g

The test weight was calibrated to be 50.002175 ± 0.00018 g, for a level of confidence of approximately 95%, with a coverage factor $k = 2$

8. วิจารณ์การทดลอง

การทดลองนี้เป็นเพียงการศึกษา เพื่อให้ทราบถึงวิธีการสอบเทียบค้อนน้ำหนักและ เพื่อให้ทราบถึงค่าที่ถูกต้องหรือน้ำหนักจริงของค้อนน้ำหนักที่ต้องการสอบเทียบ ดังนั้นสภาพแวดล้อมภายในห้องสอบเทียบไม่เป็นไปตาม ISO 17025 อนาคตคาดว่าห้องที่ใช้ในการสอบเทียบและอุปกรณ์เครื่องมือวัดต่างๆ จะเป็นไปตามข้อกำหนดที่เป็นมาตรฐาน

เอกสารอ้างอิง

1. NAMAS M 3003: The Expression of Uncertainty and confidence in Measurement Edition1 Dec, 1997.
2. PTB-Bericht: PTB – MA – B2: “Advice for the calibration of mass standards” Jan. 1997
3. OIML. R111-2, Feb 1998.
4. Weyhe, S: Weight Technology in the Laboratory, Technology and Application verlay modern industries. Germany 1997.
5. เอกสารประกอบการเรียน INC 680 Mechanical Metrology