

## การทดลองที่ 3

### เรื่องความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของแข็งโดยใช้หลักอาร์คิมิดีสได้
2. หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของเหลวโดยใช้ขวดความถ่วงจำเพาะได้
3. หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของแข็งโดยใช้ขวดความถ่วงจำเพาะได้

#### เครื่องใช้ในการทดลอง

1. เครื่องชั่งชนิดละเอียด
2. ขวดความถ่วงจำเพาะ (pycnometer)
3. ถ้วยแก้ว (beaker)
4. เทอร์มอมิเตอร์
5. ตัวอย่างวัตถุที่กำหนดให้หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

#### ทฤษฎี

ความหนาแน่นของวัตถุ คือ มวลสารของวัตถุที่มีอยู่ใน 1 หน่วยปริมาตร ณ อุณหภูมิหนึ่ง โดยที่หน่วยของความหนาแน่น คือ กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นความหนาแน่นซึ่งนิยมเขียนแทนด้วยอักษรกรีก  $\rho$  (อ่านว่า rho) จึงมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (3.1)$$



ภาพสไลด์แสดงการใช้เครื่องมือทดลองในการทดลองที่ 3

หรือ  $m = \rho V$  .....(3.2)

เมื่อ  $\rho =$  ความหนาแน่นของวัตถุ

$m =$  มวลสารของวัตถุ

$V =$  ปริมาตรของวัตถุ

มวลสารของวัตถุ  $m$  หาได้โดยการชั่งวัตถุด้วยเครื่องชั่ง ถ้าวัตถุเป็นรูปทรงกระบอกตันหรือทรงสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม อาจหาปริมาตรได้โดยการวัดสัดส่วน

แต่การหาปริมาตรของวัตถุ  $V$  อาจหาได้อีกวิธีหนึ่งโดยอาศัยหลักอาร์คิมิดีส (Archimedes' principle) ซึ่งกล่าวว่า วัตถุที่จมในของเหลว จะจมทั้งหมดหรือจมแต่บางส่วนในของเหลวก็ตาม น้ำหนักของวัตถุจะลดลงเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัตถุนั้นแทนที่ สมมติต้องการหาปริมาตรของวัตถุจมน้ำ

ให้  $m_1 =$  มวลของวัตถุเมื่อชั่งในอากาศ

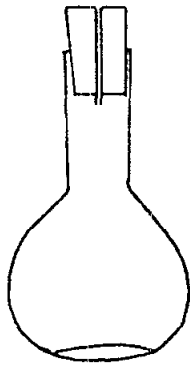
$m_2 =$  มวลของวัตถุเมื่อชั่งในน้ำ

$\therefore$  มวลน้ำมีปริมาตรเท่าวัตถุที่จม  $= m_1 - m_2$

ดังนั้น ปริมาตรของวัตถุ  $V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_0}$  .....(3.3)

เมื่อ  $\rho_0$  เป็นความหนาแน่นของน้ำ ณ อุณหภูมินั้น

ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัตถุและน้ำหนักของน้ำ ซึ่งมีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่อุณหภูมิหนึ่ง หรือความถ่วงจำเพาะของวัตถุ คือ อัตราส่วนของความหนาแน่นของวัตถุนั้นต่อความหนาแน่นของน้ำ ดังนั้นความถ่วงจำเพาะจึงเป็นเลขจำนวนบริสุทธิ์ ปัจจุบันนิยมเรียกว่า “ความหนาแน่นสัมพัทธ์” (Relative density)



ให้  $m_a$  = มวลสารของวัตถุ

$m_b$  = มวลสารของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุ

เมื่อมวลสารทั้งสองเป็นหน่วยเดียวกัน

$\rho$  = ความหนาแน่นของวัตถุ

$V$  = ปริมาตรของวัตถุ

$S$  = ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ

$\therefore S = \frac{m_a}{m_b}$  .....(3.4)

