

## การทดลองที่ 13

### เรื่อง ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของแข็งโดยใช้หลักอาร์คิมิดีสได้
2. หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของเหลวโดยใช้ขวดความถ่วงจำเพาะได้
3. หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของแข็งโดยใช้ขวดความถ่วงจำเพาะได้

#### เครื่องใช้ในการทดลอง

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

#### ทฤษฎี

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

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (13.1)$$

$$\text{หรือ } m = \rho V \quad (13.2)$$

เมื่อ  $\rho$  = ความหนาแน่นของวัตถุ

$m$  = มวลสารของวัตถุ

$V$  = ปริมาตรของวัตถุ

มวลสารของวัตถุ  $m$  หาได้โดยการชั่งวัตถุด้วยเครื่องชั่ง ถ้าวัตถุเป็นรูปทรงกระบอกตันหรือทรงสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม อาจหาปริมาตรได้โดยการวัดสัดส่วน

แต่การหาปริมาตรของวัตถุ  $V$  อาจหาได้อีกวิธีหนึ่ง โดยอาศัยหลักอาร์คิมิดีส (Archimedes' principle) ซึ่งกล่าวว่า วัตถุที่จมในของเหลว จะจมทั้งหมดหรือจมแต่บางส่วนในของเหลวก็ตาม น้ำหนักของวัตถุจะลดลงเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัตถุนั้นแทนที่ สมมุติต้องการหาปริมาตรของวัตถุจมน้ำ

ให้  $m_1 =$  มวลของวัตถุเมื่อชั่งในอากาศ

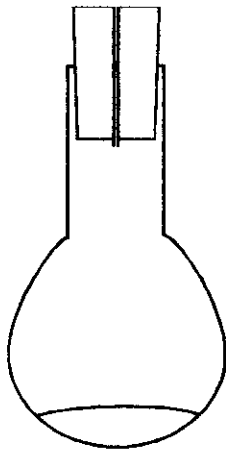
$m_2 =$  มวลของวัตถุเมื่อชั่งในน้ำ

มวลน้ำมีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จม  $= m_1 - m_2$

$$\text{ดังนั้น ปริมาตรของวัตถุ } V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_0} \quad (13.3)$$

เมื่อ  $\rho_0$  เป็นความหนาแน่นของน้ำ ณ อุณหภูมินั้น

ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ คือ อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัตถุและน้ำหนักของน้ำซึ่งมีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่อุณหภูมิหนึ่ง หรือความถ่วงจำเพาะของวัตถุ คือ อัตราส่วนของปริมาตรปัจจุบันนิยมเรียกว่า “ความหนาแน่นสัมพัทธ์” (Relative density)



ให้  $m_a =$  มวลสารของวัตถุ

$m_b =$  มวลสารของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุ

เมื่อมวลสารทั้งสองเป็นหน่วยเดียวกัน

$p =$  ความหนาแน่นของวัตถุ

$V =$  ปริมาตรของวัตถุ

$S =$  ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ

$$\therefore S = \frac{m_a}{m_b} \quad (13.4)$$

รูปที่ 13.1 รูปขวดความถ่วงจำเพาะ

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

$$\text{ดังนั้น มวลสารของวัตถุ, } m_a = V\rho_0 S \quad (13.5)$$

$$\text{และ } \rho = \frac{m_a}{V} = \rho_0 S \quad (13.6)$$

## วิธีทดลอง

**ตอนที่ 1** หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุที่กำหนดให้ (ของแข็ง) โดยใช้หลักอาร์คิมิดีส

1. ชั่งมวลของวัตถุในอากาศ  $m_1$
2. ชั่งมวลของวัตถุในน้ำ  $m_2$
3. อ่านอุณหภูมิของน้ำด้วยเทอร์โมมิเตอร์
4. อ่านความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิขณะทำการทดลองจากตาราง
5. คำนวณปริมาตร ความหนาแน่น และความถ่วงจำเพาะของวัตถุ

มวลของวัตถุชั่งในอากาศ	=	$m_1$	กรัม
มวลของวัตถุชั่งในน้ำ	=	$m_2$	กรัม
มวลของที่มีปริมาตรเท่าวัตถุที่จุ่ม	=	$m_1 - m_2$	กรัม
ปริมาตรของวัตถุ $V$	=	$\frac{m_1 - m_2}{\rho_0}$	ลูกบาศก์เซนติเมตร
$\therefore$ ความหนาแน่นของวัตถุ	=	$\frac{m_1}{V}$	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร
$\therefore$ ความถ่วงจำเพาะของวัตถุ	=	$\frac{\text{มวลของวัตถุในอากาศ}}{\text{มวลของน้ำซึ่งวัตถุแทนที่}}$	
	=	$\frac{m_1}{m_1 - m_2}$	

