

การทดลองที่ 13

เรื่อง ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของแข็ง โดยใช้หลักอาร์คิมิดีสได้
2. หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของเหลว โดยใช้ขวดความถ่วงจำเพาะได้
3. หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของแข็ง โดยใช้ขวดความถ่วงจำเพาะได้

เครื่องมือในการทดลอง

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 ρ (อ่านว่า rho) จึงมีความสัมพันธ์ดังนี้

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

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

เมื่อ ρ = ความหนาแน่นของวัตถุ

m = มวลสารของวัตถุ

V = ปริมาตรของวัตถุ

มวลสารของวัตถุ m หาได้โดยการชั่งวัตถุด้วยเครื่องชั่ง ถ้าวัตถุเป็นรูปทรงกระบอกคั่นหรือทรงสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม อาจหาปริมาตรได้โดยการวัดสัดส่วน

แต่การหาปริมาตรของวัตถุ V อาจหาได้อีกวิธีหนึ่งโดยอาศัยหลักการมีคีส (Archimedes' principle) ซึ่งกล่าวว่า วัตถุที่จมในของเหลว จะจมทั้งหมดหรือจมแต่บางส่วนในของเหลวก็ตาม น้ำหนักของวัตถุจะลดลงเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกวัตถุนั้นแทนที่ สมมุติต้องการหาปริมาตรของวัตถุจมน้ำ

ให้ $m_1 =$ มวลของวัตถุเมื่อชั่งในอากาศ

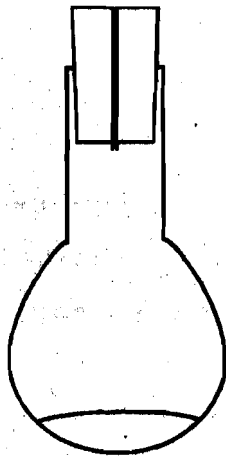
$m_2 =$ มวลของวัตถุเมื่อชั่งในน้ำ

มวลน้ำมีปริมาตรเท่ากับวัตถุที่จม $= m_1 - m_2$

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

เมื่อ ρ_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 ρ_0 เป็นมวลสารของน้ำต่อ 1 หน่วยปริมาตร

$$\text{คั้งนั้น มวลสารของวัตถุ, } m_s = V\rho_0S \quad (13.5)$$

$$\text{และ } \rho = \frac{m_s}{V} = \rho_0S \quad (13.6)$$

วิธีทดลอง

ตอนที่ 1 หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุที่กำหนดให้ (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
มวลของที่มีปริมาตรเท่าวัตถุที่จม	=	$m_1 - m_2$	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 หาคความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของของเหลวที่กำหนดให้โดยใช้ขวดความถ่วงจำเพาะ (ขวด ถ.พ.)

1. ชั่งหามวลของขวด ถ.พ. (m_0) ซึ่งสะอาดและแห้ง

2. ใส่ของเหลวที่กำหนดให้จนเต็มขวด ถ.พ. (m_1) ปิดจุกขวด และเช็ดภายนอกขวด ถ.พ. ให้แห้ง แล้วนำไปชั่งหามวลของของเหลว (m_1) (เทของเหลวที่ซึ่งแล้วลงในขวดที่เตรียมไว้ให้)

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
\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	$= \frac{m_a}{m_b}$	
	$= \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0}$	
ความหนาแน่นของของเหลว ρ	$= \rho_0 S$	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตอนที่ 3 หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของแข็งที่กำหนดให้ โดยใช้จวัดความถ่วงจำเพาะ