**รูปที่ 8.1 รูปขวดความถ่วงจำเพาะ**

มวลสารของวัตถุ อาจคำนวณได้จากปริมาตร  $V$  และความถ่วงจำเพาะ  $S$  ของวัตถุนั้น ถ้า  $\rho_0$  เป็นมวลสารของน้ำต่อ 1 หน่วยปริมาตร

ดังนั้น มวลสารของวัตถุ,  $m_a = V\rho_0 S$  .....(3.5)

และ  $\rho = \frac{m_a}{V} = \rho_0 S$  .....(3.6)

**วิธีทำ**

**การทดลองตอนที่ 1** หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุที่กำหนดให้ (ของแข็ง) โดยใช้หลักอาร์คิมิดีส

1. ชั่งมวลของวัตถุในอากาศ  $m_1$
2. ชั่งมวลของวัตถุในน้ำ  $m_2$
3. อ่านอุณหภูมิของน้ำด้วยเทอร์มอมิเตอร์
4. อ่านความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิขณะทำการทดลองจากตาราง
5. คำนวณหาปริมาตร ความหนาแน่น และความถ่วงจำเพาะของวัตถุ

มวลของวัตถุซึ่งในอากาศ	= $m_1$	กรัม
มวลของวัตถุซึ่งในน้ำ	= $m_2$	กรัม
มวลของน้ำที่มีปริมาตรเท่าวัตถุที่จม	= $m_1 - m_2$	กรัม

$$\text{ปริมาตรของวัตถุ } V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_0} \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$\therefore \text{ ความหนาแน่นของวัตถุ } \rho = \frac{m_1}{V} \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ } S &= \frac{\text{มวลของวัตถุในอากาศ}}{\text{มวลของน้ำซึ่งวัตถุแทนที่}} \\ &= \frac{m_1}{m_1 - m_2} \end{aligned}$$

**การทดลองตอนที่ 2** หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่กำหนดให้โดยใช้ขวดความถ่วงจำเพาะ (ขวด ถ.พ.)

1. ชั่งหามวลของขวด ถ.พ. ( $m_0$ ) ซึ่งสะอาดและแห้ง
2. ใส่ของเหลวที่กำหนดให้จนเต็มขวด ถ.พ. ( $m_1$ ) ปิดจุกขวด และเช็ดภายนอกขวด ถ.พ. ให้แห้ง แล้วนำไปชั่งหามวลของของเหลว ( $m_a$ ) (เทของเหลวที่ชั่งแล้วลงในขวดที่เตรียมไว้ให้)
3. ล้างขวด ถ.พ. ด้วยน้ำกลั่น โดยใส่น้ำกลั่นลงไปประมาณครึ่งขวด เขย่าขวดให้ทั่ว แล้วเททิ้ง จนแน่ใจว่าขวดสะอาด บรรจุน้ำกลั่นให้เต็มขวด ถ.พ. ( $m_2$ ) ปิดจุกขวดและเช็ดภายนอกขวดให้แห้ง นำไปชั่งหามวลของน้ำ ( $m_b$ )

4. คำนวณหาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของเหลว

มวลของขวด ถ.พ.	= $m_0$	กรัม
มวลของ (ขวด ถ.พ.+ของเหลว)	= $m_1$	กรัม
$\therefore$ มวลของของเหลว $m_a$	= $m_1 - m_0$	กรัม
มวลของ (ขวด ถ.พ.+น้ำ)	= $m_2$	กรัม
$\therefore$ มวลของน้ำ $m_b$	= $m_2 - m_0$	กรัม
ความถ่วงจำเพาะของของเหลว S	= $\frac{m_a}{m_b}$	
	= $\frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0}$	

$$\text{ความหนาแน่นของของเหลว } \rho = \rho_0 S \text{ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