**ตอนที่ 2** หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่กำหนดให้โดยใช้ขวดความถ่วงจำเพาะ (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. ถ้างขวด ถ.พ. ด้วยน้ำกลั่น โดยใส่น้ำกลั่นลงไปประมาณครึ่งขวด เขย่าขวดให้ทั่วแล้วเททิ้ง จนแน่ใจว่าขวดสะอาด บรรจุน้ำกลั่นให้เต็มขวด ถ.พ. ( $m_2$ ) ปิดจุกขวดและเช็ดภายนอกขวดให้แห้ง นำไปชั่งหามวลของน้ำ ( $m_b$ )

4. คำนวณหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของเหลว

มวลของขวด ถ.พ.	= $m_0$	กรัม
มวลของ (ขวด ถ.พ. + ของเหลว)	= $m_1$	กรัม
∴ มวลของของเหลว $m_a$	= $m_1 - m_0$	กรัม
มวลของ (ขวด ถ.พ. + น้ำ)	= $m_2$	กรัม
∴ มวลของน้ำ $m_b$	= $m_2 - m_0$	กรัม
ความถ่วงจำเพาะของของเหลว S	= $\frac{m_a}{m_b}$	
	= $\frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0}$	
ความหนาแน่นของของเหลว $\rho$	= $\rho_0 S$	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

**ตอนที่ 3** หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของแข็งที่กำหนดให้ โดยใช้จวัดความถ่วงจำเพาะ

1. ชั่งหามวลของขวด ถ.พ. ( $m_0$ ) ซึ่งสะอาดและแห้ง
2. ใส่วัตถุที่กำหนดให้ลงไปในขวด ถ.พ. ประมาณ  $\frac{1}{3}$  ขวด ปิดจุกแล้วชั่งหามวลของวัตถุ
3. เติมน้ำกลั่นลงไปให้ได้ก่อนขวด และเขย่าไปมาเพื่อไล่ฟองอากาศออกไป และเติมน้ำกลั่นลงไปทีละน้อยและเขย่าจนไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่ในขวด สุดท้ายยียงขวดไปมาเมื่อไม่มีฟองอากาศอยู่แล้ว ให้เติมน้ำกลั่นจนเต็มขวด ปิดจุก เช็ดให้แห้ง ชั่งหามวลของวัตถุและน้ำที่เติม
4. เปิดจุกเทน้ำทิ้งไปและเทวัตถุลงในกล่องที่จัดเตรียมไว้ให้ ถ้างขวดด้วยน้ำกลั่น บรรจุน้ำกลั่นให้เต็มขวด ปิดจุกเช็ดขวดให้แห้งทุกครั้งก่อนชั่ง หามวลของน้ำเต็มขวด

5. คำนวณหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุที่กำหนดให้

มวลของขวด ถ.พ.	= $m_0$	กรัม
มวลของ (ขวด ถ.พ. + วัตถุ)	= $m_1$	กรัม
มวลของวัตถุ	= $m_1 - m_0$	กรัม
มวลของ (ขวด ถ.พ. + วัตถุ + น้ำที่เต็ม)	= $m_2$	กรัม
มวลของน้ำที่เต็ม	= $m_2 - m_1$	กรัม
มวลของ (ขวด ถ.พ. + น้ำเต็มขวด)	= $m_3$	กรัม
มวลของน้ำเต็มขวด	= $m_3 - m_0$	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 และใช้ขวด ถ.พ. แล้ว ขอให้นักศึกษาเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการใช้ทั้งสองวิธีนี้ ถ้าหากวัสดุที่ทำการทดลองทั้งสองวิธีเป็นชนิดเดียวกันค่าที่ได้จากวิธีใดน่าเชื่อถือกว่ากันหรือไม่

### สรุปประเด็นสำคัญ

การชั่งวัตถุในน้ำภายหลังจากชั่งน้ำหนักวัตถุตามปกติเป็นวิธีหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุโดยใช้หลักอาร์คิมิดีสสำหรับของแข็งที่ไม่ละลายน้ำเท่านั้น ส่วนการใช้ขวด ถ.พ. หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะสำหรับของแข็งและของเหลวได้

#### กิจกรรมการเรียนรู้

บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่กำหนดให้หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะโดยใช้หลักอาร์คิมิดีสและใช้ขวด ถ.พ. ลงในตารางให้ถูกต้องและครบถ้วน