- ชั่งหามวลของขวด ถ.พ. (m_0) ซึ่งสะอาดและแห้ง
- ใส่วัตถุที่กำหนดให้ลงในขวด ถ.พ. ประมาณ $\frac{1}{3}$ ขวด ปิดจุกแล้วชั่งหามวลของวัตถุ
- เติมน้ำกลั่นลงไปให้ได้ก่อนขวด และเขย่าไปมาเพื่อไล่ฟองอากาศออกไป และเติมน้ำกลั่นลงไปทีละน้อยและเขย่าจนไม่มีฟองอากาศเหลืออยู่ในขวด สุดท้ายเอียงขวดไปมาเมื่อไม่มีฟองอากาศอยู่แล้ว ให้เติมน้ำกลั่นจนเต็มขวด ปิดจุก เช็ดให้แห้ง ชั่งหามวลของวัตถุและน้ำที่เต็ม
- 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 ถ้าหากวัตถุที่ทำการทดลองทั้งสองวิธีเป็นชนิดเดียวกัน ค่าที่ได้จากวิธีใดน่าเชื่อถือกว่ากันหรือไม่

สรุปประเด็นสำคัญ

การชั่งวัตถุในน้ำภายหลังจากชั่งน้ำหนักวัตถุตามปกติเป็นวิธีหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของวัตถุโดยใช้หลักอาร์คิมิดีสสำหรับของแข็งที่ไม่ละลายน้ำเท่านั้น ส่วนการใช้ขวด ถ.พ. หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะสำหรับของแข็งและของเหลวได้

กิจกรรมการเรียนรู้

บันทึกข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่กำหนดให้หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะโดยใช้หลักอาร์คิมิดีสและใช้ขวด ถ.พ. ลงในตารางให้ถูกต้องและครบถ้วน