**การทดลองตอนที่ 3** หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของแข็งที่กำหนดให้ โดยใช้ชวดความถ่วงจำเพาะ

1. ชั่งหามวลของชวด ถ.พ. ( $m_0$ ) ซึ่งสะอาดและแห้ง
2. ใส่วัตถุที่กำหนดให้ลงไปชวด ถ.พ. ประมาณ  $\frac{1}{3}$  ชวด ปิดจุกแล้วชั่งหามวลของวัตถุ
3. เติมน้ำกลั่นลงไปให้ได้ก่อนชวด และเขย่าไปมาเพื่อไล่ฟองอากาศออกไปและเติมน้ำกลั่นลงไปทีละน้อยและเขย่าจนไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่ในชวด สุดท้ายเอียงชวดไปมา เมื่อไม่มีฟองอากาศอยู่แล้ว ให้เติมน้ำกลั่นจนเต็มชวด ปิดจุก เช็ดชวดให้แห้ง ชั่งหามวลของวัตถุและน้ำที่เติม

4. เปิดจุกเทน้ำทิ้งไปและเทวัตถุลงในกล่องที่จัดเตรียมไว้ให้ ล้างชวดด้วยน้ำกลั่น บรรจุน้ำกลั่นให้เต็มชวด ปิดจุกเช็ดชวดให้แห้งทุกครั้งก่อนชั่ง หามวลของน้ำเต็มชวด

5. คำนวณหาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุที่กำหนดให้

มวลของชวด ถ.พ.	= $m_0$	กรัม
มวลของ (ชวด ถ.พ.+วัตถุ)	= $m_1$	กรัม
∴ มวลของวัตถุ	= $m_1 - m_0$	กรัม
มวลของ (ชวด ถ.พ.+วัตถุ+น้ำที่เติม)	= $m_2$	กรัม
∴ มวลของน้ำที่เติม	= $m_2 - m_1$	กรัม
มวลของ (ชวด ถ.พ.+น้ำเต็มชวด)	= $m_3$	กรัม
∴ มวลของน้ำเต็มชวด	= $m_3 - m_0$	กรัม
มวลของน้ำที่มี $v$ เท่ากับวัตถุ	= $(m_3 - m_0) - (m_2 - m_1)$	กรัม

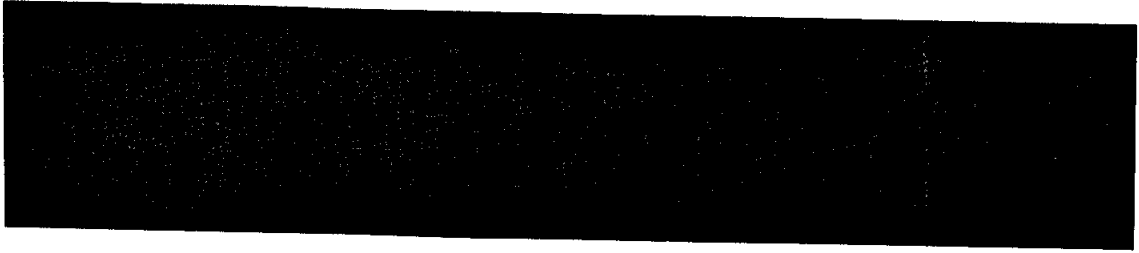
$$\therefore S = \frac{m_a}{m_b} = \frac{m_1 - m_0}{(m_3 - m_0) - (m_2 - m_1)}$$

ดังนั้น  $\rho = \rho_0 S$  กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

**หมายเหตุ** เมื่อทดลองโดยใช้หลักอาร์คิมิดีส และใช้ชวด ถ.พ.แล้ว ขอให้นักศึกษาเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทั้งสองวิธีนี้ ถ้าหากวัสดุที่ทำกรทดลองทั้งสองวิธีเป็นชนิดเดียวกันค่าที่ได้จากวิธีใดน่าเชื่อถือกว่ากันหรือไม่