## แบบทดสอบการทดลองที่ 13

- 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. มวลวัตถุที่มีปริมาตรเท่ากับน้ำที่ถูกแทนที่
  2. มวลน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จม
  3. ปริมาตรของวัตถุ
  4. น้ำหนักของวัตถุที่หายไป
- ความสัมพันธ์ในข้อ 3 เป็นไปตามหลักอาร์คิมิดีสอย่างไร
  1. น้ำหนักของวัตถุที่หายไปเท่ากับน้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่
  2. ปริมาตรของวัตถุเท่ากับน้ำหนักของวัตถุที่หายไปเมื่อชั่งในน้ำ
  3. ปริมาตรของน้ำที่ถูกแทนที่เท่ากับปริมาตรของวัตถุที่จมน้ำ
  4. น้ำหนักของน้ำที่ถูกกอนที่เท่ากับปริมาตรของวัตถุที่จมน้ำ
- สำหรับความสัมพันธ์ในข้อ 3 จะใช้ได้ถูกต้องในกรณีใด
  1. วัตถุที่จมน้ำบางส่วน
  2. วัตถุที่จมน้ำทั้งหมด
  3. วัตถุที่ลอยน้ำบางส่วน
  4. วัตถุที่ลอยน้ำทั้งหมด
- ความถ่วงจำเพาะของวัตถุคืออะไร
  1. อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัตถุและน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน
  2. อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของวัตถุและความหนาแน่นของน้ำ
  3. ความหนาแน่นสัมพันธ์
  4. ถูกทุกข้อ
- การใช้ชวด ถ.พ. หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะสำหรับวัตถุประเภทใด
  1. ก๊าซ
  2. ของแข็ง
  3. ของเหลว
  4. ของแข็งและของเหลว
- เมื่อชั่งมวลชวด ถ.พ. ( $m_0$ ) และมวลของเหลวเต็มชวด ถ.พ. ( $m_1$ ) และมวลของน้ำเต็มชวด 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 ก.พ. จะต้องบรรจุอย่างไร
1. เต็มขวด
  2. ครึ่งขวด
  3. หนึ่งในสาม
  4. สองในสาม
10. โดยใช้ขวด ก.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.....

ผู้ร่วมรายงาน 1. ชื่อ..... เลขรหัส.....

2. ชื่อ..... เลขรหัส.....

3. ชื่อ..... เลขรหัส.....

4. ชื่อ..... เลขรหัส.....

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

อาจารย์ผู้ควบคุมปฏิบัติการ \_\_\_\_\_

**ตอนที่ 1** หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุที่กำหนดให้โดยใช้หลักอาร์คิมิดีส

ความหนาแน่นน้ำ,  $\rho_0$  ที่อุณหภูมิ (ของน้ำ) ..... °C = .....กรัมต่อ ลบ.ซม.

(ดูจากตารางความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ โดยให้ใช้น้ำที่อุณหภูมิไม่สูงกว่าค่าสูงสุดในตารางนั้น)

ชนิดของวัตถุ (ระบุชนิด)	มวลเมื่อชั่ง ในอากาศ $m_1$ (กรัม)	มวลเมื่อชั่ง ในน้ำ $m_2$ (กรัม)	มวลน้ำที่มีปริมาตร - วัตถุที่จม $m_1 - m_2$ (กรัม)	ปริมาตร วัตถุ(V) $\frac{m_1 - m_2}{\rho_0}$ (ลบ.ซม.)	ความ หนาแน่น $\rho = \frac{m_1}{V}$ (กรัม/ลบ.ซม.)	ความ ถ่วงจำเพาะ $\frac{m_1}{m_1 - m_2}$	ความ เคลื่อน คลาด (%)
ค่าเฉลี่ย							
ค่าเฉลี่ย							

**ตอนที่ 2** หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของเหลวที่กักหนดให้โดยใช้ขวด ถ.พ.

ชนิดของวัตถุ (ระบุชนิด)	มวลของ ขวด ถ.พ. $m_0$ (กรัม)	มวลของ (ขวด+วัตถุ) $m_1$ (กรัม)	มวลของ วัตถุ ( $m_a$ ) $m_1 - m_0$ (กรัม)	มวลของ (ขวด+น้ำ) $m_2$ (กรัม)	$S = \frac{m_a}{m_b} = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0}$	$\rho = \rho_0 S$ (กรัม/ล.บ.ชม.)	ความเคลื่อน คลาด (%)
ค่าเฉลี่ย							
ค่าเฉลี่ย							

**ตัวอย่างการคำนวณ**

.....

.....

.....

.....

**ตอนที่ 3** หาความหนาแน่นและความต่างจำเพาะของแข็งที่กำหนดให้โดยใช้ขวด ถ.พ.

ชนิดของวัตถุ (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 น้ำเต็มขวด $m_3 - m_0$ (กรัม)	มวลที่มีปริมาตร เท่ากับวัตถุ $(m_3 - m_0) - (m_2 - m_1)$ (กรัม)	$S = \frac{m_a}{m_b} = \frac{m_a}{m_3 - m_0 - (m_2 - m_1)}$	$P = P_0 S$ (กรัมต่อ ลบ.ซม.)
ค่าเฉลี่ย									
ค่าเฉลี่ย									

**ตัวอย่างการคำนวณ**

.....

.....

.....

.....

.....

**ตัวอย่างวิธีการคำนวณ**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**สรุปและวิจารณ์**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....