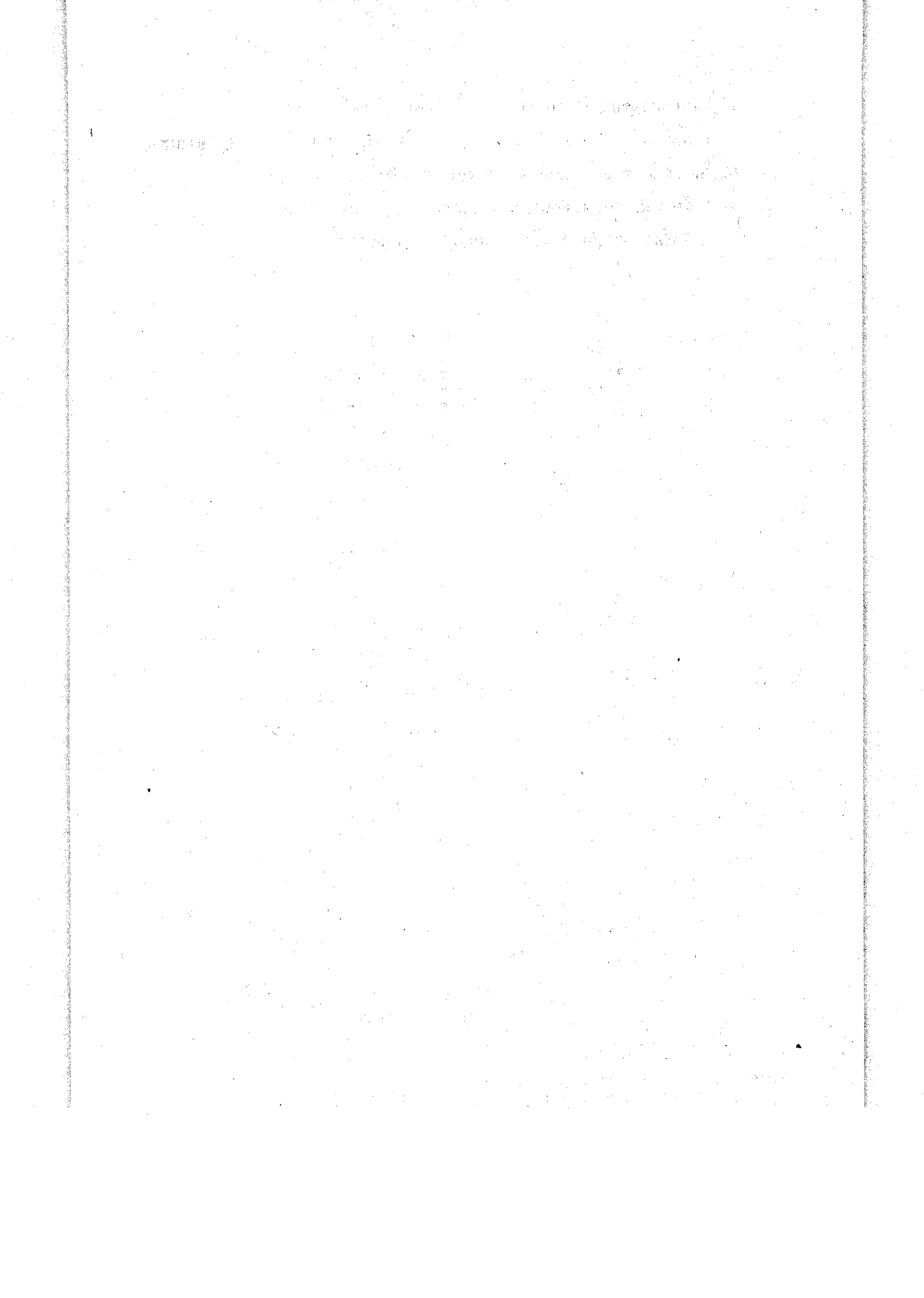
แบบทดสอบการทดลองที่ 13

- 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 ρ_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. น้ำหนักของน้ำที่ถูกแทนที่เท่ากับปริมาตรของวัตถุที่จมน้ำ
- สำหรับความสัมพันธ์ในข้อ 3 จะใช้ได้ถูกต้องในกรณีใด
 1. วัตถุที่จมน้ำบางส่วน
 2. วัตถุที่จมน้ำทั้งหมด
 3. วัตถุที่ลอยน้ำบางส่วน
 4. วัตถุที่ลอยน้ำทั้งหมด
- ความถ่วงจำเพาะของวัตถุคืออะไร
 1. อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของวัตถุและน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากัน
 2. อัตราส่วนระหว่างความหนาแน่นของวัตถุและความหนาแน่นของน้ำ
 3. ความหนาแน่นสัมพัทธ์
 4. ถูกทุกข้อ
- การใช้ขวด ถ.พ. หาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะสำหรับวัตถุประเภทใด
 1. ก๊าซ
 2. ของแข็ง
 3. ของเหลว
 4. ของแข็งและของเหลว
- เมื่อชั่งมวลขวด 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 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

แนวคอบ

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| 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, ρ_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 หาค่าความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของเหลวที่กำหนดให้โดยใช้ขวด ถ.พ.

ชนิดของวัตถุ (ระบุชนิด)	มวลของ ขวด ถ.พ. m_0 (กรัม)	มวลของ (ขวด+วัตถุ) m_1 (กรัม)	มวลของ วัตถุ (m_x) $m_1 - m_0$ (กรัม)	มวลของ (ขวด+น้ำ) m_2 (กรัม)	$S = \frac{m_x}{m_b}$ $\frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0}$	$\rho = \rho_0 S$ (กรัม/มล.พ.)	ความคล่อง คลาด (%)
ค่าเฉลี่ย							
ค่าเฉลี่ย							

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 หากความหนาแน่นและความถี่เฉพาะของแข็งที่กำหนดให้โดยใช้ขวด 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 น้ำที่ผสมขวด $m_3 - m_0$ (กรัม)	มวลที่บีบปริมาตร เท่ากับวัตถุ $(m_3 - m_0) - (m_2 - m_1)$ (กรัม)	$S = \frac{m_s}{m_b}$ $\frac{m_s}{m_3 - m_0 - (m_2 - m_1)}$	$\rho = \rho_0 S$ (กรัมต่อ ส.ม.ลบ.ม.)
ค่าเฉลี่ย									
ค่าเฉลี่ย									

ตัวอย่างการคำนวณ

.....

.....

.....

.....

.....