## สรุปประเด็นสำคัญ

การซั้งวัตถุในน้ำภายหลังจากซั้งน้ำหนักวัตถุตามปกติเป็นวิธีหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุโดยใช้หลักอาร์คิมิดีสสำหรับของแข็งที่ไม่ละลายน้ำเท่านั้น ส่วนการใช้ขวด ถ.พ.หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะสำหรับของแข็งและของเหลวได้



### แบบทดสอบการทดลองที่ 3

- ในการหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ จงใช้หลักอาร์คิมิดีสกับวัตถุประเภทใด
  1. ก๊าซ
  2. ของแข็ง
  3. ของเหลว
  4. ของแข็งและของเหลว
- โดยอาศัยหลักอาร์คิมิดีสจะต้องหาปริมาณใดก่อนเป็นอันดับแรก
  1. มวลของวัตถุเมื่อชั่งในอากาศ,  $m_1$
  2. มวลของวัตถุเมื่อชั่งในน้ำ,  $m_2$
  3. ปริมาตรของวัตถุ,  $V$
  4. ข้อ 1 และ 2 ถูก
- เมื่อ  $\rho_0$  เป็นความหนาแน่นของน้ำ ณ อุณหภูมิทดลอง จะได้  $(m_1 - m_2)/\rho_0$  คืออะไร
  1. มวลวัตถุที่มีปริมาตรเท่าน้ำที่ถูกแทนที่
  2. มวลน้ำที่มีปริมาตรเท่าวัตถุจม
  3. ปริมาตรของวัตถุ
  4. น้ำหนักของวัตถุที่หายไป
- ความสัมพันธ์ในข้อ 3 เป็นไปตามหลักอาร์คิมิดีสอย่างไร
  1. น้ำหนักของวัตถุที่หายไปเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่
  2. ปริมาตรของวัตถุเท่ากับน้ำหนักของวัตถุที่หายไปเมื่อชั่งในน้ำ
  3. ปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่เท่ากับปริมาตรของวัตถุที่จมน้ำ
  4. น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่เท่ากับปริมาตรของวัตถุที่จมน้ำ
- สำหรับความสัมพันธ์ในข้อ 3 จะใช้ได้ถูกต้องในกรณีใด
  1. วัตถุที่จมน้ำบางส่วน
  2. วัตถุที่จมน้ำทั้งหมด
  3. วัตถุที่ลอยน้ำบางส่วน
  4. วัตถุที่ลอยน้ำทั้งหมด
- ความถ่วงจำเพาะของวัตถุคืออะไร
  1. อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัตถุและน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน
  2. อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของวัตถุและความหนาแน่นของน้ำ
  3. ความหนาแน่นสัมพันธ์
  4. ถูกทุกข้อ
- การใช้ขวด ถ.พ. หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะสำหรับวัตถุประเภทใด
  1. ก๊าซ
  2. ของแข็ง
  3. ของเหลว
  4. ของแข็งและของเหลว

8. เมื่อขั้วมวลของขวด ถ.พ. ( $m_0$ ) และมวลของเหลวเต็มขวด ถ.พ. ( $m_1$ ) และมวลของน้ำเต็มขวด ถ.พ. ( $m_2$ ) จะหาความถ่วงจำเพาะ  $S$  สำหรับของเหลวได้จากความสัมพันธ์ใด
1.  $m_1/m_2$
  2.  $(m_1 - m_0)/(m_2 - m_0)$
  3.  $(m_2 - m_0)/(m_1 - m_0)$
  4.  $m_2/m_1$
9. ในการบรรจุของแข็งลงในขวด ถ.พ. จะต้องบรรจุอย่างไร
1. เต็มขวด
  2. ครึ่งขวด
  3. หนึ่งในสาม
  4. สองในสาม
10. โดยใช้ขวด ถ.พ. หาความหนาแน่นของวัตถุจะต้องใช้วิธีการใด
1. ต้องหาค่าความถ่วงจำเพาะของวัตถุก่อน
  2. คำนวณจาก  $\rho_0 S$
  3. ต้องหาค่าความหนาแน่นของน้ำก่อน
  4. ถูกทุกข้อ

**แนวตอบ**

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



## บันทึกผลการทดลอง

เรื่อง ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

ผู้รายงาน ชื่อ.....เลขรหัส.....

