ความผิดพลาดของการวัดปริมาตร ที่เกิดจากตำแหน่งเมนิสคัสของเครื่องแก้วปริมาตร

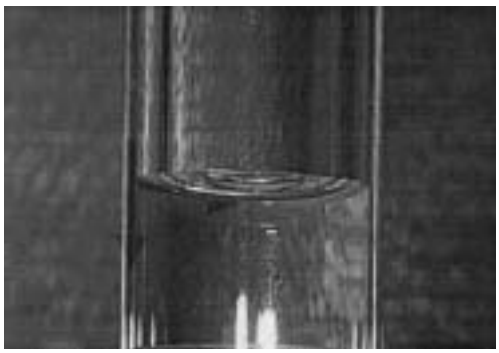
เรียบเรียงโดย
พจมาน ท่าจีน

ความผิดพลาดจากการอ่านค่าการวัดปริมาตรอาจเกิดขึ้นได้หลากหลายปัจจัย เช่น ค่าความผิดพลาดเนื่องจากพาราแลค ความผิดพลาดของการวัดปริมาตรเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของตำแหน่งเมนิสคัสของเครื่องแก้วปริมาตร เป็นต้น แต่ความผิดพลาดเนื่องจากความไม่สมบูรณ์ของตำแหน่งเมนิสคัสเป็นปัจจัยสูงสุดที่ทำให้ผลการวัด การทดสอบไม่ถูกต้อง การศึกษานี้เป็นการศึกษาความผิดพลาดสูงสุดของการวัดปริมาตรของขวดวัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 มล. และ 100 มล.

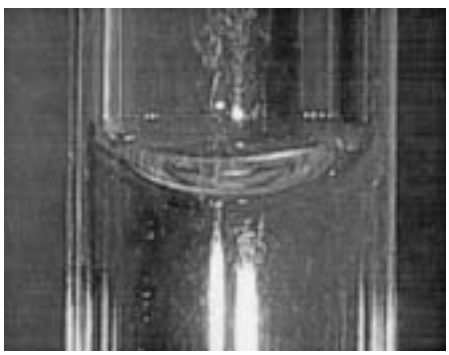
เครื่องแก้วปริมาตรถือเป็นเครื่องมือวัดที่มีความสำคัญและใช้กันมากในห้องปฏิบัติการทดสอบทางเคมี ทางชีวภาพ รวมทั้งในอุตสาหกรรมหลากหลายที่เกี่ยวข้องกับการชั่ง ตวง และวัดปริมาตรของของเหลว หากปริมาตรที่ใช้ในการตวงหรือวัดผ่านเครื่องแก้วปริมาตรไม่ถูกต้องย่อมมีผลโดยตรงต่อผลการทดสอบ และ/หรือผลิตภัณฑ์จากการผลิต

สมบัติประการหนึ่งของน้ำที่กระทำต่อหลอดแก้วคือ ความตึงผิว (surface tension) ที่ทำให้ขอบน้ำที่ติดข้างหลอดแก้วมีระดับสูงกว่าน้ำตรงส่วนกลางหลอดแก้ว ยิ่งใช้ภาชนะเล็กที่แคบลง เช่นหลอดแก้วเล็กๆ จะเห็นรอยเว้าลงของระดับน้ำตรงส่วนกลางได้ชัดเจน ที่เป็นเช่นนี้เพราะน้ำเปียกผิวแก้ว และโมเลกุลของน้ำถูกแก้วดึงไว้ ขอบน้ำในบริเวณที่สัมผัสกับผิวแก้วจึงสูงกว่าระดับน้ำตรงส่วนกลาง ซึ่งส่วนโค้งของผิวน้ำในหลอดแก้วนี้เรียกว่าเมนิสคัส (meniscus)

การวัดปริมาตรที่ถูกต้องจะต้องให้ท้องน้ำ หรือด้านล่างของเมนิสคัสอยู่ที่ขีดระบุบนเครื่องแก้ว หากเมนิสคัสไม่สมบูรณ์จะมีผลทำให้ปริมาตรที่ได้จากการตวงไม่เหมาะสมด้วย ซึ่งความไม่สมบูรณ์ของเมนิสคัสโดยปกติเกิดจากความไม่สะอาดภายในของหลอดแก้ว



รูปที่ 1 แสดงเมนิสคัสในหลอดแก้วที่ไม่สมบูรณ์



รูปที่ 2 แสดงเมนิสคัสในหลอดแก้วที่สมบูรณ์

สมการที่ (1) แสดงสมการสมดุลของแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากความตึงผิว และสมการ (2) แสดงสมการการหาค่าปริมาตรเนื่องจากเมนนิสคัสที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากแรงดึงผิว

$$\rho g V_{meniscus} = 2\pi r \gamma_{LV} \cos\theta \quad \text{.....(1)}$$

$$V_{meniscus} = \frac{2\pi r \gamma_{LV} \cos\theta}{\rho g} \quad \text{.....(2)}$$

เมื่อ ρ : ความหนาแน่นของน้ำ = 0.9982 g/cm^3

g : อัตราเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง = 9.81 cm/s^2

$V_{meniscus}$: ปริมาตรเนื่องจากเมนิสคัส

r : รัศมีภายในหลอดแก้ว

γ_{LV} : ความตึงผิวของน้ำที่ 20 องศาเซลเซียส = 72.8 x 10^{-3} N/m

θ : มุมที่ของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้วเป็น องศา

กรณีขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มล.

รัศมีภายในหลอดแก้ว r ≈ 0.48 ซม. (จากการวัดรัศมีภายในคอขวดวัดปริมาตร บริเวณเส้นบอกปริมาตร)

หาปริมาตรเมนิสคัสที่มุมที่ของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้ว $\theta \approx 45$ องศา

$$V_{meniscus} = \frac{2 \times 22 \times 0.48 \times 72.8 \times 10^{-5} \times \cos 45^{\circ}}{7 \times 0.9982 \times 9.81 \times 10^{-3}} \text{ cm}^3$$

$V_{meniscus}$ = 0.1586 cm^3

เพราะฉะนั้นความผิดพลาดสูงสุดของการวัดปริมาตรขวดวัดปริมาตร ขนาด 50 มล. เนื่องจากความผิดพลาดของตำแหน่งเมนิสคัส และความผิดพลาดของมุมของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้ว $\theta \approx 45 - 90$ องศา เท่ากับ -0.1586 ลบ.ซม.

กรณีขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มล.

รัศมีภายในหลอดแก้ว r ≈ 0.59 ซม. (จากการวัดรัศมีภายในคอขวดวัดปริมาตร บริเวณเส้นบอกปริมาตร)

หาปริมาตรเมนิสคัสที่มุมที่ของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้ว $\theta \approx 45$ องศา

$$V_{meniscus} = \frac{2 \times 22 \times 0.59 \times 72.8 \times 10^{-5} \times \cos 45^{\circ}}{7 \times 0.9982 \times 9.81 \times 10\text{-}3} \text{ cm}^3$$

$V_{meniscus}$ = 0.1950 cm^3

เพราะฉะนั้นความผิดพลาดสูงสุดของการวัดปริมาตรขวดวัดปริมาตร ขนาด 100 มล. เนื่องจากความผิดพลาดของตำแหน่งเมนิสคัส และความผิดพลาดของมุมของเหลวสัมผัสข้างหลอดแก้ว $\theta \approx 45 - 90$ องศา เท่ากับ -0.1950 ลบ.ซม.

ความผิดพลาดสูงสุดของการวัดปริมาตรขวดวัดปริมาตร เนื่องจากความผิดพลาดและความไม่สมบูรณ์ของตำแหน่งเมนิสคัสนับว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อผลการวัด เพราะมีค่าการวัดปริมาตรที่ผิดพลาดมากกว่าค่าขอบเขตการยอมรับได้ของขวดวัดปริมาตร ความไม่สมบูรณ์ของตำแหน่งเมนิสคัสอันเกิดจากความไม่สะอาดของเครื่องแก้ว ทำให้ผู้ใช้เครื่องแก้วต้องให้ความสำคัญระมัดระวังและตรวจสอบความสมบูรณ์ของเมนิสคัสก่อนการใช้งานอย่างเคร่งครัด

เอกสารอ้างอิง

Sears, Zemansky ; and Young, Hugh D. **University Physics**. 5th ed. , London : Addison Wesley, 1978. p. 222-226.