ผู้ร่วมงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....

2. ....

3. ....

4. ....

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

**ตอนที่ 1** หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุที่กำหนดให้โดยใช้หลักอาร์คิมิดีส

ความหนาแน่นน้ำ,  $\rho_0$  ที่อุณหภูมิ (ของน้ำ)  $^{\circ}\text{C} = \dots\dots\dots$  กรัมต่อลบ.ซม.

(ดูจากตารางความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ โดยให้ใช้น้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าค่าสูงสุดในตารางนั้น)

ชนิดของวัตถุ (ระบุชนิด)	มวลเมื่อชั่งในอากาศ $m_1$ (กรัม)	มวลเมื่อชั่งในน้ำ $m_2$ (กรัม)	มวลน้ำที่มีปริมาตร = วัตถุที่จุ่ม $m_1 - m_2$ (กรัม)	ปริมาตรวัตถุ (V) $\frac{m_1 - m_2}{\rho_0}$ (ลบ.ซม.)	ความหนาแน่น $\rho = \frac{m_1}{V}$ (กรัม/ลบ.ซม.)	ความถ่วงจำเพาะ $\frac{m_1}{m_1 - m_2}$	เคลื่อนคลาด (%)
ค่าเฉลี่ย							
ค่าเฉลี่ย							

ตัวอย่างวิธีการคำนวณ

**ตอนที่ 2** หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่กำหนดให้โดยใช้ขวด ถ.พ.

ชนิด ของ วัตถุ  (ระบุชนิด)	มวลของ ขวด ถ.พ. $m_0$ (กรัม)	มวลของ (ขวด+วัตถุ) $m_1$ (กรัม)	มวลของ วัตถุ ( $m_2$ ) $m_1 - m_0$ (กรัม)	มวลของ (ขวด+น้ำ) $m_2$ (กรัม)	มวลของ น้ำ ( $m_0$ ) $m_2 - m_0$ (กรัม)	$S = \frac{m_2}{m_0}$ $\frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0}$	$\rho = \rho_0 S$ (กรัมต่อลบ.ซม.)	ความเคลื่อนคลาด  (%)
ค่าเฉลี่ย								
ค่าเฉลี่ย								

**ตอนที่ 3** หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของแข็งที่กำหนดให้โดยใช้ขวด ถ.พ.

ชนิด ของ วัตถุ  (ระบุชนิด)	มวลของ ขวด ถ.พ. $m_0$ (กรัม)	มวลของ (ขวด+วัตถุ) $m_1$ (กรัม)	มวลของ วัตถุ $m_1 - m_0$ (กรัม)	มวลของ (ขวด+วัตถุ +น้ำเต็ม) $m_2$ (กรัม)	มวลของ น้ำที่เต็ม $m_2 - m_1$ (กรัม)	มวลของ (ขวด+น้ำเต็ม) $m_3$ (กรัม)	มวลของ น้ำเต็มขวด $m_3 - m_0$ (กรัม)	มวลน้ำที่มี V เท่ากับวัตถุ $(m_3 - m_0) - (m_2 - m_1)$ (กรัม)	$S = \frac{m_2}{m_0}$ $\frac{m_1 - m_0}{(m_3 - m_0) - (m_2 - m_1)}$	$\rho = \rho_0 S$ กรัม/ลบ.ซม.
ค่าเฉลี่ย										
ค่าเฉลี่ย										

## ตัวอย่างวิธีการคำนวณและหาความคลื่อนคลาด

### สรุปและวิจารณ์